

INHALT

Mitteilungen der DGKK 4

Kristallzüchtung in Deutschland 12

Tagungsberichte 16

Übersichtsartikel 28

Mitteilungen anderer Gesellschaften..... 29

Tagungskalender 30

GERO Hochtemperaturöfen GmbH



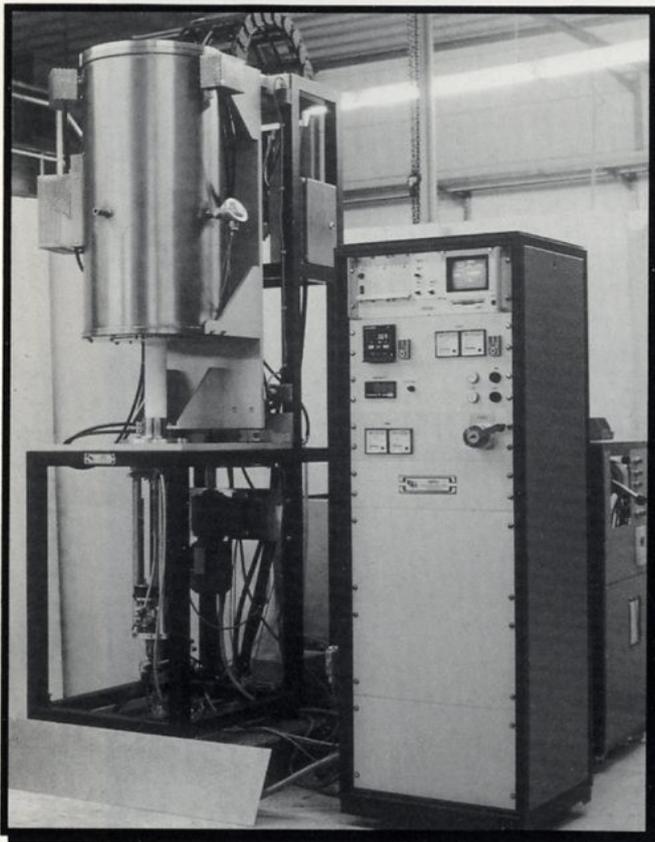
MONBACHSTRASSE 7
D-75242 NEUHAUSEN

Tel 07234/6136 Fax 07234/5379

Unser Lieferprogramm:

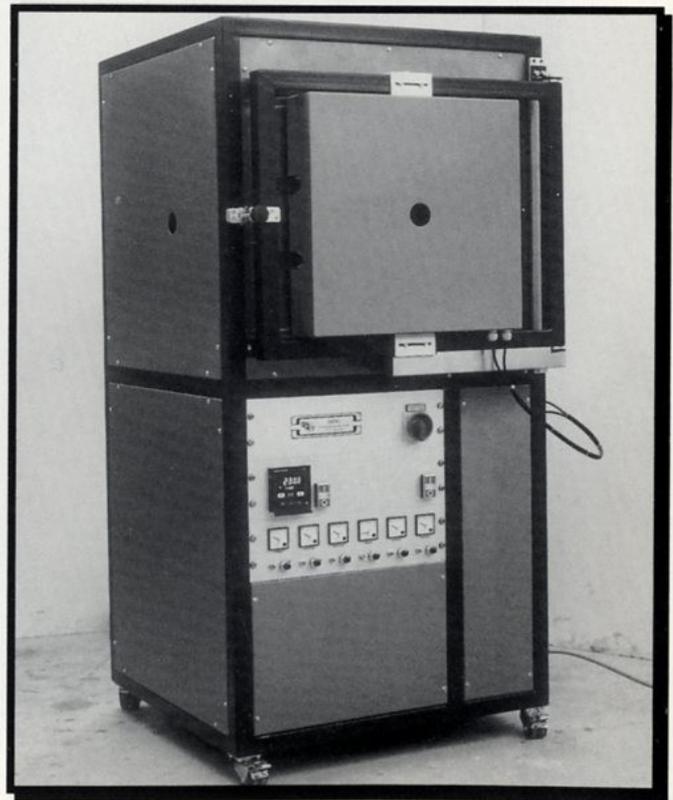
Rohröfen bis 1 800°C
Mehrzonenrohröfen bis 1 800°C
Zehnzonenöfen bis 1 500°C
Kammeröfen bis 1 800°C an Luft
Tiegelöfen bis 1 800°C
Kalibrieröfen für TC und Pyrometer
Zonenschmelzanlagen
Haubenöfen
Herdwagen- u. Durchlauföfen

Vakuumöfen aller Art
Schutzgasöfen bis 3 000°C
Kristallziehanlagen und Zubehör
Wärmerohre (heat pipes)
Wassergekühlte Edelstahlflansche
Mikrowellentrockner
Mikrowellensinteranlagen
Schwebeschmelztiegel
Sonderöfen - u. Anlagenbau



Brigdman-Kristallziehanlage bis 1700 °C

In der Entwicklung immer
einen Schritt weiter als die
modernste Technik



**Kammerofen für Fluxzüchtung mit allseitig
separater Regelung**

Editorial

Liebe Leser,

die schönen Tage von Den Haag sind schon lange vorbei...

Hervorragend organisiert war die Tagung von unseren niederländischen Freunden, sogar das Wetter hatten sie voll im Griff.

Durch kurze Wege verbunden liefen bis zu vier Parallelsitzungen und die Postersessions reibungsfrei ab. Und spannend war es bis zum Schluß, die übliche langsame Leerung des Sitzungssaales unterblieb.

Ich habe mir einmal die Verteilung der Teilnehmer nach Nationen und Herkunft angeschaut und konnte feststellen, daß die größte Gruppe aus Japan angereist war und von diesen kamen 20 % aus der Industrie, doppelt so viele wie bei den deutschen Kollegen. Diese hohe Wertschätzung der ICCG im fernen Osten finde ich äußerst beeindruckend und verweise auch auf das Kooperationsabkommen mit der "**Japanese Association for Crystal Growth**".

Den Hauptteil des Heftes bilden naturgemäß die Tagungsberichte aus Den Haag, einen herzlichen Dank an die Kollegen, die mitgeholfen haben, die Informationen zu sammeln und niederzuschreiben. Neben dem Bericht von der Hauptversammlung möchte ich besonders auf den Beitrag von Herrn Lacmann über das DFG-Schwerpunktprogramm "Kristallkeimbildung und -wachstum, -Kinetik und Mechanismus" hinweisen.

Die besten Wünsche zum Jahreswechsel und
"Auf Wiedersehen in Köin"

Ihr

Hans Jürgen Fenzl

Notizen des Vorsitzenden

Der Zugriff auf einzelne Literaturstellen, auch auf komplette Übersichten, ist durch die Nutzung von Datenbanken, wie das Internet oder andere Servicesysteme bei relativ geringen Kosten schneller und leichter denn je geworden.

Ob man für die Arbeit direkt den Bildschirm oder das Original bzw. die Kopie benutzt, wird jeder für sich entscheiden und hängt wohl auch ab von der Verfügbarkeit und meist auch von der eigenen Erfahrung und Einstellung.

Auch die DGKK wird diesem Zug folgen und für ausgewählte Themengebiete, aber insbesondere für Projektaufgaben ein Informationssystem im Internet aufbauen, um Interessierte zu sammeln. Dieses System wird sich sicher in Ausbaustufen der europäischen und im weiteren der internationalen „science community“ öffnen. Bei den sich hier abzeichnenden neuen Informations- und Arbeitstechniken wird man die Entwicklung der Fachzeitschriften kritisch beobachten müssen. Zeitschriften leben maßgeblich von der Aktualität. Hier können sie tatsächlich ernsthaft von den Datennetzen bedroht werden. Obwohl es immer wieder verblüffend ist, wieviele neue Fachzeitschriften noch immer gegründet werden.

Ich glaube diese Verdrängung zwar nicht, da der volle Inhalt der Arbeit in der Zeitschrift (oder die Kopie) eine Voraussetzung für die Arbeit ist, während das Datennetz nur die schnelle Information liefert.

Ganz anders ist die Situation mit dem Buch. Ich meine, daß das Buch immer seine Berechtigung behalten wird, da es, anders als die Zeitschrift, nicht vornehmlich neuestes und aktuellstes, sondern gestandenes, komprimiertes Wissen bietet. Hier ist durchaus einiges Neue zu beobachten:

Der Kristallzüchter ist in der guten Situation, ein ausgezeichnetes breites Buchangebot über sein Fachgebiet vorzufinden.

Mit dem deutschsprachigen „Wilke-Bohm“ und dem gerade erst herausgegebenen „Hurle“ liegen breit gefaßte Monografien vor. Sie werden ergänzt von speziellen Monografien wie z.B. von G. Müller über „Konvektionen in Halbleiterschmelzen“ oder P. Rudolph über „Formkristallzüchtung“. Ferner sind in zahlreichen Serien in der internationalen Literatur (in englisch) hervorragende Übersichten zu Spezialfragen erschienen. Interessant, weil sowohl von beachtlichem fachlichen Niveau als auch gerade für den Praktiker gut geeignet, leider aber nur dem Sprachkundigen zugänglich, war schon immer die in russisch bzw. in den Sprachen der osteuropäischen Staaten verlegte Literatur. Mit dem Fall der Grenzen und der Öffnung Osteuropas ist nun auch diese Literatur immer mehr zugänglich, da die Verleger in Westeuropa oder USA den Wert dieses Schatzes erkannt haben oder aber die Literatur in englisch im Heimatland erscheint. Als Beispiel dafür seien genannt von V. A. Tatarchenko über „Shaped Crystal Growth“ (Kluwer Academic Publ.), von I. V. Markov „Crystal Growth for Beginners“ und von einer polnischen Autorengruppe über „Elementary Crystal Growth“ (SAAN Publ. Lublin).

Während Tatarchenko, der bekannte ehemalige Leiter des Kristallabors des berühmten Instituts für Festkör-

TITELBILD:

KOH-geätzte-GaAs-Scheibe
 Direktabbildung mit dem Scanner aus:
 Lichtmikroskopie für die Kristallzüchtung
 von G. H. Klöß
 (Veröffentlichung im MB 63 Mai 1996)

perphysik in Cernogolovka bei Moskau, jetzt in Frankreich arbeitet und hier sein Buch verlegt hat, und Markov (Bulgarische Akademie der Wissenschaften) sein Buch in Taiwan mit Unterstützung chinesischer Kollegen geschrieben hat (Verlag World Scientific Singapore ...), ist das Buch der polnischen Kollegen in einem polnischen Verlag in einer Serie „Solid State Sciences“ erschienen, die noch andere interessante Titel vorsieht (z.B. Mechanical Properties of Solids v. A. A. Krasovskaya). Ein Blick in das Inhaltsverzeichnis des vorliegenden Buches zeigt schon, wie breit das Wissen ist, das hier geboten wird. Es reicht von Beiträgen über Phasendiagramme, Masse- und Wärmetransport, Nukleation und Präzipitation, Kinetik und Mechanismus des Kristallwachstums bis zur Darstellung der speziellen Züchtungstechniken.

Es lohnt sich, in dieser Richtung weiter zu suchen, vieles liegt hier noch verborgen.

Lassen Sie mich nun wieder einen Sprung zu unserer DGKK machen:

Zur Aneignung von Wissen, zum Lernen, gehört aber unbedingt auch die Schule. Das IKZ Berlin beabsichtigt, einer alten Berliner Tradition folgend, die vornehmlich von der Kristallographie der Humboldt-Universität ausging, eine Kristallzüchter-Schule für den Herbst 1996 (siehe Notiz in diesem Heft) auszurichten.

Vielleicht merken Sie sich bei Interesse schon mal den Termin vor. Einladungen mit näheren Einzelheiten werden in Kürze versandt. Hoffend auf reges Interesse und Teilnahme,

Ihr Winfried Schröder

2. Mitteilungen der DGKK

Protokoll der DGKK-Jahreshauptversammlung 1995

Ort: Vortragssaal

Netherlands Congress Center
The Hague, Niederlande

Zeit: Donnerstag, den 20. Juni 1995, 17:00 – 19:15 Uhr

Protokoll: H. Walcher

Teilnehmer:

Mitglieder:

Abmus, W.; Benz, K.; Cröll, A.; Dohnke, J.; Donecker, J.; Dressler, L.; Erb, A.; Fenzl, H.; Fiederle, M.; Follner, H.; Gille, P.; Görnert, P.; Gottschalch, V.; Härtwig, J.; Helmers, L.; Jurisch, M.; Karl, N.; Klapper, H.; Kloc, Ch.; Klöß, G.; Konuma, M.; Lacmann, R.; Lauck, R.; Lerner, R.; Lommel, B.; Lüdge, A.; Mühlberg, M.; Müller, G.; Müller, M.; Müller-Krumbhaar, H.; Müller-Vogt, G.; Reiche, P.; Reinshaus, P.; Ritter, F.; Rudolph, P.; Schätzle, P.; Scheel, H.; Schmidt, P.; Schönherr, E.; Seidl, A.; Seifert, W.; Strunk, H.; Tomm, Y.; Pankrath, R.; Uecker, R.; Ueltzen, M.; Walcher, H.; Wallrafen, F.; Weinert, B.; Woensdregt, C.; Wolf, Th.; Zulehner, W.; Zharikov, E.;

Anzahl der Mitglieder: 53.

Gäste:

Amon, J.; Zemke, D.; Nitsch, K.; Geißler, U.; Seifert, M.; Hartmann, E.; Eiche, E.; Wallnöfer, W.; Abrosimov, N.; Rosso-lenko, S.;

1. Begrüßung und Feststellung der Beschlußfähigkeit

Herr Schröder begrüßt die Teilnehmer der Versammlung und stellt fest, daß mit 53 anwesenden Mitgliedern die Beschlußfähigkeit der Jahreshauptversammlung gegeben ist.

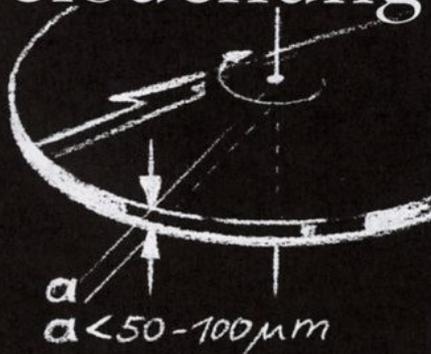


2. Bericht des Vorsitzenden

Herr Schröder begrüßt alle DGKK-Mitglieder und Gäste und bedankt sich herzlich bei Herrn Woensdregt und allen, die an der Organisation beteiligt waren, für das freundliche Willkommen, die Bereitstellung des Tagungsraums und für den Imbiß.



Hauch- zarte Versuchung



Der Polierkopf,
der für Sie mitdenkt ...



... bei der geometrisch
präzisen Probenpräparation
von Wafern und anderen
Komponenten wie:

- › Halbleitermaterialien
- › elektro-optischen Werkstoffen
- › metallischen Einkristallen
- › technischen Keramiken
- › CVD Schichten

Wir beweisen es Ihnen gern
in unserem Applikationslabor.
Vereinbaren Sie einen Vorführ-
termin mit uns:

 **LOGITECH**

RADIOMETER GMBH
Produktgruppe LOGITECH
Linsellesstrasse 142
47877 Willich
Tel. (02154) 818-0
Fax (02154) 818-134

Die Verlagerung der Materialforschungsaktivitäten aus der Industrie heraus, die aber keine Auswirkungen auf universitäre und nichtuniversitäre Forschungseinrichtungen hat, macht sich auch innerhalb der DGKK bemerkbar. Die Industrie unterstützt zur Zeit nur kurz- und mittelfristige Projekte und die zukünftige Förderpolitik des BMBF bzw. des BMFT ist derzeit nicht richtig abschätzbar.

Die Einrichtung großer Rahmenprojekte macht es besonders für die Institute schwer, den richtigen Zugang zu Finanzmitteln zu finden. Die beiden Rahmenprogramme *Werkstoffprogramm 2000* und *Laser 2000* zeigen, daß auch für die Institute hier interessante und lohnende Mitarbeit möglich ist. Es wird aber auch deutlich, daß sich die Institute, auch die der Universitäten, zunehmend auf industrienaher Forschung einlassen müssen. Mit Recht wird an dieser Stelle hinterfragt, woher neue Erkenntnisse kommen sollen, die immer aus ungebundener, freier Forschung hervor gehen.

Der Dialog mit dem vorletzten Forschungsminister Dr. Krüger war recht fruchtbar, ohne daß schon überdurchschnittliche Auswirkungen der Förderung vorliegen. Dieser Dialog ermöglichte es, daß in Bonn die Problematik der Kristallzüchtung dargestellt werden konnte. Durch die Umkonstruktion des BMFT, die noch nicht abgeschlossen ist, ist der Dialog abgebrochen. Die DGKK wird aber ihr möglichstes tun, um auch weiter bei Diskussionen ihre Meinung einzubringen.

Die Crystal GBR Jena hat sich darum bemüht, an die Fachhochschule in Jena oder eine andere angebunden zu werden und ist es inzwischen (Institut für Physikalische Hochleistungstechnologie). Die DGKK konnte sie mit einem Gutachten unterstützen.

Die Verantwortlichen für die Zeitschrift *Kristall und Technik* haben in einem Gespräch mit Interessierten und Betroffenen versucht, das Weiterbestehen der Zeitschrift zu sichern. Herr Prof. H. Neels, der bisherige Chef in editor, hat aus Altersgründen sein Amt abgeben. Herr Prof. K.W. Benz aus Freiburg hat sich bereit erklärt, dieses Amt zu übernehmen. Bindende Zusagen des Verlags stehen allerdings noch aus. Für das Weiterbestehen der Zeitschrift ist die Redaktion darauf angewiesen, daß möglichst viele Beiträge veröffentlicht werden. Die Zeitschrift wird daran gemessen werden, wie gut und relevant die Beiträge sind. Nur ein hohes Niveau der ganzen Zeitschrift wird ihre Zukunft überhaupt sichern können.

Im vergangenen Jahr hat Herr G. Müller als Mitglied des „International Advisory Committee“ von EURO-CRYST ausführlich über die dort geplanten Aktivitäten berichtet. (Siehe Protokoll der DGKK-Jahreshauptversammlung 1994).

Die Daten, die EURO-CRYST von der deutschen Kristallforschungslandschaft besitzt, sind sehr mangelhaft. In der Erwiderung auf eine Anfrage von EURO-CRYST wurde neben der genauen Darstellung der Verhältnisse in Deutschland bemerkt, daß aus den EUROCRYST Unterlagen nicht hervor geht, worin die Defizite bei der Kristallzüchtung in Europa bestehen. Es wurde des weiteren hinterfragt, wie die vorgeschlagene Organisationsform begründet wird. Ein Netzwerk der schon bestehenden Institutionen erscheint in vieler Hinsicht vorteilhaft. Gleichzeitig könnten damit die internationalen und nationalen Netzwerke weit effektiver gefördert und eingebunden werden. Als ein besonderer Mangel erscheint die Tatsache, daß die osteuropäischen Länder mit ihrem erheblichen Potential in den Überlegungen gar nicht Eingang gefunden haben. Die geplante Konzentration und Zentralisation von Aufgaben erscheint entsprechend den Erfahrungen an anderen derartigen Institutionen nicht gerade erfolgversprechend. Die Diskussionen über dieses Projekt hat beim Vorstand der DGKK zu dem Entschluß geführt, über ein Netzwerk „Verfahren, Techniken, Substanzen, Materialien einschließlich der

Arbeitsfelder von Arbeitsgruppen etc.“ im Rahmen des Internet nachzudenken. Der Vorstand wird zusammen mit interessierten Kollegen entsprechende Vorbereitungen treffen und Vorschläge zur Einrichtung eines derartigen Netzwerkes ausarbeiten.

Die DGKK-Jahrestagung 1996 soll in Köln/Bonn stattfinden. Da die DGKK dann 25 Jahre existiert ist ein Festvortrag geplant. Die Kollegen aus Köln und Bonn haben die Vorbereitungen für diese Tagung schon eingeleitet.

DGKK-Jahrestagung 1996 6. – 8. März 1996*

Terminänderung!



Veranstalter:

Deutsche Gesellschaft für Kristallwachstum und
Kristallzüchtung e. V.

Tagungsort:

Institut für Kristallographie der Universität zu Köln
Zülpicher Str. 49 b
50674 Köln

* Leider mußten wir wegen einer gleichzeitig stattfindenden internationalen Messe in Köln den ursprünglichen Termin verschieben.

Für 1997 wurde eine gemeinsame Tagung mit den italienischen Kristallzüchterkollegen ins Auge gefaßt. Als Tagungsort kommt Freiburg in Frage und Herr Prof. Benz hat die Schirmherrschaft schon zugesagt.

Bei der weitergehenden Planung wurde berücksichtigt, daß 1998 die ICCG XII in Israel stattfindet. Es erscheint sinnvoll die DGKK-Jahrestagung ausfallen zu lassen. Bei Gesprächen mit den Kollegen aus Großbritannien und Holland wurde die Idee geboren, auch mit diesen Kristallzüchterkollegen eine gemeinsame Tagung zu veranstalten. Frühestmöglicher Termin ist 1999.

Mit der Japanischen Gesellschaft für Kristallzüchtung wurde ein Kooperationsabkommen vorbereitet, das vor allem die gegenseitige Information erleichtern soll. Es soll weiterhin helfen, daß Wissenschaftler aus Japan in Deutschland und umgekehrt Ansprechpartner finden können, die beim Besuch von den nationalen Jahrestagungen behilflich sind.

Aus den Aktivitäten wird deutlich, daß sowohl die deutsche Kristallzüchtung als auch die DGKK inzwischen ein beachtliches internationales Ansehen genießen.

Abschließend Dank an alle Vorstandsmitglieder, insbesondere an Herrn Walcher und Herrn Müller-Vogt für die geleistete Arbeit, ebenso aber auch an den stellvertretenden Vorsitzen-

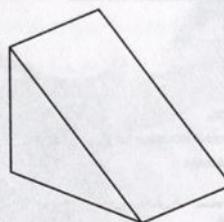
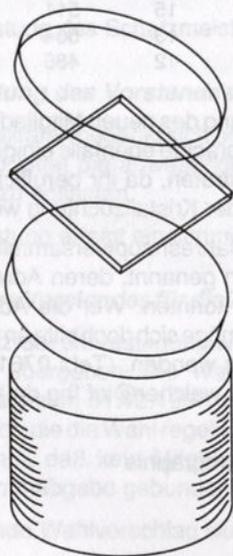
Für Forschung und Produktion

EINKRISTALLE

aus

METALL - LEGIERUNGEN - HALBLEITER
 VERBINDUNGEN - OXIDE - HALOGENIDE
 FENSTER - LINSEN - PRISMEN
 SUBSTRATE - WAFER - STÄBE

Random - orientiert - präpariert



Präzisionskugeln
 Halbzeug (blanks)
 Rohkristalle (boules)

Sputtertargets
 Seltene Erden

KRISTALLHANDEL KELPIN



69181 Leimen · Telefon 0 62 24/7 25 58 · Telefax 0 62 24/7 71 89

Für die Forschung

◆ Wafer und Substrate für die Epitaxie

Halbleiter, oxidische Materialien, Fluoride

- Si • Ge • II-VI • IV-VI
- SrTiO₃ • MgO • LaAlO₃ • NdGaO₃ • Al₂O₃
- BaF₂ • CaF₂ • MgF₂

◆ Reinstoffe, Verdampfungsquellen, Sputtertargets

- Cd • Se • Zn • Te • Si • Ge
- II-VI • IV-VI

◆ Kundenspezifische Dienstleistungen, Kristallkörper aller Geometrien und Orientierungen, Oberflächenpräparation



CRYSTAL GmbH
 Ostendstr. 2-14
 12459 Berlin
 Tel.: (030) 69 53 87 - 0 Fax: (030) 6 35 04 36

Für die Analytik

◆ Optische Komponenten

Linse, Fenster, Prismen für Anwendungen im IR-, VIS- und UV-Spektralbereich

- CaF₂ • MgF₂ • BaF₂
- Si • Ge • Al₂O₃
- ZnSe • ZnS • CdTe

ATR-Elemente

◆ Röntgenmonochromatoren

- Si • Ge • LiF

◆ Orts- und energieauflösende γ - und Röntgendetektoren im Energiebereich 3 – 300 keV

◆ Nichtlineare optische Kristalle

- DKDP • KDP • KTP • BBO • LiIO₃



CRYSTAL GmbH
 Ostendstr. 2-14
 12459 Berlin
 Tel.: (030) 69 53 87 - 0 Fax: (030) 6 35 04 36

AGREEMENT ON COOPERATION
BETWEEN THE GERMAN SOCIETY FOR CRYSTAL GROWTH AND
THE JAPANESE ASSOCIATION FOR CRYSTAL GROWTH

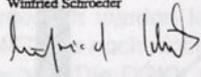
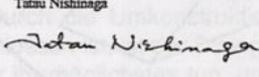
In recognition of their wish for mutual collaboration, the German Society for Crystal Growth and the Japanese Association for Crystal Growth (hereafter referred to as "reciprocal societies") have entered into an "Agreement on Cooperation" as follows:

- (a) Visiting members from reciprocal societies will be granted equivalent facilities to those granted to local members. In affect this will enable such visitors to take advantage of member rates for attending lectures and conferences. Members of reciprocal societies are eligible to
- i) submit papers to National meeting on the same terms as the reciprocal society's members.
 - ii) attend National meeting at member rates.
- (b) By mutual agreement certain publications may be exchanged with similar publications of the reciprocal society.
- (c) For stays abroad for longer than one year, members of a reciprocal society will be expected to join the society of the country in which they are residing.
- (d) Reciprocal societies may be invited to co-sponsor conferences on a case to case basis.

July 7, 1995

President,
The German Society for Crystal Growth
Winfried Schroeder

President,
The Japanese Association for Crystal Growth
Tatsuo Nishinaga

den Herrn Zulehner und an alle Beisitzer. Mit dem Ablauf dieser Legislaturperiode des Vorstands Dank an alle Mitglieder für die gute Zusammenarbeit und das entgegengebrachte Vertrauen.

Zum Abschluß noch eine kurze Bemerkung: Der besondere Umstand, daß der Vorsitzende aus Ostdeutschland kam, ist der deutliche Ausdruck, daß diese Gesellschaft mit Ost-/West-Problemen nicht zu kämpfen hatte und daß möglicherweise sogar einiges getan wurde, um gewisse Vorbehalte, Probleme oder Ressentiments abzubauen. Es war für mich dadurch ein relativ leichtes Amt.

Herzlichen Dank an alle Mitglieder für die Unterstützung dafür. Beste Wünsche für die weitere erfolgreiche Arbeit.

3. Bericht des Schriftführers

Herr Walcher berichtet über die Entwicklung der Mitgliederzahlen seit März 1994.

Die Zahl der Mitglieder hat sich im vergangenen Jahr um 18 erniedrigt und beträgt nun 486. Dabei haben 36 Mitglieder ihren Austritt erklärt oder wurden aus dem Mitgliederverzeichnis gelöscht und 18 Mitglieder sind neu hinzugekommen.

Mitgliederentwicklung (Stand jeweils 1. März)

Jahr Vollmitglieder Studenten Korporative Gesamt Veränderung

Jahr	Vollmitglieder	Studenten	Korporative	Gesamt	Veränderung
1971	87	14	9	110	110
1972	107	19	11	137	27
1973	121	19	13	153	16
1974	119	19	16	154	1
1975	132	22	16	170	16
1976	140	23	17	180	10
1977	144	26	17	187	7
1978	142	29	17	188	1
1979	143	28	17	188	0
1980	149	28	17	194	6
1981	160	29	17	206	12
1982	164	28	16	208	2
1983	200	42	17	259	51
1984	239	55	17	311	52
1985	270	65	17	352	41
1986	291	74	18	383	29
1987	297	78	18	393	10
1988	297	85	18	400	7
1989	317	90	17	424	24

1990	371	53	19	443	19
1991	422	46	15	483	40
1992	447	52	15	514	31
1993	452	44	15	511	-3
1994	451	40	13	504	-7
1995	444	30	12	486	-18

Die Umfrage, die zur Erstellung des neuen Mitgliederverzeichnisses durchgeführt wurde, brachte ebenfalls einige Mitglieder dazu, aus der DGKK auszutreten, da ihr beruflicher Werdegang sie immer weiter von der Kristallzüchtung wegführte.

Wie schon bei den letzten Jahreshauptversammlungen werden an dieser Stelle Namen genannt, deren Adressen nicht auffindig gemacht werden konnten. Wer die Adressen der genannten Mitglieder kennt, möge sich doch bitte an H. Walcher, Tullastr. 72, 79108 Freiburg wenden. (Tel.: 0761/5159-347, Fax.: 0761/5159-400, email: walcher@iaf.fhg.de.)

A. Bakhshandeh-Khiri
Inst. für Mineralogie und Petrographie
Hans-Meerwein-Str.
D-35043 Marburg

Herr D. vom Felde
Potsdamer Chaussee 29
D-14089 Berlin

Herr F. Welz
Philips GmbH
Forschungslaboratorium
Vogt-Kölln-Str. 30
D-22527 Hamburg

Wie schon mehrfach berichtet wurde, wird der Versand der DGKK-Mitteilungsblätter eine immer kostspieligere Angelegenheit. Die Möglichkeiten des preisgünstigeren Sammelversandes können nur dann ausgenutzt werden, wenn die Geschäftsadressen als Korrespondenzadressen angegeben werden. (Voraussetzung ist natürlich, daß mehrere Mitglieder die gleiche Arbeitsstelle haben.)

4. Bericht des Schatzmeisters und der Rechnungsprüfer

Herr Müller-Vogt legt die in der Tabelle zusammengestellten Zahlen vor:

Kontostände zum letzten Kassenbericht:

Postscheckkonto	7.129,45 DM
Sparkasse	7.597,49 DM
Festgeldanlage	24.000,00 DM
Summe	38.726,94 DM

Kontostände zum diesjährigen Kassenbericht:

Postscheckkonto	8.109,15 DM
Sparkasse	9.979,27 DM
Festgeldanlage	36.000,00 DM
Summe	54.088,42 DM

Dies ergibt ein Plus in der Kasse von 15.361,48 DM

Die finanzielle Situation der Gesellschaft ist entspannt und es können wieder neue Vorhaben in Angriff genommen werden. Eines dieser Vorhaben könnte das schon erwähnte Internet-Netz sein.

Die Kassenprüfung wurde von den Mitgliedern Herr A. Cröll und Herrn F. Ritter durchgeführt. Beide Kassenprüfer bestätigen, daß bei der Überprüfung der Kasse keinerlei Fehler gefunden werden konnten.

Herr F. Wallrafen beantragt, daß die anwesenden stimmberechtigten Mitglieder dem Schatzmeister ihr Vertrauen aussprechen und ihn entlasten.

Die Entlastung des Schatzmeisters erfolgt einstimmig.

5. Entlastung des Vorstandes

Herr F. Wallrafen bedankt sich beim Vorstand für die geleistete Arbeit und bittet die anwesenden Mitglieder, den gesamten Vorstand zu entlasten.

Die Entlastung erfolgt einstimmig.

6. Wahl des Vorstandes für die Zeit vom 1.1.1996-31.12.1997

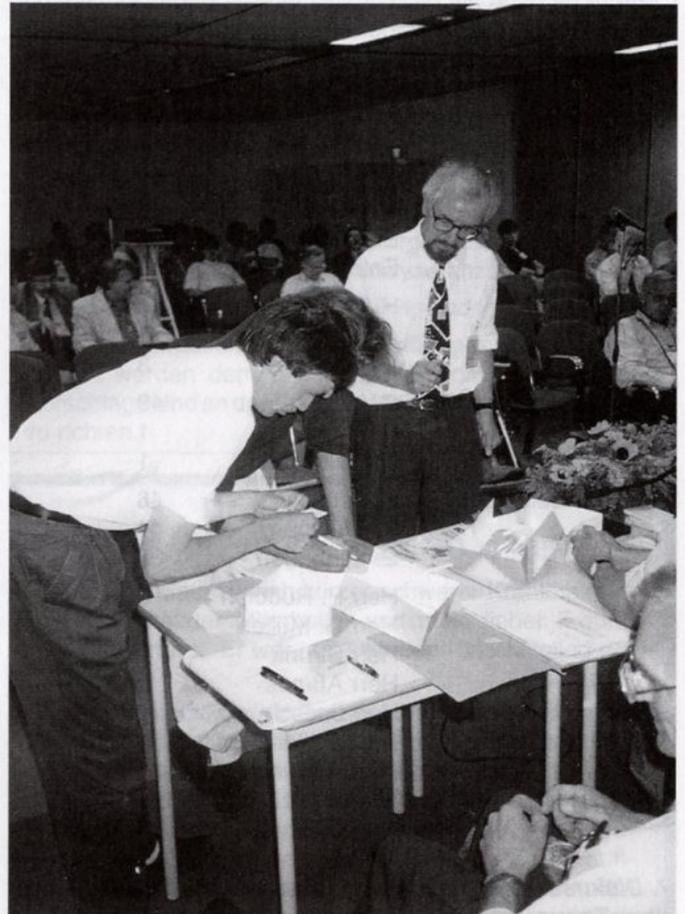
Der Vorsitz der Jahrestagung wird für diesen Punkt an Herrn G. Müller übergeben. Die Wahl gilt für den Zeitraum vom 1.1.1996 bis zum 31.12.1997. Herr Müller liest alle Teile der Satzung vor, die die Wahl regeln. Er macht ausdrücklich darauf aufmerksam, daß kein Mitglied an die Wahlvorschläge mit seiner Stimmabgabe gebunden ist.

Der folgende Wahlvorschlag wurde vorgestellt:

Vorsitzender: W. Schröder
 Stellvertreter: W. Zulehner
 Schriftführer: H. Walcher
 Schatzmeister: G. Müller-Vogt

Beisitzer: H. Fenzl
 M. Mühlberg
 E. Schönherr

Nicht wiedergewählt werden kann J. Bohm.



MgO
KTP
BGO
piezoelektrische
Quarze
SrTiO₃
Laserkristalle

**Fragen Sie uns,
 wenn es um
 Quarze und
 Kristalle geht!**



Frank & Schulte GmbH

Alfredstr. 154
 D-45131 Essen

Tel.: 02 01/45 06 - 0

Fax: 0201/45 06 - 1 11

Tx: 857 835 fus d

Wahlergebnisse:

Vorsitzender:	W. Schröder	48
	W. Zulehner	1
	Enthaltungen	2
Stellvertreter:	W. Zulehner	46
	K. W. Benz	1
	M. Mühlberg	1
	E. Schönherr	1
	Enthaltungen	2
Schriftführer:	H. Walcher	47
	A. Cröll	1
	Enthaltungen	3
Schatzmeister:	G. Müller-Vogt	49
	H. Fenzl	1
	Enthaltungen	1
Wahl der Beisitzer:	H. Fenzl	46
	M. Mühlberg	44
	E. Schönherr	38
	Herr P. Rudolph	5
	Herr G. Müller	2
	Herr Strunk	2
	Herr Aßmus	1
	Herr Jurisch	1
	Herr Müller-Vogt	1
	Herr Schwabe	1
	Herr Wenzl	1
	Herr Zulehner	1

7. Diskussionen und Beschlüsse über Tagungen und Symposien:

DGKK-Jahrestagung 1996

Herr Schröder ist schon in seinem Bericht auf die Jahrestagungen der kommenden Jahre eingegangen. Die DGKK-Jahrestagung 1996 soll in Köln/Bonn stattfinden. Da die DGKK dann 25 Jahre existiert ist ein Festvortrag geplant. Die Kollegen aus Köln und Bonn, Herr Bohaty, Herr Klapper und Herr Mühlberg, haben die Vorbereitungen für diese Tagung schon eingeleitet.

DGKK-Jahrestagung 1997

1989 fand eine gemeinsame Tagung der italienischen und der deutschen Kristallzüchtervereinigungen in Parma statt und es ist an der Zeit, die damals ausgesprochene Einladung wahrzu machen. Es wurde deshalb schon bei der letzten Jahreshauptversammlung von Herrn R. Diehl vorgeschlagen, eine gemeinsame Tagung mit den italienischen Kristallzüchtern in Freiburg abzuhalten. Diese könnte 1997 stattfinden und Herr Prof. Benz hat die Schirmherrschaft schon zugesagt.

Herr Benz erläutert die schon bestehende Vorstellung zu dieser Tagung. Sie kann mit einer Arbeitssitzung über Massenkristallisation des VDI kombiniert werden. Denkbar wäre, daß sich die beiden Veranstaltungen an einem Tag überlappen.

Herr Aßmus bittet darum, daß die Beiträge doch möglichst niedrig gehalten werden; die Tagungen des VDI seien bekannt dafür, daß sie recht kostenintensiv seien.

Bei der Organisation müssen die Teilnehmer der VDI- und der DGKK-Tagung möglicherweise getrennt angemeldet werden, um die Beiträge auseinander halten zu können.

Da 1998 die ICCG XII in Israel stattfindet, erscheint es sinnvoll, die DGKK-Jahrestagung ausfallen zu lassen.

Für die Jahrestagung 1999 sollen die Möglichkeiten mit den Kollegen aus Großbritannien und Holland weiter verfolgt werden. Die Tagung könnte als 3-Ländertagung abgehalten werden und an einem Ort stattfinden, der für alle gut erreichbar ist. Es wurden Süd-England oder Holland erwähnt.

8. Diskussion und Beschluß über die Jahrestagung 1996 in Bonn/ Köln:

Abstimmung über die DGKK-Jahreshauptversammlung in Bonn/Köln 1996:

Der Vorschlag für 1996 wurde einstimmig und ohne Enthaltung angenommen.

Da die italienischen Kollegen schon bald zur Tagung 1997 nach Freiburg eingeladen werden müssen und diese ebenfalls eine gewisse Zeit für deren Entscheidung benötigen, mußte auch über diese Jahrestagung abgestimmt werden.

Der Vorschlag für 1997 wurde einstimmig und ohne Enthaltung angenommen.

9. Diskussion über DGKK-Arbeitskreise

„Kristalle für Laser und Nichtlineare Optik“

Herr Mühlberg gibt einen kurzen Bericht über den Stand des Arbeitskreises. Das nächste Treffen wird Ende September stattfinden.

Der Arbeitskreis

Kristalle für Laser und Nichtlineare Optik

veranstaltet sein nächstes Treffen am Institut für Kristallographie der Universität zu Köln.

Beginn: Montag, 22. Januar 1996, 14.00 Uhr

Ende: Dienstag, 23. Januar 1996, 12.00 Uhr

Thema: Optische Grundcharakterisierung von (Ein-)Kristallen

Interessenten für die Teilnahme und für Vorträge melden sich bei:

Prof. M. Mühlberg

Universität zu Köln

Institut für Kristallographie

Zülpicher Str. 49 b

50674 Köln

Tel. 0221/470-4420, -3194

Fax 0221/470-4963

E-Mail: muehlberg@kri.uni-Koeln.de

(Das für September 1995 geplante Treffen mußte aus organisatorischen Gründen auf diesen neuen Termin verschoben werden).

„II-VI-Halbleiter und Verwandte Verbindungen“

Herr Müller-Vogt berichtet über den Arbeitskreis:

Die Reinheit der II-VI-Verbindungen wird zunehmend besser und erreicht inzwischen die der III-V-Verbindungen und die Defektstrukturen sind weitgehend aufgeklärt. Gearbeitet wird vor allem an den Dotierungen. Die Anwendungsgebiete der II-VI-Verbindungen sind sehr weitläufig. In den Vordergrund rücken vor allem die γ -Detektoren und die blauen Dioden.

Röntgentopographie

Herr H. Klapper:

Am 15.11. - 18.11.95 findet in Petzow statt:

Herbstschule

„Röntgenstreuung an Grenzflächen und dünnen Schichten“

Das wissenschaftliche Programm soll wie folgt organisiert werden:

- 1.) Tutorials für Newcomer, Studenten und Doktoranden
Anwendung der dynamischen Röntgentheorie auf Schichtsysteme

Diffuse Röntgenstreuung an Oberflächen und Schichtsystemen
 Röntgenstreuung an Oberflächen
 Planwellentopographie an dünnen Schichten
 Experimentelle Röntgenbeugungstechniken zur Charakterisierung von Grenzflächen und dünnen Schichten

- 2.) Originalbeiträge
- 3.) Offene Diskussionsrunden zum Erfahrungsaustausch über:
 - a) Neue apparative Lösungen
 - b) Nutzung verschiedener Softwarepakete
 - c) Know-how des Umgangs mit hochauflösenden Diffraktometern
- d) ...

Das "3rd European Symposium on X-Ray Topography and High-Resolution Diffraction" findet am 22.-24. April 1996 in Palermo, Hotel Torre Normanna, Italien, statt.

10. Verschiedenes

Keine Anträge.

gez. W. Schröder
 (Vorsitzender)

gez. H. Walcher
 (Schriftführer)

2.1 Mitteilungen der DGKK



Am 1. 1. 1996 tritt der neue Vorstand seine 2jährige Amtszeit an. Neumitglied ist **Erich Schönherr** (Beisitzer), geboren 1936 in Frankfurt/M., studierte an der Universität Frankfurt Physik, promovierte dort 1967 auf dem Gebiet der Czochralski-Kristallzüchtung und entwickelte anschließend spezielle Züchtungsverfahren (MnF, BaF, CuCl). 1968 ging er zu den Bell Tel. Labs. in Murray Hill und stellte dort LED Ausgangsmaterialien (GaP) her. Ab

1969 befaßte er sich an der Universität Frankfurt mit dem Whiskerwachstum (GaP) aus der Gasphase. Seit 1971 ist er am MPI-FKF in Stuttgart mit dem Kristallzüchten aus der Schmelze (Mg_2Si , Li_3N , $AlSb$ etc.), Lösung (NdP_5O_{14} , $LiAlSiO_4$, $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ etc.) und Gasphase (CuCl, GeS, CdS, C_{60} etc.) beschäftigt. Im Vordergrund steht die Untersuchung des Kristallwachstums aus der Gasphase.

Im 5. Jahr des Bestehens des
 Instituts für Kristallzüchtung (IKZ)
 im Forschungsverbund Berlin e.V.

Vorankündigung

Das IKZ veranstaltet unter Schirmherrschaft der DGKK vom 9. bis 13. September 1996 in Gosen bei Berlin eine

Nationale Schule für Kristallzüchtung mit internationaler Beteiligung.

Zielsetzung der Schule ist, Studenten der Physik, Chemie, Kristallographie und Elektronik, junge Wissenschaftler, Ingenieure und Techniker, die auf den Gebieten der Materialforschung, Kristallzüchtung (einschl. Epitaxie), Kristallpräparation, Analytik und Bauelemententwicklung in Forschung und Produktion tätig sind, in die Grundlagen des Kristallwachstums, der Züchtungsmethodik und Kristall-

charakterisierung sowohl einzuführen als auch erfahrene Spezialisten weiterzubilden. Dabei sollen Entwicklungen und Methoden auf modernen materialwissenschaftlichen Gebieten, wie zum Beispiel der Photovoltaik, Optoelektronik (insbesondere des blauen Spektralbereiches), nichtlinearen Optik, HT_c -Supraleitung, Sensorik u.a. im Vordergrund stehen.

Neben den Einladungsvorlesungen mit Grundlagencharakter sind die Teilnehmer aufgerufen, methodische Kurzvorträge und ggf. Poster zu neueren Ergebnissen auf dem Gebiet der Kristallzüchtung und -analyse anzumelden.

Alle Interessenten sind herzlich eingeladen!

Weitere Informationen und ein vorläufiges Schulungsprogramm werden demnächst veröffentlicht. Anfragen und Vorschläge sind an das IKZ (Direktor Dr. habil. W. Schröder) zu richten.

Dr. Gernot Brandt

15. 11. 1936 – † 21. 10. 1995

Kürzlich verstarb nach kurzer schwerer Krankheit unser geschätzter Mitarbeiter und mein lieber Freund Gernot Brandt. Er war seit Oktober 1985 Mitglied der DGKK.

Gernot Brandt wurde in Berlin-Lichterfelde geboren, wo er auch seine Kindheit und Jugend verbrachte, natürlich auch seine Schulzeit. Nach dem Abitur studierte er Physik und legte im Jahre 1966 an der Technischen Universität Berlin sein Diplom-Examen ab. Am 1. November 1968 kam er nach Freiburg an das Fraunhofer-Institut für Angewandte Festkörperphysik, mußte dann im Frühjahr 1969 nochmals nach Berlin, um mit Erfolg seine Promotion mit einer Dissertation, die sich u.a. auch mit der Züchtung von ZnS-Einkristallen befaßte, abzuschließen.

Gut vier Jahre später kam ich selbst an das IAF als frisch promovierter Kristallograph, und ich freute mich, in Gernot Brandt einen Kollegen anzutreffen, der meine Fachsprache verstand und mit dem ich wissenschaftlich diskutieren konnte. Wir haben eine ganze Zeitlang zusammen in einem winzigen Zimmer gehaust, wie es so Usus war in der Freiburger Eckerstraße 4. Die Röntgenkristallographie stand im Mittelpunkt unseres gemeinsamen Schaffens, und von den vielen schönen Ergebnissen, die wir zusammen erarbeiten konnten, sind mir unsere Kristallstrukturbestimmungen von Ytterbiumoxichlorid, des Yttriumaluminium-Perowskits und einer bis dato unbekanntem triklinen Modifikation des Wolframtrioxids noch in bester Erinnerung.

Wir zogen dann zusammen in eine Dependence des Instituts in der Hebelstraße, und wir haben zusammen handwerklich viele Stunden am Aufbau dieser Außenstelle gearbeitet, da das Institut damals knapp bei Kasse war. In einem wesentlich komfortableren Zimmer konnten wir dann unsere Zusammenarbeit fortsetzen. Beim Aufbau des neuen Röntgenlabors hat er Pionierarbeit geleistet. Gernot Brandt hat noch viele Jahre das Röntgenlabor des Instituts verantwortlich betreut, während ich mich mit Epitaxie und später mit noch anderen Dingen beschäftigte.

Wenn sich auch unsere beruflichen Wege trennten, so blieben wir doch Freunde fürs Leben. Diese Freundschaft dehnte sich auch auf unsere Familien aus, und ich erinnere mich wehmütig an die zahllosen gemeinsamen Unternehmungen, besonders an unsere schönen Skiferien in Adelboden.

Gernot Brandt hatte viele Freunde. Wer ihn kannte – stets bescheiden, freundlich, hilfsbereit und offen – der mußte ihn ganz einfach mögen. Nicht nur auf seine berufliche Tätigkeit fixiert, hatte er viele Hobbys. Sein größtes war zweifellos seine liebe Frau Hedda, dann seine Liebe zur Musik, insbesondere zu der Musik Richard Wagners. Wann immer möglich zog es ihn nach Bayreuth, wo die Wagnerianer alljährlich unter sich sind. Seiner Begeisterung verdanke ich den Zugang zur Musik Wagners. Großes Vergnügen bereiteten uns unsere Opernfahrten nach Zürich mit einer Schar von Freunden, die stets mit unvorhersehbarer Gaudi gewürzt waren. Sein Verhältnis zur Musik war beileibe nicht nur rezeptiv. Die klassische Gitarre hat er selbst ausgiebig gespielt und mit Freunden zusammen musiziert.

Noch größer vielleicht war seine Liebe zur Natur. Immer in Unruhe zog es ihn hinaus an die frische Luft. Wandern zu Fuß, per Fahrrad und per Faltboot war für ihn eigentlich jederzeit ein Thema, wenn es das Wetter zuließ. Er kannte sich in unserem heimischen Schwarzwald und auch in den Vogesen bestens aus, aber beileibe nicht nur dort. Sein neugieriger und wacher Geist führte ihn in viele Länder unserer Erde, und diese Reiseleidenschaft teilte seine Frau mit ihm. Neuseeland war das letzte Reiseabenteuer, das sie miteinander erleben durften. In diesem Sommer war Costa Rica vorgesehen; alles war arrangiert, aber seine Krankheit ließ ihn nicht mehr fort.

Ein besonders inniges Verhältnis verband ihn mit dem Mittelmeerraum, dessen Farbenreichtum, Helligkeit, Leichtigkeit, Lebensfreude und Kultur es ihm angetan hatten. So ist es auch zu verstehen, daß er sich ein Seebegräbnis in seinem geliebten Mittelmeer gewünscht hat. Seine Urne soll nach seinem Willen an einem festgelegten Ort im Meer versenkt werden. Treuer Freund Gernot Brandt - Adieu, und Gott befohlen.

Roland Diehl

4. Kristallzüchtung in Deutschland

DFG-Schwerpunktprogramm

In den Jahren 1988–93 wurden Untersuchungen zum Kristallwachstum im Rahmen des Schwerpunktprogramms "Kristallkeimbildung und -wachstum – Kinetik und Mechanismen" von der DFG gefördert. An diesem Programm nahmen Ingenieure und Naturwissenschaftler aus den Bereichen Verfahrenstechnik, Werkstoffwissenschaften, Hüttenkunde, Materialforschung, Physik, Physikalische Chemie einschließlich Elektrochemie, Kristallographie/Mineralogie, Einkristallzüchtung, Festkörperforschung, biomedizinische Technik und der Urologie teil. Ein großer Teil der Teilnehmer sind Mitglieder der DGKK und/oder Mitglieder bzw. Gäste des GVC-Ausschusses Kristallisation. Viele haben sich erst durch dieses Schwerpunktprogramm kennengelernt, und es dauerte eine gewisse Zeit bis eine gemeinsame Sprache zwischen Ingenieuren und Naturwissenschaftlern gefunden worden war. Danach waren die Diskussionen und der Informations- und Erfahrungsaustausch so rege, daß dadurch die Aussagekraft der erzielten Ergebnisse sehr gewonnen hat.

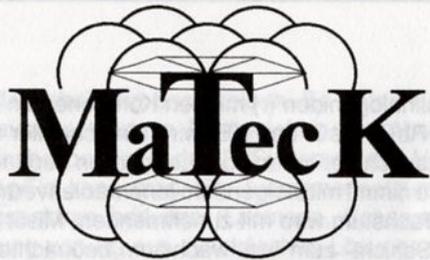
Die DFG stellte für das Schwerpunktprogramm insgesamt Mittel in Höhe von 14,1 Millionen DM sowie ein Bildverarbeitungssystem, ein Rastertunnel- und ein Rasterkraftmikroskop

zur Verfügung. Insgesamt wurden 30 Projekte mit einer Laufzeit von bis zu 6 Jahren gefördert. Die häufigsten Meßgrößen waren die Wachstumsgeschwindigkeit, insbesondere auch die flächenspezifische, die Korngröße und Korngrößenverteilung und die Keimbildungshäufigkeiten (Primär- und Sekundärkeimbildung). Diese kinetischen Größen wurden in Abhängigkeit von der Übersättigung, der Temperatur und Reinheit gemessen. Weitere Aspekte, die oft berücksichtigt wurden, waren die Oberflächenmorphologie und Kristallperfektion. In einer Reihe von Experimenten wurden Sprungmethoden und die Transiententechnik angewendet. Bei den Untersuchungsmethoden standen neben den rein optischen die Spektroskopie, Elektronenmikroskopie und Rasterelektronenmikroskopie im Vordergrund. Für Kristallwachstumsuntersuchungen sind die Entwicklungen in der EDV von großem Interesse, da u.a. wegen der Dispersion der Wachstumsgeschwindigkeit oft eine Vielzahl von Messungen durchgeführt werden muß, um vernünftige Aussagen machen zu können. Dadurch spielte die automatische Meßwerterfassung und die digitale Bildverarbeitung eine große Rolle. Bei der Aufklärung der Mechanismen stand das Wachstum aus der Lösung (einschließlich Gel) neben der heterogenen Keimbildung, dem Wachstum aus der Schmelze oder Dampfphase sowie die Kristallauflösung im Vordergrund.

Hinsichtlich der Substanzen wurden Metalle, Legierungen, Halbleiter und organische Materialien sowie Ionenkristalle untersucht. Hierbei stand KNO_3 mit sechs Projekten im Vordergrund, da es eine nicht so einfache Struktur wie das NaCl , KCl hat, aber diese Struktur noch übersichtlich ist, und da sich KNO_3 durch einen Flächenreichtum in der Wachstumsform aus wäßrigen Lösungen (etwa 6 kristallographische Formen treten auf) auszeichnet. Die theoretische Auswertung der Keimbildung und der Wachstumskinetik erfolgte in vielen Fällen mit Hilfe von Modellen.

Beim Wachstum aus wäßriger Lösung wurden in 3 Projekten schwer lösliche Salze untersucht. Beim CaCO_3 (Calcit, Aragonit) ist der Kristallisation die Bildung von CaCO_3 aus Ca^{2+} und HCO_3^- vorgelagert. Das Kristallwachstum selbst wird mit dem Spiralwachstum beschrieben. Der Zusatz von geringen Mengen an 2-wertigen Kationen führt bei unterschiedlichen Konzentrationen zur Wachstumshemmung durch Blockierung von Halbkristallen (Dabringhaus, Gutjahr). Bei anderen Untersuchungen (BaSO_4 , harnsteinbildende Substanzen) befindet sich ein Ion in einer Gelmatrix, in die die Lösung mit dem anderen Ion eindiffundiert. Der Wachstumsprozeß wird weitgehend automatisch in Abhängigkeit von der Übersättigung und Ionenstärke durch Scanning-Mikroskopphotometrie verfolgt. Die Herabsetzung der Wachstumsgeschwindigkeit konnte auf thermodynamische und kinetische Einflüsse zurückgeführt werden (Achilles, Burk). In dem dritten Projekt wurde mit Partikelgrößenanalyse das Wachstum und insbesondere die Keimbildung von BaSO_4 untersucht. Je nach der Höhe der relativen Übersättigung σ ergab sich homogene ($\sigma > 250$) oder heterogene Keimbildung ($\sigma < 250$) mit einer Keimbildungsarbeit von 10% von der für homogene Keimbildung. Während bei geringen Anfangsübersättigungen ein Wachstum durch poly nukleare Keimbildung auf glatten Kristalloberflächen vorliegt, wird bei Anfangsübersättigungen $\sigma > 40$ der Einbau von Wachstumseinheiten an Schraubenversetzungen geschwindigkeitsbestimmend (Mersmann, Angerhöfer).

Bei der Kristallisation von leicht löslichen Salzen war das Ziel die mittlere Partikelgröße und Partikelgrößenverteilung zu beeinflussen. Diese hängt von der Wachstumsgeschwindigkeit und insbesondere der Keimbildung ab. Es wurde die Wachstumsgeschwindigkeit von einzelnen Flächen sowie Abriebspartikeln in der Wachstumszelle und in einem Batchkristallisator gemessen, wobei sich eine partikelgrößenabhängige Wachs-



**Material-Technologie &
Kristalle**
für Forschung, Entwicklung
und Produktion

Unser Leistungsangebot:

- **Kristallzüchtung von Metallen und deren Legierungen**
- **Reinstmaterialien**
- **Substrate, Wafer und Targets**
- **Kristallpräparation (Formgebung, Polieren und Orientieren)**
- **Auftragsforschung f. Werkstoffe und Kristalle**

Dr. Hugo Schlich

MaTecK - Büro für Forschungsmaterialien*

Karl-Heinz-Beckurts-Str. 13

52428 Jülich

Telefon: 02461/69074-0 Fax: 02461/69074-9

* vormals "Technisches Büro, Dr. Gerd Lamprecht" und
"L&K Laborbedarf und Kristallhandel"

Wenn's Qualität sein soll – zählen Sie auf uns !

Wenn es um Anlagen für die Kristallzüchtung, um spezielle thermische Prozesse und Präzisions-Steuerungsaufgaben für diese Bereiche geht, sind wir Ihr kompetenter Partner.

Wir konstruieren Anlagen für die Kristallzüchtung ...

Wir kennen uns aus in Sachen Zonenschmelzanlagen und Anlagen für die allgemeine Wärmebehandlung von Feststoffen und Gasen unter Vakuum, Schutzgas oder oxidierender Atmosphäre ...

Wir entwickeln komplexe Baugruppen mit hohem mechanischem Anteil zur Steuerung von Prozeßbewegungen und Erfassung von Temperaturprofilen ...

Unsere Spezialitäten sind wassergekühlte, hochvakuumdichte Verschlüßflansche für keramische und metallische Prozeßrohre und kundenspezifisch spezialisierte Baugruppen für die Vakuumtechnik ...

Wir modernisieren bestehende Anlagen oder rüsten sie nach Ihren Wünschen um ...

Wir führen ein großes Programm an Standardrohröfen, freistrahrend, bis 1300° C mit Innendurchmessern von 40-200 mm. Die aufklappbare Ausführung bis 1100° C gibt es in Durchmessern von 70-400 mm ...

Wir haben neuartige Mehrzonenöfen entwickelt:

- modularer Aufbau von Ofen und Regelung, dadurch spätere Erweiterung problemlos möglich
- Erstellung komplexer Temperaturprofile mit steilen Gradienten per Software
- sehr gut geeignet für Zonenschmelzprozesse und Kristallzüchtung (Gradient-Freeze-Technik)
- durch zukunftsorientierte Software ausbaufähig bis zur vollständigen Prozeßautomatisierung
- gutes Preis-Leistungsverhältnis schon ab 5 Zonen

Fordern Sie unsere INFO an !

INNOVATIVE PHYSIKALISCHE TECHNOLOGIEN

IPPT

tumsdispersion in Verbindung mit dem CCG-Modell (Constant Crystal Growth) ergab (Mersmann, Gahn). In einer weiteren Arbeit zur Wachstumsdispersion wurden Messungen im Fließbett und an Einzelkristallen durchgeführt. Die bestehenden Modelle müssen um den Ausheilprozeß erweitert werden (Offermann, Tulke).

Die Verkrustung ist eine unerwünschte Kristallisation. Deshalb werden in einem anderen Projekt mittels holographischer Zweiwellenlängen-Interferometrie die Temperatur- und Konzentrationsfelder (Na_2SO_4 , KNO_3 -Lösungen) nahe einer Wand mit einer Salzschrift gemessen. Ziel der Untersuchungen war, den Mechanismus der Kristallisation an wärmeübertragenden Wänden aufzuklären, um das Fouling zu verhindern. Hierbei spielen die Oberflächenrauigkeit und damit die heterogene Keimbildung eine wesentliche Rolle (Bohnet, Seyfried).

Neben dieser Arbeit handelte es sich beim gemeinsamen Stoff KNO_3 um folgende Untersuchungen: Bei Einzelkristalluntersuchungen wurde die flächenspezifische Wachstumsgeschwindigkeit in Abhängigkeit von der Übersättigung gemessen, der Exponent n von σ ($\text{WG} \sim \sigma^n$) ist ebenso wie der Vorfaktor flächenabhängig. Es wurde eine deutliche Wachstumsdispersion auch für kristallographisch gleichwertige Flächen am selben Kristall gefunden, die mit dem RF (Random Fluctuation) Modell beschrieben werden können. Organische Fremdstoffe, insbesondere Farbstoffe, beeinflussen das Wachstum flächenspezifisch und führen bis zur Blockierung des Wachstums (Lacmann, Rofls). Im Rahmen dieser Arbeiten wurden mit einem Rasterkraftmikroskop *ex situ* die Oberflächen von KNO_3 aus der Verdunstungskristallisation abgebildet, wobei sich monomolekulare Inseln und Spiralsysteme zeigten, die durch das Herausnehmen aus der Lösung beeinflusst waren (Beckmann, Kämmer). Untersuchungen im Wirbelbettkristallisor und in einer Mikroskopzelle (KNO_3 , Na_2SO_4 , $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) dienen dazu Fragen des Wärmetransports, der Partikelgröße und Oberflächenbeschaffenheit im Zusammenhang mit der Wachstumsgeschwindigkeit zu untersuchen. Es zeigte sich, daß bei einigen Systemen neben dem Stofftransport und der Wachstumskinetik (Zweistufenmodell) in einem Dreistufenmodell auch der Wärmetransport berücksichtigt werden muß (Ulrich, Kruse). Neben der Neubildung von Kristallen (Primär- und Sekundärkeimbildung) spielt bei der Suspensionskristallisation auch die Agglomeration eine wichtige Rolle. Diese wurde experimentell ebenfalls im System $\text{KNO}_3/\text{H}_2\text{O}$ in zwei Versuchsständen zur diskontinuierlichen Kristallisation untersucht. Die wesentlichen Vorgänge sind dabei die Agglomeration durch Adhäsionskräfte, Agglomerationsverfestigung durch Bildung von Feststoffbrücken und selektive Agglomeraterstörung am Rührorgan. In Fortsetzung dieser Arbeiten wurde bei den Kollisionsmodellen der Einfluß der Hydrodynamik bei der Partikelannäherung, der Haftanteil, das Verwachsen sowie eine selektive Agglomeraterstörung berücksichtigt. Experimente wurden mit einem fixierten Kollektor in einer Kristallsuspension durchgeführt. Bei der theoretischen Modellierung wurde vor allem die Kornform berücksichtigt (Löffler, Riebel, Platz, Kofler). In einem weiteren Projekt, in dem KNO_3 eine Rolle spielte, wurde das Kristallwachstum untersucht, wenn zwei Salze (KCl , NaCl , KNO_3 , NH_4Cl , MgCl_2 , Na-Toluolsulfonat) in hoher Konzentration vorliegen und eines der Salze auskristallisiert. Es handelte sich zum Teil um reziproke Salzpaare zum Teil um Systeme mit gemeinsamem Kation oder Anion. Die Übersättigung wird durch die zweite Komponente beeinflusst, der Diffusionswiderstand erhöht und der Einbauwiderstand verändert (Offermann, Al Sabbagh, v. Brachel).

In 4 Projekten wurde das Wachstum aus der Gasphase untersucht. Bei der Molekularstrahlenepitaxie von Alkalihalogeniden

(g) auf Alkalihalogeniden (r) mit den Komponenten NaF, LiF, NaCl, KCl, RbCl, CsCl und KBr wird ein schneller und kompletter Austausch der Ionen über Leerstellen beobachtet. Die Eindringtiefe nimmt mit steigendem Ionenradienverhältnis r_g/r_h ab. Beim Wachstum wird mit zunehmendem Misfit ein Übergang vom Schicht- zum Inselwachstum beobachtet (Meyer, Dabringhaus, Haag, Helmrich). In einer anderen Untersuchung zur Epitaxie wurde die Abscheidung von GaAs-, AlGaAs-Schichten und GaAs-/AlGaAsHetero-Schichten auf einem GaAs-Substrat studiert. Neben RHEED kamen auch andere Untersuchungsmethoden (QMS, PL, REM, TEM, SEM und EDX) zum Einsatz. Insbesondere aus RHEED Oszillationen konnten Schlüsse auf die Elementarprozesse gezogen werden, die bei hohen Temperaturen von Ga-Desorption begleitet waren (Harsdorff, Heyn). Das Wachstum von Ge wurde für den CVD-Prozeß mit GeI_4 und GeI_2 unter Anwendung einer Temperatursprungmethode untersucht. Die Grenzflächenkinetik ist geschwindigkeitsbestimmend und führt zu $\{100\}$ - als Wachstums- und $\{111\}$ als Lösungsform. Die Wachstumsgeschwindigkeit ist proportional der Übersättigung. Die enorme Wachstumsdispersion (2 Zehnerpotenzen) wird auf die Stufenquellenkonzentration zurückgeführt (Schönherr, Wojnewski). Bei dem 4. Projekt wurde die PVD von Metallen und Legierungen untersucht, die auf amorphem SiO_2 den klassischen Gesetzen der Keimbildung und des Wachstums entspricht. Auf amorphem Kohlenstoff ist der Vorgang dagegen wesentlich komplexer, weil ein Teil der auftreffenden Atome so gebunden ist, daß er an der Oberflächendiffusion und Keimbildung nicht teilnimmt. Durch *in situ* Elektronenmikroskopie war es möglich, die Abscheidung schon in sehr frühen Stadien zu beobachten (Anton, Schmidt).

In zwei weiteren Projekten wurde die Kristallisation von Metallen bzw. Legierungen aus der Schmelze bzw. der amorphen Phase nach metallurgischen Gesichtspunkten und in 4 anderen bei der Elektrokristallisation untersucht. Die Kristallisation von Ag/Cu-Legierungen bei Unterkühlungen von bis zu 200 K erfolgt über heterogene Keimbildung an der Oberfläche und einem dendritischen Wachstum. Die Kristallisation von Ti/Ni/(Si) und Ti/Ni/Zr Legierungen erfolgte aus den amorphen Phasen durch isotherme und nichtisotherme Wärmebehandlung. Keimbildung und Wachstumsgeschwindigkeiten konnten getrennt bestimmt werden (Ryder, Adlwarth-Dieball, Buchwitz, Seeger, Vogg). Eingehend wurde der Einfluß der Erstarrungsbedingungen und Legierungszusätze (Mg, Sb) auf die Keimbildung und das Wachstum des Al/Si Eutektikum untersucht. Sowohl Gefügeanalysen wie auch die Erstarrungsmorphologie wurden quantitativ ermittelt. Die Erstarrungsmorphologie läßt sich mit steigender Abkühlgeschwindigkeit von 2,5 – 730 K/min in 4 Bereiche einteilen: Sie beginnt mit der rein eutektischen Erstarrungsfront und geht bis zu stäbchenförmigen Strukturen mit einer Neigung zur Bildung von zellulären und dendritischen Substrukturen (Tensi, Rösch).

Bei den elektrochemischen Untersuchungen wurde die Abscheidung von Pb auf Ag (hkl)-Flächen und von Ag auf Au (hkl)-Flächen mit stationären und dynamischen Methoden, begleitet von *in situ* STM-Beobachtungen, untersucht. Die Abscheidung von Pb beginnt mit einer Unterpotentialabscheidung (UPD), der die 3-D-Keimbildung bei Überpotentialen folgt; diese Kristalle haben eine charakteristische Orientierung mit ungewöhnlichen Epitaxiebeziehungen. Im System Ag auf Au besteht kein Misfit, es erfolgt auch eine UPD mit anschließender Keimbildung und dem Wachstum wie auf arteigenen Materialien (Lorenz, Höpfner, Obretinov). In einer weiteren Arbeit wurde die Legierungsabscheidung in den binären Systemen mit den Komponenten Cu, Ag, Hg, Pd untersucht. Sie läßt sich unter Berücksichtigung der Durchtrittsreaktion, Diffusion und dem Gleichgewichtspotential aus den Parametern

der Metallabscheidung beschreiben. Es treten Extremwerte der Zusammensetzung in Abhängigkeit vom Abscheidungs-potential insbesondere in den PdSystemen auf. Vor allem im System Ag/Pd kann man die Zusammensetzung aus den Impedanzspektren herleiten (Lacmann, Schaepe). Für die Abscheidung von Ag aus cyanidischen Lösungen auf Platin wurde die Keimbildung und Wachstumskinetik mittels Stromtransienten ermittelt. Mit Hilfe der Ramanspektroskopie (SERS) der CN-Streckschwingung konnte auf eine Inhomogenität der Oberfläche geschlossen werden (Plieth, Reents). Paatsch, Kautek, Sorg und Krüger haben sich mit der elektrochemischen Abscheidung von Metallen (Cu, Zn, Ni) befaßt und den Lasereinfluß untersucht. Die Abscheidung auf oxidfreien und oxidbedeckten Si-Oberflächen mit und ohne Laserbestrahlung wird ermittelt. Es kann gezeigt werden, daß man mit der optischen in situ Secondharmonic Generation Oberflächenprozesse im Femtosekundenbereich erfassen kann. Bei weiteren elektrochemischen Arbeiten über die Auflösung von HgSMono-, HgSBI- und HgS-Polyschichten werden potentiodynamische Messungen ausgewertet. Es treten ad-Cluster sowie ad-Moleküle auf und die Mechanismen werden mit Dissoziation der ad-Cluster, Elektrodesorption entsprechend einer Langmuirdesorption und 2-D-Lochkeimbildung beschrieben (Retter, Kant).

Natürlich wurden auch Untersuchungen zur Einkristallzüchtung aus der flüssigen Phase, die aufeinander abgestimmt waren, durchgeführt. Bei der Züchtung von GaAs aus Ga-Lösungen ergänzten sich die Flüssigphasenepitaxie und die Traveling-Heater-Methode. Es konnten Aussagen über morphologische Instabilitäten und deren kritische Wachstumsraten infolge lokaler Oberflächenübersättigung sowie das Verschwinden von Stufen und über Dotierstoffinhomogenitäten gemacht werden. Die Wachstumsraten wurden über eine Pulsmarkierung gewonnen und die Übersättigung mittels einer analytischen Lösung der Diffusionsgleichung berechnet (Bauser, Benz, Weishart, Danilewsky). In einem zweiten Projekt wurden von Strunk, Bauser und Marek GaAs (001)-Schichten, die ebenfalls aus Ga-Lösung auf GaAs Substraten aufgewachsen waren, untersucht, wobei sich die Oberflächentopologien mit optischer und Elektronenmikroskopie untersuchen ließen. Es treten 3 Temperaturintervalle zwischen 490 und 850° C auf. Mit steigender Temperatur werden Monostufenzüge, Netzwerke aus mehrmolekular hohen Wachstumsstufen und eine steigende Tendenz zu Monostufen und Aufrauung einzelner Netzwerkmaschen beobachtet und mit einem Modell für die Bildung von Wachstumsstreifen zweiter Art erklärt. Ein wichtiges Problem bei der Einkristallzüchtung aus Schmelzlösungen ist die Diffusion. Deshalb wurden Messungen mit der Scherzellenmethode von Müller-Vogt und Bräuer durchgeführt und mit AAS analysiert. Es wurde dabei die Diffusion von Ga und As in In-reicher, von Ge und Bi in In-haltiger und Al in Ga-reicher Schmelzlösung untersucht.

Für die Kryokonservierung von biologischen Zellen ist die Eiskeimbildung aus Lösungen mit Glycerin, Hydroxyethylstärke und Polyethylenglykol mit der Differentialkalorimetrie in Mikroemulsionen von Rau, Heschel und Kresin untersucht worden. Die homogene Keimbildung beim Abkühlen kann mit der klassischen Keimbildungstheorie beschrieben und die systemabhängigen Parameter für Keimbildung und Wachstum können bestimmt werden. Es wurde auch die Kristallisationskinetik von glasartig erstarrten Proben beim Wiederaufheizen untersucht. Als einzige organische Substanz wurde die Auflösung und das Wachstum von Stearinsäure in Hexan und Oktan in Abhängigkeit von Übersättigung und Temperatur flächenspezifisch untersucht. Der Mechanismus entspricht der BCF-Theorie. Untersuchungen zur Oberflächentopographie beim Ätzen ergänzen die Messungen, wobei kinetische und

thermodynamische Parameter ermittelt werden konnten. Mit Hilfe eines selbstentwickelten Bildverarbeitungssystems mit PräzisionsCCD-Videokamera, PC und Videoprinter war es möglich eine große Zahl von Versuchen durchzuführen, da mit dem Bildverarbeitungssystem eine genaue automatische Verfolgung und Vermessung des Kristallisationsvorganges möglich war (Beckmann, Rauls).

Auch bei den 3 letzten Projekten stand die Entwicklung von neuen Meßmethoden im Vordergrund. Ein Rastertunnelmikroskop (Mechanik, Software), das die besonderen Anforderungen für die Untersuchung des Kristallwachstums berücksichtigt, wurde von Beckmann, Kämmer und Kipp aufgebaut. Damit konnte u. a. das elektrochemische Abscheiden von Pd auf amorphem Kohlenstoff und Silberamalgam auf HOPG untersucht werden. Bei letzterem zeigte sich eine bevorzugte epitaktische Abscheidung an den Oberseiten von Stufen. Mit dem später angeschafften Rasterkraftmikroskop wurden zunächst ex situ zahlreiche Substanzen untersucht und dann in situ Korrosionsvorgänge, das Auflösen von LiF, Verdunstungskristallisation von L-Ascorbinsäure und das Wachstum von Calcit verfolgt (Lacmann, Schneeweiß, Kipp). Um Laserbeugungsspektrometer als berührungsfreie Meßgeräte on-line für den Kristallisationsprozeß einzusetzen, wurde die korrekte Wiedergabe, der Durchmesser von Kugeln, der Einfluß unterschiedlicher Partikelformen und die Verwendung für die Kristallisation bei niedrigen und hohen Suspensionsdichten untersucht. Das Problem der Mehrfachstreuung bei hohen Suspensionsdichten konnte systemspezifisch durch empirische Korrekturen gelöst werden (Ulrich, Lühmann). In dem letzten Projekt wurde von Gans untersucht, wie weit es möglich ist, durch Änderung des Druckes (Drucksprung) die Übersättigung zu erzeugen und während des Relaxationsprozesses das Wachstum und das Schmelzen von H₂O, Hg, Ga und Salol zu untersuchen. Der Wärmetransport ist hierbei geschwindigkeitsbestimmend, so daß die Temperaturfelder gemessen bzw. berechnet werden müssen. In allen Systemen ist die Geschwindigkeit der Grenzflächenprozesse quadratisch von der Übersättigung abhängig.

In allen Projekten des Schwerpunktprogramms wurde dank einer heute sehr leistungsfähigen Meßtechnik eine Vielzahl von reproduzierbaren Messresultaten sehr genau gewonnen. Alle Ergebnisse des Schwerpunktprogrammes zeigen die breite Anwendbarkeit der Gesetze der klassischen Theorien, der Kristallkeimbildung und des Kristallwachstums von Volmer, Stranski und Kaishev sowie Burton, Cabrera und Frank. Die Größen der Parameter unterscheiden sich dabei je nach System beträchtlich. Effekte wie die Wachstumsdispersion zeigen auf, daß durch kleine Unterschiede von Kristall zu Kristall große Unterschiede in der Wachstumsgeschwindigkeit auftreten können, wenn der Grenzflächenprozeß geschwindigkeitsbestimmend ist. Eine Erweiterung der Theorien ist erforderlich.

Die Entwicklung der EDV ist für Untersuchungen des Kristallwachstums von überragender Bedeutung, da für vernünftige, also statistisch gesicherte Aussagen eine große Zahl von Experimenten erforderlich ist. Automatische Versuchsdurchführung, Meßwerterfassung und Auswertung sowie die digitale Bildauswertung machen dies möglich. Zur Interpretation bzw. Vorhersagbarkeit von Effekten ist die Modellierung wichtig, welche im Schwerpunktprogramm erweitert wurde.

Bei den Untersuchungsmethoden erhöht die Rastersondenmikroskopie (STM, SFM) und die Laserbeugungsspektrometrie neben anderen Methoden die Untersuchungsmöglichkeiten. Der Einfluß von Fremdstoffen, der hier nur am Rande untersucht werden konnte, und die Weiterentwicklung der Theorie aufgrund der vielen neuen experimentellen Ergebnisse sind in

der Zukunft besonders vorrangige Aufgaben. Fortschritte sind nur dann zu erwarten, wenn die enge Zusammenarbeit zwischen den verschiedenen Disziplinen weiter erfolgreich durchgeführt wird.

R. Lacmann
Institut für Physikalische und Theoretische Chemie
Technische Universität Braunschweig

5. Tagungsberichte

5.1 ICCG XI Den Haag 18. – 23. 6. 1995 Plenary Session P. Görnert

Der erste Hauptvortrag dieser Tagung wurde von Hr. Görnert gehalten. Sein Thema „Single Crystal Growth and Crystalline Layers of Oxides“ hätte Stoff für eine Vorlesungsreihe oder ein Buch geboten. Deshalb beschränkte er sich notwendigerweise auf eine Stoffklasse der Oxide, die Hochtemperatursupraleiter. Diese Materialien wurden aber um so gründlicher behandelt. Ausgehend von den theoretischen Ansätzen der Kristallzüchtung zeigte er die vielen unterschiedlichen Verfahren zum Lösen der auftretenden Probleme auf. Dies gilt sowohl für Bulk- als auch für Dünnschicht-Materialien, auch das Anwendungspotential dieser wichtigen Substanzklasse wurde aufgezeigt. Kurzum: Ein gelungener Übersichtsvortrag, bei dem sich das Nachlesen in den Konferenzproceedings lohnt.

W. Aßmus

Plenary session I.6 P. Bennema

In Verbindung mit der Verleihung des IOCG-Frank-Preises anlässlich der ICCG XI 1995 an Prof. Dr. P. Bennema (Uni Nijmegen) für seinen bedeutenden und außergewöhnlichen Beitrag zu fundamentalen Problemen des Kristallwachstums gab es am Donnerstag einen hervorragenden Plenarvortrag zum grundlegenden Thema: „Thermodynamische und kristallographische Modelle für die Phasengrenze fest-fluid: Auswirkungen auf die Kinetik des Kristallwachstums und auf die Morphologie“.

Sowohl Theorie als auch Experiment des Kristallwachstums basieren primär auf der Verschiedenheit atomar rauher und atomar glatter Phasengrenzen. Allgemein unterscheidet man zwischen thermodynamischer und kinetischer Oberflächenrauigkeit. Die atomare Rauigkeit kristalliner Oberflächen bestimmt z.B. die Wachstumsgeschwindigkeit, die Oberflächenmorphologie, den Kristallhabitus, die Verteilungskoeffizienten sowie wachstumsinduzierte Anisotropien. Professor Bennema konzentrierte sich auf Fortschritte hinsichtlich der Kinetik des Kristallwachstums und der Morphologie, welche während der vergangenen 15 Jahre erzielt worden sind. Die Berechnung des sog. α -Faktors enthält stets einen thermodynamischen und einen kristallographischen Beitrag, wobei die Schwierigkeit bei der theoretischen Ermittlung des kristallographischen Beitrages liegt. Zur Analyse komplizierter Strukturen werden hierfür Hartman-Perdok-Analysen ausgeführt, die vor allem in Holland entwickelt worden sind. Neben theoretischen Resultaten wurde im Verlaufe des Vortrages der Bogen ebenfalls zu experimentellen Ergebnissen geschlagen. Atomar glatte Flächen und deren Hierarchie können z.B. ermittelt werden aus der Messung der Anisotropie der Wachstumsgeschwindigkeit, mittels Wachstumsexperimenten mit Kugeln sowie durch Inspektion des Kristallhabitus und der Phasengrenzflächen.

Sehr neu und interessant waren ebenfalls die vorgetragenen Ergebnisse zur Analyse von (hklm)-Flächen modulierter Kristalle.

Alles in allem präsentierte Professor Bennema die international bekannte holländische Schule des Kristallwachstums in ausgezeichnete Weise.

P. Görnert

Symposium II: „Single Crystals and Crystalline Layers“

Das hinsichtlich der Anzahl der Vorträge und Poster größte Symposium II behandelte die methodischen und substanzspezifischen Ergebnisse zur Züchtung von Einkristallen und Schichten.

Es umfaßte die Sektionen **201 „Large single crystals“** (15 mündliche Vorträge, 61 Poster), **202 „Modeling“** (8 mündliche Vorträge, 31 Poster), **203 „Optical crystals“** (17 mündliche Vorträge, 51 Poster), **204 „Semiconductor crystals and single crystalline films“** (30 mündliche Vorträge, Poster: III-V: 25, Wide Bandgap (GaN, SiC): 4, Si/Ge: 20, Chalcopyrites: 6, II-VI: 20, Infrared Materials: 8, Miscellaneous: 4), **205 „Coatings and thin films“** (3 mündliche Vorträge, 13 Poster), **206 „High T. materials“** (14 mündliche Vorträge, 26 Poster).

204.1. Sektion Semiconductor crystals and single crystalline films“

(G. Müller, R. Fornari) und Poster mit analogem Inhalt

Die Sitzung wurde durch den Tausch der Vorträge 02041.01 mit 02043.01 zu einer fast reinen Kristallzüchtungssitzung für Verbindungshalbleiter.

Der erste Vortrag beschäftigte sich mit dem Basismaterial für „Blaue Dioden“ auf GaN-Basis. Daß die noch existierenden Hindernisse auf dem Weg zu GaN-Lasern bisher nicht überwunden wurden, wird mit dem Fehlen von hinsichtlich des Gitters und der thermischen Eigenschaften angepaßten Substraten begründet. Mit diesem Hintergrund wurden von S. Porowski und Mitarb. in „High Pressure Growth of GaN – New Prospects for Blue Lasers“ die thermodynamischen Eigenschaften von GaN erörtert und auf dieser Grundlage über die jüngsten Ergebnisse der Züchtung von GaN-Einkristallen aus einer N-Lösung in Ga unter > 20 kbar berichtet. Unter gleichgewichtsnahen Bedingungen erhält man einkristalline Plättchen von ca. 3 mm, die ebene Flächen aufweisen, eine geringe Versetzungsdichte besitzen und senkrecht zur kristallographischen (0001)-Ebene spalten, womit sich neue Perspektiven zur Realisierung blauer Laser auf GaN-Basis ergeben sollten.

Daß das klassische vertikale Bridgman-Verfahren zur Züchtung von versetzungsarmen GaAs-Einkristallen auch im Hinblick auf eine industriell betriebene Kristallzüchtung noch Entwicklungspotenzen besitzt, demonstrierten A. Althaus und Mitarb. in ihrem Vortrag „Growth of GaAs in two newly developed VB-furnaces“. Das Hauptaugenmerk der technischen Auslegung wurde einerseits (natürlicherweise) darauf gerichtet, einen überwiegend axialen Wärmetransport durch den wachsenden Kristall zur Realisierung einer ebenen Wachstumsfront als Voraussetzung für eine niedrige Versetzungsdichte zu organisieren und andererseits die Anlagen- und Betriebskosten niedrig zu halten. Zur Formung des axialen T-Feldes dienen eine obere und untere Heizplatte, die auf $T > T_m$ bzw. $T < T_m$ gehalten werden und ein Mantelheizer auf $T > T_m$. Ähnlich wie bei den Öfen zur gerichteten Erstarrung von Turbinenschaufeln aus NiSuperlegierungen soll es möglich werden, mehrere Bridgman-Tiegel einzusetzen. Erste erfolgversprechende Ergebnisse zur Züchtung von 4"-Kristallen wurden mitgeteilt. Das zweite vorgestellte Ofenkonzept enthielt zwei Heizzonen auf unterschiedlicher Temperatur und zur Beeinflussung der Form und Lage der Phasengrenzfläche einen Hilfsheizer im Bereich des T-Gradienten. Grundsätzlich sind mit dieser Anordnung auch Zonenschmelzexperimente möglich.

Im Vortrag wurden ferner Untersuchungsergebnisse zu den Ursachen der Bildung von Kleinwinkelkorngrenzen bei der VB-Züchtung vorgestellt. Gezeigt wurde, daß entgegen der weit-

BRIDGMAN-Sonderanlage

Beispiel der Fertigung einer Prototypanlage mit Lieferung von Hardware und Steuerung Software

verbreiteten Ansicht die Versetzungslinien die Phasengrenzfläche schmelzflüssig/fest durchaus nicht senkrecht durchsetzen müssen.

A. Hruban und Mitarb. teilen in „**Si-GaAs Crystal Growth in Modulated Thermal Field**“ Ergebnisse von Optimierungs-Untersuchungen an einer GALAXIE MARK IV-Mehrheizeranordnung zur Züchtung langer, durchmesserstabiler 3"- und 4"-GaAs-Kristalle aus 6"- und 8"-Quarz- bzw. pBN-Tiegeln und Einsätzen von 5 bzw. 8 kg mit. Gemessen wurden Temperaturprofile oberhalb der Schmelze sowie in der Boroxid-Abdeckschmelze als Funktion des Ar- bzw. N₂-Druckes und der Tiegelposition. Der axiale T-Gradient sinkt mit zunehmendem Druck. Er ist bei gleichem Druck für N₂ im Vergleich zu Ar kleiner. Die Oberflächentemperatur des Boroxids sinkt mit wachsendem Druck, sie ist für N₂ kleiner als für Ar von gleichem Druck. Dementsprechend war bei gleichem Druck der T-Gradient im Boroxid bei N₂-Schutzgas größer als bei Ar. T-Messungen im Inneren eines GaAs-Blockes unterhalb der Schmelztemperatur zeigten, daß der T-Gradient sehr empfindlich von der Tiegelposition abhängt. Der Einfluß war bei Ar-Züchtungsatmosphäre geringer als bei N₂. Auch das Tiegelmateriale hatte einen erheblichen Einfluß auf die thermischen Verhältnisse in der Anlage.

Züchtungsergebnisse legten die Autoren des vorgenannten Beitrages im Poster „**Physical Properties of Carbon Doped Si-GaAs-Crystals**“ dar. Interessanterweise wurden Kristalle nach dem LP- und HP- LEC-Verfahren gezüchtet, ohne daß die Druckbereiche selbst präzisiert wurden. Gezüchtet wurde aus pBN- und Quarz-(I, SII)-Tiegeln. In üblicher Weise wurde der C-Gehalt aus der LVM-Absorption mittels FTIR-Spektrometers und die EL2^o-Konzentration durch NIR-Absorption bestimmt. Der Kohlenstoff wurde während der Synthese und des Kristallwachstums inkorporiert und lag im Bereich zwischen 4×10^{14} und $2 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$. Ob eine „aktive“ C-Einstellung erfolgte, war nicht in Erfahrung zu bringen. Im Bereich niedriger C-Gehalte ($[C] \leq 5 \times 10^{14} \text{ cm}^{-3}$) waren die meisten Kristalle n-leitend mit $\rho \geq 10^4 \Omega \text{ cm}$. Erst für $[C] \geq 5 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$ waren die Kristalle sicher semi-isolierend mit $\rho \geq 10^7 \Omega \text{ cm}$. Die Hall-Beweglichkeiten schwanken bei $[C] \leq 4 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$ zwischen 1000 und 6000 cm^2/Vs , erst für $[C] = (4 - 10) \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$ wurde $\mu = (4000 - 6000) \text{ cm}^2/\text{Vs}$ gefunden.

Zur Charakterisierung der Reinheit des Si-Materials wurde von den Autoren u.a. auch die instrumentierte Neutronen-Aktivierungsanalyse (INAA) eingesetzt. Für GaAs mit $[C] = 5,4 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$ wurden angegeben: $[\text{Se}] = 6,1 \times 10^{14} \text{ cm}^{-3}$, $[\text{Cr}] = 9,3 \times 10^{14} \text{ cm}^{-3}$, $[\text{Ag}] = 1,2 \times 10^{13} \text{ cm}^{-3}$, $[\text{Zn}] = 3,9 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$, $[\text{Co}] = 5,7 \times 10^{12} \text{ cm}^{-3}$, $[\text{Sb}] = 3,4 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$, $[\text{Fe}] = 2,5 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$. Obgleich diese Analysenergebnisse hinsichtlich der mitgeteilten elektrischen Eigenschaften keineswegs plausibel sind ($\Sigma A = 3,5 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$!), sind die Angaben unter dem Gesichtspunkt der mittels AES bzw. AAS erreichbaren Nachweisgrenzen sehr interessant.

Mit Hilfe einer Hot-Wall-Czochralski-Anlage züchteten **Wenzl** und Mitarb. („**Electronic Properties of GaAs Crystals Grown with Stoichiometry Control**“) GaAs-Kristalle aus nominell undotiertem GaAs unter verschiedenen As-Partialdrücken und untersuchten deren elektronische Eigenschaften. In Übereinstimmung mit entsprechenden Ergebnissen aus der Literatur tritt eine Konversion des Leitungstyps von der p- zur n-Leitung mit einer Erhöhung der As-Quellentemperatur von 600 auf 660° C ein, die durch eine Variation der EL2-, aber auch der Kohlenstoff-Konzentration mit dem As-Partialdruck erklärt wird.

D.T.J. Hurle trug in „**A Mechanism for Twin Formation during Czochralski & Vertical Bridgman Growth of III-V-Semiconductors**“ Weiterentwicklungen seiner bereits mehrfach

publizierten Vorstellungen über die Mechanismen der Zwillingsbildung bei der Kristallzüchtung von III-V-Verbindungshalbleitern vor. Grundgedanke ist, daß unter bestimmten Bedingungen die Keimbildung auf einer {111}-Randfacette in Zwillingslage gegenüber der korrekten Orientierung thermodynamisch begünstigt ist. Mit der entwickelten Theorie können experimentell gesicherte Einflußfaktoren auf die Zwillingsbildung bei der Züchtung wie Keimorientierung, Konuswinkel, T-Fluktuationen in der Schmelze, Schmelzzusammensetzung und Abdeckschmelze erklärt werden. Die Bedingungen, die einzuhalten sind, um Wachstumszwillinge zu vermeiden, wurden aufgelistet.

M. Müller und Mitarb. (Poster der Uni Erlangen und von FCM) zeigten in „**Control of Oxygen in Undoped LEC-GaAs**“, daß das für den Gehalt an Restverunreinigungen bei der LEC-Züchtung von GaAs-Einkristallen entscheidende Sauerstoffpotential im System nicht allein durch den Wassergehalt des Boroxides beeinflußt werden kann, sondern auch durch den Partialdruck des Stickstoffs infolge der mit zunehmendem N₂-Partialdruck zunehmend wichtigen BN-Bildung in der Boroxidabdeckschmelze bzw. in der Gasatmosphäre. Daher besitzen unter erhöhtem Stickstoff-Partialdruck gezüchtete GaAs-Kristalle einen vergleichsweise niedrigen Borgehalt um $5 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$, jedoch einen Gehalt an elektrisch aktivem Sauerstoff in der Größenordnung von $1 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$, der schließlich zu einem spezifischen elektrischen Widerstand des Materials um $1 \times 10^4 \Omega \text{ cm}$ führt. An derartigen Kristallen konnte bestätigt werden, daß das EL3 ein sauerstoff-korrelierter Defekt ist.

M. Masi und Mitarb. (Poster) berichteten in „**Melt-Solid Interface Shape in LEC GaAs-Crystals: Comparison between Calculated and Experimentally Observed Shapes**“ über ihre Ergebnisse bei der Modellierung der Phasengrenzflächenform auf der Grundlage der auf Brown und Mitarb. zurückgehenden sogenannten thermal capillary theory. Dementsprechend wurde ein zylindersymmetrisches Wärmeleitproblem behandelt und die Phasengrenzflächenform als Ort der Schmelzpunktsisotherme bestimmt. Der Einfluß von Kristall- zu Tiegeldrehung, Tiegel-Bodenisolation, Heiztemperatur wurden untersucht. Die Ergebnisse wurden mit der Phasengrenzflächenform an unter verschiedenen Züchtungsbedingungen gezogenen GaAs-Einkristallen verglichen. Die Phasengrenzflächen wurden hierzu mittels DSL-Ätze entwickelt und im Interferenzkontrast nach Normarski vermessen. Zufriedenstellende Übereinstimmung wurde erzielt. Erstaunlicherweise sollen Druck und Art der Züchtungsatmosphäre ohne nachweisbaren Einfluß auf die Phasengrenzflächenform sein.

Möglicherweise auch für nominell undotiertes GaAs interessant ist die von **T. Slupinski** und Mitarb. in „**Annealing Behaviour of Electrically Inactive Dopants in Melt-Grown n⁺-GaAs**“ (Poster) beobachtete Verdopplung der Elektronenkonzentration in Te/Ge doppel-dotierten GaAs nach dem Abschrecken von Temperatur bei 1100° C. In diesem Material wird eine Sättigung der Elektronenkonzentration bei ca. $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ beobachtet, die bislang durch eine Selbstkompensation mit dem $\text{Te}_{\text{As}}\sqrt{\text{V}}_{\text{Ga}}$ -Akzeptorkomplex nur unbefriedigend erklärt werden konnte. Postuliert wird hier die Bildung von reinen Donator-Komplexen oder Donator-Grundgitteratom-Komplexen während der Abkühlung von der Züchtungstemperatur, wodurch der Donator inaktiv wird. Diese Komplexe können durch eine geeignete Wärmebehandlung partiell aufgelöst werden, wodurch sich die Donatorkonzentration erhöht. Die Möglichkeit zur Bildung und Auflösung von Agglomeraten von Verunreinigungen ist auch in nominell undotiertem GaAs zu berücksichtigen.

Eine Übersicht über die makroskopische und mesoskopische Homogenität von „State of the Art“ Si LEC-GaAs und die hierzu

genutzten technologischen Grundprinzipien gaben **T. Flade** und Mitarb. (Poster von FCM) in „**LEC grown s.i. GaAs Single Crystals with an Improved Macroscopic and Mesoscopic Homogeneity**“. Es wird gezeigt, daß durch den gezielten Einsatz mehrstufiger Reinigungsschritte bei der Synthese und Einkristallzüchtung die Restverunreinigungsgehalte gezielt absenkt und eingestellt werden und daß durch eine nachfolgende mehrstufige Kristalltemperung die noch verbliebenen Inhomogenitäten weitestgehend beseitigt werden können und somit ein optimaler Einsatz des Materials für die Ionenimplantation gegeben ist.

R. Fornari und Mitarbeiter beschäftigten sich im Vortrag „**A Study of Fe Incorporation in LEC-Grown Indium Phosphide**“ mit den Einbaumechanismen des Fe beim LEC-Verfahren. Sie stellten ein Anwachsen des Fe-Einbaues mit steigender Wachstumsrate und eine Absenkung mit wachsender Rotation des Tiegels fest. Dabei war bei geringeren Wachstumsraten ein homogener Einbau zu verzeichnen. Eine weitere Frage war, wieviel Fe wird elektrisch aktiv und ist dies beeinflussbar? Im Ergebnis kann gesagt werden, mittels Tempern kann sich das Eisen von Zwischengitter- auf Gitterplätze bewegen und damit elektrisch aktiv werden. Die in diesem Zusammenhang allgemein aufgeworfene Fragestellung, vom Einbau von Dotierstoffen und Verunreinigungen im Zwischengitter oder auf Gitterplätzen und der damit im Zusammenhang stehenden Frage der elektrischen Wirksamkeit, ist sicher nicht nur für InP, sondern auch für GaAs und alle anderen Halbleiter von großer Bedeutung und wird nach unserer Meinung zunehmend an Bedeutung gewinnen.

Unter dem Gesichtspunkt, daß der Sauerstoff und dessen chemisches Potential für die Reinigung von Halbleitern eine ausschlaggebende Rolle spielen, werden nachfolgend noch zwei Poster über Silizium kommentiert.

A. Seidl und Mitarb. (Poster) beschrieben in „**In-situ Investigation of Oxygen Distribution and Transport in Czochralski Silicon Melts by Electrochemical Solid Ionic Sensors**“ einen Sauerstoff-Sensor für Si-Schmelzen, der aus einem Rohr aus CaO-stabilisiertem Zirkonoxid als Ionenleiter besteht, das eine Mischung aus Metall und Metalloxid (z.B. V/V₂O₃), gekennzeichnet durch ein T-abhängiges Sauerstoff-Potential, enthält. Befindet sich diese Sonde in einer Si-Schmelze mit einem durch deren Sauerstoffgehalt bestimmtes Sauerstoffpotential, so entsteht eine EMK, die ein direktes Maß für den Sauerstoffgehalt der Si-Schmelze ist. Eine solche Sonde wurde erstmals in einer industriellen Czochralski-Anlage zur Untersuchung des Einflusses technologischer Parameter, wie beispielsweise der Tiegelrotation, auf den Sauerstofftransport zwischen der Tiegelwandung und der Fest/flüssig-Phasengrenze genutzt. Wegen der großen Bedeutung, die das Sauerstoffpotential im thermochemischen System der GaAs-Züchtung besitzt, ist zu empfehlen, die Eignung der Sonde hierfür gezielt zu untersuchen.

Mit der Optimierung der radialen Sauerstoff-Verteilung und der Sauerstoff-Konzentration durch geeignete Wahl der Kristall- und Tiegel-Rotationsgeschwindigkeit beschäftigten sich **T. Kanda** und Mitarb. in „**Influence of Crucible and Crystal Rotation on Oxygen Concentration Distribution in CZ-Si Single Crystals**“ (Poster). Abweichend von der üblicherweise gefundenen Erhöhung der Sauerstoff-Konzentration mit wachsender Kristall- bzw. Tiegelrotation und einer Verringerung der radialen Inhomogenität mit wachsender Kristallrotation wurde hier auch eine Zunahme der O-Konzentration bei kleinen Kristalldrehzahlen beobachtet, die bei abnehmender Tiegeldrehzahl weiter anwächst. Auf der Basis von Modelluntersuchungen zur erzwungenen Konvektion wird eine Erklärung für die Beobachtungen gegeben.

M. Jurisch, B. Weinert



Empfang des Bürgermeisters im Gemeent Museum

Session 204.3

Semiconductor crystals and single crystalline films

Ein allgemeiner Vortrag zur Gasphasenepitaxie von II-VI BreitbandHalbleiter-Schichten mit metallorganischen Reaktanden (MOVPE) wurde von Kuech (Uni. Wisconsin, USA) gegeben. Im Vordergrund stand die Herstellung von Strukturen für grün bis blau emittierende Laser oder Leuchtdioden auf (100) GaAs Substratmaterial bei Temperaturen unterhalb 450° C. Relativ störungsfreie Schichtstrukturen gelangen durch die Kombinationen von p-ZnSe/Cd_{1-x}Mg_xTe/n-CdSe und n-CdSe/Cd_{1-x}Mg_xTe/p-ZnTe Abscheidungsfolgen. Als Reaktanden wurden Dimethylzink, Dimethylcadmium, Ditertiarybutylselenid, Ditertiarybutyltellurid, als n-Dotierung Alkyl-, Butyl- oder Ethyljodide und als p-Dotierung Triethylenamin verwendet. Insbesondere konnte durch die N-Besetzung der Te bzw. Se Plätze die Nettoakzeptorenkonzentration bis 10²⁰/cm³ gesteigert werden. Die Dotierungen wurden durch ihre Elektrolumineszenz bei 25 K charakterisiert.

Ein weiterer Vortrag über metallorganische Abscheidungen von II-VI-Verbindungen wurde von Tedenac (Uni. Montpellier, Frankreich) gehalten. Insbesondere hatte die Gruppe die Übergangsschichten von ZnTe auf (100) orientierten GaSb, GaAs und InP Substraten röntgenographisch untersucht. Die Aufwachsungen wurden bei 1 atm von H₂, Dimethylzink und Dimethyltellur zwischen 600 und 673 K ausgeführt. Alle Schichten waren mit vergrößerter Gitterkonstante senkrecht zum Substrat gestartet. Überraschend waren die Abklügelängen der Deformationen mit 193 µm für GaSb, 2.5 µm für InP und 1.1 µm für GaAs umgekehrt proportional den Gitterkonstantenabweichungen.

Über die Herstellung des blau emittierenden Konkurrenzmaterials GaN sprach Orton (Uni. Nottingham, England). Es

BRIDGMAN-Sonderanlage -

Beispiel der Erarbeitung einer Problemlösung mit Lieferung von Hardware und Steuerungs-Software

Vorgaben :

Anhand der Vorgaben des Auftraggebers (siehe Vorgabentabelle) wurde gemeinsam ein Anlagen-Konzept erarbeitet.

Der Ofen der Anlage soll zusammen mit dem Puller schwenkbar sein, um den Einfluß des g-Faktors auf das Kristallwachstum zu untersuchen. Das System verfügt über eine Ladeschleuse und ist für Kartuschenwachstum ausgelegt. Der Einbau eines veränderbaren Baffles wurde in der Konzeption berücksichtigt.

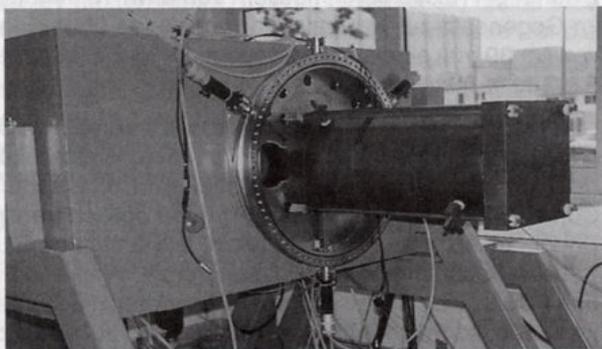
Der Auftrag erfolgte auf Basis des gemeinsam erarbeiteten Konstruktionsprinzips. Parallel zum Baubeginn wurden Konstruktionszeichnungen erstellt. Änderungen und Optimierungen waren während der Auftragsausführung möglich und wurden nach Aufwand abgerechnet.

Der Auftraggeber hat Komponenten und Baugruppen, wie Pumpstand mit drei Pumpen (ohne Ablaufsteuerung), alle Schweißflansche, die Vakuumventile sowie die Vakuummeßkomponenten beigelegt.

Kostenpflichtige Optionen, die nach Fertigungsbeginn gewünscht wurden :

- Die wassergekühlte Puller-Ziehwellen wurde zusätzlich als Hohlwellen zur Durchführung von drei Meßfühlern ausgeführt.
- Die zunächst vorgesehenen Graphitheizer wurden durch Heizer aus CFC ersetzt.
- Der Puller-Nullpunkt wurde auf 2 micron Genauigkeit definiert.
- Das Konzept einer Baffle-Anordnung wurde erarbeitet, Montagepunkte für einen variablen Baffle-Aufbau wurden integriert. Die Funktion eines Baffles wurde anhand einer Hilfskonstruktion demonstriert.

Abb. - 2-Zonen-Ofen in Stellung 90° (ohne Rezipient)



Falls Sie eine Sonder-Anlage planen -
Bitte, rufen Sie uns an.
Wir lösen auch Ihre Steuerungsaufgaben ...

I-B-S Vertriebs-GmbH
GERÄTE für FORSCHUNG und PRODUKTION

D-82284 GRAFRATH, Postfach 30
TEL 08144 / 7656 * FAX 08144 / 7857

Vorgaben-Tabelle
(Vorgaben nach Leistungsverzeichnis und Ergebnisse bei Abnahmeprüfungen)

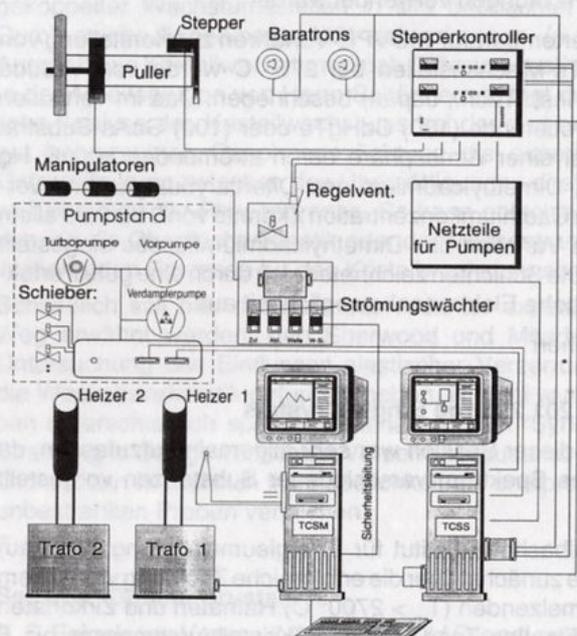
Spezifikation	Forderung	Meßergebnis
Puller	$V_{max} = 100 \text{ mm/min}$ $V_{min} = 0,02 \text{ mm/min}$	50 mm/min 0,02 mm/min
Drehbarkeit	0° - 180°	0 - 360°
Temperaturen Oberer Heizer Unterer Heizer	ca. 1600°C ca. 1000°C	1600°C 1000°C
Stabilität T°C kurzzeitig (oben) kurzzeitig (unten) langzeitig (oben) langzeitig (unten)	0,5°C 0,5°C 1,0°C 1,0°C	± 0,5°C (bei 1300°C) ± 0,2°C (bei 900°C) ± 0,5°C (bei 1000°C) ± 1,0°C (bei 700°C)
Gradient Baffle-Bereich	100°C/cm	mit Hilfsaufbau 50°C/cm
Isothermale Zone Heizer oben	100 mm	100 mm
Vakuum Rezipient Schleuse	< 10 ⁻³ mbar < 10 ⁻³ mbar	1,5 · 10 ⁻⁶ mbar 2,7 · 10 ⁻⁶ mbar
Wellenantrieb	vibrationsfrei	vibrationsfrei bei Ziehgeschwindigkeit
Leckrate Rezipient Schleuse	ca. 5 · 10 ⁻⁹ mbar · l/s ⁻¹ ca. 5 · 10 ⁻⁹ mbar · l/s ⁻¹	1 · 10 ⁻⁸ 1 · 10 ⁻⁸

Die Software der Ablaufsteuerung wurde um die folgenden Leistungen erweitert :

- a. Erstellung einer Ablaufsteuerung für den Pumpstand und deren Integration in den Systemablauf
- b. Automatischer Aufheizzyklus unter Berücksichtigung der Drücke in Rezipient und Schleuse.
- c. Positionierung des Pullers mit 1 µ Genauigkeit.
- d. Erweiterung der Protokollerfassung.
- e. Erstellung von zusätzlichen Sicherheitsabfragen und Vakuummeßpunkten.

- Erweiterung der Rechner- und Steuerungs-Hardware zur Realisierung von a. - e.

Abb. unten - Blockdiagramm der Ablaufsteuerung



wurde in einer Molekularstrahlepitaxie-Anlage auf (100) GaP oder (100) GaAs durch Reaktion des Ga-Verdampfungsstrahls mit RF-aktiviertem N_2 -Plasmastrahl zwischen 600 und 700° C synthetisiert. Die Schichten waren polykristallin. Arsenbestrahlung während der Synthese überführte die hexagonale Phase in die kubische. Silizium war geeignet als Donator, Beryllium als Akzeptor. Eine n-Dotierung war bis $10^{18}/cm^3$ möglich. Sie wurde durch Photolumineszenzspektren charakterisiert. Die Hauptlinie lag für $10^{18} Si/cm^3$ in der kubischen Struktur bei 3.453 eV mit einer Halbwertsbreite von 59 meV für 4 K.

Auch der folgende Vortrag von Dmitriev (Cree Research, RR) hatte die Herstellung von GaN-Schichten zum Inhalt, allerdings nach dem MOVPE-Verfahren. Er verwendete (0001) 6H-SiC- und 4H-SiC-Substrate. Die zunächst stark gestörte Anfangsschicht (0.1–0.4 μm) wurde später von einkristallinem, hexagonalem GaN ($< 10^9/cm^2$ Versetzungen, bis 6 μm Dicke) überwachsen. Mit Si war eine n-Dotierung und mit Mg eine p-Dotierung jeweils bis zu $10^{19}/cm^3$ Ladungsträger möglich. Die Photolumineszenzspektren waren jenen im vorausgegangenen Vortrag gezeigten sehr ähnlich.

Über Wachstumsstörungen bei 2000° C unter 400 Torr Ar sublimierten 6H-SiC, dem dritten Breitbandhalbleiter, sprach Keun Ho Orr (Hanyang Uni., Korea). In einem Graphitrohrentiegel, geheizt mit RF, wurde der SiC-Vorrat vom Boden zum 200° C kälteren Deckel sublimiert, an dem das (0001) SiC-Substrat (22 mm Durchmesser) befestigt war. Lokale Anhäufungen von Si oder C führten durch Blockieren des Stufenwachstums zu Mikrohöhlröhren zwischen 10^2 bis $10^4 cm^2$ in den bis zu 6 mm dicken, einkristallinen Aufwuchsschichten. Bei Wachstumsraten bis zu 2 mm/h lagen die Versetzungsdichten zwischen 10^3 und $10^4 cm^{-2}$.

Der zweite Vortrag von Dmitriev (Cree Research, RR) konzentrierte sich auf die Flüssigphasenepitaxie von 6H-SiC aus einem 2 cm großen, zwischen 1450 und 1600° C heißen Si-Schmelzlösungsball, der von einem HF-Feld in Schwebe gehalten wurde. Die auf der Si-Lösung schwimmende (0001) 6H-SiC-Substrate waren mit 20 μm hohen, 40 bis 100 μm breiten, kreisförmigen Tafelflächen oder mit 60 μm breiten, quadratischen, flachen Grübchen versehen, deren laterale Formänderung zur Abschätzung einer Wachstumsaktivierungsenergie von 80, 60 und 50 kcal/mol für die $<1100>$, $<0001>$ und $<1120>$ Richtungen verwendet wurde.

Ein Niedertemperatur-MOVPE-Verfahren zur Herstellung von $Cd_xHg_{1-x}Te$ -Mischkristallen bei 275° C wurde von Yasuda (Nagoya Inst. Tech., Japan) beschrieben. Das im vertikalen Reaktor rotierende (100) CdHgTe oder (100) GaAs-Substrat wurde bei einer Atmosphäre durch strömenden H_2 mit Hg (175° C), Dimethylcadmium und Ditertiarybutyltellurid versorgt. Die Cadmiumkonzentration x konnte von 0 bis 0.98 allein durch die Variation des Dimethylcadmiumflusses eingestellt werden. Die Schichten zeichneten sich durch eine gute Perfektion und hohe Elektronenbeweglichkeit aus.

E. Schönherr

Session 201.2 Large Single Crystals

Der Titel dieser Session war sehr allgemein aufzufassen, da ein breites Spektrum verschiedener Substanzen vorgestellt wurde.

A. M. Balbashov (Institut für Energieumwandlung, Moskau) berichtete zunächst über die erfolgreiche Züchtung von extrem hochschmelzenden ($T_m > 2700^\circ C$) Hafnaten und Zirkonaten mit der Floating-Zone-Methode (Kristalldurchmesser bis 6 mm, Wachstumsgeschwindigkeit 5–20 mm/h). Zur Temperaturerzeugung dient eine leistungsstarke Lampenstrahlungshei-

zung mit einem doppelteilichtigen Strahlungsschild. Es wird berichtet, daß die tatsächliche Zonenlänge von der Biot-Zahl H abhängt. Für Werte von $H \sim 1$ kann abgeschätzt werden, daß etwa der Durchmesser und die Höhe der Zone gleich groß sind. Für die untersuchten hochschmelzenden Oxide wird H zu 0,5 ... 0,9 angegeben. Es gelang, Einkristalle zu züchten, die jedoch aufgrund der extremen Temperaturgradienten Substrukturen aufweisen (Verkipfungswinkel $< 1^\circ$). Ebenso kommt es zur Ausbildung von Mikrorissen an der Kristalloberfläche im $CaHfO_3$, die auf eine Phasenumwandlung bei ca. 2270 K zurückgeführt werden können.

M. Burianek (Uni Köln) stellte mit dem $LiPbPO_4$ eine neue azentrische Substanz vor, die insbesondere interessante pyroelektrische (dreimal größer als Quarz) und piezoelektrische (ca. dreimal größer als Turmalin) Eigenschaften zeigt. Die Kristallzüchtung wird durch das inkongruente Schmelzverhalten ($T_p = 900^\circ C$) erschwert, so daß verschiedene nicht-stöchiometrische Schmelzzusammensetzungen im System $Li_2O-PbO-P_2O_5$ verwendet wurden. Sowohl das Czochralski-Verfahren wie auch die top seeded solution growth (TSSG)-Methode kamen zum Einsatz. Das Czochralski-Verfahren, selbst bei einer Ziehgeschwindigkeit von 0.5 mm/h, liefert jedoch nur maximale Kristallgrößen bis ca. 5 cm^3 , da dann das Wachstum durch konstitutionelle Unterkühlung zusammenbricht. Große Kristalle konnten mit der TSSG-Methode gewonnen werden (bis ca. 30 cm^3). Nach erfolgtem Wachstum kam es zur Entstehung von μm -großen Ausscheidungen, die mit der Elektronenstrahlmikrosonde als Li_3PO_4 identifiziert wurden. Der Ausscheidungsprozeß konnte unterdrückt werden, wenn bei der TSSG-Methode nach erfolgtem Wachstum die Kristalle abgeschreckt wurden.

Das System Bi-Sb ist lückenlos mischbar, zeigt jedoch eine extreme Aufspaltung zwischen Liquidus und Solidus, so daß deutliche Segregationseffekte zu erwarten sind. Diese zu reduzieren war das Anliegen eines Vortrages über eine „New Melt Injection Technique“ von H. J. Koh (Tohoku Univ., Japan). Aus einem größeren Reservoir wird die Schmelze über eine dünne Kapillare von unten in einen Schmelztropfen gepreßt, aus dem dann der Kristall nach oben „gezogen“ wird. Durch die Kapillare wird der Konzentrationsaustausch mit der Restschmelze verhindert und immer dieselbe Schmelzkonzentration angeboten. Die Wachstumsraten lagen zwischen 0.5 und 2 mm/h bei Kristalldurchmessern von etwa 10 mm. Es wurde im Gegensatz zur Normalerstarrungskurve über eine Länge von ca. 30 mm eine axial homogene Bi/Sb-Konzentration von $5 \pm 2 At \%$ festgestellt.

Über vergleichende experimentelle und theoretische Untersuchungen zu diffusiv bedingten Konvektionsinstabilitäten bei der Normalerstarrung von Ag dotiertem $PbBr_2$ sprach S. R. Coriell (NIST Gaithersburg, USA). Eine optisch transparente Bridgman-Apparatur ($G \approx 20 K/cm$, $V = 2 cm/d$) erlaubte die visuelle Beobachtung der Phasengrenze. Während beim reinen $PbBr_2$ eine nahezu planare Phasengrenzfläche beobachtet wurde, konnte bei Zugabe von AgBr bis zu 10000 ppm ein konkaves Einbeulen festgestellt werden. Die experimentellen Resultate bestätigen die Berechnungen zur thermischen und solutalen Konvektion. Gleichzeitig ist bei zunehmendem Dotierungsgehalt eine verschlechterte strukturelle Perfektion zu beobachten, die sich u.a. in einer Verbreiterung der Rockingkurven äußerte.

Untersuchungen zur OH-Absorption in YVO_4 -Einkristallen stellte I. Kovács (Forschungslabor für Kristallphysik, Budapest) vor. Größere Kristalle dieser wichtigen Lasersubstanz können mit dem Czochralski-Verfahren und der TSSG-Methode aus einem $LiVO_3$ -Lösungsmittel gezüchtet werden. Mittels FTIR-absorptionsspektroskopischen Messungen wurden OH-Ge-

halte von $2 \cdot 10^{15} \text{cm}^{-3}$ (Czochralski-Kristalle) und $2 \cdot 10^{16} \text{cm}^{-3}$ (TSSG-Kristalle) festgestellt. Der höhere OH-Gehalt in den Kristallen, die nach der TSSG-Methode gezüchtet wurden, wird mit den hygroskopischen Eigenschaften des LiVO_3 -Lösungsmittels in Verbindung gebracht. Die OH-Banden wurden sowohl in as-grown Kristallen als auch in Kristallproben untersucht, die bei 800°C in D_2O angerichtetem O_2 getempert wurden. Die Verschiebung der Absorptionslinien wird mit einem anharmonischen Oszillatormodell erklärt.

Von S. Otani (Institut für Anorg. Mat., Ibaraki, Japan) wurden Untersuchungen zum Einfluß von Stöchiometrieabweichungen auf die strukturelle Kristallqualität bei der Züchtung von WB_{2-3} mit der Floating-Zone-Methode vorgestellt. WB_2 ist kongruent schmelzend bei 2365°C und besitzt ein Stabilitätsgebiet, das maximal zwischen 1.77 und 1.97 liegt. Die Kristallzüchtung erfolgte mit einer HF-Heizung; die Kristalldimensionen betragen 0.9 cm im Durchmesser und 6 cm Länge. Die besten Kristalle, in denen keine Subkorngrenzen auftraten, wurden auf der „rechten“ Seite des Stabilitätsgebietes ($\delta < 0.1$) erhalten. In diesem Fall war die Zahl der B-Defekte am geringsten und gleichzeitig reduzierte sich durch die merkliche Abweichung von der dystektischen Zusammensetzung die Wachstumstemperatur um ca. 200°C (!). Gleichzeitig wurde eine deutliche Abweichung der Gitterkonstante vom B-/W-Verhältnis festgestellt. Je größer das Verhältnis (1.83 – 1.97), desto größer auch die Gitterkonstante. Eine Reduzierung der Wachstumsgeschwindigkeit von 1.3 cm/h auf 0.5 cm/h führte wieder zu verschlechterten Kristalleigenschaften (hohe Korngrenzenzahl), da jedes Volumenelement länger bei höherer Temperatur verweilt.

Kristallzüchtungsversuche von verschiedenen Nd-dotierten Apatit-Abkömmlingen Nd^{3+} : $\text{A}_{10}(\text{PO}_4)_6\text{F}_2$, A = Ca, Sr und Nd^{3+} : $\text{Sr}_{10}(\text{VO}_4)_6\text{F}_2$ waren Gegenstand des Vortrages von H. G. Gallagher (Univ. Strathclyde, Schottland). Diese Verbindungen schmelzen kongruent im Temperaturbereich von $1650 - 2250^\circ \text{C}$ und können mittels Czochralski-Verfahren in Ir-Tiegeln gezüchtet werden. Die optisch interessanten Absorptionseigenschaften werden durch die Homogenität der Dotierungsverteilung wesentlich beeinflusst. Die thermische Nachbehandlung unter reduzierten Temperaturgradienten war wesentlich für die Reduzierung der Rißbildung und damit für die Verbesserung der optischen Qualität.

Y. V. Vasiliev (Inst. f. Anorg. Chem., Novosibirsk) stellte eine „Low Thermal Gradient (LTG) Czochralski Technique“ für die Züchtung von großen $\text{Bi}_4\text{Ge}_3\text{O}_{12}$ (BGO)-Kristallen mit Durchmessern von 120 – 130 mm vor. In einem Drei-Zonen-Ofen befand sich ein Pt-Tiegel, dessen Länge-/Durchmesser-Verhältnis ungefähr 3 betrug. Aus einem solchen „Bridgman-nahen“ Tiegel wurden die Kristalle mit axialen Temperaturgradienten von $G = 0,1 - 1 \text{ K/cm}$ im Temperaturbereich zwischen 1200 und 1300°C mit Ziehgeschwindigkeiten von $0,5 - 4 \text{ mm/h}$ gezüchtet. Das Entwicklungsziel der Methode bestand darin, durch geringe axiale Temperaturgradienten konvektive Transportprozesse und thermische Spannungen zu reduzieren. Der Übergang von der „klassischen“ Czochralski-Methode zur LTG-Methode ist charakterisiert durch den Übergang einer gerundeten zu einer polyedrischen Phasengrenzfläche, wobei sich vornehmlich $\{211\}$ Flächen ausbilden. Durch Variation der Wachstumsgeschwindigkeit wurden diese Übergänge systematisch untersucht. Mit steigender Wachstumsgeschwindigkeit nahm die Facettenzahl deutlich zu.

M. Mühlberg

Eindrücke von den Kinetik-Sitzungen

Eines der zentralen Themen der Kinetik-Sitzungen war die Gestalt der Vicinalflächen während des Kristallwachstums.

Der Übergang von einer gleichmäßig gestuften Vicinalfläche zu einer solchen mit modulierter Stufendichte läßt sich nach Sato und Uwaha auf der Grundlage des Schwöbel-Effekts verstehen: Durch das Diffusionsfeld wird eine Wechselwirkung zwischen benachbarten Stufen vermittelt, die von Uwaha im Rahmen seines Vortrags als repulsiv im Falle von Wachstum und als attraktiv im Auflösungsfall angenommen wurde. Die Stabilitätsbetrachtung ergibt vergleichbar der auf die Gestalt einer einzelnen Stufe anwendbaren Mullin-Sekerka-Analyse auch für die Stufendichte eine kritische Übersättigung, bei deren Überschreiten es zum ersten Auftreten einer Stufendichtewelle kommt.

Mit der Gestalt der als Ergebnis einer solchen Stufenbündelung zu verstehenden Makrosteps setzte sich Potapenko in seinem Vortrag auseinander: Bei Berücksichtigung der Wärmeleitung als wachstumsbestimmender Transportvorgang bestimmt das Verhältnis der Wärmeleitfähigkeiten von fester und flüssiger Phase das Vorzeichen der Wechselwirkung zwischen benachbarten Stufen und entscheidet darüber, ob sich flache, senkrechte oder überhängende Stufen ergeben.

Um die Auswirkung der verunreinigungsbedingten Blockade von Wachstumsstellen gestufter Phasengrenzflächen auf die Wachstumsgeschwindigkeit ging es in den Beiträgen von Rashkovich und v. Enckevort:

Rashkovich zeigte, wie sich über den Einbau von Verunreinigungen der oftmals nichtlineare Zusammenhang zwischen der Verschiebegeschwindigkeit der Wachstumsstufen und der Übersättigung verstehen läßt. Insbesondere erklärt sich so die Existenz von Schwellwerten für die Übersättigung, oberhalb derer Kristallwachstum überhaupt möglich ist.

Aus seinen sehr detaillierten interferometrischen Untersuchungen kann v. Enckevort schließen, daß der Mechanismus zur Wachstumsblockade über die durch Verunreinigungen hervorgerufene Krümmung der Wachstumsstufen erklärt werden kann.

Generell wurde deutlich, daß in den letzten Jahren vor allem die mikroskopischen Methoden zur Beobachtung der Wachstumsvorgänge stark verfeinert werden konnten. So gelingt immer besser die Zuordnung der experimentell beobachtbaren Prozesse zu den verschiedenen Wachstumsmodellen.

Beispielsweise konnte von De Yoreo et al. mittels AFM an KH_2PO_4 die Wechselwirkung benachbarter, an Versetzungen gekoppelter Wachstumsstellen in situ beobachtet werden. Durch solche Experimente läßt sich erkennen, in welchem Ausmaß das Kristallwachstum durch Diffusion bestimmt wird. In der Arbeitsgruppe von Herrn Schönherr gelingt durch zeitliche Analyse des Kristallwachstums bei der dort besonders gut beherrschten Gasphasenzüchtung die experimentelle Unterscheidung zwischen den Übersättigungen direkt an und weit weg von der Phasengrenze. So kann entschieden werden, ob die Oberflächenkinetik oder der Massentransport die limitierenden Prozesse für das Kristallwachstum sind.

Schließlich soll hier noch ein interessanter experimenteller Weg erwähnt werden, den Sherwood und Mitarbeiter zur Untersuchung des Einflusses elastischer Verzerrungen auf die Wachstumskinetik gefunden haben. Hierbei wurden Proben unterschiedlich spröder Materialien durch Synchrotron-Strahlung in den gewünschten Verzerrungszustand gebracht und sodann hinsichtlich ihrer Löslichkeit mit entsprechenden unbestrahlten Proben verglichen.

F. Ritter

Session 'Optical Crystals'

R. S. Feigelsons Vortrag ' LiNbO_3 : An Old Friend' zeigte schon im Titel an, daß er sich – ohne große neue Erkenntnisse auf die Historie der Züchtung von LiNbO_3 (bulk und dünne Schichten)

beschränken wollte und auch die Anwendungsperspektiven deutlich herausstellte. Für alle, die keine Spezialisten auf dem LiNbO_3 -Gebiet sind, brachte der Vortrag einen hervorragenden Überblick.

Im weiteren Verlauf der Session lag der Schwerpunkt auf nicht-linearen optischen Materialien wie BBO, KTP (und Analoge) und LBO.

H. Kuota (Japan) präsentierte einen Vortrag über ' $\beta\text{-BaB}_2\text{O}_4$, Phase Matching Direction Growth by CZ Method'. Er gab der CZ-Methode eindeutig den Vorzug gegenüber dem Flux-Verfahren (Reinheitsprobleme). Dabei wurde zunächst als Impfling kein Keimkristall ($\beta\text{-BBO}$) benutzt, sondern er bediente sich eines sehr dünnen Pt-Stabs (bessere Unterkühlung und Wärmefluß) als Fremdkeim. Bei der Benutzung von unbehandeltem $\beta\text{-BBO}$ als Impfling kristallisiert zunächst die unerwünschte α -Phase. Allerdings erwiesen sich auch die Versuche mit arteigenem Impfmateriale positiv. Diese Anwendung führte aber nur zum Erfolg, wenn die Impflinge bei genügend hohen Temperaturen (50 – 200° C) und Zeiten (bis 5 min) in H_3PO_4 geätzt wurden. Jedoch nur konisch geformte Impflinge mit max. Länge von 25 mm zeigten bei einer Ziehgeschwindigkeit von $v = 1$ mm/h keine Sprünge. Eine schlüssige Erklärung für die erfolgreiche Züchtung mit $\beta\text{-BBO}$ -Keimen wurde nicht gegeben.

F. Diaz (Spanien) berichtete über den 'Dauerbrenner' KTP ('Crystal Growth and Characterization of Nd-doped KTP'). Er benutzte das TSSG-Verfahren aus Wolframat- und Kalium-Phosphat Flußmitteln. Bezgl. der Dotierung stellte er ein Schema für die gekoppelte Substitution des $\text{Ti}^{4+} \rightarrow \text{Ti}^{4+} \rightarrow \text{Nd}^{3+} + (\text{Na}, \text{Rb})$ sowie $\text{Nd}^{3+} + \text{Nb}^{5+}$ vor. Der Einbau von %-Gehalten an Nd^{3+} ist schwierig und läßt sich nur im Fall der Codotierung mit Rb erreichen.

D. Y. Tang (China) berichtete über 'Growth of a New UV Nonlinear Optical Crystal $\text{KBe}_2(\text{BO}_3)_2\text{F}_2$ ' aus den Flußmitteln $6\text{KBF}_4 + 5\text{BeO} + \text{B}_2\text{O}_3 \rightarrow 3\text{KBe}_2(\text{BO}_3)_2\text{F}_2 + 5\text{BF}_3 \uparrow + 3\text{KF}$ sowie $3\text{KBF}_4 + 6\text{BeO} \rightarrow 3\text{KBe}_2(\text{BO}_3)_2\text{F}_2 + 2\text{BF}_3 \uparrow$ bei Temperaturen von ca. 700° C. Der Schmelzpunkt von KBF_4 liegt bei ca. 1000° C, wo die hohen Verdampfungsraten eine Züchtung nach dem CZ-Verfahren verhindern. Es konnten Kristalle der Größen $10 \times 10 \times 1$ mm gezüchtet werden. Der Vorteil des Materials liegt in der sehr niedrigen UV-Absorptionskante von 155 nm, die ein 'phase matching'-Bereich bis 177 nm erlaubt.

Y. Mori (Japan) zielte ebenfalls mit seinem Vortrag 'Growth of New UVNLO Crystal CsLiB_2O_6 ' auf das gleiche Anwendungsgebiet. Das Material schmilzt kongruent (bei welcher Temperatur wurde nicht erwähnt) und ist hygroskopisch. Verwendung des TSSG-Verfahrens bei 848,4 und 848,6° C mit $v = 5$ mm/d (im Verlauf des Züchtungsprozesses $v = 7.7$ mm/d). In 3 Wochen konnten Kristalle bis zu $14 \times 14 \times 11$ cm (1.8 kg) gezüchtet werden. Angeblich ist auch die Züchtung aus stöchiometrischen Schmelzen möglich (Opto & Laser Europe, OLE 21, Juni 1995, S. 14). Transparenz des Materials 180 – 2750 nm; allerdings 4. HG für die YAG:Nd-Laserwellenlänge nicht möglich. Die sehr gute nlo-Qualität (kleinere 'walk-off'-Winkel als BBO) resultiert auch aus der mäßigen Doppelbrechung (0.052 bei 532 nm), die zwischen BBO (0.12) und LBO (0.046) liegt.

Es gibt auch Vorträge, die völlig das Thema verfehlen. Der von L. I. Isaenko (Rußland) gehaltene Vortrag 'Growth and Characterization of $\text{KTi}_x\text{Zr}_{1-x}\text{AsO}_5$ Single Crystals' war ein Paradebeispiel dafür. Kein Wort über Züchtung und Charakterisierung. Es ging nur um theoretische Beispiele des isomorphen Ersatzes von Kationen im Gitter. Ein Vortrag für Studenten des 3. Semesters in Kristallchemie, wenn da nicht noch erhebliche didaktische Mängel gewesen wären. Z.B. waren die Folien mit Strukturmodellen (handgemalt) so überhäuft, daß

sie kaum in der ersten Reihe erkennbar waren, geschweige, daß man sie nachvollziehen konnte. Die katastrophale Darstellung von Frau Isaenko konnte von den Chairpersons erst 10 Minuten nach der regulären Zeit beendet werden.

Damit war dem Berichterstatter die Lust auf den letzten Vortrag vergangen.

F. Wallrafen

Session 206.2 High Tc materials

Supraleiter spielten auf dieser Konferenz naturgemäß nur am Rande eine Rolle. Für die Sitzungen zu dieser Problematik (2 Parallelsitzungen sowie einige Poster) läßt sich sagen, daß der High-Tc-Goldrausch vorbei ist. Über allen steht das auf der EUCAS'93 geprägte Wort APPLY OR DIE, jedoch steht den Anwendungen im Dünnschichtbereich (Sitzung 206.2) die mangelnde Schichtqualität entgegen. So ist hier denn letztlich doch reine Materialforschung gefragt.

Herr Scheel (invited sp.) gab zunächst einen Vergleich der verschiedenen Beschichtungsverfahren, wobei in Bezug auf die erreichbare Qualität der Schichten LPE klar favorisiert wurde. Dies ist heute sicherlich (noch?) ein Minderheitenvotum, welches jedoch mit überzeugenden Argumenten untermauert wurde. Neben dem Verständnis des Wachstumsprozesses selbst wurden als Aufgaben für die Zukunft die weitere Anpassung der Substrate an die verschiedenen High-Tc-Materialien und -Anwendungen sowie die Beherrschung der Oxidationsprobleme für perfekte c-Filme benannt.

In den weiteren Vorträgen ging es um MO-CVD (M. Schieber, Jerusalem, stabile Ba-Precursoren!), um die Züchtung angepaßter Substrate der K_2NiF_4 -Familie (A. Gloubov, Warschau, SrLaGaO_4), um die Herstellung atomar glatter YBCO-Schichten mittels LPE (C. Dubs, Jena, a/b-Filme auf (110) NdGaO_3 , Einfluß der Unterkühlung auf Wachstum), um Homoepitaxie (T. Shimizu, Reinigung der Oberfläche mit Ozon gegen Kohlenstoff), um PEVD (bulsed electron beam evaporation) als mögliche Alternative zu Laser deposition (S. Christiansen, Erlangen) sowie um die Sauerstoffdiffusion in YBCO-Einkristallen (M. Kläser, Karlsruhe, endlich verlässliche Daten!)

Einen zusammenfassenden Schlußsatz für diese Veranstaltung zu finden, fällt mir schwer. Neben sehr weit fortgeschrittenen Arbeiten wurden auch erste Versuche dargestellt. Die Themenbreite zeigt die zahlreichen materialwissenschaftlichen Probleme an, die vor der geforderten Anwendung noch zu lösen sind.

M. Ueltzen

Session Hoch Tc Massivmaterialien

In den beiden Nachmittagssitzungen, die sich mit Hoch Tc Materialien beschäftigten, spielte neben dem Wachstum vor allem die Betrachtung der Wachstumsmechanismen, der Wachstumsschritte und die Einheiten des Wachstums in Vorträgen und Diskussion eine große Rolle. Die Beiträge über Massivmaterialien haben besonders ausführlich die Wachstumsmechanismen bezüglich der Richtungsabhängigkeit diskutiert. Erste Simulationsversuche wurden vorgestellt.

Y. Yamada stellte ein variiertes Top-Seeded-Solution-Wachstum von $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$, mit dem in sieben Tagen Einkristalle in der Größenordnung von ccm hergestellt werden können. Die Verarmung des Lösungsmittels an Yttrium wird durch einen 211-Pressling im Tiegelboden umgangen, der die Lösung ständig mit 211 füttert. In der anschließenden Diskussion ergab sich, daß die Kristalle eine schmale Hysterese und die Stromdichte j. ungefähr 1000 A/cm^2 bei 1 T beträgt. Versuche, die Schmelze direkt mit 123 zu füttern, sind wesentlich schwieriger, da dann kleine 123-Einkristalle auf der Oberfläche schwimmen.

Einen vollkommen anderen Ansatz wählt Th. Wolf, um den Yttriumanteil der Schmelze zu erhöhen, der auch hier als die treibende Kraft bei der Züchtung diskutiert wird. Die beobachtete Abhängigkeit des Habitus und des Aspektverhältnisses a/d von der Übersättigung wird durch den anisotropen Wachstumsmechanismus erklärt. Durch Verringerung der Grenzschicht durch Rühren bzw. durch Erhöhen des Yttriumanteils in der Lösung, untersucht in Nd-123- und Sm-123-Systemen, kann die Wachstumsgeschwindigkeit in c-Richtung beschleunigt werden.

Der einzige Vortrag über die Einkristallzüchtung von Spinpeierls-Cupraten kommt von I. Tanaka, der CuGeO_3 -Einkristalle von mehreren Millimetern Durchmesser und einigen Zentimetern Länge im Spiegelofen züchtet. Versuche Cu^{2+} teilweise durch Zn^{2+} zu ersetzen, sollen zu eindimensionalen antiferromagnetischen Strukturen führen.

B. Lommel

Session 303 Minerals

Neben einer Vielzahl von unterschiedlichen Themen konnte auf der ICCG XI in den Haag auch ein Symposium über Mineralien organisiert werden. Die Breite dieses speziellen Gebietes spiegelte sich dann auch in der Vielzahl der unterschiedlichen Themen wider.

A Baronnet (mit B. Devouard, Marseille, Frankreich) präsentierte Untersuchungen mit dem TEM über die Topologie und das Kristallwachstum natürlicher Chrysotile und polygonaler Serpentine. Im Zusammenspiel von Beobachtung und Simulation des Kristallgitters und des Beugungsbildes konnten Wachstumsmodelle der untersuchten Silikate entwickelt werden.

I. Sakurai (mit T. Nakajima, Y. Kawamura, T. Ueki, Y. Inoue, T. Nakase & Y. Kosako, Riken, Japan) berichtete über Untersuchungen zum Kristallwachstum in Bakterien. Abhängig von der Art des Bakteriums werden unterschiedliche Elemente angereichert und im weiteren dann in kristalline Formen überführt. Mögliche Anwendungen finden sich bei der mikrobiologischen Korrosion, der „Synthese“ feiner Partikel, der Abwasseraufbereitung und der Untersuchung und dem Verständnis der Bildung von Erzen.

N. P. Yushkin (Akad. der Wiss., Rußland), stellte die Untersuchung natürlicher Polymer-Kristalle und Hydrocarbone als Modell für „vorbiologische“ Organismen, gefunden in Pegmatiten, vor. Die Frage, ob diese Aggregate eine Verunreinigung aus der Umwelt oder eine eigenständige Bildung in diesen Pegmatiten darstellen, wurde diskutiert.

M. Göbbels (mit N. Iyi, RWTH Aachen bzw. NIRIM, Japan) präsentierte Kristallzüchtung und Kristallstrukturen neuer Verbindungen, basierend auf der Struktur des Meteoritenminerals Hibonit. Ausgehend vom Hibonit stellen diese Ca-Mg-Aluminat-Verbindungen Stapelordnungen aus Hibonit- (oder Magnetoplumbit-) und Spinell-Bausteinen dar. Mögliche Anwendungen im Hinblick auf Festkörperionenleiter oder als optische Materialien wurden diskutiert.

V. A. Maslov (Inst. f. Physik, Rußland) berichtete über die Flux-Züchtung von Smaragden. Die Größe und optische Qualität der mit dem Czochralski- und ähnlichen Verfahren gezüchteten Kristalle wurden verglichen.

W. A. Franke (mit P. Luger & M. Weber, FU Berlin) berichtete über die Hydrothermalzüchtung von Sincosit. Die Kristallstruktur von Sincosit konnte mit natürlichen Kristallen nicht eindeutig bestimmt werden, da die Kristallqualität der verfügbaren Proben dieses selten auftretenden Minerals nicht ausreichend ist. Erfolgreiche Synthese und Kristallzüchtung die-

ses Minerals ermöglichten die Strukturbestimmung und zeigten das Auftreten von Stapelordnungen in bevorzugten Kristallrichtungen. Mögliche Anwendungen für die Endlagerung radioaktiver Abfälle u.ä. wurden diskutiert.

M. Göbbels



5.2 International School on Advanced Electronic Materials Madras, am Crystal Growth Centre der Anna-University

6. – 15. 2. 1995

Mit guter Tradition organisiert die „Commission on Crystal Growth and Characterization of Materials“ der IUCr (International Union of Crystallography) seit vielen Jahren eine Internationale Schule zur Kristallzüchtung. Nachdem die letzte Veranstaltung in Krakau/Polen im Jahre 1994 stattgefunden hatte, wurde sie Anfang 1995 in Madras/Indien durchgeführt. Den Schwerpunkt bildete die Züchtung und Charakterisierung moderner elektronischer Materialien. Die organisatorische Vorbereitung und Koordinierung des wissenschaftlichen Programmes lag in den Händen des sehr rührigen „Chairmans“ der o.g. IUCr-Kommission, Prof. Dr. H. Klapper von der Universität in Bonn. Gastgeber war das „Crystal Growth Centre“ der Anna-Universität in Madras unter Leitung von Prof. Dr. C. Subramanian. Sponsoren der Schulung waren neben der IUCr und dem „International Centre for Theoretical Physics“ (ICTP, Trieste) das „Council of Scientific and Industrial Research“ (CSIR, Indien), die „Indian Association for Crystal Growth“ und weitere indische Leiteinrichtungen für Wissenschaft und Hochschulbildung.

Mit insgesamt 126 Teilnehmern (einschließlich der 23 Lehrer) war die Schule sehr gut besucht. Natürlich kam der größte Teil aus dem Gastgeberland selbst. Weitere Schüler waren aus Pakistan, Iran, Rußland, Ungarn und China angereist. Als Lehrer konnte Professor Klapper eine Crew aus fünf Ländern (Deutschland, Schweiz, Italien, Japan, Indien) gewinnen. Erfreulicherweise gehörten zu den Vortragenden auch zahlreiche jüngere Spezialisten (Klemenz/Schweiz, Tajima/ Japan, Lommel, Danilewsky und Böttcher/alle Deutschland).

Das wissenschaftliche Programm war eine gelungene und traditionell bewährte Mischung aus Grundlagen des Kristallwachstums, Darstellung und Vertiefung spezieller Züchtungsmethoden sowie Realstrukturanalytik (siehe Anhang). Bereits

nach der ersten Vorlesung wurde den Lehrern klar, daß sie eine außergewöhnliche Wißbegierde und Diskussionsfreudigkeit der Zuhörer erwartet. So war es dann auch während der gesamten Schule. Nach jedem Vortrag entwickelte sich eine breite und sehr rege Diskussion zu Problemen der Kristallzüchtung und -charakterisierung (am Saalmikrofon war stets eine Warteschlange), woran sich nicht nur der jeweilige Vortragende, sondern auch zahlreiche weitere Lehrer beteiligten. Allerdings mußten sich zunächst die Erstbesucher Indiens an das langsame Kopfschütteln der Zuhörer als ein Ausdruck der Zustimmung gewöhnen. Als besonders angenehm wurde empfunden, daß diese Diskussionen nie zum Zweck der Perfektionierung des Programmzeitplanes abgebrochen wurden. Flexibilität und geduldiges Eingehen auf die zahlreichen Fragen waren an der Tagesordnung. Darüber hinaus stellte sich die Mehrzahl der Lehrer an den Abenden zur Fortführung von fachlichen Diskussionen in kleineren Kreisen zur Verfügung. Das „Crystal Growth Centre“ der Anna-Universität mit seinem idyllischen Innenhof bot dafür die allerbesten Voraussetzungen. Es kam auch vor, daß Gastvortragende einen ganzen Nachmittag in eine Arbeitsgruppe des „Crystal Growth Centre“ oder eines anderen naheliegenden Institutes zu einer intensiven Diskussion buchstäblich „entführt“ wurden. Rundum, es war eine sehr gelungene Schule, im eigentlichen Sinne mit Lehrern zum „Anfassen“. Solch eine Möglichkeit hatte sich ja für die meisten indischen Teilnehmer bisher kaum geboten. Das wurde nun besonders genutzt und mit einem sehr hohen Interesse für das Fach der Vorlesenden und einer überaus herzlichen Gastfreundschaft gedankt.

Aus dem Anhang ist das wissenschaftliche Programm der Schule zu entnehmen, so daß sich eine umfangreiche Diskussion erübrigt. Dennoch sollen einige Schwerpunkte hervorgehoben werden. Einen besonderen Platz nahm das kontrollierte Stufenwachstum bei epitaktischen Prozessen und bulk-Züchtungen aus Lösungen sowie das Phänomen der Striationbildung ein (Scheel, Nishinaga, Görnert, Danilewsky). Wie ein „blauer

Faden“ zogen sich Vorträge und Diskussionsrunden zur Züchtung von Materialien für Bauelemente des blauen Spektralbereiches sowohl auf der Basis von Halbleiterstrukturen als auch oxidischer Kristalle mit optisch nichtlinearen Eigenschaften durch das Programm (Hommel, Byrappa, Sebastian, Rudolph). Weitere Möglichkeiten werden evtl. auch durch die Züchtung organischer Einkristalle eröffnet (Klapper). Ein gleich-hohes Interesse wurde durch die Vorträge zur bulk-Züchtung und Epitaxie von HT_c-Materialien aktiviert (Görnert, Scheel, Klemenz). Die Hauptentwicklungsrichtungen auf dem Sektor der III-V-Kristalle (GaAs, InP) zielen auf die Herstellung versetzungsarmer Kristalle in sehr flachen Gradienten mit dem VGF-Verfahren (Mühlberg referierte die prinzipiellen Vorteile der Bridgman-Züchtung) und einer modifizierten Czochralski-Technik mit Innengefäß (Vapour Controlled Czochralski Growth) sowie durch ein gezieltes Nachtempern (Fornari). Die komplexe Computersimulation (Böttcher) gewinnt immer mehr an Bedeutung für eine Optimierung des Züchtungsprozesses bereits vor der praktischen Erprobung und kann dadurch Kosten und Risiko entscheidend reduzieren.

Neben einer instruktiven Übersicht über Realstrukturphänomene (Klapper) und Darstellung verschiedener Analysetechniken in mehreren Vorträgen, stand das präzise Studium von „misfit dislocations“ an epitaktischen Strukturen (Franzosi), die Mehrkristall-Röntgentopographie an bulk-Kristallen (Krishnan Lal) und optische Analyse von Halbleiterkristallen mit IR-Absorption und Photolumineszenz (Tajima) im Vordergrund der Vorlesungen zur Charakterisierung. Ein hervorragender Überblick über den internationalen Stand und die bisherigen indischen Ergebnisse (Indian Institute of Technology in Madras) auf dem hochmodernen Gebiet der SOI (silicon-on-insulator) Technologien wurde von Bhat gegeben.

Selbstverständlich wurde der Aufenthalt in Madras auch dazu genutzt, um das „Crystal Growth Centre“ der Anna-Universität näher kennenzulernen, welches im Jahre 1982 gegründet wurde und seither eine sehr breite Forschung und Ausbildung



verfolgt. Neben dem Direktor besteht das Stammpersonal aus 11 angestellten Wissenschaftlern und Technikern. Etwa 80 (!) wechselnde Mitarbeiter (in der Mehrzahl Studenten und Doktoranden) sorgen für eine vergleichsweise beachtliche Größe der Kristallzüchtung im internationalen Maßstab. Aus dem derzeitigen Arbeitsspektrum seien die folgenden, dem internationalen Trend entsprechenden Schwerpunkte hervorgehoben:

- Halbleitermaterialien für die Mikro- und Optoelektronik (GaAs, InP, ZnSe, CuInS₂ u.a.),
- Materialien für die Photovoltaik (GaAs, CdTe, CdS/InP, ZnS, CuInSSe, MoTe₂ u.a.),
- Kristalle für die nichtlineare Optik (KTP, KDP, KNbO₃, u.a.),
- Laserkristalle (Rubin, KDP, BaTiO₃, BGO u.a.),
- Supraleiter (YBCO, BSSCO),
- Substrate für Supraleiterschichten (SrTiO₃, LaAlO₃),
- Piezoelektrika (LiTaO₃, TGS, u.a.),
- Sondermaterialien (C₆₀) und biologische Kristalle,
- Studium der Kristallisationsvorgänge bei der Entstehung von Nierensteinen, Gallensteinen und Arteriosklerose.

Aus dem Gerätespektrum sind hervorzuheben: zwei Czochralski-Anlagen (CI 351 und CI 358), vier Verneuil-Apparaturen, mehrere Züchtungsbehälter für die computergesteuerte Lösungszüchtung, eine Bridgman-Eigenbauanlage, eine LPE-Apparatur, Maschinen zur Kristallpräparation. Insgesamt muß jedoch eingeschätzt werden, daß trotz des hohen Engagements die derzeitigen Mittel noch nicht dem Standard der führenden internationalen Züchtungslabore entsprechen und Hilfeleistungen auf wissenschaftlichem und apparativem Gebiet notwendig sind. Hinzu kommen die extremen Klimabedingungen für Forscher und Maschinen. Die ausgeprägte Suche nach engen internationalen Kooperationspartnern ist deshalb verständlich. Wer Interesse hat, sollte Madras alsbald einmal aufsuchen.

Das Wochenende wurde zu einem unvergeßlichen Ausflug der Schulungsteilnehmer zu sehenswerten Stätten alter indischer Kultur im weiteren Umkreis von Madras genutzt. In der Halle der tausend Säulen des Ekambareswara-Tempels aus dem 16. Jh. in Kanchipuram, der ehemaligen Hauptstadt des Pallava-Königsreiches, bekamen die Schulungsgäste nicht nur einen überwältigenden Eindruck von der alten indischen Baukunst vermittelt, sondern auch für einen Tag das heilige Stirnmal aufgetragen. In Mahabalipuram, einer Stätte frühindischer Küstentempel (zum Teil aus dem schieren Stein herausgehauen), wurden insbesondere das größte Flachrelief der Welt („Arjuna's Buße“) und der „balloon stone“, ein auf einer schrägen Steinplatte mit nahezu unfaßbarer Neigung ruhender Felsbrocken bewundert.

Alle Teilnehmer waren sich am Ende einig, daß diese Schule für alle bildend war. Nicht nur in wissenschaftlicher und kultureller Hinsicht war sie erfolgreich, sondern trug auch entscheidend zur Förderung von Nachwuchskräften der Dritten Welt und zum Kennenlernen der internationalen Kristallzüchterfamilie bei. Die Durchführung von zukünftigen Schulen in weiteren Ländern mit Entwicklungsbedarf, sozusagen „vor Ort“, erweist sich als eine sehr effektive Methode der Zukunft. Ein besonderer Dank gilt dem Chairman der Schule, Professor H. Klapper, der mit aller Kraft für ihre Realisierung und reibungslose Durchführung eintrat (immerhin, in einer Zeit, als Indien von einer furchtbaren Infektionskrankheit heimgesucht wurde und die Lehrer die Flugkosten selbst zu übernehmen hatten). Er sollte gestärkt und unterstützt werden, diese Schulen auch weiterhin als eine sehr gute Tradition fortzuführen.

P. Rudolph, K. Böttcher



Lehrer der DGKK mit Chairman Prof. H. Klapper (6. v. l.) und weiteren Schulungsgästen vor einem tamilischen Dichterdenkmal in Madras

Das Programm:

Zu den Grundlagen des Kristallwachstums:

Crystal Growth: History, Presence, Future (H. Scheel)
 Fundamentals of Crystal Growth I and II (P. Rudolph)
 Phase Diagrams and Crystal Growth (M. Mühlberg)
 Thermodynamics of Stability Region (M. Mühlberg)
 Fundamental Aspects of Epitaxy (H. Scheel)
 Elemental Growth Process by MBE I and II (T. Nishinaga)
 Heteroepitaxy - Growth Mechanisms I and II (A. Sasaki)
 Morphological Instability (T. Nishinaga)
 Hydrodynamics of Czochralski Melt (H. Scheel)
 Striations in Optical Crystals (H. Scheel)
 Flux Growth (P. Görnert)

Züchtungsmethodik:

Crystal Growth and LPE of YBCO/NBCO (Ch. Klemenz)
 LPE of HT_c-Superconductors (P. Görnert)
 Basic Principles of Bridgman Growth (M. Mühlberg)
 Growth of Blue-Green Laser Diodes (D. Hommel)
 Growth of II-VI Compounds from Melt (P. Rudolph)
 Application of Wide Gap II-VI Semiconductors (D. Hommel)
 Computing and Floating Zone Technique of Silicon (K. Böttcher)
 Growth of III-V Single Crystals I and II (R. Fornari)
 MOVPE Growth of III-V Compounds (D. N. Bose)
 III-V Crystals and Applications (J. Kumar)
 Growth from Metallic Solution (A. N. Danilewsky)
 Growth of III-VI Compounds (D. N. Bose)
 Growth and Characterization of KTP Crystals (M. T. Sebastian)
 Hydrothermal Growth of Crystals - Basic Principles (K. Byrappa)
 Electro Crystallization (B. Lommel)
 Crystal Growth of ZrO₂ by Skull Melting (B. Lommel)
 Shaped Crystal Growth (P. Rudolph)
 Growth of Organic Molecular Crystals (H. Klapper)
 Crystal Growth under Microgravity (A. N. Danilewsky)

zur Charakterisierung und Realstruktur:

Defects in Crystals I and II (Krishnan Lal)
 Dislocation Generation during Growth (H. Klapper)
 Optical Characterization of Semiconductors I and II (M. Tajima)
 Structural Characterization I and II (P. Franzosi)
 Surface X-ray Characterization (G. Will)
 Specular Beam-Reflectometry and Grazing Incidence Diffractometry (G. Will)
 Scanning Electron Microscopes - Presentation of Leica Cambridge Ltd.

zu modernen Schaltungsentwicklungen:

Hybrid Microelectronics (V. Raghavan)
 SOI Technology and Application (K. N. Bhat)

Präsentationsvorträge weiterer Schulungsteilnehmer:

The Institute of Semiconductors in Beijing/China (Kong Mei Ying)

Computation of Mixed Crystal Phases at Sibirian Academy (Starostenkov)



Lehrerinnen (Ch. Klemenz, 1.v.l. und B. Lommel 4.v.r.) zusammen mit indischen Schülerinnen vor dem Schulungsort der Anna-Universität in Madras

5.3 7. Int. Conference on Indium Phosphide and Related Materials (9. – 13. Mai) Hokkaido University Sapporo

Details über diese Konferenz sind dem gleichzeitig erschienenen Tagungsband mit vollständigen Beiträgen zu entnehmen, des weiteren erscheinen ausführliche Veröffentlichungen z.B. über die materialrelevanten Beiträge im Journal of Electronic Materials. In diesem Bericht werden noch einige zusätzliche Informationen und besonders hervorzuhebende Erkenntnisse gegeben.

Es ist bemerkenswert, daß zu dieser InP-Konferenz vom Chairman Hasegawa und vom Program-Chairman Wada vermeldet werden konnte, daß 200 Beiträge eingereicht wurden und über 350 Teilnehmer registriert waren (davon etwa 30 aus Deutschland). Die nächste InP-Konferenz wird 1996 in Schwäbisch Gmünd im April abgehalten, Chairman ist Hildebrandt, Program-Chairmann wird Heime sein.

Die Tagung wurde eröffnet mit 3 Plenarvorträgen. Dabei wurde unter anderem folgendes besonders hervorgehoben:

InP-Elektronik und Optoelektronik ergeben zwar vielversprechende technische Anwendungsmöglichkeiten, jedoch steht einem Durchbruch auf breiter Ebene im Wege, daß die Kosten im Moment noch zu hoch sind. Dabei wurden z.B. folgende Ziele angeführt: Separation von chip-bonding und Faserbonding, Reduktion der Standardabweichungen von Charakteristiken der Bauelemente, Reduktion des Leistungsverbrauchs und Separation der Wärmereizeugungsquellen.

Für die InP-Elektronik wurde von Mishra hervorgehoben, daß Hughes-Electronics der Treiber für InP-Elektronik ist. Man strebt für InP HEMTs eine Frequenz von 350 GHz an. Es zeigt sich, daß man InP HBTs besser integrieren kann als HEMTs. Allerdings sind HBTs wesentlich teurer. In einem Preisvergleich von Si CMOS mit Bruchteilen von Pfennigkosten, SiGe-Bauelementen mit Preisen um 0.5 \$, GaAs (epi-basiert) etwa 2 \$ und InP etwa 10 – 12 \$ erkennt man, daß InP Electronic wesentlich zu teuer ist. In diesem Zusammenhang erhebt sich eine Diskussion, ob eine InP-Elektronik auf Siliziumsubstraten machbar ist, oder ob der Lösungsweg über preisgünstigere InP-Scheiben erreichbar ist.

In Zusammenhang mit der InP-Optoelektronik, also im wesentlichen bei Lasern für die optische Nachrichtentechnik, wird

festgestellt, daß die Komplexität der Prozesse proportional mit der Zahl der Epitaxieschritte steigt und man daher für eine sorgfältige Auswahl der Laserstruktur im Hinblick auf möglichst wenig Epitaxieschritte plädiert. Im Zusammenhang mit Substraten wird festgestellt, daß 2" Substrate noch lange reichen werden bevor 3" Substrate benötigt werden. Der Engpaß läge woanders und nicht beim Scheibendurchmesser. Die Epitaxie kann noch lange als Ein-Wafer-Prozeß durchgeführt werden.

Aus der InP-Substratkristall-Sitzung ist folgendes zu berichten:

Roberto Fornari (MASPEC/J) berichtete über Untersuchungen zum Aktivierungsgrad von Fe in InP nach wafer-annealing. Er stellt fest, daß der Aktivierungsgrad von der Ziehrate bei der LECZüchtung abhängt, und zwar nimmt der Aktivierungsgrad für Fe mit steigender Ziehrate ab. Im Zusammenhang mit unserem Beitrag ergab sich in der Diskussion eine Gegenüberstellung der Vorstellungen über die Wirkung des Temperns. Fornaris Vorstellung: Annealing erhöht die Fe-Aktivierung und erzeugt zusätzliche mitteltiefe Akzeptoren. Bliss (USA): Beim Annealing werden flache Donatoren durch Wasserstoff passiviert. Deswegen ist auch ein bulk-annealing erfolgreich, führt allerdings in seinem Labor nur zu Widerständen von $10^5 \Omega \cdot \text{cm}$.

Ein interessanter Vortrag wurde von Frau Carla Miner (Bell, Ottawa/Kanada) gehalten. Sie führte umfangreiche, vergleichende Untersuchungen von InP-Scheiben verschiedenster Hersteller durch. Dazu gehört als Untersuchungsmethode die Röntgenstrahl-Topographie, ein Rasterverfahren zum Lattice-warp mit Röntgenstrahlen, TDCM, Rasterphotolumineszenz.

Es gab, mit unerwartet hoher Beteiligung, eine Rump-Session zur Zukunft des InP. Es sprachen Bowers (British Telecom), Yoshita (NTT), Kumino (Bell Telecom, Kanada), Mateira (AT + T), Nakamo (Universität Tokio), Heinrich Dämkes (Daimler), Abe (Fujitsu) und Joe Jensen (Hughes):

Aus Japan berichtete Yoshita (NTT), daß eine Hochleistungs-Glasfaserverbindung mit einer Leistung von 2.4 Gb/s mit Erweiterung auf 10 Gb/s im Bau ist, die 10 wichtige Städte zwischen 1995 und 1997 verbinden wird. Außerdem wird ein super-high-definition Bildsystem erarbeitet, das eine 4x bessere Ausflösung als HDTV leistet und damit zum Zeitungslesen geeignet ist. Im Jahr 2010 soll jeder japanische Haushalt an Glasfaser angeschlossen sein. Programm FTTH = fiber to the home.

Es werden auch einige kritische Stimmen zur Zukunft der InP-basierten optischen Glasfaserkommunikation geäußert. So z.B. von Nakamo, der die Rivalen des InP anführt: SiO₂-basierte optische Komponenten, Polymere, Faserverstärker, LiNbO₃, Si, GaN.

Heinrich Dämkes stellt sehr kritisch zur InP-Elektronik fest, daß es derzeit fast keine (!) Anwendung für InP-Elektronik gibt, die nicht von Si gemacht werden könnte. Im Moment ist der Anwendungsbereich nur auf militärischer Ebene und in der Raumfahrt, jedoch keine Multimedien-Anwendung. Wenn InP-Elektronik überhaupt kommt, dann mit HEMTs. Es ist zu beachten, daß die Si-Ge-basierte Elektronik ebenfalls bereits 120 GHz als cut-off-Frequenz schafft. Abe gibt kritisch zu bemerken, daß CMOS weniger als 1000stel des Stroms verbraucht als InP-Elektronik.

G. Müller

5.4 53. Device Research Conference (DRC)
19. - 21. Juni 1995, in Charlottesville, Virginia
 und
37. Electronic Materials Conference (EMC)
21. - 23. Juni 1995, in Charlottesville, Virginia

Diese beiden Tagungen werden seit vielen Jahren gemeinsam an einem Ort ausgerichtet, sie sind beide sehr stark anwendungsorientiert. Auf der DRC wurden 78 Beiträge von 352 Wissenschaftlern präsentiert, und auf der EMC waren 541 Teilnehmer mit insgesamt 221 Beiträgen registriert. Auf beiden Tagungen erfolgten die Präsentationen nur in Form von Vorträgen, was bis zu sechs Parallelsitzungen notwendig machte. Meines Erachtens wäre es hier sinnvoller gewesen, einen Teil der Beiträge als Poster zu präsentieren, wie beispielsweise bei der DGKK-Jahrestagung 1994 in Stuttgart, bei der die Posterpräsentation während der ganzen Tagung im selben Raum wie die Industrieausstellung und die Kaffeepausen erfolgte.

Die Teilnehmer dieser Tagung kamen aus 14 Nationen, wobei die USA den Heimvorteil hatten und fast 75% der Beiträge lieferten. Die Gesamtübersicht ist in Tabelle 1 zu sehen.

Eine ähnliche Statistik läßt sich auch hinsichtlich der Themen der einzelnen Beiträge aufstellen: Am aussagekräftigsten ist hier wohl eine Klassifizierung anhand der Materialien, um Tendenzen hinsichtlich bestimmter Materialien für die Anwendung erkennen zu können (vgl. Tab. 2). Die Aufstellung für die DRC zeigt, daß Silizium und die III-V-Halbleiter immer noch den größten Anteil an der anwendungsorientierten Forschung ausmachen. Hervorheben möchte ich aber auch die relativ große Zahl der Beiträge über Si_xGe_y und SiC. Ein ähnlicher Trend ist auch bei der EMC zu erkennen. Neben den gängigen Halbleitern (Si, III-V und II-VI) sind einige „neue“ Materialien so häufig vertreten, daß sie nicht mehr unter „ferner liefern“ betrachtet werden können (Si_xGe_y , SiC und CuInSe_2).

An dieser Stelle möchte ich auch die große Anzahl der studentischen Beiträge auf der EMC (ca. 30%) erwähnen, die häufig eine beachtliche Qualität aufwiesen.

Auf der DRC fanden die Sitzungen „Quantum Devices“ und „Wide Bandgap and Power Devices“ sehr starkes Interesse. Hier fiel mir der Vortrag von K. Matsumoto „Room Temperature Operation of Single Electron Transistor made by STM Nano – Oxidation Process“ positiv auf. Matsumoto stellte einen Transistor vor, der auf einer 3 nm dicken Ti-Schicht auf einem SiO_2 /n-Si-Substrat basierte. Mit Hilfe des STM wurden gezielt einzelne Bereiche der Ti-Schicht oxidiert, und dadurch die Transistorstrukturen erzeugt. Die Oxidation erfolgte elektrochemisch durch Anlegen einer Gleichspannung von 5 V. Als Elektrolyt zwischen der Ti-Schicht und dem Pt-Tip des STM wurde H_2O verwendet.

Bei den Vorträgen über „Wide Bandgap Devices“ dominierte das SiC, und die Möglichkeit daraus Hochtemperatur-Bauelemente zu fertigen, beispielsweise einen GaN/SiC-Transistor der von S. S. Chang in dem Vortrag „500° C Operation of a GaN/SiC Heterojunction Bipolar Transistor“ vorgestellt wurde. Besonders hervorzuheben war dabei, daß mit diesem Transistor bei 500° C eine über 100fache Stromverstärkung erzielt wurde.

SiC war auch die Grundlage heftiger Diskussionen in einer der vier „Rump Sessions“. Dabei handelte es sich um Abendveranstaltungen nach einem gemeinsamen Picknick in lockerer Runde, bei denen außerplanmäßige Kurzbeiträge (2-5 min) zu einem vorgegebenen Thema gegeben werden konnten. So wurde in der „Rump Session: Wide Bandgap Semiconductors for Everything“ von der Fa. Cree Research Inc. behauptet, daß SiC das beste Material für billige, blaue LED's sei, und zum Beweis hatten sie eine kommerziell erhältliche Laufschrift

dabei, die vollständig mit blauen SiC LED's bestückt war. Dies führte zu massivem Widerspruch von den zahlreichen GaN-Fans. Diese Diskussion mußte nach einiger Zeit ohne eindeutiges Ergebnis abgebrochen werden, damit auch noch andere Beiträge gehört werden konnten. Wobei noch zu erwähnen wäre, daß auch die Fa. Cree blaue LED's mit GaN auf SiC-Substraten herstellt. Diese LED's haben eine höhere Leistung und eine etwas kürzere Peakwellenlänge als die reinen SiC-LED's.

Auf der EMC standen weniger die Bauelemente im Vordergrund, sondern im wesentlichen die Materialien. So sprach D. C. Paine in seinem Vortrag „Plasma-Assisted MBE Growth of GaN on Lattice Matched Metal Substrates“ über Hafnium als mögliches Substratmaterial für die GaN-Epitaxie. Auch wenn ich persönlich für dieses Substratmaterial nur ein geringes Anwendungspotential sehe, so ist doch die Gitteranpassung bei diesem System beeindruckend (Hf: RG P6_3 /mmc, $a = b = 3,19 \text{ \AA}$, $c = 5,051 \text{ \AA}$; GaN: RG P6_3 mc, $a = b = 3,19 \text{ \AA}$, $c = 5,189 \text{ \AA}$), zumal durch Zulegieren von Zr und/oder Ti die Gitterparameter noch variiert werden können.

Sehr interessant waren auch die Vorträge von A. Zunger „Pseudopotential Electronic Structure Theory of Si Quantum Structures: Dots, Films and Wires“ und von N. A. Hill „Calculation of the Electronic Properties of Quantum Confined Semiconductors“: Sie stellten neue Überlegungen zur Berechnung der Änderung der elektronischen Eigenschaften für sehr kleine Kristalle ($\varnothing < 100 \text{ \AA}$). Insgesamt wurde bei diesen Beiträgen deutlich, daß nicht nur das Züchten großer Kristalle schwierig ist, sondern daß auch bei sehr kleinen Kristallen der Kristallzüchter gefordert ist.

Beachtenswert war auch der Beitrag von K. L. Lee „In-situ SEM Comparison Studies on Electromigration of Cu and Cu(Sn) Alloys for Advanced Chip Interconnects“. Lee stellte ein Raster-Elektronen-Mikroskop vor, mit dem in-situ die Aktivierungsenergie für die Elektromigration zu bestimmen möglich ist. Der Materialtransport durch Elektromigration wurde durch ein Video verdeutlicht. Die Untersuchungen zeigten, daß im Vergleich zu reinem Kupfer die Cu(Sn)-Legierungen deutlich resistenter gegenüber der Elektromigration sind.

Die Beiträge der EMC sollen im JOURNAL OF ELECTRONIC MATERIALS veröffentlicht werden.

Tab. 1: Übersicht über die Herkunft der Beiträge auf der DRC und EMC.

Land	Zahl der Beiträge DRC	Zahl der Beiträge EMC
USA	58	162
Japan	12	30
Deutschland	2	11
Frankreich	1	3
China	2	2
Korea	1	2
Großbritannien	–	3
Singapur	1	1
Rußland	1	–
Kanada	–	2
Israel	–	2
Belgien	–	1
Hongkong	–	1
Indien	–	1

Tab. 2: Übersicht über die Materialien, über die auf der DRC und EMC vorgetragen wurde.

Material	Zahl der Beiträge DRC	Zahl der Beiträge EMC
Si	20	24
Si_xGe_y	3	13
SiC	7	10
III-V-Halbleiter	39	122
II-VI-Halbleiter	2	27
CuInSe_2 u. ä.	–	5
Sonstige	3	18
Materialunabhängig	4	2

M. Hornung

6 Übersichtsartikel

6.1 Kurzinformation zum ESRF für Unentschlossene (European Synchrotron Radiation Facility)

In Diskussionen mit Fachkollegen bei verschiedenen Anlässen zeigte sich ein gewisser Informationsbedarf über die experimentellen Möglichkeiten an der European Synchrotron Radiation Facility (ESRF), den Zugang und auch den finanziellen Aufwand hierbei. Dies motivierte mich, die folgende Minimalinformation zusammenzustellen:

Die ESRF- und CRG-beamlines (CRG-Collaborating Research Group) stehen allen Wissenschaftlern und auch industriellen Nutzern offen. Seit dem Sommer 1995 stehen offiziell 18 ESRF-beamlines und 4 CRG-beamlines zur Verfügung. Sieben neue beamlines wurden bzw. werden zwischen September und November 1995 für Nutzerexperimente eröffnet. Mehrere davon dürfen von unmittelbarem Interesse für die Charakterisierung von Kristallen im Zusammenhang mit deren Wachstum sein. So existieren z.B. Möglichkeiten zur Röntgentopographie (gekoppelt mit der Röntgendiffraktometrie) an der "Optics beamline" D5, der "Swiss-Norwegian-beamline" D1 und ab Jahresende an der "Topography and high resolution diffraction beamline" ID19. Für die Untersuchung von Oberflächen oder oberflächennahen Bereichen stehen ebenfalls mehrere Möglichkeiten zur Verfügung. Mit den bisher bestehenden bzw. geplanten über 30 beamlines ist eine Vielzahl bedeutender Röntgentechniken (besonders im harten Röntgenbereich) nutzbar.

Strahlzeit kann zweimal pro Jahr beantragt werden (mit einem nicht sehr umfangreichen vierseitigen Formular: Termine 1.3. und 1.9. für das erste bzw. zweite Halbjahr). Neben „normalen“ Projekten kann man auch dringende beantragen. Mit einem genehmigten Antrag werden bei Nutzern aus den 12 Mitgliedsländern der ESRF, wozu auch Deutschland gehört, für maximal drei Personen die Kosten für Fahrt und Aufenthalt vom ESRF getragen! Informationen zu Fragen wie: Details aller geplanten bzw. fertiggestellten beamlines (beamlines handbook), Antragsformulare und Stand und Ergebnis der Bearbeitung der Anträge, Zeitplanung des Betriebs der Maschine, usw. können einerseits direkt im World Wide Webb (WWW über <http://www.csrf.fr>) und dann unter Administration of four users abgerufen werden. Andererseits steht neben den Wissenschaftlern der beamlines besonders das „ESRF user office“, BP 220, F-38043 Grenoble Cedex, tel: +33 76 88 25 52. fax.: +33 76 88 20 20, email: useroff@esrf.fr für alle Anfragen zur Verfügung. Dort sind auch Anträge, Handbücher u.a. in der klassischen, gedruckten Form zu erhalten.

Ich hoffe, daß schon diese wenigen Informationen helfen werden, die Aktivierungsenergie aller potentiellen ESRF-Nutzer soweit zu erhöhen, daß sie die Schwelle zum ESRF überwinden können und daß sie dann noch genügend Energie übrig haben werden, um auch die schöne Umgebung Grenobles zu besichtigen.

J. Härtwig

6.2 Ein Jahr als Kristallzüchter in den USA

Als Kristallzüchter im Institut für Kristallzüchtung Berlin (IKZ) tätig, bot sich mir die Möglichkeit, ein Jahr lang in einer Firma im Herzen des kalifornischen Silicon Valley zu arbeiten. Im IKZ wird seit Jahren erfolgreich auf dem Gebiet der tiegelfreien Siliziumkristallzüchtung (Float-Zone-(FZ)-Silizium) geforscht. Internationale Kontakte und eine weltweite Zusammenarbeit sind ebenso Bestandteil des Institutskonzeptes wie das Lösen praxisrelevanter Forschungsaufgaben. Zu diesem Zweck beurlaubte mich das IKZ für die Dauer eines Jahres (Juli 1994-Juni 1995).

Die Firma UniSil, größter US-eigener kommerzieller Siliziumproduzent (ca. 530 Beschäftigte, gegründet 1987), bisher ausschließlich auf dem Czochralski-Sektor (Anlagenbau, Züchtung und Waferbearbeitung) tätig, ist bemüht, auch auf dem strategisch wichtigen FZ-Silizium Markt aktiv zu werden. Die Produktion und Entwicklung von FZ-Silizium wurde in den siebziger Jahren in den USA eingestellt.

Im Rahmen eines von der US-AIRFORCE ausgeschriebenen Projektes (3 Phasen, 5 Jahre Laufzeit) soll eine langfristige, einheimische und dem internationalen Niveau entsprechende Produktionskapazität zur Herstellung von hochreinem Float-Zone-Silizium geschaffen werden. Dieses Material besitzt strategische Bedeutung. Es wird u.a. für die Herstellung von IR- und Laserdetektoren, Vidicons und Hochspannungsschaltern benutzt.

Ich wurde als Senior Scientist und Process Engineer eingestellt. Meine Aufgabe innerhalb von Projektphase 1 bestand in der Konzipierung und dem Aufbau einer Prozeßstrecke für die Produktion von hochreinem FZ-Silizium unter Reinraumbedingungen (Klasse 1000). Dies umfaßte solche Prozeßschritte wie die mechanische Stabvorbereitung, Ätzen, Kristallzüchtung, Diagnostik, Vorbereitung für die Neutronendotierung und Temperung. Ferner gehörte die Entwicklung und Optimierung einer Züchtungstechnologie für 3"- und 4"-Einkristalle auf einer neuen Kristallzüchtungsanlage ebenso zu meinem Aufgabenfeld wie die theoretische und praktische Ausbildung des Züchtungspersonals.

Weiterhin hatte ich Konzepte, Entscheidungsvorlagen, Dokumentationen, Problemlösungen zu erarbeiten, wissenschaftliche Kontakte zu knüpfen und in Fragen der Kristallzüchtung zu beraten. Dabei kamen mir meine langjährigen Erfahrungen auf dem Gebiet der FZ-Silizium-Kristallzüchtung zugute. Die vorhandenen Kenntnisse konnte ich so unmittelbar umsetzen.

Die Arbeit an der dänischen Kristallzüchtungsanlage vom Typ FZ-20, erste kommerziell verfügbare Anlage dieses Typs und ausgerüstet mit dem derzeitigen technologischen Know-how, ermöglichte mir Einblicke in eine interessante Anlagenkonzeption. Meine vorhandenen Kenntnisse der Züchtungstechnologie mußten auf die Anlage abgestimmt werden. Üblicherweise werden Anlagen- und Technologieentwicklung in enger Wechselwirkung vollzogen.

Grundsätzlich werden in einer Firma, die unter kommerziellen Gesichtspunkten arbeitet, oft sehr harte Entscheidungen den Marktgesetzen entsprechend getroffen. Rentabilitäts- und Profitfragen stehen im Vordergrund. Investitionen sind in viel stärkerem Maße von den erwirtschafteten Gewinnen abhängig. Dementsprechend hoch ist das Risiko langfristiger Investitionen auf der Basis von Krediten und Reingewinnen. Managemententscheidungen haben gegenüber fachlichen Vorzug, sofern nicht unmittelbar die Produktion gefährdet ist. Eine Technologieentwicklung parallel zur Produktion ist quasi nicht möglich, zumal es dafür praktisch keinen Background gibt. Eine eigene Werkstatt mit Werkzeugmaschinen zur Durchführung von Kleinreparaturen und Neuanfertigungen existiert nicht, ebensowenig eine ausgedehnte Lagerhaltung. Eine Servicetruppe erledigt nur die notwendigsten Reparaturarbeiten zur Aufrechterhaltung der Produktion. Ersatzteile und Werkzeuge werden bei Bedarf im Supermarkt gekauft, Kleinarbeiten als Auftragsarbeiten im nächstgelegenen Maschinen-shop (private Firma, die Werkzeugmaschinen besitzt) ausgeführt.

Bevor ein Projekt genehmigt wird, muß ein umfangreiches Konzept vorgelegt werden. Dieses beinhaltet zum Beispiel eine strategische Analyse und Planung. Bestandteile sind u.a. Managementmethoden, Geschäftsphilosophie, Kapazitätsanalysen, Kostenverteilung.

Ferner gehören eine detaillierte Marktanalyse und die Abschätzung künftiger Marktanteile ebenso dazu, wie die Einführung eines Qualitätssicherungssystems (ISO 9000), die statistische Prozeßkontrolle, Materialqualifizierungspläne oder eine Risikoanalyse.

Fragen der Produktionsprozeßimplementierung (Ausrüstung, Personal, Training, Dokumentation, Optimierung) sind ebenfalls Bestandteil des Konzeptes. Ist das Projekt bewilligt, wird neben dem Auftragsgeber (in diesem Fall die Regierung) und dem Ausführenden (UniSil) ein unabhängiger Gutachter vom Auftraggeber bestellt, der die laufenden Arbeiten überwacht. Monatsberichte und regelmäßige Meetings, auf denen sämtliche Konzepte erneut durchgegangen und der Erfüllungsstand kontrolliert wird, gehören zum Alltag. Terminliche Verschiebungen sind nur in Ausnahmefällen möglich. Mit Ausnahme der Gehälter und eines gewissen Grundfonds werden die Gelder erst gezahlt, wenn auch die letzte Bedingung des Vertrages erfüllt ist. Erst nach erfolgreichem Abschluß einer Projektphase wird grünes Licht für die nächste Phase gegeben. Bei Nichterfüllung kann der Auftraggeber das Projekt beenden und die Zahlungen einstellen. Leistungsdruck und Erfolgszwang sind also gewaltig. Nur die Problemlösung in kürzester Zeit zählt, nicht die Art des Problems. Es spielt also keine Rolle, warum etwas nicht funktioniert, ob objektiv oder subjektiv verschuidet, wichtig ist, daß das Problem schnell gelöst wird.

Dies und die latent vorhandene existentielle Bedrohung bei Verlust des Arbeitsplatzes schaffen einen Leistungsdruck, der sich auch im Betriebsklima niederschlägt. Soziale Sicherungssysteme (Arbeitslosenversicherung, betriebliche Rentensparpläne) existieren zwar, werden aber meist nur kurzzeitig wirksam bzw. sind an die Betriebszugehörigkeit gebunden. Einen Kündigungsschutz oder Abfindungen gibt es praktisch nicht. Es kann jederzeit ohne Angabe von Gründen gekündigt werden. Oft existieren keine Funktionspläne, oder arbeitsrechtliche Absprachen werden nur mündlich getroffen.

Dennoch wird versucht, durch ein betriebsinternes Bildungs- und Weiterbildungsprogramm ein Umfeld zu schaffen, in dem jeder Mitarbeiter ermutigt wird, kooperativ zu sein und Verantwortung in seinem unmittelbaren Arbeitsbereich zu tragen. Nur so können die Produktivität gesteigert, Wettbewerbsfähigkeit und Beschäftigung gesichert werden.

Die Firmenpolitik besteht in einer kontinuierlichen Verbesserung der Produktqualität und des Service. Ziel ist die absolute Befriedigung der Kundenwünsche. Offener Informationsaustausch und wissenschaftliche bzw. geschäftliche Kontakte zu Universitäten und staatlichen Forschungseinrichtungen werden gepflegt und deren Dienstleistungen in Anspruch genommen.

Der Einsatz von Computertechnik und Bürokommunikation ist Standard und quasi an jedem Arbeitsplatz verfügbar.

Umwelt- und Arbeitsschutz unterliegen strengen Bestimmungen und werden regelmäßig durch staatliche Behörden kontrolliert.

Charakteristisch ist das Bestreben, Fachkräfte und Erfahrungsträger aus aller Welt zu gewinnen. Fachkompetenz und Durchsetzungsvermögen sind auch hier die Kriterien für eine erfolgreiche Arbeit. Jährlich erfolgt eine Leistungseinschätzung durch den Vorgesetzten, die in der Regel mit einer Gehaltserhöhung verbunden ist. Die Höhe richtet sich nach der erbrachten Leistung (ca. 3-10 %). Der Beschäftigte kann einen Vorschlag unterbreiten, der dann akzeptiert wird oder nicht.

Zusammenfassend läßt sich sagen, daß dieser Arbeitsaufenthalt mir eine Menge Impulse und Anregungen, insbesondere aus dem Umfeld der Kristallzüchtung gegeben hat. Das Ni-

veau der europäischen Kristallzüchtung wird durchaus geschätzt und braucht den internationalen Vergleich nicht zu scheuen.

Bleibend wertvoll für mich nach Rückkehr an das IKZ sind wesentlich verbesserte Sprachkenntnisse und geknüpfte Verbindungen und Kontakte.

Ich denke doch, daß ich den Anforderungen und Erwartungen gerecht wurde und erfolgreich an der Wiedereinführung der Float-Zone-Siliziumkristallzüchtung in den USA teilnehmen konnte.

H.-J. Rost

Schmunzelecke

Alltägliche Erfahrungen – einmal anders gesehen:

„In dieser Welt
kommen

Ämter und Behörden
der Unsterblichkeit
am nächsten.“

General Hugh S. Johnson

„Das Merkmal unserer Zeit
ist die Spannung
zwischen

vergeblichen Sehnsüchten
und
trägen Institutionen.“

John Gardner

„Wenn ein Bürokrat
einen Fehler macht
und ihn einige Male wiederholt,
bürgert er sich gewöhnlich
als neues Verfahren ein.“

James H. Boren

„Was man ohne realen Grund,
scheinbar von fixen Ideen besessen,
am meisten fürchtet,
hat den schönsten Hang,
Ereignis zu werden“

Theodor Adorno

Mitteilungen anderer Gesellschaften

AACG

Schwerpunkt des AACG Newsletters vom Frühjahr 95 bildet ein 5seitiger Bericht vom 1. chinesisch-japanischen „Electronic Materials Growth Meeting“ am 27. Okt. 94 in Peking. Die Konferenz konzentrierte sich auf zwei Gebiete: Nicht-linear-optische Kristalle und Halbleiter. In der President's Corner animiert Joe Wenckus die Mitglieder sich aktiv über ihre Vorstellungen bezüglich des Newsletters zu äußern, da dieses das wichtigste Kommunikationsforum untereinander ist. Darüber hinaus plant Tony Gentile den AACG Crystal Growth Index auf den neusten Stand zu bringen. Das soll etwas wie ein „Who grows what and how“ der AACG werden. Abgerundet wird das Heft durch Chapter News, Mitteilungen von der FMS (Federation of Material Societies), einem Zusammenschluß technisch orientierter Gesellschaften, und einem Tagungskalender.

KKN

Info Nr. 63 vom Oktober 1995 beginnt mit dem Programm der Jahrestagung und der Tagesordnung für die Mitgliederver-

sammlung 1995. Die Tagung soll am 3. November in Utrecht stattfinden und wird von der Fachgruppe für Grenzflächen und Thermodynamik durchgeführt. In diesem Zusammenhang gehört der Vorabdruck des Vorstandsberichts über das abgelaufene Jahr. Die bemerkenswertesten Aktivitäten in der KKN im Berichtszeitraum waren die Ausrichtung der Sommerschule (ISSCG-IX) und der ICCG-XI. Die Sommerschule fand vom 11. bis 16. Juni in Papendal statt, teilgenommen haben 99 Studenten aus 24 Ländern und 28 Dozenten aus 10 Ländern. Im Anschluß an die Sommerschule fand die ICCG-XI vom 19. bis 23. Juni in Den Haag mit über 700 Teilnehmern statt. Sowohl Sommerschule als auch ICCG wurden seitens der KKN mit positivem finanziellen Resultat abgeschlossen. Es schließt sich eine Würdigung von Prof. Bennema von der Fakultät für Anorganische Chemie der Universität Nijmegen an. Prof. Bennema erhielt während der ICCG-XI den Frank-Preis für seine Arbeiten auf dem Gebiet der Grundlagen der Kristallzüchtung. Den Abschluß des Hefts bilden Zusammenfassungen von 3 Doktorarbeiten:

- M. Verheijen, KUN Nijmegen
Structure, surfaces and morphology - a study fullerene, modulated and ADP crystals
- M. Lohmeier, AMOLF Amsterdam
Structure and Formation of Semiconductor Interfaces
- E. van der Vegt, AMOLF Amsterdam
Surfactants in homoepitaxial metal growth

Darüber hinaus ist eine polnische Zeitschrift mit dem Titel „Materialy Elektroniczne“ bis zu mir gelangt. Von letzterer verstehe ich aber nicht mehr als den Titel. Wer nähere Informationen hat, bitte bei Hr. Schmitz melden.

STELLENGESUCH

Diplom-Physiker

30 Jahre, Diplom in der Türkei und in Deutschland (Uni Regensburg);

Praktische Erfahrungen:

- optische Untersuchungen an dünnen II/VI-Halbleiterschichten (MOVPE, MBE)
- Fertigung in der Dickschicht-Technologie (Herstellung von Leitbahnschichten auf Keramiksubstraten)
- Prozeßentwicklung und Fertigung in der Dünnschicht-Technologie (Schichtabscheidung), Mikrostrukturtechnik und Prozeßanalyse (SPC) für Sensorik und Multi-Chip-Module

sucht Tätigkeit in Forschung, Entwicklung oder Fertigung, vorzugsweise im Bereich Mikrostrukturtechnik / Dünnschichtschaltungen (HL, Sensorik, Aktorik); besonderes Interesse Fotolithographie, Trocken-/Naßätzen.

Sprachkenntnisse: Englisch, Türkisch in Wort und Schrift, Französisch ausbaufähig.

H. Sahin-Bauer

Privat:

Haidberg 24
D-93491 Stamsried
Tel.: 09466/538

Dienstlich:

Siemens AG EC H DF VT
Rupert-Maxer-Str. 44
D-81359 München
Tel.: 089/722-62591
Fax: 089/722-62719

TAGUNGSKALENDER

1995

27. November - 1. Dezember Boston/U.S.A.
Fall Meeting of the Materials Research Society

M. Geil, Dir., Meeting Activities MRS, 9800 McKnight Road, Pittsburgh, PA 15237, U.S.A.

3. - 6. Dezember Estes Part (CO) / U.S.A.
Defect Recognition and Image Processing in Semiconductors (DRIP VI)

Prof. Alan Mickelson, University of Colorado, ECE Dept., Campus Box 425, Boulder CO 80309-0425, U.S.A.

1996

27. Januar - 2. Februar San José (CA) / U.S.A.
SPIE's International Symposium Lasers and Integrated Optoelectronics: Devices and Application

SPIE The Society for Photo-Optical Instrumentation Engineers, P.O. Box 10, Bellingham, WA 98227-0010 U.S.A.

März Köln / Bonn / D
DGKK-Jahrestagung 1996

Prof. L. Bohaty, Institut für Kristallographie, Universität Köln, Zulpicher Str. 49b, D-50674 Köln

3. - 7. März Breckenridge (CO) / U.S.A.
3rd International Conference on the Physics of X-Ray Multilayer Structures

Ms. M. Benson, Admin. Asst., University of Arizona, Dept. of Physics, PAS #81, Tucson, AZ 85721, U.S.A.

5. - 7. März Chiba University / J
International Symposium on Blue Laser and Light Emitting Diodes

Prof. Masakazu Kobayashi, Secretary ISBLLED, Dept. E & EE, Chiba University, 1-33 Yayoi-cho, Inage-ku, Chiba 263 Japan

11. - 12. März Zürich / CH
Workshop on Instabilities, Chaos and Fractals in Crystal Growth
J. Bilgram, Laboratorium für Festkörperphysik, ETH, CH 8093 Zürich, Switzerland

22. - 25. April Schwäbisch-Gmund / D
8th International Conference on Indium Phosphide and Related Materials

V. Schanz, ITG/VDE, Stresemannallee 15, 60590 Frankfurt/Main, Germany

6. - 8. Mai Schliersee / D
Sitzung des Fachausschusses Kristallisation der Gesellschaft für Verfahrenstechnik

Dipl.-Ing. K. O. Schaller, GVC VDI Gesellschaft für Verfahrenstechnik, Düsseldorf, FAX 0221/6214-162 oder 678

8. - 12. April San Francisco / U.S.A.
Spring Meeting of the Materials Research Society

M. Geil, Dir., Meeting Activities MRS, 9800 McKnight Road, Pittsburgh, PA 15237, U.S.A.

12. – 15. Mai Freiburg / D
 3rd International Workshop on Expert Evaluation and Control of Compound Semiconductor Materials and Technologies (EXMATEC 96)
 Dr. W. Jantz, FhG-IAF, Tullastr. 72, D-79108 Freiburg i. BR., Germany

9. - 13. Juni Cardiff / U.K.
 8th International Conference on MOVPE
 G. Bland, Global Meeting Planning, GMP 22Plas Taliesin Portway Village Marina, Penarth, South Glamorgan CF 64 1TN, Wales

9. – 12. Juli Aix-en-Provence / F
 5th International Conference on the Structure of Surfaces (ICSOS-5)
 Mme. Y. Deprez, CEA, DSM-DRECAM-SRSIM, Bt. 462, Centre d'Etudes de Saclay, F-91191 Gif sur Yvette Cedex, France

14. - 19. Juli Liege / Belgien
 9th International Conference on Superlattices, Microstructures and Microdevices (ICSMM-9)
 Prof. J.-P. Leburton, Univ. of Illinois, Beckman Institute, Urbana, IL 61801 U.S.A.

21. - 26. Juli Berlin / D
 23rd International Conference on the Physics of Semiconductors
 Dr. A. Hoffmann, Secretary, Institut für Festkörperphysik, PN 5-1, TU Berlin, Hardenbergstr. 36, 10623 Berlin, Germany

5. - 9. August Malibu (CA) / U.S.A.
 9th International Conference on Molecular Beam Epitaxy
 D. Grider, MBE-IX Conference Office, 2060 Ave. Los Arboles, Suite 342, Thousand Oaks, CA, U.S.A. 91362

8. - 17. August Seattle / U.S.A.
 17th Congress and General Assembly of the International Union of Crystallography (IUCr)
 Prof. R. F. Bryan, Dept. of Chem., University of Virginia, Charlottesville, VA 22903, U.S.A.

International Conference

H T S C

SUBSTRATE

on Substrate Crystals and HTSC Films, ICSC-F '96,
 Jaszowiec, Poland, September 16-20, 1996

1998

Juli Jerusalem / Israel
 12th International Conference on Crystal Growth (ICCG XII)
 A. Horowitz, Nuclear Research Center-Negev, Beer Sheba, Israel

Personalien

Neumitglieder

Röwer, Ralf-Werner, Dipl.-Mineraloge
 Institut für Mineralogie
 Universität Hannover
 Welfengarten 1
 D-30167 Hannover
 Tel.: 0511/762-2326 Mitgliedsnummer: 731 M Edat.: 01/05/95
 Fax.:
 E-Mail geschäftl.:
 Codeworte: S1: 111; S2: 131; S3: 234; S4: 321; S5: 516
 S6: 531; S7: 621; S8: 631; S9: ; S10:

Fiederle, Michael, Dipl.-Physiker
 Freiburger
 Materialforschungszentrum
 Stefan-Meier-Str. 21
 D-79104 Freiburg
 Tel.: 0761/203-4775 Mitgliedsnummer: 732 M Edat.: 01/06/95
 Fax.: 0761/203-4700
 E-Mail geschäftl.: fidus@jupiter.fmf.uni-freiburg.de
 Materialcharakterisierung (optisch, elektrisch), II-VI, III-V Verbindungen, Verfahrenstechniken, Röntgendektoren
 Codeworte: S1: 232; S2: 233; S3: 311; S4: 552; S5: 660
 S6: 735; S7: ; S8: ; S9: ; S10:

Eiche, Clemens, Dipl.-Physiker
 Kristallographisches Institut
 der Universität
 Hebelstr. 25
 D-79104 Freiburg
 Tel.: 0761/203-6446 Mitgliedsnummer: 733 S Edat.: 01/06/95
 Fax.: 0761/203-6434
 E-Mail geschäftl.:
 Kontaktfreie Charakterisierung, tiefe Störstellen, elektrische Charakterisierung
 Codeworte: S1: 232; S2: 233; S3: 331; S4: 521; S5: 551
 S6: 552; S7: 624; S8: 660; S9: 753; S10:

Hommel, Detlef, Prof. Dr., Physiker
 Institut für Festkörperphysik
 der Universität
 D-28334 Bremen
 Tel.: 0421/218-2950 Mitgliedsnummer: 734 M Edat.: 01/07/95
 Fax.: 0421/218-3601
 E-Mail geschäftl.:
 Epitaxie (MBE), II-V-Halbleiter, III-V-Materialien, elektrische und optische Eigenschaften
 Codeworte: S1: 124; S2: 232; S3: 233; S4: 321; S5: 324
 S6: 520; S7: 550; S8: 560; S9: 631; S10: 660

Nabot, Jean-Philippe, Dr.-Ing.
 CEA DEM/SES
 Ceng. 17 rue des Martyrs
 F-38054 Grenoble Cedex 9
 Frankreich
 Tel.: 0033/76889941 Mitgliedsnummer: 735 M Edat.: 01/03/95
 Fax.: 0033/76885117
 E-Mail geschäftl.:
 Kristallzüchtung, Bridgman, Czochralski, GEF, Formen, Halbleiter, Oxidkristalle, Hydrodynamik, Steigerung, Spannungen und Defekte, numerische Simulation
 Codeworte: S1: 111; S2: 115; S3: 117; S4: 234; S5: 520
 S6: 717; S7: ; S8: ; S9: ; S10:



Firmen- und Produktinformation

Unsere Stärken

- Wir sind erfahren in der Herstellung und Verarbeitung von Metallen, deren Legierungen und Verbindungen
- Wir schmelzen für Sie auch Kleinstmengen eines metallischen Werkstoffes
- Wir beraten Sie individuell
- Wir liefern innerhalb kürzester Zeit

Herstellungsmethoden

Schmelzmetallurgie

- Vakuumlichtbogenschmelzen mit Festelektrode (Knopfschmelzen - Schnelle Erstarrung - Gießen)
- Vakuumlichtbogenschmelzen mit Abschmelzelektrode
- Induktionsschmelzen und Zentrifugalguß
- Zonenschmelzen

Umformen

- Kalt- und Warmwalzen

Pulvermetallurgie

- Mahlen und mechanisches Legieren (Schutzgas - Vakuum)
- Sieben, Sichten
- Mischen
- Pressen
- Sintern (Schutzgas - Vakuum)

Werkstoffe

Reinmetalle

Legierungen

- Ti-, Zr-, Hf-, V-, Nb-, Ta-, Cr-, Mo-, W - Basis
- Al-, Cu-, Sn-, Zn-, Sb-, Bi-, Fe-, Ni-, Mn-, SE - Basis u.a.

Intermetallische Verbindungen

- TiAl-, TiNi-, NiMo-, FeAl-, FeTi - Basis u.a.

Hartstoffe (Silizide, Karbide u.a.)

Spezielle Mischoxide

Verbundwerkstoffe

Lieferformen

Stücke, Granulate, Flakes, Pellets, Pulver, Formteile, Bleche, Folien, Stäbe

Anwendungen

PVD-Beschichtungstechnik

Vorlegierungen für die Legierungsentwicklung

Standards für die Analytik

Pulvermetallurgie

Verschleißschutz

Spritztechnik u.a.

Redaktion

Chefredakteur	Hans Jürgen Fenzl Siemens AG HL PES 43 Otto-Hahn-Ring 6 81739 München Tel. 089/636-46193 Fax -44236
Übersichtsartikel	A. Cröll 0761/2036441
Kristallzüchtung in Deutschland	T. Boeck Inst. Kristallzüchtung 12489 B.-Adlershof Tel. 030-6392/3051
Tagungsberichte	W. Aßmus Tel. 069/7982-3144 Fax -8520
Stellenangebote und -gesuche Mitteilungen der DGKK	H. Walcher 0761/5159-347 Fax -400
Mitteilungen ausländischer Schwestergesellschaften Tagungskalender	J. Schmitz 0761/5159-846 Fax -400
Bücherecke	R. Diehl 0761/5159-416 Fax -400
Schmunzelecke	R. Diehl
Anzeigenwerbung	G. Müller-Vogt 0721/608-3470

Hinweise für Beiträge**Redaktionsschluß MB 63:
2. April 1996**

Bitte senden Sie Ihre Beiträge möglichst auf Diskette (Format sekundär), die Druckerei kann diese direkt weiterverarbeiten und Fehler beim Einscannen werden vermieden. Außerdem ist dies viel kostengünstiger.

Abbildungen möglichst als Hochglanzabzüge.

Willkommen sind jederzeit auch attraktive Bilder ohne Artikel für den Titel.

Besten Dank
Die Redaktion

SATZ, DRUCK & WEITERVERARBEITUNG

bollmann druck GmbH
Rudolf-Diesel-Straße 3
90513 Zirndorf bei Nürnberg

Vorstand der DGKK**Vorsitzender**

Dr. W. Schröder
Institut für Kristallzüchtung
Rudower Chaussee 6
12489 Berlin
Tel. 030/6392-3000, Fax 030/6392-3003
Email: ur@dfnsl.WTZA-Berlin.de

Stellvertretender Vorsitzender

Dr. W. Zulehner
Wacker Siltronic GmbH
Postfach 1140
84489 Burghausen
Tel. 08677/83-2547, Fax 08677/83-5824

Schriftführer

Dr. H. Walcher
Fraunhofer-Institut für
Angewandte Festkörperphysik
Tullastr. 72
79108 Freiburg
Tel. 0761/5159-347 oder 597, Fax 0761/5159-400
Email: Walcher @ iaf. fhg. de

Schatzmeister

Dr. German Müller-Vogt
Kristall- und Materiallabor der
Fakultät für Physik
Kaiserstr. 12
76131 Karlsruhe
Tel. 0721/608-3470, Fax 0721/697123

Beisitzer

Prof. Dr. M. Mühlberg
Institut für Kristallographie
Zülpicherstraße 49
50674 Köln
Tel. 0221/470-4420, Fax 0221/470-5151
Email: muehlberg@kri.uni-koeln.DE

Hans Jürgen Fenzl
Siemens AG HL PES 43
Otto-Hahn-Ring 6
81739 München
Tel. 089/636-46193, Fax 089/636-44236

Dr. E. Schönherr
MPI für Festkörperforschung
Heisenbergstr. 1
70569 Stuttgart
Tel. 0711/689-1405, Fax 0711/689-1010

BANKVERBINDUNGEN

Sparkasse Karlsruhe
Kto.-Nr. 104 306 19
BLZ 660 501 01

PSA-Karlsruhe
Kto.-Nr. 2424 17-752
BLZ 660 100 75

DGKK - STICHWORTLISTE

KRISTALLHERSTELLUNG

ZÜCHTUNGSMETHODEN

- 110 Schmelzzüchtung
 - 111 Czochralski
 - 112 LEC
 - 113 Skull / kalter Tiegel
 - 114 Kyropoulos
 - 115 Bridgman
 - 116 Schmelzzonen
 - 117 gerichtetes Erstarren
 - 118 Verneuil
 - 119 andere Methoden
- 120 Gasphasenzüchtung
 - 121 CVD, CVT
 - 122 PVD, VPE
 - 123 MOCVD
 - 124 MBE, MOMBE
 - 125 Sputterverfahren
 - 129 andere Methoden
- 130 Lösungszüchtung
 - 131 wässrige Lösung
 - 132 Gelzüchtung
 - 133 hydrothermal
 - 134 Flux
 - 135 LPE
 - 136 THM
 - 139 andere Methoden
- 140 weitere Verfahren
 - 141 μ -g Züchtung
 - 142 Hochdrucksynthese
 - 143 Explosionsverfahren
 - 144 Elektrokristallisation
 - 145 Rekristallisation/Sintern
 - 149 andere Verfahren
- 150 Reinstoffherstellung

MATERIALZUSAMMENSETZUNG

- 210 Elemente
 - 211 Graphit
 - 212 Diamant, diamantartiger K.
 - 213 Silizium
 - 214 Germanium
 - 215 Metalle
 - 219 andere Elemente
- 220 Verbindungen
 - 221 binäre Verbindungen
 - 222 ternäre Verbindungen
 - 223 multinäre Verbindungen
 - 231 IV-IV
 - 232 III-V
 - 233 II-VI
 - 234 Oxide, Ferroelektrika
 - 235 metallische Legierungen
 - 236 Supraleiter
 - 237 Halogenide
 - 238 organische Materialien
 - 239 andere Verbindungen

WACHSTUMSFORMEN

- 311 Massivkristalle
- 312 dünne Schichten, Membrane
- 313 Fasern
- 314 Massenkristallinat
- 321 Einkristalle
- 322 Polykristalle

- 323 amorphe Materialien, Gläser
- 324 Multischicht-Strukturen
- 325 Keramik, Verbundwerkstoffe
- 326 Biokristallinat
- 327 Flüssigkristalle
- 328 Polymere
- 329 andere Materialtypen

KRISTALLBEARBEITUNG

- 411 Tempern
- 412 Sägen, Bohren, Erodieren
- 413 Schleifen, Läppen, Polieren
- 414 Laserstrahl-Bearbeitung
- 421 Lithographie
- 422 Ionenimplantation
- 423 Mikrostruktuiierung

KRISTALLCHARAKTERISIERUNG

KRISTALLEIGENSCHAFTEN

- 510 grundlegende Eigenschaften
 - 511 Stöchiometrie
 - 512 Phasenreinheit
 - 513 Struktur, Symmetrie
 - 514 Morphologie
 - 515 Orientierungsverteilung
 - 516 Phasenumwandlungen
- 520 Strukturdefekte / Struktureigenheiten
 - 521 Punktdefekte, Dotierung
 - 522 Versetzungen
 - 523 planare Defekte, Verzwilligung
 - 524 Korngrenzen
 - 525 Einschlüsse, Ausscheidungen
 - 526 Fehlordnungen
 - 527 Überstrukturen
- 530 Mechanische Eigenschaften
 - 531 Elastische Eigenschaften
 - 532 Härte
 - 533 Bruchmechanik
- 540 Thermische Eigenschaften
 - 541 Wärmeausdehnung
 - 542 kritische Punkte
- 550 Elektrische Eigenschaften
 - 551 Leitfähigkeit
 - 552 Ladungsträger-Eigenschaften
 - 553 Ionenleitung
 - 554 Supraleitung
- 560 Optische Eigenschaften
- 570 Magnetische Eigenschaften
- 580 Weitere Eigenschaften
 - 581 Diffusion
 - 582 Korrosion
 - 583 Oberflächen-Rekonstruktion

MESSMETHODEN

- 610 chemische Analytik
 - 611 chemischer Aufschluß
 - 612 Ätzmethoden
 - 613 AAS, MS
 - 614 thermische Analyse
- 620 Mikroskopie
 - 621 lichtoptische Mikroskopie
 - 622 Elektronenmikroskopie
 - 623 Rastertunnel-Mikroskopie
 - 624 Lumineszenz-Topographie

- 630 Beugungsmethoden
 - 631 Röntgendiffraktometrie
 - 632 Röntgentopographie
 - 633 Gammadiffraktometrie
 - 634 Elektronenbeugung
 - 635 Neutronenbeugung

- 640 Spektroskopie, Spektrometrie
 - 641 UV-, VIS-, IR-, Fourier-
 - 642 Raman-, Brillouin-
 - 643 Kurzzeit-Spektroskopie
 - 644 NMR, ESR, ODMR
 - 645 RBS, Channeling
 - 646 SIMS, SNMS

- 650 Oberflächenanalyse
 - 651 LEED, AUGER
 - 652 UPS, XPS

- 660 Elektrische Charakterisierung
- 670 Andere Meßmethoden

MATHEMATISCHE BEHANDLUNG

- 710 Kristallwachstum
 - 711 Keimbildung
 - 712 Wachstumsvorgänge
 - 713 Transportvorgänge
 - 714 Rekristallisation
 - 715 Symmetrieaspekte
 - 716 Kristallmorphologie
 - 717 Phasendiagramme
- 730 Materialeigenschaften
 - 731 thermodyn. Berechnungen
 - 732 elektrochem. Berechnungen
 - 733 Bandgap-Engineering (physik.)
 - 734 Crystal-Engineering (biolog.)
 - 735 Defect-Engineering
- 750 Prozessparameter
 - 751 Temperaturverteilung
 - 752 Konvektion

ENTWICKLUNG / VERTRIEB / SERVICE

- 810 Anlagen / Komponenten
 - 811 Züchtungsapparaturen
 - 812 Prozess-Steuerungen
 - 813 Sägen, Poliereinrichtungen
 - 814 Öfen, Heizungen
 - 815 Hochdruckpressen
 - 816 mechanische Komponenten
 - 817 elektrische Komponenten
 - 818 Meßeinrichtungen
- 830 Zubehör
 - 831 Zubehör für Kristallzüchtung
 - 832 Zubehör für Kristallbearbeitung
 - 833 Zubehör für Materialanalyse
 - 834 Ausgangsmaterialien
 - 835 Kristalle
 - 836 Lehrmaterial, Kristallmodelle
 - 837 Rechenprogramme
- 850 Service
 - 851 Anlagenplanung
 - 852 Anwendungsberatung
 - 853 Materialanalyse (als Service)

Der Schriftführer bittet darum, bei Antrag auf Mitgliedschaft nur diese Code-Nr. zu verwenden.

Wenn Sie auf dem Gebiet Kristallwachstum, -züchtung, -charakterisierung und -anwendung tätig und noch nicht Mitglied der Deutschen Gesellschaft für Kristallwachstum und Kristallzüchtung (DGKK) sind, so treffen Sie eine wichtige Entscheidung und

werden Sie Mitglied der DGKK!

- Sie sind willkommen in einem Kreis von rund 500 Fachkollegen, die einer Gesellschaft angehören, deren Zweck es ist
- Forschung, Lehre und Technologie auf dem Gebiet von Kristallwachstum und Kristallzüchtung zu fördern,
 - über entsprechende Arbeiten und Ergebnisse durch Tagungen und Mitteilungen zu informieren,
 - wissenschaftliche Kontakte unter den Mitgliedern und die Beziehung zu anderen wissenschaftlichen Gesellschaften zu fördern, sowie
 - die Interessen ihrer Mitglieder auf nationaler und internationaler Ebene im Sinne der Gemeinnützigkeit zu fördern.

DGKK-Schriftführer
Dr. H. Walcher
Fraunhofer-Gesellschaft
Inst. f. Angew. Festkörperphysik
Tullastraße 72
D-79108 Freiburg

Damit kann die Gesellschaft zu einer wesentlichen Unterstützung Ihrer beruflichen Aktivitäten beitragen. Zögern Sie daher nicht und senden Sie noch heute das ausgefüllte Anmeldeformular ab!
(Jahresbeitrag DM 30,—, für Studenten DM 15,—)

Antrag auf Mitgliedschaft / Änderung

Ich (Wir) beantrage(n) hiermit die Mitgliedschaft in der Deutschen Gesellschaft für Kristallwachstum und Kristallzüchtung e. V. (DGKK).

- Art der Mitgliedschaft: ordentliches Mitglied
 studentisches Mitglied
 korporatives Mitglied

Gewünschter Beginn der Mitgliedschaft: _____

Dienstanschrift: _____
(Name) (Vorname) (Titel) (Beruf)

*) _____
(Firma, Institut, etc.)

(Straße, Haus-Nr.)

(PLZ, Ort) (Telefon)
(FAX) _____

Privatanschrift: _____
(Straße, Haus-Nr.)

*) _____
(PLZ, Ort) (Telefon)

Wissenschaftliche Interessen- und Erfahrungsgebiete (Stichworte):

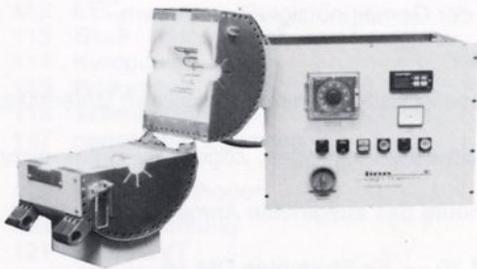
Tätigkeit und Erfahrung mit maximal 10 Stichwortnummern charakterisieren (s. Liste).

1.:.....; 2.:.....; 3.:.....; 4.:.....; 5.:.....; 6.:.....; 7.:.....; 8.:.....; 9.:.....; 10.:.....;

_____ den _____ (Unterschrift)

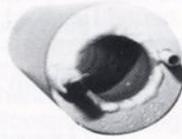
*) bitte unbedingt ankreuzen, unter welcher Anschrift der Schriftwechsel geführt werden soll.

VORSPRUNG DURCH MODERNSTE TECHNIK



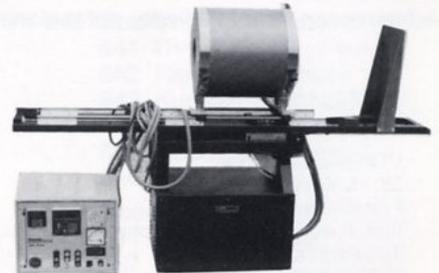
FuE-Rohröfen

kompakte Hochtemperatur-Rohröfen zum Einbau in Kristallziehanlagen. Temperaturbereiche: 1300° C, 1500° C und 1700° C optional bis 2300° C.



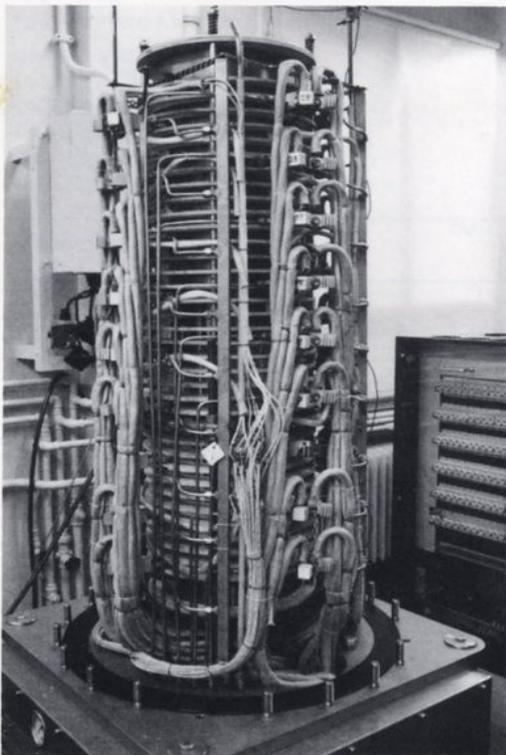
kostengünstige Heatpipes

zur Etablierung von hochisothermen Prozeßbedingungen. Temperaturbereiche: 350-550° C und 550-990° C; Standard; Innendurchm. 20-95 mm; Längen 200-1000 mm lieferbar; Sondermaße auf Anfrage.



Rohröfen

um 90° kippbar, ermöglicht horizontalen und vertikalen Betrieb; verfahrbar von 2 bis 200 mm/h; 1 oder 3 beheizte Zonen; Temperaturbereich bis 1700° C (vertikal); 100 % Faserisolierung; verschiedene Gerätegrößen.



ohne 50 bar Autoklav



Hochfrequenz-Generatoren

durch geringe Spulenspannung gut geeignet zum Einbau in **Schutzgas oder Vakuum-Anlagen**, mit Suszeptor als Substratheizer für Epitaxi, Erzeugung höchster Temperaturen zur Einkristallzucht, z.B. Oxidkristalle.

ohne Abb.

Safir-Formteile: Platten, Rohre bis Durchmesser 40 mm und Länge 1000 mm, sowie Tiegel. Verwendung u.a. als Thermoelement-Schutzrohr oder Bestandteil von Ziehgestängen.

Kristallzüchtungsanlagen

Computergesteuerte Hochdruck-Multizonenofenanlage mit bis zu 32 Heiz- und Kühlzonen in Kaltwandtechnik zur Herstellung von defektarmen III-V- und II-VI-Halbleitereinkristallen nach dem Gradient-Freeze-Verfahren.

Sonderanlagen
nach
Kundenspezifikationen!

linn
High Therm



Heinrich-Hertz-Platz 1
D-92275 Hirschbach
Tel. 09665-9140-0
Fax 09665-1720