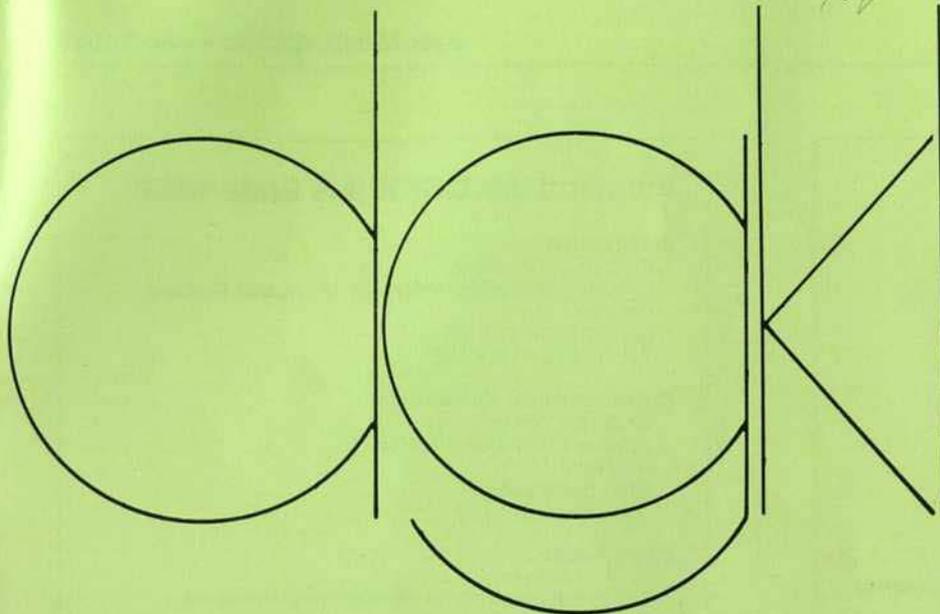
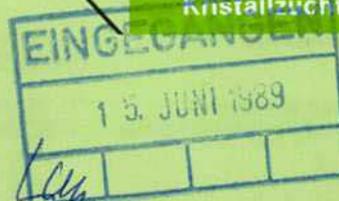


Deutsche Gesellschaft  
für Kristallwachstum und  
Kristallzüchtung e. V.



Inhalt	
Mitteilungen der DGKK .....	3
Gerätebasar .....	8
Kristallzüchtung in D (unter Mikrogravitation) .....	9
Edelmetalle als Tiegel .....	14

Tagungsberichte .....	20
Schmunzelecke .....	25
Tagungskalender .....	26
Mitteilungen anderer Gesellschaften ....	28
Personalien .....	29

**Redaktion**

Chefredakteur	G. Müller 09131/85-7636 -7633 -7504 fax
Übersichtsartikel	F. Wallrafen 0228/732961
Kristallzüchtung in D	H. Walcher 0761/2714-370 H.-J. Sell 09131/857757
Tagungsberichte	D. Mateika 040/5493-553
Aktivitäten von und für junge Kristallwissenschaftler	C. Sussieck-Fornefeld 06221/56-2806
Mediothek	
Stellenangebote und -gesuche	
Mitteilungen der DGKK	A. Eyer 0761/40164-62
Mitteilungen ausländischer Schwestergesellschaften	J. Schmitz 0761/2714-370
Tagungskalender	
DGKK-Chronik	F. Wallrafen
Bücherecke	R. Diehl 0761/2714-286  H.-J. Sell
Schmunzelecke	R. Diehl
Anzeigenwerbung	G. Müller - Vogt 0721/608-3470

**Vorstand der DGKK (bis Ende 1989)****Vorsitzender**

Prof. Dr. K. W. Benz  
Kristallographisches Institut der Universität Freiburg  
Hebelstr. 25  
D-7800 Freiburg i. Br.  
Tel. 07 61 / 2 03 42 95

**Stellvertretender Vorsitzender**

Dr. Ulrich Wiese  
Wacker-Chemitronic GmbH  
Postfach 1140  
8263 Burghausen  
Tel. 086 77/83-41 72

**Schriftführer**

Dr. Achim Eyer  
Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme  
Oltmannsstr. 22  
7800 Freiburg  
Tel. 07 61 / 40 14-1 80

**Schatzmeister**

Dr. German Müller-Vogt  
Kristall- und Materiallabor der  
Fakultät für Physik  
Kaiserstr. 12  
7500 Karlsruhe  
Tel. 0721/608-3470

**Beisitzer**

Dr. Roland Diehl  
Fraunhofer Institut für Angewandte Festkörperphysik  
Eckerstr. 4  
7800 Freiburg  
Tel. 0761/2714-286

Peter Speier  
Standard Electronic Lorenz AG  
Lorenzstr. 10  
Postfach 400749  
7000 Stuttgart 40  
Tel. 07 11/821-58 37

Dipl.-Min. Cornelia Sussieck-Fornefeld  
Studienkreis Schwetzingen  
Grenzhöferstr. 11  
6830 Schwetzingen

**SATZ, DRUCK & WEITERVERARBEITUNG**

Druckerei Bollmann  
Nürnberger Straße 19—21  
8502 Zirndorf bei Nürnberg

**TITELBILD:**

Barium-hexaaluminateinkristall (am linken Bildrand), zusammen mit fünf Seltenerd-Gallium-Granateinkristallen, hergestellt nach dem Czochralski Verfahren.  
(DGKK-Preisträger 1989: Dr. Dieter Mateika, Philips, Hamburg)

## Editorial

Liebe Leser,

das DGKK-Mitteilungsblatt schmückt sich diesmal mit den Granatkristallen aus der Arbeitsgruppe unseres neuen DGKK-Preisträgers Dr. Dieter Mateika (Philips Hamburg). Zum feierlichen Anlaß hätten wir das gerne in Farbe gedruckt, aber er wäre zu teuer geworden.

Ein wenig neidisch wird man schon bei der Farbenpracht der Oxidkristalle als Züchter von grauen- oder präziser - "gräulichen" Halbleiterkristallen. Umsomehr recht herzliche Glückwünsche nach Norden! Die Laudatio zur Preisverteilung finden Sie in diesem Heft; in der nächsten Ausgabe wird ein Fachbeitrag von Dr. Mateika über seine Arbeiten erscheinen.

Ab 1990 wird die DGKK mit einer nahezu vollständig neuen Vorstandschaft (der bewährte Schatzmeister Müller-Vogt bleibt uns erhalten) agieren. Ein Portrait der neuen Vorstandschaft werden wir ebenfalls in der nächsten Ausgabe - übrigens der Jubiläumsnummer 50(!) - veröffentlichen. Über die Wahlen zum Vorstand berichtet das Protokoll der Jahreshauptversammlung 1989 von Parma, deren harmonischer und reibungsloser Verlauf für den Beobachter den Eindruck einer bemerkenswerten Stabilität der Gesellschaft erweckte und gesunde Aktivität für die Zukunft erhoffen läßt.

Dazu gehört z. B. ein Thema, das nun offensichtlich reif für konkrete Maßnahmen zu sein scheint - eine gemeinsame Jahrestagung mit den Kollegen der DDR. Dietrich Schwabe hat hierzu einen offenen Brief an den DGKK-Vorstand geschickt, den Sie in den "Mitteilungen der DGKK" finden.

Ein weiterer Jubilar der DGKK - unser ehemaliger Vorsitzender, Prof. Dr. Rudolf Nitsche - wurde anlässlich seiner Emeritierung in Freiburg geehrt; der Freiburger Laudatio schließt sich das MB gerne an und wünscht einen "erfolgreichen" Ruhestand. Ihnen allen einen schönen Sommer

Ihr Georg Müller

## Liebe Mitglieder,

unsere Jahrestagung 1989 zusammen mit den italienischen Kristallzüchtern gehört nun der Vergangenheit an. Die Tagung kann als ein voller Erfolg angesehen werden, nach guten Vorträgen und einer Teilnehmerzahl von über 100.

Die Mitglieder konnten viele neue persönliche Kontakte knüpfen. Dies wurde insbesondere durch das ausgezeichnet angelegte Konferenzzentrum Santa Elisabetta inmitten des Universitätsgeländes ermöglicht. Aber auch die historisch bedeutsame Stadt Parma trug zum Gelingen der Tagung als äußerer Rahmen bei.

Mein besonderer Dank gilt allen italienischen und deutschen Kollegen, insbesondere den Herren Prof. C. Paorici und Dr. C. Frigeri, die durch ihren Einsatz zum Gelingen der Tagung beigetragen haben.

Ich hoffe, daß wie eine ähnliche Tagung in naher Zukunft in unserem Land durchführen können. Solche Veranstaltungen sind als Keimzellen für das wachsende Europa besonders wichtig.

Für das Frühjahr und den Sommer wünsche ich allen Mitgliedern ein erfolgreiches Arbeiten.

Ihr K. W. Benz

## Mitteilungen der DGKK

### Protokoll der Jahreshauptversammlung 1989 (Auszug)

Ort: Centro Elisabetta der Universität Parma, Italien  
Zeit: Dienstag, 04.04.1989, 12:00 - 14:00 Uhr

1. Begrüßung und Feststellen der Beschlußfähigkeit (52 anwesende Mitglieder)
2. Herr Benz (Vorsitzender) berichtet kurz über die DGKK-Arbeitskreise (siehe auch Punkt 10. der Tagesordnung) sowie über die erfreuliche Entwicklung der Mitgliederzahlen (siehe Punkt 3.). Die DGKK ist mittlerweile eine allgemein anerkannte Institution geworden, die im Bereich der Materialwissenschaften einen Namen hat und bei Entscheidungen auch gehört wird. Gemäß seines Auftrages, den er bei der Jahresversammlung 1988 in Karlsruhe bekommen hat, hat Herr Benz Kontakte zur DFG aufgenommen und dort mit Herrn Kirst über die Vorschlagsmöglichkeiten der DGKK für die DFG-Gutachterwahlen diskutiert. Die nächsten Wahlen stehen erst in 2 1/2 Jahren an, so daß Herr Benz erst im Laufe des Jahres 1989 die Verhandlungen weiterführen wird.

3. Herr Eyer (Schriftführer) berichtet über die Entwicklung der Mitgliederzahlen seit März 1988, die nun deutlich über 400 liegt (33 Neuanmeldungen, 9 Austritte).
4. Bericht des Schatzmeisters und der Rechnungsprüfer.  
Herr Müller-Vogt legt den Kassenbericht vor: Die Ausgaben sind zum größten Teil für die Erstellung und den Versand der Mitteilungsblätter und des Mitgliederverzeichnisses. Die Einnahmen ergeben sich aus den Mitgliedsbeiträgen und den Annoncen. Die Kassenprüfung wurde von den Mitgliedern Aßmus und Hangleiter durchgeführt. Es gab keine Beanstandungen.
5. Entlastung des Vorstandes erfolgte ohne Gegenstimmen bei Enthaltung des Vorstandes.
6. Wahl des Vorstandes  
Nach 8 der Satzung war der Vorstand für die Jahre 1990/91 zu wählen. Ergebnis:

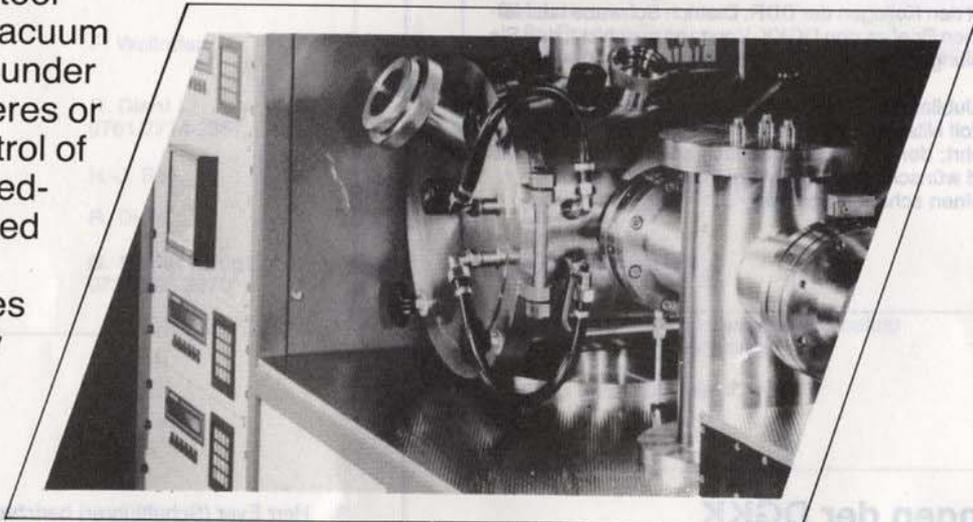
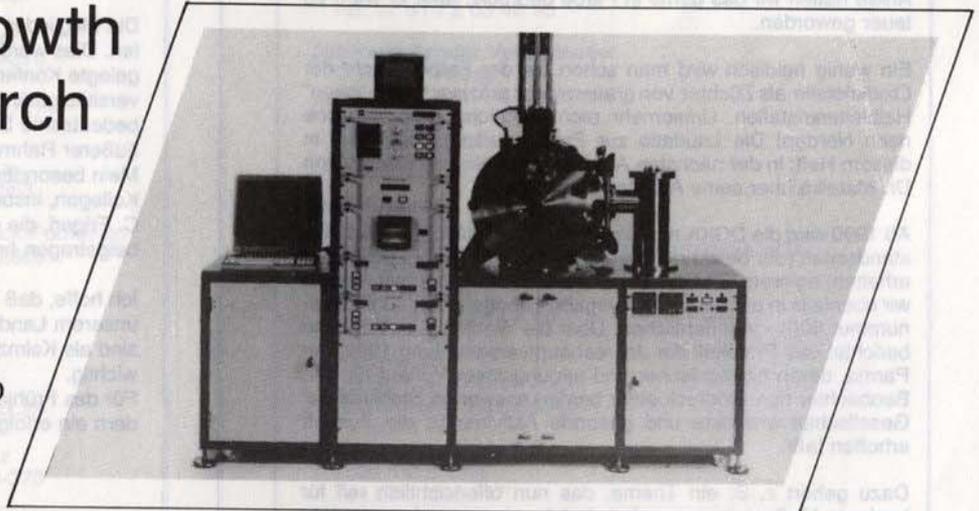
Vorsitzender:	H. Wenzl
Stellvertreter:	W. Tolksdorf
Schatzmeister:	G. Müller-Vogt
Schriftführer:	H. Walcher
Beisitzer:	W. Aßmus
	F. Strohmeier
	P. Speier

# Automatic CZ growth for optical materials ...

## Single crystal growth system for research and industry

The Crystalox ADC/CGS – a versatile computer-controlled Czochralski system designed with a high degree of flexibility to enable the growth of a variety of materials.

A sealed stainless steel chamber and high vacuum facility allow growth under controlled atmospheres or vacuum. Digital control of the process after seed-on minimises the need for skilled operator attention and ensures dimensional stability and run-to-run reproducibility.

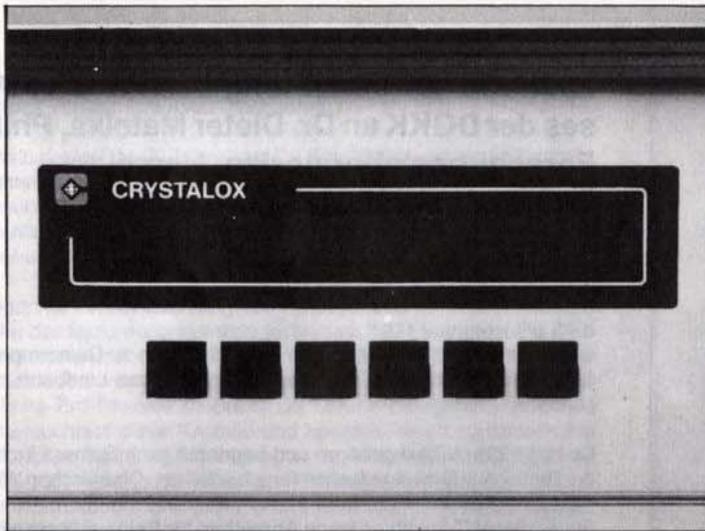


- High-quality crystal growth technology
- Digital automatic diameter control
- Comprehensive process control
- Closed-loop control from seed-on to tail-off
- Adaptable for various materials
- Crystal sizes up to 75 mm diameter
- Consistent reproducibility increases your yield and reduces your costs.

**Want to know more about growing with Crystalox?  
Call or write today.**

U.K.  
Crystalox Limited,  
1 Limborough Road,  
Wantage,  
Oxfordshire, OX12 9AJ.  
Tel: (235) - 770044.  
Fax: (235) - 770111.  
Telex: 838851.

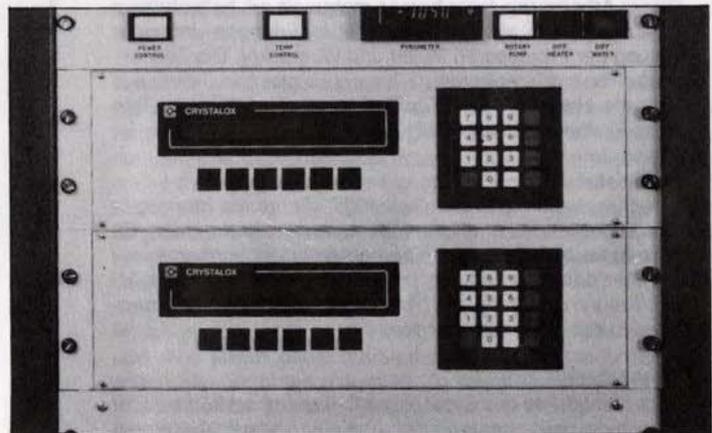
U.S.A.  
Crystalox Limited,  
100 Brush Creek Road,  
Suite 101, Santa Rosa,  
California 95404-2709.  
Tel: (707) 539 2508.  
Fax: (707) 539 4808.  
Telex: 988443.



- Czochralski growth
- Bridgman growth
- Top seeded solution growth
- Flux growth
- Fibre growth
- Zone refining

## Crystalox 4000 series translation/rotation modules

..... wherever precision rotation and translation are required Crystalox has the answer. The 4000 Series rotation/translation modules. The DPH4000 digital pulling head and CRT4000 crucible rotation/translation unit provide .....



- Front panel menu control
- Remote computer control via RS422 interface
- Wide dynamic speed ranges 0.01 mm/hr to 999.9 mm/min, or 0.001 to 99.9 rpm
- Digital position indication
- Accelerated crucible rotation

- Low backlash, ensuring high precision
- Water-cooled shaft
- Vacuum compatibility
- Axial thermocouple facility

**Want to know more about the 4000 series? Call or write today.**



U.K.  
Crystalox Limited,  
1 Limborough Road,  
Wantage,  
Oxfordshire, OX12 9AJ.  
Tel: (235) - 770044.  
Fax: (235) - 770111.  
Telex: 838851.

U.S.A.  
Crystalox Limited,  
100 Brush Creek Road,  
Suite 101, Santa Rosa,  
California 95404-2709.  
Tel: (707) 539 2508.  
Fax: (707) 539 4808.  
Telex: 988443.

## 7. Tagungen und Symposien

Das DGKK-Symposium über Hochtemperatursupraleiter wird mit der Jahrestagung 1990 zusammengelegt. Herr Aßmus ist nach wie vor bereit, die Tagung zu organisieren und in den Räumen der Uni Frankfurt durchzuführen. Es wird auch die Möglichkeit untersucht, Räumlichkeiten der Fa. Hoechst zu nutzen, die maßgeblich an der Ausrichtung des Symposiums beteiligt sein wird. Wegen diverser Messen in Frankfurt wurde die Woche vom 5.-9.03.1990 als Termin festgelegt.

Herr Schwabe erklärt sich bereit, die Jahrestagung 1991 in Gießen auszurichten. Sollte eine Europäische Kristallzüchterkonferenz 1991 zustande kommen, wird die DGKK Jahrestagung damit kombiniert.

## 8. DGKK Arbeitskreise

Herr Speier berichtet über die im vergangenen Jahr durchgeführten DGKK Arbeitskreise. Es haben sich mittlerweile folgende 4 Arbeitskreise etabliert:

## — Epitaxie von III-V-Materialien

Dieser Arbeitskreis hat mit jährlichem Abstand bereits dreimal mit steigender Teilnehmerzahl (60/70/95) getagt. Das letzte Treffen fand im November 1988 bei Siemens in München unter Leitung von Dr. M. Druminski statt. Die Teilnehmerzahl mußte leider schon beschnitten werden, um dem Sinn dieses Kreises noch gerecht werden zu können. Das nächste Treffen findet im November 1989 an der RWTH Aachen statt.

## — Herstellung und Charakterisierung von massiven GaAs und InP-Kristallen

Dieser Arbeitskreis tagte bereits mehrmals mit halbjährigem Abstand jeweils an der Universität in Erlangen unter der Leitung der Professoren Müller und Winnacker. Die Teilnehmerzahl betrug jeweils etwa 60, zu etwa gleichen Teilen aus Industrie, Hochschule und Großforschungseinrichtungen. Das letzte Treffen fand am 20./21.04.89 statt.

## — Oxidkristalle

Das Symposium in Osnabrück 1987 könnte als Einstieg in einen Arbeitskreis zu diesem Thema angesehen werden. Es besteht auch die Idee, den Themenkreis Hochtemperatursupraleiter damit zu verknüpfen und daraus einen neuen Arbeitskreis aufzubauen. Herr Tolksdorf fordert alle Interessenten auf, sich an ihn zu wenden.

## — II/VI-Halbleiter

auch hier könnte das Symposium in Karlsruhe 1988 als Einstieg in die permanente Einrichtung eines Arbeitskreises angesehen werden.

## — PV-Materialien

Es ist vorgesehen, das 1988 in Badenweiler mit den französischen Kollegen durchgeführte Symposium in etwa zweijährigem Turnus weiterzuführen, um auf diese Weise einen dauerhaften Kontakt zu den französischen Materialforschern wenigstens auf einem begrenzten Gebiet zu etablieren.

## 9. Verschiedenes

Herr Müller teilt mit, daß er als Chefredakteur der Mitteilungsblätter die Jubiläumsausgabe Nr. 50 noch herausgeben wird und danach das Amt abgeben möchte. Herr Wallrafen hat seine Bereitschaft erklärt, diese Aufgabe zu übernehmen.

Kontakte zu DDR-Kollegen:

Es besteht Übereinstimmung, daß die Kontakte intensiviert werden sollten, auch wenn formale Schwierigkeiten durchaus gesehen werden.

Es soll versucht werden, für die nächste Jahrestagung jemand für einen eingeladenen Vortrag zu gewinnen. Herr Grabmaier erklärt sich bereit, erste Schritte zu unternehmen. Herr Diehl beantragt, den Versuch zu machen, eine gemeinsame Jahrestagung BRD-DDR 1992 zu organisieren.

## Laudatio zur Verleihung des zweiten Preises der DGKK an Dr. Dieter Mateika, Philips Forschungslaboratorien, Hamburg.

Parma, April 1989.

Lieber Dieter,

es ist mir ein großes Vergnügen ein paar Worte zu Deinem persönlichen Werdegang und Deiner wissenschaftlichen Laufbahn zu sagen.

Du bist 1935 in Tilsit geboren und begannst nach Deiner Flucht aus der Deutschen Demokratischen Republik bei den Chemischen Werken Hülse zu arbeiten.

Bis zu dieser Zeit gab es keine Anzeichen für Deine spätere wissenschaftliche Laufbahn. Aber Du warst - und bist es sicher auch heute noch - ehrgeizig und so machtest Du Dein Abitur, nachdem Du eine Abendschule besuchtest. Du studierst Mineralogie und Kristallographie an der Universität in Bonn bei Prof. Neuhaus und Prof. Recker und promovierst im Jahre 1966.

Der Titel Deiner Arbeit lautete Züchtung von Cu(I)-Halogeniden, speziell CuCl, aus der Dampfphase. Während Deiner Zeit am Institut konntest Du auch Erfahrungen sammeln bei der Züchtung von ZnS- und ZnSe-Einkristallen durch chemische Transportreaktion und von Erdalkalifluoriden, die Du nach Bridgman hergestellt hast.



Der Vorsitzende der DGKK, Prof. K.W. Benz (r.) überreicht Herrn Dr. Mateika die Urkunde zum DGKK Preis 1989 während der DGKK/AICC-Tagung in Parma



Frau Mateika nimmt anlässlich der Preisverleihung an ihren Mann ein Blumenpräsent der DGKK entgegen.

Mit dieser Ausbildung warst Du gut gerüstet, um am 1. Mai 1969 bei der Fa. Philips, Forschungslaboratorium Hamburg als wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Forschungsgruppe Materialtechnologie bei Prof. Tolksdorf - die Abteilung Angewandte Materialtechnologie leitet

Dr. Winkler - anzufangen. Seit 1977 bist Du dort "Senior Scientist" und leitest das Projekt Einkristall-Technologie.

Innerhalb der letzten 20 Jahre hast Du viele kleine und große Kristalle gezüchtet, Du hast ihre Züchtungsbedingungen studiert und ihre Fehler untersucht. Du baute einige sehr interessante Kristallzuchtungsanlagen zur Züchtung hochschmelzender Oxide, die über eine Wägeeinrichtung ein rechnergesteuertes Kristallziehen ermöglichen.

Du begannst mit der Züchtung von PbSnTe- und MnTe-Einkristallen mit Hilfe der liquid encapsulation technique. 1971 wandtest Du Dich den hochschmelzenden Granaten zu, die kongruent schmelzen und sich nach Czochralski ziehen ließen. Du züchtetest viele verschiedene Seltene-Erd-Granate als Substrate für die Flüssigphasenepitaxie, Du untersuchtest diese Kristalle und konntest durch systematische Variation der Züchtungsbedingungen ihr Wachstum vervollkommen. Du züchtetest auch Kristalle mit hexagonaler Struktur und mit Perowskitstrukturen, die heute große Bedeutung als Substrate für Hochtemperatursupraleiter haben.

Du hast den Schmelzprozeß im Kalten Tiegel studiert und mit dieser Methode durch Einsetzen eines Doppeltiegels, Einkristalle gezogen. Du hast über Deine Arbeiten 35 Publikationen geschrieben und viele Vorträge gehalten.

Ich glaube, daß Deinem Erfolg die Kombination von drei Fähigkeiten zu Grunde liegt:

- Dein Gespür, für die Kristallzüchtung geeignete Züchtungsanlagen zu bauen,
- Dein Talent, Kristalle zu züchten, und nicht zuletzt
- Deine wissenschaftlichen Kenntnisse, Kristalle erfolgreich zu untersuchen und ihre Qualität zu verbessern.

Ch. Grabmaier

## Professor Dr. Rudolf Nitsche emeritiert - 20 Jahre Kristallographie in Freiburg

Zum Ende des Wintersemesters 1987/1988 wurde Professor Nitsche emeritiert. Damit endete der offizielle Teil seiner "Mission" an der Albert-Ludwigs-Universität in Freiburg. Basis seiner wissenschaftlichen Laufbahn bildeten ein Studium der Chemie und eine Promotion in Physikalischer Chemie in Heidelberg in den Nachkriegsjahren; daran schloß sich eine rund 16-jährige Tätigkeit in Industrielaboratorien des In- und Auslandes (DuPont/USA, Siemens/Erlangen und RCA/Zürich) an.

Als auf Empfehlung des Wissenschaftsrates auch in Freiburg die Kristallographie von der Mineralogie losgelöst und ein eigenständiges Institut eingerichtet wurde, war S. Haussühl in den Jahren 1964-

1966 dessen erster Leiter. Nach der Berufung Haussühls an die Universität Köln nahm im Herbst 1968 Nitsche den Ruf auf den inzwischen zum Lehrstuhl aufgewerteten Institutsleiterposten an. Das "Institut" selbst bestand damals aus einem weitgehend leeren Keller, in dem sich zwei Röntgengeneratoren und eine Luftverflüssigungsanlage verloren und einigen Studierstübchen, das ganze in einem von der Universität angemieteten Wohnhaus untergebracht. Ein Feinmechanikermeister und eine Sekretärin sorgten bereits für das technisch/administrative Umfeld, die Berufungszusagen wiesen vier Assistentenstellen aus, die es zu besetzen galt, und die nötigen Mittel, um das Institut einzurichten und damit arbeitsfähig zu machen. All dieses konnte relativ schnell in die Tat umgesetzt werden. Damit war der Grundstein gelegt für die Realisierung der wissenschaftlichen Vorhaben und Ideen Nitsches.

Nitsches Arbeitsrichtung, Kristallographie und Kristallzüchtung, eine anscheinend selbstverständliche Kombination, in Deutschland jedoch eher selten anzutreffen, läßt sich auf seine Tätigkeit in den RCA-Laboratorien in Zürich und den dortigen engen Kontakt mit Festkörperphysikern auf der einen sowie mit der Kristallographie in dem von F. Laves geleiteten Institut der ETH Zürich auf der anderen Seite zurückführen; hier erkannte er frühzeitig die Bedeutung der "materials science", zu der er eben auch die Kristallographie als Teilgebiet rechnet.

Die Zusammenfassung seiner Forschungsarbeiten legte er 1965 in Form seiner Habilitationsschrift eindrucksvoll vor. Sie dokumentiert eindrucksvoll das besondere und herausragende wissenschaftliche Verdienst Nitsches, nämlich die Einführung des Chemischen Transports über die Gasphase als Kristallzüchtung, die sich als geeignet erwies für die Synthese, vor allem aber für die Herstellung von Einkristallen, der bereits bekannten binären, aber auch vieler neuer ternärer und multinärer Halbleiter.

Kontakt mit der bevorzugten Materialklasse der II-VI-Halbleiter hatte er bereits Anfang der 50er Jahre durch deren "Erfinder", H. Hahn in Heidelberg (später Hohenheim), der viele der II-VI- und III-V-Verbindungen (u.a. GaAs) erstmalig darstellte. Eine umfassende Untersuchung ihrer physikalischen Eigenschaften erforderte jedoch Einkristalle, die von diesen Substanzen mit den damals angewandten Kristallzuchtungsverfahren nur in Einzelfällen gewonnen werden konnten. Der Chemische Transport über die Gasphase stellte hierfür das geeignete Verfahren dar.

In den ersten Jahren in Freiburg wurden diese Arbeiten fortgesetzt und eine Reihe neuer Verbindungen mit interessanten physikalischen Eigenschaften gefunden. Zu nennen sind hier beispielsweise ternäre Sulfide, Stannite, Thiophosphate oder Hypothiodiphosphate. Besondere "Highlights" waren in den siebziger Jahren die Entdeckung

- a) der speziellen gemischten Anionenverbindung Sb<sub>5</sub>O<sub>7</sub>I, die sich unter den diversen Antimon-Chalkogenid-Halogeniden durch ihre einzigartigen kristallphysikalischen Eigenschaften hervorhob,
- b) sowie der großen Gruppe der sog. Argyrodite, von denen rund 150 Vertreter dargestellt werden konnten und die sich als potentielle (schnelle) Ionenleiter präsentierten.



Der Jubilar, Prof. Nitsche mit Gattin beim Feiern mit seinen Freiburgern "Kristallographen"



Parallel zu diesen vielleicht mehr zur Grundlagenforschung zu rechnenden Arbeiten wurde bereits 1973/74 der Grundstein zu einer weiteren Arbeitsrichtung gelegt, die, stetig weiterentwickelt, heute eine große Bedeutung nicht nur für das Institut hat: die Kristallzüchtung von Element- und Verbindungshalbleitern im Rahmen des Raumfahrtprogramms des Bundesministers für Forschung und Technologie (BMFT). Vorangegangen war hier die Entwicklung von insbesondere für die Weltraumexperimente wegen ihres geringen Gewichts und niedrigen Leistungsaufnahme prädestinierten Kristallzüchtungsanlagen, der Ellipsoid-Spiegelöfen, deren Eignung und spezielle Vorteile heute durch zahlreiche Experimente unterschiedlichster Art auch institutsferner Experimentatoren belegt ist.

Das erste tatsächlich unter Weltraumbedingungen durchgeführte Experiment fand 1983 statt. An Kristallzüchtungsverfahren kommen Zonenschmelz- (für Silizium) und die Travelling-Heater-Methode mit Hochtemperatur-Lösungsmitteln (für binäre Halbleiter wie CdTe, ZnSe und ZnTe) zum Einsatz. Vorläufiger Schlußpunkt dieser Arbeiten, basierend auf früheren Sublimationsexperimenten, ist die Entwicklung der Gaszonen-Technik (z. B. Züchtung von CdTe), mit der sich auch der Kreis der Nitscheschen Gasphasenthematik schließt.

Der Erfolg Nitsches und die Summe seiner Aktivitäten ist heute unschwer an der Größe und Ausstattung des Instituts abzulesen: mit über 30 Mitarbeitern und einem modernen Gerätepark zählt es sicher zu den größeren unter den kristallographischen Instituten in Deutschland. Verschiedene wohltdotierte Kontrakte über Forschungsvorhaben mit Drittmittelgebern belegen die Leistungsfähigkeit und Qualität seiner Forschungen. Neben der Vielsprachigkeit haben ihn seine individuelle und unbeeinflussbare kritische Einstellung und umfassende Sachkenntnis auf dem gesamten Gebiet der Materialwissenschaft in nationalen und internationalen Forschungsgremien und Weltraumbehörden zu einem geschätzten Mitglied und Gutachter werden lassen.

Auch wir, Instituts- und DGKK Mitglieder, sind dankbar, daß wir weiterhin mit seinen wertvollen Ratschlägen rechnen dürfen. Trotz oder gerade wegen der intensiven wissenschaftlichen Arbeit besitzen für ihn jedoch auch Freizeitbeschäftigungen wie Skilaufen (in früheren Jahren), Wandern oder der besonders favorisierte Angelsport ihren Stellenwert. Wir wünschen Herrn Nitsche eine lange, erfolgreiche "vorlesungsfreie" Zeit und daß ihm während dieser noch manch dicker Fisch an die Angel gehen möge!

V. Krämer

## Offener Brief an den Vorstand und die Mitglieder der DGKK

Liebe Kollegen,

auf der Gordon Research Conference on Crystal Growth im Juli 1988 in New London N. H., USA war ich über die Zahl der anwesenden Gäste aus dem Ostblock sehr erstaunt: Es waren diesmal mindestens sechs bei dieser mehr auf Einladung basierenden Veranstaltung gegenüber sonst beinahe null! Setzen uns die immer etwas fixerer Amerikaner da ein Zeichen, und wo sind z. B. DDR-Gäste auf Veranstaltungen der DGKK (außer auf der RÖTO durch Privatinitiative von Herrn Klapper)?

Die deutsch-deutschen Beziehungen sind leider auch ein schwaches Kapitel im wissenschaftlichen Bereich. Aber die DGKK sollte dies erkennen und im Rahmen des Möglichen etwas für die Verbesserung tun. Leidige Themen in diesem Zusammenhang sind das notwendige Geld und die bürokratischen Hemmnisse. Ich schlage zwei Wege vor, die gleichzeitig verfolgt werden sollten:

1. Einzelne DGKK-Mitglieder sollten (z. B. wenn sie Tagungen oder Workshops mitorganisieren) ihnen bekannte hervorragende Vertreter unseres Fachs aus der DDR einladen (die örtlichen Institutionen wie Universitäten, Universitätsstiftungen oder die DFG unterstützen das vielleicht).

2. Die DGKK als Gesellschaft sollte bei ihren Jahrestagungen oder Arbeitskreistagungen die Einladung von einzelnen Fachkollegen aus der DDR ins Auge fassen

Einzelne DDR-Gäste sollten für uns finanziell wirklich kein Problem sein, da die Reise ja mit der Bahn möglich ist und unsere Veranstaltungen kurz sind. Wir können eigentlich alle nur menschlich und wissenschaftlich von ein wenig mehr Kontakten profitieren: Sprechen wir doch die gleiche Sprache!

Nun weiß ich noch nicht einmal, ob es in der DDR eine DGKK in etwa äquivalenter Organisation gibt. Aber Wissenschaftler, die auf den gleichen Gebieten arbeiten wie wir, gibt es natürlich viele. Ich habe auf der besagten Gordon Conference mit Prof. Dr. P. Görnert (Akademie der Wissenschaften der DDR, Phys. Techn. Inst., Jena) über das Problem des Wissenschaftlertausches gesprochen, denn auch wir wollen unseren DDR-Kollegen über die Schulter schauen dürfen. Aber er ist nur ein privater Ansprechpartner. Wir hatten übrigens eine natürliche nichtwissenschaftliche Gesprächsgrundlage, da ich einen Teil meiner Kindheit in Jena gewohnt habe.

Ohne daß die DGKK sich als Organisation dafür einschaltet, daß auch DGKK-Mitglieder in die DDR eingeladen werden, wird in dieser Richtung nicht viel passieren können. In diesem Sinne rege ich an, daß die DGKK ihre Fühler nicht nur nach den befreundeten westlichen Gesellschaften ausstrecken sollte, sondern auch ein wenig in Richtung Osten.

D. Schwabe

### Gerätebasar

Abzugeben:

— Gebrauchte CZOCHRALSKI Kristallziehanlage, bestehend aus:

- 1) Ziehgerät Ziehgeschwindigkeit: 0,625 bis 3,125 mm/min  
Drehgeschwindigkeit: 20 bis 100 U/min  
Stablänge: bis 400 mm  
Stabdurchmesser: bis 40 mm  
Drehgeschwindigkeit des Tiegels: 5 U/min  
Betrieb unter Vakuum möglich  
Abmessungen 2650 x 770 x 605 mm, ca. 275 kg

- 2) H. F. Generator 12 KW 26 KVA 0,7 MHz  
Abmessungen: 1750 x 925 x 925 mm, ca. 750 kg

- 3) Bedienungsregelschrank: 19" Einschübe  
Schreiber, Regler, etc.  
Abmessungen: 1950 x 630 x 630 mm, ca. 200 kg

- 4) Induktor extra Schreiber (Reserve), Zubehör, Dokumentation

— Gebrauchte Hubdrehgeräte

- Hub: 100 mm  
Drehgeschwindigkeit 0 - 10 U/min  
Hubgeschwindigkeit 0,06 - 0,6 mm/min  
19" Einschübe für Bedienung und Regelung

Inbetriebnahme durch Spezialist möglich.

Anfrage an: Herrn Lorscheid, Tel.: 0208 - 485048

# Kristallzüchtung unter reduzierten Schwerkraftbedingungen

## 1. Stand der µG-Forschung

Die deutschen Züchtungsexperimente unter verminderter Schwerkraft befaßten sich im wesentlichen mit Wachstumsstudien an halbleitenden Materialien. Diese Systeme sind sowohl für die materialwissenschaftliche Grundlagenforschung als auch für Anwendungen als elektronische und optoelektronische Bauelementstrukturen bedeutsam. Dieses Nutzungspotential führte in den letzten 20 Jahren zur Untersuchung vielfältiger festkörperphysikalischer Eigenschaften durch ein breites Spektrum von Charakterisierungsverfahren. So läßt sich für das Studium von Wachstums- bzw. Züchtungsphänomenen und ihrer Ursachen die Realstruktur der hergestellten Kristalle auf einer breiten Basis analysieren. Dies stellt u. a. eine wichtige Voraussetzung für die Untersuchung komplexer Wachstumsvorgänge dar. Die Ergebnisse im Weltraum wurden im Rahmen der Europäischen Spacelab 1 Mission\*, der Deutschen Spacelabmission D1\*\* und des TEXUS-Programms\*\*\* erzielt. Es sei jedoch betont, daß es sich hier doch stets um wenige Einzelexperimente handelt, deren Aussagekraft oft eingeschränkt ist. Auf der Erde werden gesicherte materialwissenschaftliche Erkenntnisse erst aus einer Vielzahl von (unter identischen, planmäßig variierten Bedingungen) durchgeführten Versuchen gewonnen.

Im Weltraum hat sich die Zonenziehtechnik in Spiegelöfen für erste Studien bewährt. Die erzielten Ergebnisse sind ausführlich in der Literatur beschrieben (1-4) und werden hier kurz zusammengefaßt. Tab. 1 ergibt einen Überblick zu einer Reihe durchgeführter Experimente.

\* (First Spacelab Payload, November/Dez 1983)  
 \*\* (Okt/November 1985)  
 \*\*\* (Technologische Experimente unter Schwerelosigkeit)

Tabelle 1: Crystals grown from High Temperature Melts and Metallic Solutions in Space German Spacelab Missions D 1.

Experiment	Material	Liquid Zone	Growth Temp. [°C]	Growth Rate [mm/min]	Institution
<b>D 1-MHF</b>					
WL-MHF-01	Si	Molten Si	1465	5.0	University Freiburg
WL-MHF-04	Si	Si-rod with molten free end (1 cm <sup>3</sup> droplet)	1465	1.0	Wacker-Chemtronik
<b>D 1-MEDEA (ELLI)</b>					
WL-MHF 02	GaSb	Ga	560	3.13·10 <sup>-3</sup>	University Stuttgart
WL-MHF 03	CdTe	Te	800	3.48·10 <sup>-3</sup>	University Freiburg
<b>D 1-MEDEA (ELLI)</b>					
MD-ELI-01	InP	In	870	1.38·10 <sup>-4</sup>	University Stuttgart
MD-ELI-02	Pb <sub>0.5</sub> Sn <sub>0.5</sub> Te	Pb-Sn-Te	700	2.58·10 <sup>-3</sup>	Battelle Institute, Frankfurt
MD-ELI-03	CdTe	Vapour Zone	880	1.04·10 <sup>-3</sup>	University Freiburg

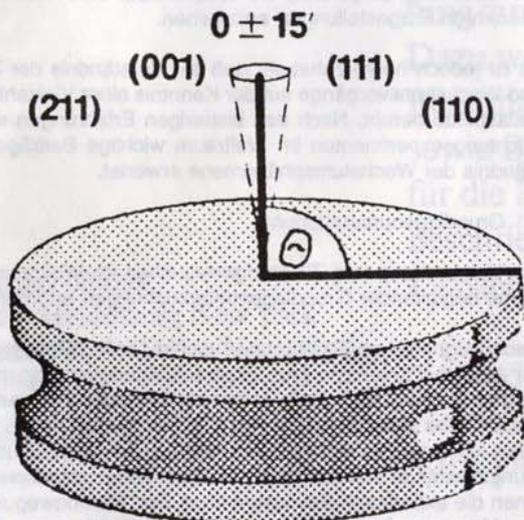
### 1.1 Elementhalbleiter Si und Ge

Zeitabhängige Strömungen in Si-Schmelzen führen zu makro- und mikroskopischen Dotierstoffinhomogenitäten im Kristall, die durch Ätzmethoden sichtbar gemacht und durch hochauflösende Messungen des spezifischen Widerstandes registriert werden können.

Beim Zonenschmelzen können sowohl die Auftriebskonvektion, als auch die (schwerkraftunabhängige) Marangoni-Konvektion Ursache solcher Strömungen sein. Experimente im Weltraum erlauben es, zwischen diesen Strömungen zu differenzieren. Die Experimente haben gezeigt:

- Mikroskopische Dotierstoffinhomogenitäten ("striations") in zonengezogenem Si werden hauptsächlich durch Marangoni-Konvektion verursacht.
- Abdeckung der freien Schmelzoberfläche mit einer SiO<sub>2</sub>-Haut eliminiert die Marangoni-Konvektion und führt im Weltraum (µg) zu striationsfreiem Material.
- Bei der Züchtung mit bedeckter Oberfläche unter 1-g herrscht noch laminare Auftriebskonvektion in der Schmelzzone, welche die makroskopische Dotierstoffverteilung beeinflussen kann. Überschreitet die Schmelzzonehöhe einen kritischen Wert, so wird die

# Für Forschung und Produktion



## Einkristalle

bis ± 15' Genauigkeit orientiert für Oberflächenphysik etc. – auch mit Ringnut

**KRISTALLHANDEL KELPIN**



6906 Leimen/HD · Im Schilling 18 · Tel. 06224/72558 · Telex 466629

Konvektion zeitabhängig und kann dann ebenfalls Striations verursachen.

- d. Die vergleichende Analyse von Dotierstoffprofilen in 1-g und  $\mu\text{g}$  gezüchteten Kristallen hat gezeigt, daß in bedeckten Zonen (keine Marangoni-Konvektion) unter Schwerelosigkeit rein diffusive Bedingungen herrschen.

Ga-dotierte Ge-Kristalle wurden aus der Schmelze nach dem vertikalen Bridgman-Verfahren während eines Raketenflugs gezüchtet. Der während  $\mu\text{g}$ -Phase gezüchtete Ge-Kristall war frei von Dotierstoffstreifen, da im Tiegel die Marangonikonvektion unterdrückt war.

## 1.2 Verbindungshalbleiter

Bei den  $\mu\text{g}$ -Experimenten mit Verbindungshalbleitern wurden anstelle einer Schmelzzone metallische Lösungszonen verwendet (Traveling-Heater-Method, THM). Die Versuche erfolgten in Quarzampullen weit unterhalb des Schmelzpunktes der Verbindungen.

### III-V-Verbindungshalbleiter GaSb und InP

Ziel waren Studien zur Entstehung von Striations im gewachsenen Kristall. In den im Weltraum gezüchteten (hochdotierten) Kristallen konnten keine konvektiv bedingten Striations gefunden werden. Beim InP ergaben sich bei der Züchtung im Weltraum eine erhöhte Wachstumsrate, bedingt durch einen unter  $\mu\text{g}$  unterschiedlichen Transportmechanismus. Bei GaSb wurden keine Unterschiede in den Transportraten festgestellt.

### II-VI-Verbindungshalbleiter

CdTe-Einkristalle wurden sowohl mit der THM aus einer Te-Lösungszone gezüchtet, als auch mittels Sublimation über eine Gaszone. In beiden Experimenten wurde im Weltraum einkristallines Aufwachsen auf Keimen beobachtet. Durch stark gekürzte Wachstumszeiten während der Spacelabflüge konnte jedoch nur wenig Kristallmaterial erhalten werden, so daß gesicherte Auswerteprogramme nicht durchgeführt werden konnten. Aus den unter  $\mu\text{g}$ -Lösungszone gezüchteten Kristallen konnten  $\gamma$ -Detektoren hergestellt werden. Sie zeigten höhere Empfindlichkeiten als solche aus vergleichbaren terrestrischen Kristallen. Bei den aus der Gasphase gezüchteten Kristallen war die Baufehlerdichte in den  $\mu\text{g}$ -Kristallen geringer.

### Ternäre IV-VI-Verbindungshalbleiter

Während der D1-Mission konnte ein  $\text{Pb}_{1-x}\text{Sn}_x\text{-Te}$ -Kristall von 2 mm Länge aus einer Te-Lösungszone gezogen werden. Er zeigte gegenüber dem 1g-Referenzkristall eine verbesserte Konstanz im Pb/Sn-Verhältnis. Außerdem zeigte der "Flug-Kristall" einen gegenüber dem Referenzkristall stark vergrößerte Beweglichkeit der Ladungsträger. Die bisherigen Experimente zur Züchtung einkristalliner Materialien und Werkstoffe im Weltraum haben zu interessanten und wichtigen Ergebnissen geführt. Ein unmittelbares Nutzungspotential ist die Möglichkeit, diese Ergebnisse zum Verständnis der Wachstumsvorgänge und zur Verbesserung der Kristallqualität unter terrestrischen Bedingungen heranzuziehen.

Folgende besondere Bedingungen lassen sich bei der Züchtung im Weltraum nutzen:

- Wegfall (unkontrollierter) zeitabhängiger Auftriebskonvektionen in der Nährphase:
  - a. Schwerkraftunabhängige Strömungsvorgänge (Marangoni-Konvektion) lassen sich nun ungestört studieren und ihren Einfluß auf das Kristallwachstum ermitteln.
  - b. Das Kristallwachstum kann unter rein diffusiven Bedingungen stattfinden. Wärme- und Massentransport lassen sich entkoppeln. Fundamentale Studien zur Entstehungsursache von Defektstrukturen lassen sich verbessert durchführen.

— Wegfall des hydrostatischen Drucks.

Oberflächen- und Grenzflächenspannungen werden dominierend. Viele Kristalle lassen sich jetzt mit der thermisch hochsymmetrischen Zonenziehtechnik sowohl aus der Schmelze als auch aus einer nichtstöchiometrisch zusammengesetzten Schmelzlösung (oder auch Flußmittel) ohne Wandkontakt mit großen Durchmessern züchten. Eine Verunreinigung der Schmelze durch das Tiegelmaterial und unerwünschte, heterogene Keimbildung an der Tiegelwand, sowie mechanische Spannungen im Kristall, die von der Tiegelwand ausge-

hen können, entfallen.

Die zukünftigen Experimentenvorschläge befassen sich mit der Züchtung und dem Wachstum elektronischer und dielektrischer Materialien. Für erfolgreiche Züchtungsversuche im Weltraum sind umfangreiche terrestrische Programme zur Herstellung und Charakterisierung von Einkristallen notwendig. Von diesen Programmen allein werden bereits wichtige Erkenntnisse zum Wachstum von Kristallen mit definierter Zusammensetzung und definierten physikalischen Eigenschaften erwartet.

## 2.2 Forschungsziele und Forschungsschwerpunkte

Aus dem bisherigen geht hervor, daß die Herstellung von Einkristallen mit definierten physikalischen Eigenschaften Gegenstand von Forschungsprojekten und anwendungsspezifischen Entwicklungsarbeiten sein muß. Heute bestehen noch große Lücken zwischen theoretischen Modellen zum Kristallwachstum und praktischen Erfahrungen des Kristallzüchtens. Bei der Züchtung werden zwar viele Details beherrscht, die auch einigermaßen reproduzierbar eingestellt werden können, aber somit stellt sich die Kristallzüchtung oft als "Erfahrungswissenschaft" dar, deren Ergebnisse nicht in allen Einzelheiten fundiert verstanden werden. Um Kristalle mit gewünschten physikalischen Eigenschaften zu erhalten, die über das gesamte Kristallvolumen homogen verteilt sind, wären experimentelle und theoretische Untersuchungen zu den folgenden Themenkreisen von Bedeutung.

- a. Fragen der homogenen und heterogenen Keimbildung
- b. Wachstumskinetik der Kristalle
- c. Gleichgewichtsformen
- d. Morphologische Stabilität der Phasengrenzfläche Nährphase/Kristall
- e. Einfluß von Konvektionserscheinungen in der Nährphase auf das Wachstum der Kristalle
- f. Segregation von Dotierstoffen und Restverunreinigungen, sowohl im Mikro- als auch im Makrobereich
- g. Radiale und axiale Homogenität von Mischkristallen
- h. Entstehung von ein- und mehrdimensionalen Defektstrukturen beim Wachstum. Wanderungsmechanismen von Defekten während und nach der Züchtung.
- i. Ungestörtes Wachstum durch Vermeidung von Wandkontakt der Nährphase und des wachsenden Kristalls (z. B. tiegelfreies Zonenziehen "containerless processing").

Züchtungsexperimente unter reduzierter Schwerkraft eröffnen (wie in der Einleitung aufgeführt) die Möglichkeit, eine Reihe der oben genannten Fragestellungen anzugehen.

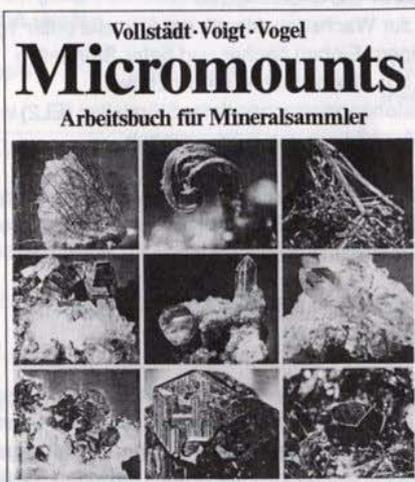
Es ist jedoch hervorzuheben, daß ein Verständnis der Züchtungs- und Wachstumsvorgänge auf der Kenntnis einer Vielzahl komplexer Teilaspekte beruht. Nach den bisherigen Erfahrungen werden von Züchtungsexperimenten im Weltraum wichtige Beiträge zum Verständnis der Wachstumsphänomene erwartet.

### 2.1 Grundlagenuntersuchung

Zur Vorbereitung von Züchtungsversuchen im Weltraum sind eine Reihe begleitender Grundlagenuntersuchungen erforderlich.

Neben eigentlichen Züchtungsversuchen, sollen Modellexperimente zur Auftriebskonvektion in vertikalen Züchtungsanordnungen durchgeführt werden. Außerdem sollen die Einflüsse von vertikalen und horizontalen Magnetfeldern auf die Strömungskonfiguration elektrisch leitender Fluide untersucht werden. Zur Bestimmung der Strömungszustände werden zwei parallele Wege eingeschlagen: zum einen die experimentelle Bestimmung der "Fluidbewegung mit Hilfe der Messung des Temperaturfeldes im Fluid, zum anderen die zeitabhängige, dreidimensionale Berechnung des Strömungsfeldes mit finiten Differenzenverfahren. Diese Arbeiten würden u. a. ein tieferes Verständnis der Entstehung von Dotierstoffinhomogenitäten im wachsenden Kristall ermöglichen (ein wesentlicher Punkt, um die Kristallausbeute zu erhöhen). Experimente sollen sowohl unter 1g als auch unter  $\mu\text{g}$  durchgeführt werden.

Die modellhafte Beschreibung von Kristallzüchtungsanordnungen wird weltweit von nur wenigen Arbeitsgruppen betrieben: MIT, Bo-



H. Vollstädt, Seddin; G. Voigt, Erfurt;  
 A. Vogel, Leipzig, DDR

# Micromounts

Arbeitsbuch für Mineralsammler

1987. 98 Bilder, 217 Farbbilder, 17 Tabellen. 193 Seiten.  
 Gebunden DM 48,-. ISBN 3-540-18687-5

**Inhaltsübersicht:** Einleitung. – Vorteile der Kleinmineralsammlung. – Historisches zum Sammeln von Kleinmineralen. – Sammeln von Kleinmineralen. – Bestimmung von Kleinmineralen. – Anlegen einer Sammlung. – Optische Hilfsmittel für den Kleinmineralsammler. – Bildliche Darstellung von Kleinmineralen. – Literatur- und Quellenverzeichnis. – Verzeichnis der abgebildeten Minerale. – Sachwörterverzeichnis.

Das vorliegende Buch wendet sich in erster Linie an Sammler von Micromounts und Kleinstufen, wobei der „Normalstufen-Sammler“ natürlich ebenfalls Anregungen erhält. Es soll eine methodische und technische Anleitung zum Aufbau und zur Pflege einer Sammlung sein. Dazu werden entsprechende Hinweise zur sachgemäßen Bergung der Stücke und speziellen Präparation gegeben sowie Bestimmungshilfen mit spezifischen Erläuterungen für die Diagnose von Micromounts und Kleinstufen beschrieben. Auch die fotografische und zeichnerische Darstellung der Stücke wird erläutert.

Springer-Verlag  
 Berlin Heidelberg New York  
 London Paris Tokyo Hong Kong

Heidelberger Platz 3, D-1000 Berlin 33 · 175 Fifth Ave.,  
 New York, NY 10010, USA · 28, Lurke Street, Bedford  
 MK40 3HU, England · 26, rue des Carmes, F-75005 Paris ·  
 37-3, Hongo 3-chome, Bunkyo-ku, Tokyo 113, Japan ·  
 Citicorp Centre, Room 1603, 18 Whitfield Road,  
 Causeway Bay, Hong Kong

Koproduktion von Springer-Verlag Berlin Heidelberg  
 New York London Paris Tokyo Hong Kong mit  
 VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, Leipzig

Springer



ston, USA, IBM, San Jose, USA, Univ. of Illinois, USA, Univ. of Toryana, Japan, KFA Jülich, Institut für Werkstoffwissenschaften VI der Univ. Erlangen, Universität Gießen. Während viele Gruppen die Marangonikonvektion an Modellsystemen mit hoher Prandtlzahl untersuchten, gibt es nur wenige Arbeiten an Systemen mit niedrigen Prandtlzahlen, die auf GaAs übertragbar sind.

Experimentelle und theoretische Arbeiten mit Halbleiterschmelzen und Schmelzlösungen erfordern die Ermittlung weiterer Kenngrößen. So liegen z. B. für GaAs-Schmelzen nur sehr vage Abschätzungen für die thermische Leitfähigkeit sowie für die Oberflächenspannung und deren Temperaturabhängigkeit vor. Diese Größen müssen jedoch zunächst experimentell ermittelt werden, um etwa kritische Marangonizahlen für Ga-As-Schmelzlösungen angeben zu können.

#### Diffusion in Halbleiterschmelzen

Zur genauen Ermittlung von Wachstumsraten bei der Züchtung ist die Kenntnis der Diffusionskoeffizienten besonderer Elemente und deren Temperaturabhängigkeit in Halbleiterschmelzen und Schmelzlösungen wichtig. Hier sollen Messungen mit Hilfe einer Scherzellenmethode durchgeführt werden (Universität Karlsruhe).

## 2.2 Geplante Weltraumexperiment

Für die nahe Zukunft sind eine Reihe von Experimenten zur Durchführung unter reduzierten Schwerkraftbedingungen in Vorbereitung. Neben den laufend durchgeführten TEXUS-Flügen ("µg"-Zeit: 7 min., Restbeschleunigung ca.  $10^{-3}g$ ) sind insbesondere die EURECA-Mission (Freifliegende unbemannte Plattform: European Retrievable Carrier, "µg"-Zeit: ca. 4-6 Monate, erwartete Restbeschleunigung:  $10^{-4} - 10^{-5}g$ ) sowie die Deutsche Spacelab-Mission D2 (bemanntes Raumlabor, "µg"-Zeit: 7-10 Tage, erwartete Restbeschleunigung:  $10^{-4}g$ ) zu erwähnen. Am Beispiel binärer und ternärer III-V-Verbindungshalbleiter sollen eine Reihe von untersuchenden Fragestellungen aufgezeigt werden.

Alle angegebenen Experimente wurden aus einer Vielzahl von Vorschlägen durch wissenschaftliche Gremien der Deutschen Forschungsgemeinschaft und der Europäischen Weltraumorganisation ESA begutachtet und ausgewählt.

### 2.2.1 Binäre III-V-Verbindungshalbleiter GaAs, InP, GaSb

#### a. Züchtungen von GaAs aus der Schmelze nach dem "Floating-Zone"-Verfahren

Um die derzeitige Qualität des GaAs-Substratmaterials zu verbessern, wird die Züchtung von GaAs unter reduzierter Schwerkraft international als ein interessantes Experimentierfeld diskutiert. GaAs findet Verwendung für LED's, Halbleiterlaser, Photodetektoren sowie für integrierte Schaltkreise mit hohen Arbeitsgeschwindigkeiten ("Picochip"). Bedingt u. a. durch die schlechte Substratqualität liegt die Ausbeute bei IC's derzeit bei ca. 5 %.

Im Gegensatz zum Si kann das tiegelfreie Zonenziehen unter terrestrischen Bedingungen jedoch nur bei GaAs für sehr kleine Stabdurchmesser (< 8 mm) angewandt werden. Der Grund hierfür ist neben der relativ geringen Oberflächenspannung und der hohen Dichte des GaAs (Abtropfen) die Tatsache, daß die Züchtung zur Einstellung eines stabilen As-Dampfdrucks in einer geschlossenen Ampulle durchgeführt werden muß. Schmelzzonen in Stäben mit technisch interessanten Durchmessern (> 25 mm) sind unter 1g wegen ihres hydrostatischen Eigendrucks instabil und tropfen ab. Unter µg entfällt diese Begrenzung.

Folgende Fragestellungen sollen u. a. untersucht werden:

- technische Beherrschbarkeit des Verfahrens für industriell interessante Durchmesser (> 25 mm)
- Ermittlung der genannten, weitgehend unbekanntenen Kenngrößen

von GaAs-Schmelzen. Untersuchungen zur Auftriebs- und Marangonikonvektion in GaAs-Schmelzen

- Untersuchungen zur Wachstumskinetik der Kristalle unter 1g und µg bei gleichzeitigem Einbau flacher und tiefer Störstellen
- Untersuchungen zur Stöchiometrie der Kristalle
- µg-reduzierte Entstehungsursachen tiefer Störstellen (EL2) in Verbindung mit der Ausbildung von Versetzungen.

So hergestellte Kristalle (1g und µg) könnten auch als Keimkristalle für die Czochralski-Züchtung von GaAs mit großen Durchmessern (> 100 mm) eingesetzt werden.

#### b. Züchtung aus schmelzflüssigen, metallischen Lösungen (Travelling-Heater-Method, THM)

In Ergänzung zu den obigen Arbeiten sollen auch GaAs-Versuche aus Ga-lösungen bei Temperaturen weit unterhalb des GaAs-Schmelzpunktes durchgeführt werden. Die Kristalle sollen mit den aus der Schmelze gezüchteten verglichen werden. Diese Experimente sollen durch vergleichende Züchtungen von GaSb und InP ergänzt und erweitert werden.

Besonderes Ziel dieser Vorhaben ist die Züchtung von massiven Einkristallen unter µg in einem rein diffusiven Transportmedium mit Eigenschaften von Flüssigphasenepitaxieschichten. Damit werden Aussagen zur Wachstumskinetik, zur Entstehung von Antistöchiometriedefekten (z. B.  $Ga_{sb}$ ) u. a. möglich. Zusätzliche Züchtungsexperimente im Magnetfeld sollen zeigen, inwieweit sich z. B. nichtstationäre, thermosolubale Konvektionserscheinungen dämpfen bzw. unterdrücken lassen.

#### c. Ternäre III-V-Verbindungshalbleiter (In, Ga)As, (In, Ga)P, (Ga, Al)Sb nach dem THM-Verfahren

Ternäre III-V-Halbleiter, wie z. B. (In, Ga)As werden für die Anwendungen in der Optoelektronik ausschließlich als Epitaxieschichten auf binären III-V-Substanzen abgeschieden (z. B. InP). Für eine Reihe von Anwendungen sind jedoch massive Misch-Einkristalle mit homogener Zusammensetzung erforderlich (z. B. ternäre Substratkristalle für die Epitaxie, Strukturbestimmung von Antistöchiometriedefekten mit magnetischen Resonanzmethoden etc.).

Züchtungsverfahren aus der Schmelze sind im allgemeinen nicht geeignet zur Herstellung homogener, ternärer Mischkristalle. Das Lösungszonenverfahren (THM) bietet prinzipiell die Möglichkeit, die beim Züchtungsvorgang auftretende Segregation durch äußere Eingriffe (z. B. Änderung der Ziehgeschwindigkeit und Wachstumstemperatur) auszugleichen. International gibt es hierzu kaum Ergebnisse.

Die Projekte zur Züchtung ternärer Halbleiter haben folgende Zielsetzungen:

- Anwendung von stationären und nichtstationären Lösungszonenverfahren.
- Untersuchungen zum Materialtransport in Verbindung mit den Phasensystemen obiger Materialien. Herstellung geeigneter Vorkristalle und vorsynthetisierter Lösungszonen.
- Untersuchungen zur homogenen Gitteranpassung auf binären und ternären Substratmaterialien.
- Durch den rein diffusiven Transport im Weltraum können sowohl die Bedingungen einer homogenen Gitteranpassung, als auch einer homogenen Mischkristallzusammensetzung realisiert werden.

Die Experimente zu den oben genannten Materialgruppen werden vom Kristallographischen Institut der Universität Freiburg und vom Institut für Werkstoffwissenschaften VI der Universität Erlangen-Nürnberg in Zusammenarbeit mit den Firmen Wacker-Chemitronic, Burghausen bzw. Siemens Erlangen vorbereitet.

d. Weitere Experimente mit ähnlichen Zielsetzungen sollen im Rahmen der genannten Missionen mit folgenden Materialsystemen durchgeführt werden.

System	Methode	Vorbereitende Institution
Ge:Ga	Bridgman	DLR, Köln
CdTe	THM, Te-Zone	Kristallographisches Institut
CdTe	THM, Gaszone	Institut
AgGaS <sub>2</sub>	THM, AgBr-Zone	Universität Freiburg
(Pb,Sn)Te	THM, TeZone	Batelle, Frankfurt/M
LiF-LiBaF <sub>3</sub>	Bridgman	Mineralogisches Institut
Eutektikum		Universität Bonn

Von der Mission her noch nicht festgelegt, sind Experimente zum (Hg,Cd)Te (THM), welche vom Fraunhofer Institut für Angewandte Festkörperphysik vorbereitet werden.

### 3. Anwendungspotential

Für die Kristallzüchtung im Weltraum liegen - wie bereits erwähnt - die Vorteile im:

- Wegfall zeitabhängiger, unkontrolliert ablaufender Auftriebskonvektion
- Wegfall des hydrostatischen Drucks und seiner Folgen.

Für die komplexen, oft schwer entkoppelbaren Wachstumsvorgänge werden im Hinblick auf eine reproduzierbare Kristallherstellung unter terrestrischen Bedingungen wichtige Erkenntnisse erwartet. Dies wird durch die bisherigen Kristallzüchtungsexperimente unter reduzierter Schwerkraft bestätigt. Damit sollte es insbesondere möglich

sein, Impulse für die Qualitätsverbesserung technischer Werkstoffe (z. B. GaAs, Hg<sub>1-x</sub>Cd<sub>x</sub>Te, etc.) zu geben.

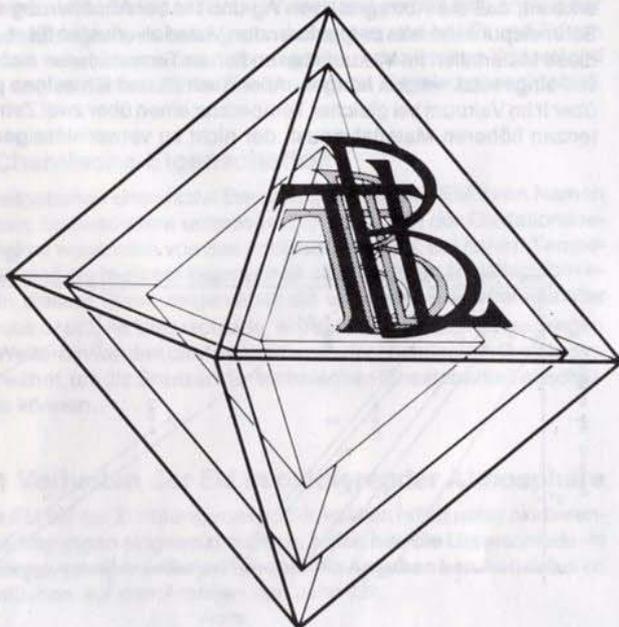
Ob eine industrielle Herstellung von einkristallinen Werkstoffen im Weltraum Vorteile bringen könnte, kann aus heutiger Sicht nicht eindeutig geklärt werden. Vorstellbar wäre allerdings eine Kleinproduktion (1 kg - 50 kg)/Jahr von Materialien mit auf der Erde nicht erreichbaren Eigenschaften und damit einem hohen Preis/Gewichts-Verhältnis. Hierzu zählen z. B. Kristalle, wie CdTe oder Hg<sub>1-x</sub>Cd<sub>x</sub>Te, welche z. Z., durch eine schlechte Ausbeute brauchbaren Materials, Preise von 1000,— bis 2000,— DM/g aufweisen.

Die Vorbereitungen der Weltraumexperimente haben wegen ihrer Neuartigkeit zu intensiver interdisziplinärer Zusammenarbeit und damit zu neuen zahlreichen wissenschaftlichen Erkenntnissen geführt. Dieses Forschungspotential wäre ohne das Weltraumprogramm nicht bzw. nicht in diesem Ausmaß aktiviert worden. Hervorzuheben ist hier beispielsweise die verstärkte Zusammenarbeit zwischen experimenteller Kristallzüchtung, Theorie des Kristallwachstums und Strömungsmechanik (Fluidphysik).

### 4. Literatur

1. H. U. Walter Ed. "Fluid Sciences and Materials Science in Space" Springer Verlag, 1987
2. G. E. Rindone Ed. "Materials Processing in the Reduced Gravity Environment of Space" North-Holland 1982
3. Proc. 6th. European Symposium on Material Sciences under Microgravity Conditions, Bordeaux, 2-5 December 1986, esa-Publication SP-256, February 1987
4. P. R. Sahn, R. Jansen, M. H. Keller, Eds. Proc. Norderney Symp. on "Scientific Results of The German Spacelab Mission D1", ISBN 3-89100-013-8, 1987

K. W. Benz



# Einkristalle für Forschung und Industrie

Unsere Schwerpunkte sind:

- **Einkristall-Züchtung**  
nach Czochralski-, Bridgman-, Zonenschmelzverfahren, aus der Gasphase (besonders II-VI-Photo-Halbleiter), durch chemischen Transport etc.
- **Auftragsforschung und Beratung**  
Züchtung nicht kommerzieller Materialien, Verfahrensentwicklung, Dokumentation (Film, Video).
- **Kristallpräparation**  
Orientieren, Sägen, Polieren, Funkenerosion, Orientieren auf  $\pm 10-15$  Minuten, Gammastrahl-Diffraktometrie.

Bitte fordern Sie unsere Lagerliste an; rufen Sie uns an, wir informieren Sie über unser Produktions- und Lieferprogramm.

## Dr. Gerd Lamprecht

Technisches Büro für Kristallzüchtung  
II-VI Monokristalle  
Lehninger Straße 10-12  
7531 Neuhausen  
Telefon 07234/1007, Telex 783379

## Edelmetalle als Tiegelmateriale

### Beitrag zum DGKK-Fachsymposium

#### „Geräte und Materialien für die Kristallzucht“

21. und 22. Januar 1985, Hanau

F. Sernetz, W. C. Heraeus GmbH, Hanau  
neue Anschrift: DENTAURUM, D-7536 Ispringen

#### Inhalt:

1. Einleitung
2. Eigenschaften der Edelmetalle
  - 2.1 Physikalische Eigenschaften
  - 2.2 Chemische Eigenschaften
    - 2.2.1 Verhalten der Edelmetalle in oxidierender Atmosphäre
    - 2.2.2 Korrosionsbeständigkeit der Edelmetalle
  - 2.3 Mechanische Eigenschaften
3. Einsatz der Edelmetalle in der Kristallzucht
  - 3.1 Platin-Tiegel
  - 3.2 Iridium- und Rhodium-Tiegel
4. Zusammenfassung
5. Literatur
6. Tabellen und Abbildungen

### 1. Einleitung

Als Edelmetalle (EM) bezeichnet man neben Silber und Gold die sechs Platin-Metalle Palladium, Platin, Rhodium, Iridium, Ruthenium und Osmium. Im periodischen System der Elemente stehen sie in der 2. und 3. Periode nebeneinander. Sie sind im Gegensatz zu den meisten anderen Metallen an Luft bei Raumtemperatur gegen viele Reagentien chemisch beständig. Auch bei erhöhten Temperaturen oxidieren die EM im Verhältnis zu den anderen Metallen nur im geringen Maß. Die Platin-Metalle besitzen hohe Schmelztemperaturen und haben bei hohen Temperaturen, legiert und unlegiert, teilweise sehr günstige mechanische Eigenschaften, die ihnen trotz ihres hohen Metallpreises eine breite technische Bedeutung verleihen. Insbesondere hat die gute Beständigkeit bei hohen Temperaturen gegenüber oxidierenden Atmosphären und gegen viele oxidische und halogenidische Schmelzen, bei gleichzeitig guten mechanischen Eigenschaften, dazu geführt, daß die Edelmetalle und hier besonders Pt, Ir und Rh als Werkstoff für die Einkristallzucht eingesetzt werden.

Einkristalle von Oxiden und Halogeniden haben heute in der Elektronik und Optik eine breite Anwendung gefunden. Sie werden z. B. benutzt für elektrooptische und magnetoptische Bausteine, als piezoelektrische Filter, für Laser, für magnetische Blasen-Speicher und die Halogenid-Kristalle für optische Bauelemente. Bekannt sind aber auch die Anwendungen als mechanische Lager und nicht zuletzt als Schmuck. Die Einsatzgebiete verlangen immer bessere und größere Kristalle und die verwendeten Ziehanlagen werden immer ausgeklügelter. Die für die Grundhilfsmittel, wie Tiegel, Schiffchen, Kristallhalter, Heizwicklungen und Thermolemente, eingesetzten Werkstoffe müssen den Anforderungen gerecht werden.

In der vorliegenden Arbeit werden deshalb die im Zusammenhang mit der Kristallzucht wichtigen Merkmale und Besonderheiten der Edelmetalle, speziell beim Einsatz als Tiegelmateriale, zusammengefaßt.

### 2. Eigenschaften der Edelmetalle

Kristalle werden nach den verschiedensten Methoden gezüchtet. Sie können aus der Gasphase wachsen, aus Lösungen, aus Schmelzlösungen, aus der Schmelze und in fester Phase. Bei allen Verfahren gibt es Beispiele, daß entweder die Ausgangssubstanz in einem Behälter (Tiegel, Schiffchen, Ampulle) gehalten wird oder das Endprodukt — der Kristall — in oder aus einem Tiegel gezüchtet wird. In beiden Fällen ist es notwendig, daß das dafür eingesetzte Material nicht oder nur in geringstem Ausmaß mit dem Behältermateriale unter den Bedingungen der Kristallzucht reagiert bzw. die Kristallisation beeinflusst. Eine Reaktion kann chemisch stattfinden, durch unmittelbaren Kontakt des Tiegelmateriale mit dem zu züchtenden Werkstoff, aber auch durch Abdampf, Sublimation, Legierungsbildung. Weiterhin kann das Wachstum der Kristalle beeinflusst werden durch die

mechanische Stabilität des Tiegelmateriale, wenn beim Erstarren einer Schmelze mechanische Spannungen zwischen Kristall und Tiegel auftreten. Um die Einsatzmöglichkeiten der EM als Tiegelmateriale besser zu verstehen, wird auf die physikalischen, chemischen und mechanischen Eigenschaften der EM eingegangen.

### 2.1 Physikalische Eigenschaften

In Tab. 1 sind die im Zusammenhang mit dem möglichen Einsatz für die Kristallzucht wichtigsten physikalischen Eigenschaften der EM zusammengefaßt. Ag hat den niedrigsten Schmelzpunkt von 961 °C, gefolgt von Au (1063 °C) und den Pt-Metallen, wobei Ir (2454 °C) und Os (3030 °C) die höchsten Schmelzpunkte besitzen. Vergleicht man die Dampfdrücke der EM bei einer konstanten Temperatur (z. B. bei 1600 °C), so sind die Dampfdrücke in erster Näherung zwar umgekehrt proportional der Schmelztemperatur; die Dampfdrücke der EM am jeweiligen Schmelzpunkt unterscheiden sich aber erheblich. Hier liegen Au und Pt relativ niedrig, es folgen Ag, Rh, Ir und Ru, während Pd und Os auffallend hohe Dampfdrücke besitzen.

Da viele Kristallzuchtvorgänge unter inertem Schutzgas (z. B. Ar) oder auch bei reduziertem Druck bzw. im Vakuum stattfinden, ist es sinnvoll, auf die Auswirkungen des Dampfdruckes im Hinblick auf Materialverluste hinzuweisen.

In guter Näherung läßt sich die Verdampfungsgeschwindigkeit —  $v$  — eines Metalls im Vakuum darstellen durch Gleichung (1).

$$(1) \quad v = 0.0438 \cdot p \cdot \sqrt{A/T} \quad \begin{array}{l} p = \text{Dampfdruck in mbar} \\ A = \text{Atomgewicht} \\ T = \text{abs. Temperatur} \\ v \text{ in g cm}^{-2} \text{ s}^{-1} \end{array}$$

Von unmittelbarer Bedeutung ist die Abtragrate  $v_r$  (z. B. in  $\mu\text{m/h}$ ) als ein direktes geometrisches Maß bei der technischen Anwendung, wie z. B. als Tiegel, da die Standzeit wesentlich davon abhängt.

In Abb. 1 ist die Abtragrate der EM im Hochvakuum dargestellt. Man erkennt, daß die Abtragrate von Ag und Pd bei Annäherung an den Schmelzpunkt bereits zu gravierenden Materialverlusten führt, so daß diese Materialien im Vakuum bei so hohen Temperaturen nicht sinnvoll eingesetzt werden können. Aber auch Pt und Rh zeigen gegenüber Ir im Vakuum bei gleicher Temperatur einen über zwei Zehnerpotenzen höheren Materialverlust, der nicht zu vernachlässigen ist.

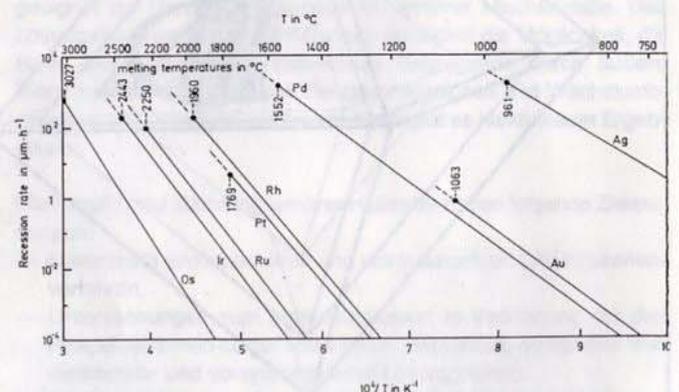


Abb. 1: Verdampfungsrates der Edelmetalle im Vakuum (teilweise nach [2]).

Werden die EM in inerte Atmosphäre bei einem Druck  $p$  erhitzt, dann verändert sich die Verdampfungsrates  $v_p$  gemäß Gleichung (2).

$$(2) \quad \frac{v_p}{v_0} = \frac{1}{1 + kp^u}$$

Dabei sind  $v_p$  bzw.  $v_0$  die Verdampfungsrates beim Druck  $p$  (mbar) bzw. im Vakuum, und  $k$  und  $u$  sind materialabhängige Konstanten [ $k = 2.7; 2.4; 3.0$  und  $u = 1.2; 1.2; 1.4$  für Pd, Ir und Pt /1].

Abb. 2 zeigt die Veränderung der Verdampfungsrates in Argon-Atmosphäre als Funktion des Drucks /11/. Oberhalb  $p = 1 \times 10^{-1}$  bar wird die Verdampfungsrates merklich gegenüber den Vakuumbedingungen reduziert, jedoch bleiben materialabhängige Unterschiede erhalten.

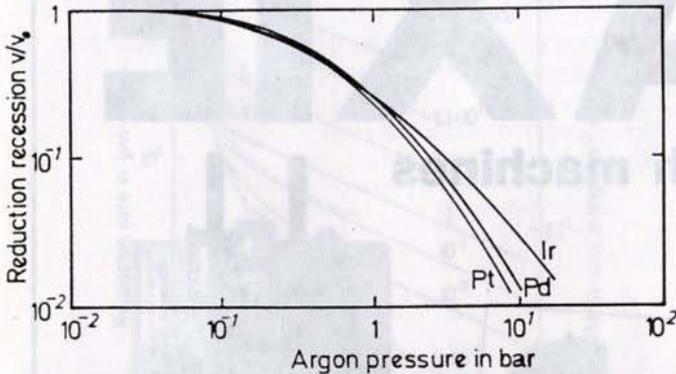


Abb. 2: Verdampfungsrates der Edelmetalle Pd, Pt und Ir in Ar-Atmosphäre in Abhängigkeit des Ar-Druckes / 11 /.

Von den weiteren physikalischen Eigenschaften der EM ist die Dichte insofern von Bedeutung, als die teureren der EM leider auch die spezifisch schwersten sind, so daß bei Tiegeln und Apparaturen aus EM auf die absolut notwendigen Materialgewichte bzw. Materialstärken geachtet werden muß. Von Wichtigkeit sind auch die Ausdehnungskoeffizienten bei der Dimensionierung von Tiegeln. Sie verhalten sich annähernd umgekehrt proportional der Schmelztemperatur. Bei der Wärmeleitfähigkeit muß beachtet werden, daß die Pt-Metalle eine relativ niedrige Wärmeleitfähigkeit besitzen, und Ir unter den EM die niedrigste Wärmeleitfähigkeit hat. Gerade bei den thermischen Problemen der Kristallzucht ist diese Eigenart, besonders bei Ir, nicht zu vernachlässigen. Die Wärmeleitfähigkeit ist ebenso wie die elektrische Leitfähigkeit in hohem Maße von der Reinheit der Metalle abhängig. Verunreinigungen bzw. Legierungsbildung können diese Werte stark verändern. Der spezifische Widerstand verhält sich analog der Wärmeleitfähigkeit, ist bei Ag am niedrigsten und bei Pt und Pd am höchsten. Ir hat etwa einen halb so großen spezifischen Widerstand wie Pt, was bei der induktiven Erwärmung von Tiegeln zu beachten ist.

**2.2 Chemische Eigenschaften**

Die weitgehende chemische Beständigkeit hat den EM ihren Namen gegeben. Insbesondere unterscheiden sie sich in der Oxidationsbeständigkeit wesentlich von den anderen Metallen. Bei hohen Temperaturen sind sie in dieser Eigenschaft allen anderen Metallen überlegen. In diesem Punkt zeigen aber die einzelnen EM untereinander durchaus deutliche Unterschiede, worauf im folgenden eingegangen wird. Weiterhin werden die Ausnahmen in der chemischen Beständigkeit erwähnt, um die Grenzen der technischen Einsatzbarkeit abschätzen zu können.

**2.2.1 Verhalten der EM in oxidierender Atmosphäre**

Da die EM bei der Züchtung von Oxid-Kristallen meist unter oxidierenden Bedingungen eingesetzt werden, sollen hier die Unterschiede im Oxidationsverhalten erläutert werden. Die Angaben beruhen dabei im wesentlichen auf den Arbeiten von Jehn /2/.

Bis auf Au bilden alle EM Oxide, die bei niedrigeren Temperaturen zum Teil als Anlauffarben sichtbar sind (bei Ru, Rh, Pd, Os, Ir). Oberhalb einer (partialdruckabhängigen) Dissoziationstemperatur sind die festen Oxide nicht länger stabil und verflüchtigen sich. Tab. 2 gibt die Dissoziationstemperatur in Sauerstoffatmosphäre von 1 bar für die bei niedrigen Temperaturen festen Oxide an. Weiterhin sind in Tab. 3 die sich (bei höheren Temperaturen) bildenden flüchtigen Oxide der Edelmetalle angegeben. RuO<sub>4</sub> und OsO<sub>4</sub> bilden sich schon bei Raumtemperaturen, wobei OsO<sub>4</sub> ein sehr giftiges Gas ist. Os sollte daher immer mit größter Vorsicht gehandhabt werden (besonders in Pulverform). Geringste Spuren verursachen bereits Reizungen der Augen. Die Bildung flüchtiger Oxide führt bei den EM zu einem Materialverlust, der in Form der Abtragrate für Pd, Pt, Ir und Rh in den Abb. 3—6

als Funktion der Temperatur bzw. des Sauerstoffpartialdrucks dargestellt ist. In diesen Abbildungen ist zum Vergleich auch die Abtragrate im Vakuum bzw. unter inerter Atmosphäre (Ar, 1 bar) mit eingetragen. Im Falle des Pt nimmt der Materialverlust in Anwesenheit von Sauerstoff bei niedrigen Temperaturen im Vergleich zum Vakuum sehr stark zu und ist z. B. bei 1400° C um zwei Größenordnungen höher. Bei weiterer Temperaturerhöhung werden die Unterschiede geringer, da der Materialverlust infolge des Dampfdruckes entscheidend wird.

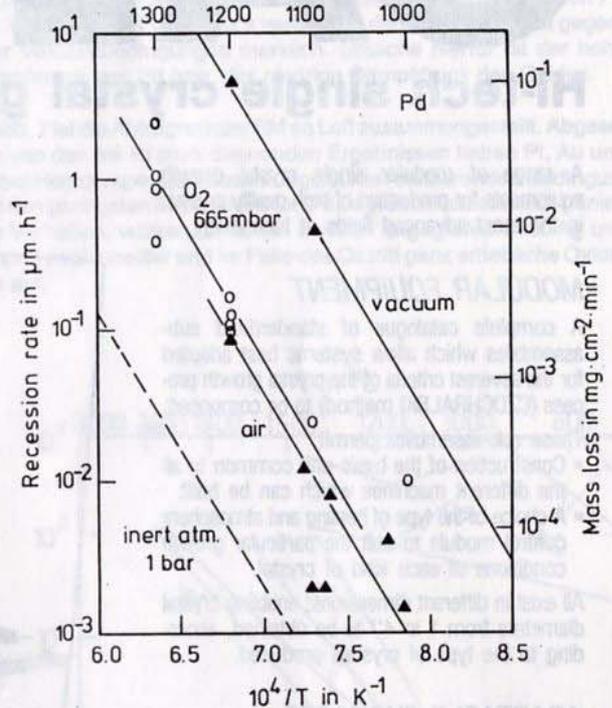


Abb. 3: Pd-Verluste in oxidierender Atmosphäre (O<sub>2</sub>, 665 mbar), in Luft und im Vakuum / 2 /.

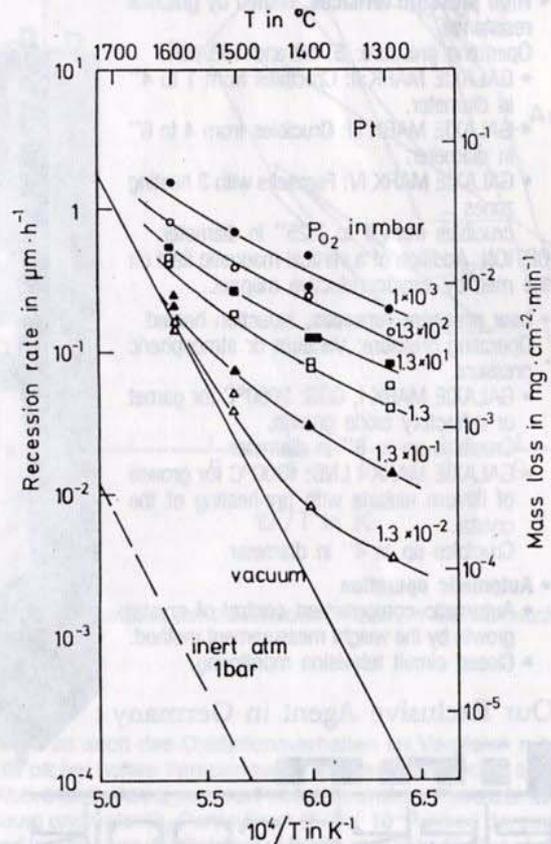


Abb. 4: Pt-Verluste in oxidierender Atmosphäre in Abhängigkeit des Sauerstoffdruckes, im Vakuum und in inerter Atmosphäre (Ar, 1 bar) / 2 /.

# GALAXIE®

## Hi-tech single crystal growth machines

A range of modular single crystal growth equipments for production of high quality crystals in the most advanced fields of technology.

### MODULAR EQUIPMENT

A complete catalogue of standardized sub-assemblies which allow systems best adapted for the severest criteria of the crystal growth process (CZOCHEWALSKI method) to be composed.

These sub-assemblies permit:

- Construction of the basic unit common to all the different machines which can be built.
- A choice of the type of heating and atmosphere control module to suit the particular growth conditions of each kind of crystal.

All exist in different dimensions, enabling crystal diameters from 1 to 4" to be obtained, according to the type of crystals produced.

### ADAPTABLE FURNACES

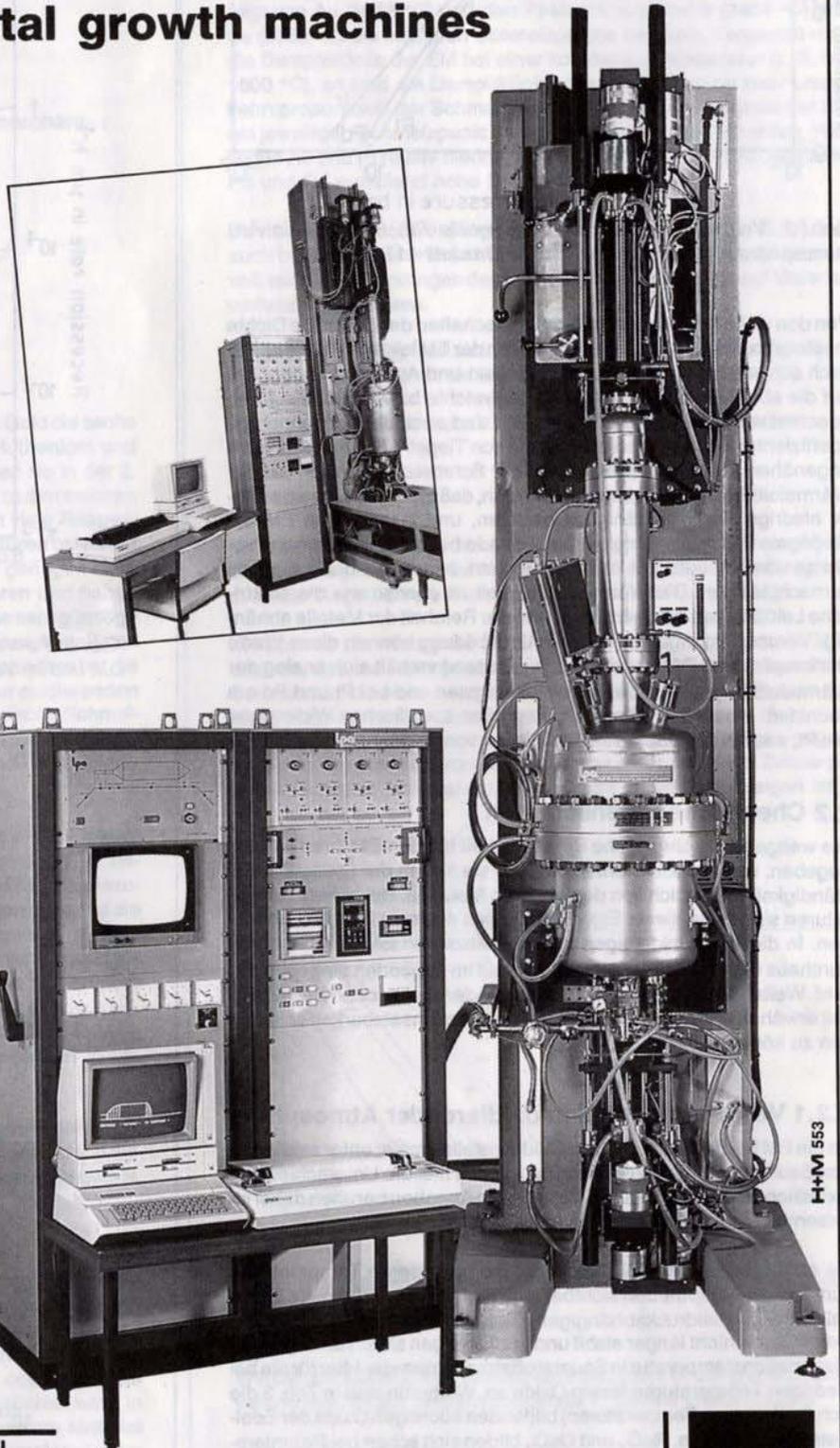
Two ranges are available:

- **High pressure furnaces**, heated by graphite resistance.  
Operating pressure: 5, 50 and 100 bar.
  - GALAXIE MARK II: Crucibles from 1 to 4" in diameter.
  - GALAXIE MARK III: Crucibles from 4 to 6" in diameter.
  - GALAXIE MARK IV: Furnaces with 3 heating zones crucibles from 6 to 7.25" in diameter.
 OPTION: Addition of a vertical magnetic field on the melt by supraconductive magnet.
- **Low pressure furnaces**, induction heated.  
Operating pressure: Vacuum or atmospheric pressure.
  - GALAXIE MARK I, GGG: 2000°C for garnet or refractory oxide growth. Crucibles up to 8" in diameter.
  - GALAXIE MARK I LNB: 1300°C for growth of lithium niobate with pre-heating of the crystal. Crucibles up to 4" in diameter.
- **Automatic operation**
  - Automatic computerized control of crystal growth by the weight measurement method.
  - Closed circuit television monitoring.

Our Exclusive Agent in Germany :

**linn**  
elektronik

Heinrich-Hertz-Platz 1. Eschenfelden. D-8459 Hirschbach 1  
Telefon (096 65) 17 21-23. Telex 63902. Telefax (096 65) 17 20



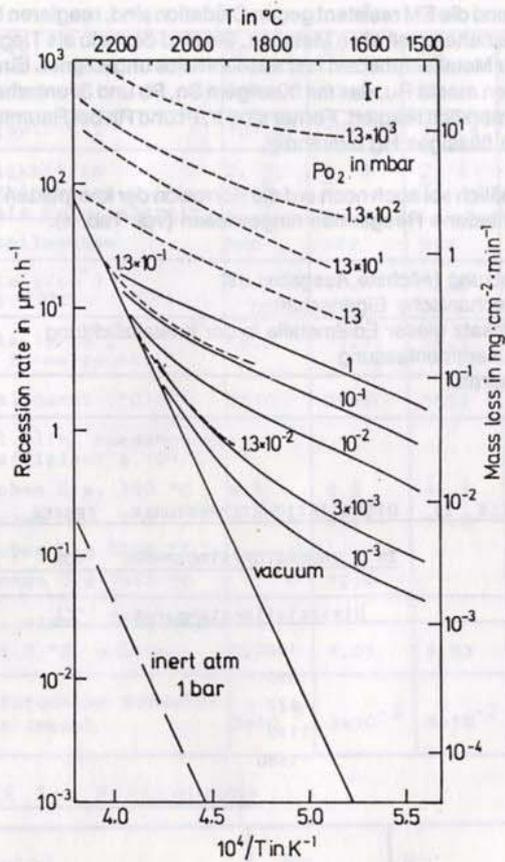


Abb. 5: Ir-Verluste in oxidierender Atmosphäre in Abhängigkeit des Sauerstoffdruckes, im Vakuum und in inerter Atmosphäre (Ar, 1 bar) / 2 /.

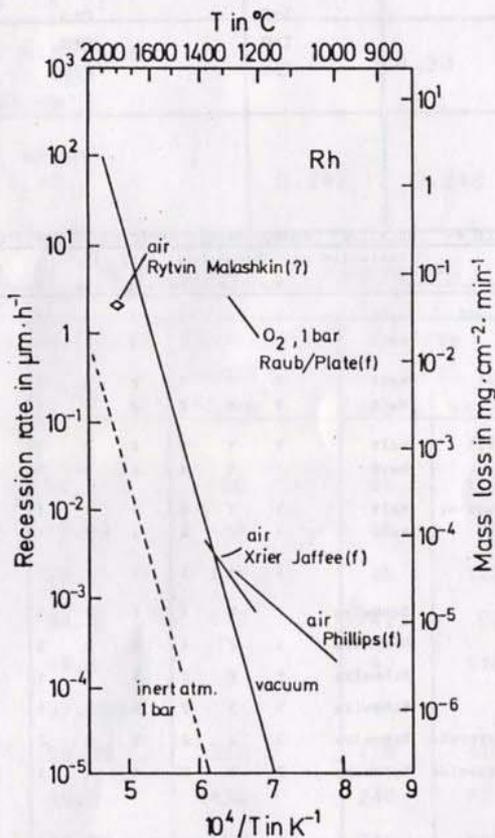


Abb. 6: Rh-Verluste in Sauerstoff (1 bar), in Luft, in inerter Atmosphäre (Ar, 1 bar) und im Vakuum / 2 /.

Ir oxidiert wesentlich stärker als Pt, was aus Abb. 4 und 5 zu erkennen ist. Bei  $1800^\circ\text{C}$  beträgt der Unterschied im Materialverlust zwischen Sauerstoffatmosphäre von 1 bar und Vakuum vier Größenordnungen. Bei gleichen relativen Temperaturen  $T/T_s$  (z. B.  $T/T_s = 0.8$ ) ist Ir um drei Größenordnungen ungünstiger als Pt, was den „edleren“ Charakter des Pt deutlich ausweist. Sehr günstig verhält sich Rh unter oxidierenden Bedingungen, wie Abb. 6 zeigt. Es liegen aber noch zu wenig ausführliche Untersuchungen vor, um die Ergebnisse für Rh abzusichern. Eine Ausnahme stellt das Oxidationsverhalten von Pd dar. Ein hoher  $\text{O}_2$ -Partialdruck verbessert den Materialverlust gegenüber Vakuumbedingungen merklich. Ursache hierfür ist der hohe Dampfdruck des Pd bzw. der niedrige Dampfdruck des Oxides.

In Abb. 7 ist die Abtragsrate der EM an Luft zusammengestellt. Abgesehen von den bei Pt stark streuenden Ergebnissen haben Pt, Au und Rh bei Hochtemperaturbehandlungen unter oxidierenden Bedingungen den geringsten Materialverlust. Pd zeigt ebenfalls ein noch günstiges Verhalten, während Ir schon deutlich angegriffen wird. Ag und Ru sind noch unedler und im Falle des Os tritt ganz erhebliche Oxidation auf.

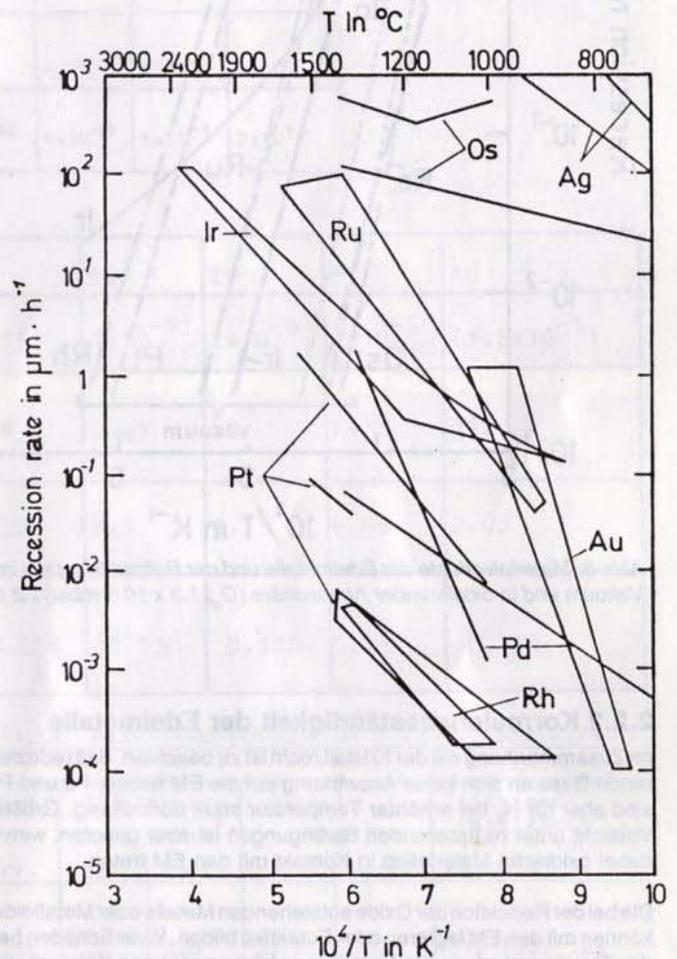


Abb. 7: Materialverluste der Edelmetalle in Luft (Pt-Metalle nach / 2 /).

Interessant ist auch das Oxidationsverhalten im Vergleich mit den ebenfalls oft bei hohen Temperaturen eingesetzten Refraktärmetallen. In Abb. 8 ist die Abtragsrate der Pt-Metalle und der Refraktärmetalle im Vakuum und unter  $\text{O}_2$ -Partialdruck ( $1.3 \times 10^{-3}$  mbar) dargestellt. Während im Vakuum die Refraktärmetalle sich sehr ähnlich den EM verhalten, wird die hohe Beständigkeit der EM gegen  $\text{O}_2$  in dieser Darstellung besonders deutlich. Diese gute Oxidationsbeständigkeit ist einer der Hauptgründe dafür, daß EM in der Kristallzucht von Oxidmaterialien eingesetzt werden.

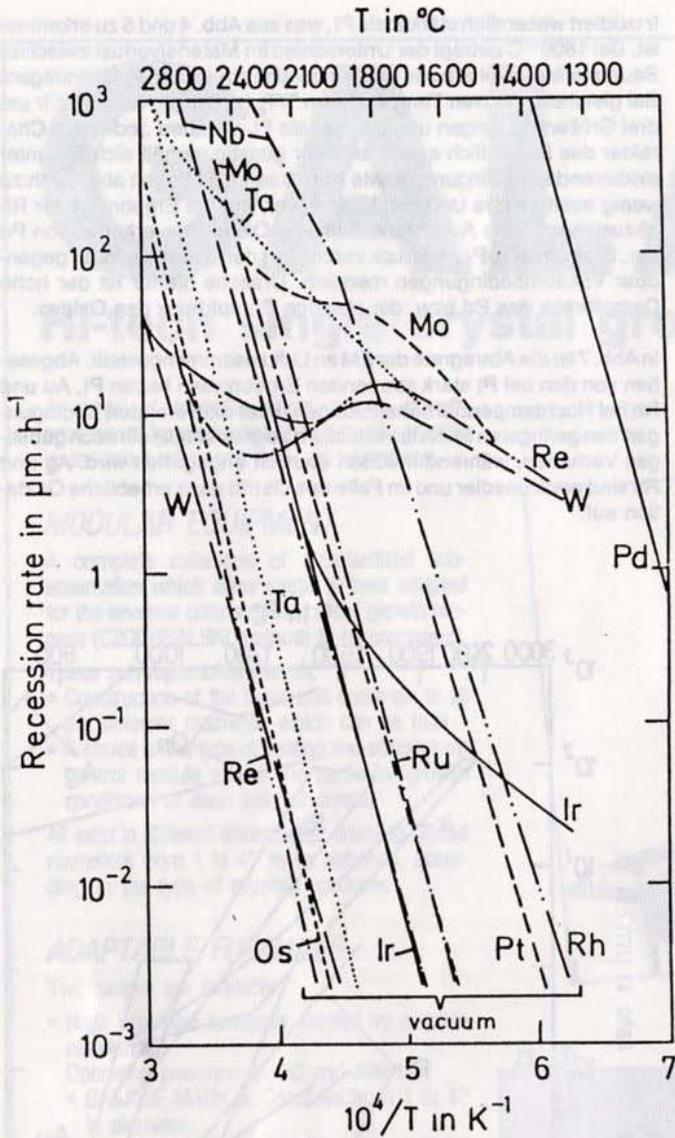


Abb. 8: Materialverluste der Edelmetalle und der Refraktärmetalle im Vakuum und in oxidierender Atmosphäre ( $O_2$ ,  $1.3 \times 10^{-3}$  mbar) / 2 /.

**2.2.2 Korrosionsbeständigkeit der Edelmetalle**

Im Zusammenhang mit der Kristallzucht ist zu beachten, daß reduzierende Gase an sich keine Auswirkung auf die EM haben. Pd und Pt sind aber für  $H_2$  bei erhöhter Temperatur stark durchlässig. Größte Vorsicht unter reduzierenden Bedingungen ist aber geboten, wenn dabei oxidische Materialien in Kontakt mit den EM treten.

Die bei der Reduktion der Oxide entstehenden Metalle oder Metalloide können mit den EM legieren oder Eutektika bilden. Viele Schäden bei der Tiegelanwendung sind auf eine solche ungeplante Behandlung zurückzuführen. Insofern sind manchmal auch Vakuumbedingungen bei Kontakt zwischen EM und Oxid schädlich, da das Oxid bei hohen Temperaturen dissoziieren kann.

Bei der Kristallzucht mit Flußmitteln wie  $PbO$ ,  $B_2O_3$ ,  $Bi_2O_3$ , wie sie beispielsweise bei der Flüssigphasenepitaxie von  $Y_3Fe_5O_{12}$  verwendet werden, muß deshalb auf ausreichend oxidierende oder inerte Bedingungen geachtet werden. Bekannte „Gifte“ sind neben Pb, B, Bi auch Sb, As, Te und besonders P und Si, die mit Pt niedrige Eutektika bilden.

Werden pulvermetallurgisch hergestellte Tiegel aus Pt, Ir oder Rh benutzt, deren verbesserte mechanische Eigenschaften nicht zuletzt auf dem dispersen Einbau von Oxidpartikeln beruhen, muß aus den genannten Gründen ebenfalls ausreichend oxidierende oder inerte Atmosphäre eingesetzt werden.

Während die EM resistent gegen Oxidation sind, reagieren bzw. legieren sie nahezu mit allen Metallen. Sie sind deshalb als Tiegelmateriale für Metallschmelzen fast ausnahmslos ungeeignet. Eine der Ausnahmen macht Ru, das mit flüssigem Sn, Pb und Bi unterhalb  $400^\circ C$  nicht merklich reagiert. Ferner sind Ir, Pt und Rh bei Raumtemperatur gegen flüssiges Hg beständig.

Schließlich sei auch noch auf die Korrosion der kompakten EM gegen verschiedene Reagentien hingewiesen (vgl. Tab. 4).

- Fortsetzung (nächste Ausgabe) mit  
 2.3 Mechanische Eigenschaften  
 3. Einsatz dieser Edelmetalle in der Kristallzucht  
 4. Zusammenfassung  
 5. Literatur

TABELLE 2: DISSOZIATIONSTEMPERATUREN FESTER EM-OXIDE IN SAUERSTOFFATMOSPHERE VON 1 bar

Oxid	Dissoziations-temperatur ( $^\circ C$ )
$Ag_2O$	180
$PtO_2$	650
$PdO$	877
$Rh_2O_3$	1140
$RuO_2$	1580

TABELLE 3: FLÜCHTIGE OXIDE DER EM

$RuO_3$	$RhO$	$PdO$
$RuO_4$	$RhO_2$	
$OsO_3$	$IrO$	$PtO$
$OsO_4$	$IrO$	$PtO_2$
	$IrO_4$	$PtO_3$

TABELLE 4: RELATIVE KORROSIONSBESTÄNDIGKEIT DER EDELMETALLE (teilweise nach Sogoshen / 12 /)

Reagenz		Ru	Rh	Pd	Ag	Os	Ir	Pt	Au
$H_2SO_4$ , 96%	kalt	1	1	1	2	1	1	1	1
	heiß	1	1	3	4	1	1	2	1
$HCl$ , 36%	kalt	1	1	1	2	1	1	1	1
	heiß	1	1	2	2	3	1	2	1
$HNO_3$ , 62%	kalt	1	1	3	4	1	1	1	2
	heiß	1	1	4	4	1	1	1	2
Königswasser	kalt	1	1	4	4	1	1	4	4
	heiß	1	2	4	4	1	1	4	4
$H_2F_2$		1	1	1	1	1	1	1	1
$NaOH$	Schmelze	2	2	1	1	3	1	2	1
$Na_2O_2$	Schmelze	3	2	4	3	3	3	4	4
$Na_2CO_3$	Schmelze	1	2	2	3	1	1	2	1
$KHSO_4$	Schmelze	1	3	2	4	2	1	2	1
Alkalinitrate	Schmelze	2	2	2	3	4	2	1	1
Alkalicyanide	Schmelze	2	2	3	4	1	1	3	2

Anmerkung: 1 = keine wahrnehmbare Korrosion  
 2 = geringe Korrosion  
 3 = starke Korrosion  
 4 = mehr starke Korrosion

TABELLE 1: PHYSIKALISCHE EIGENSCHAFTEN DER EDELMETALLE

Material	Ru	Rh	Pd	Ag	Os	Ir	Pt	Au
Ordnungszahl	44	45	46	47	76	77	78	79
Atomgewicht	101,07	102,91	106,4	107,87	190,2	192,2	195,09	196,98
Wertigkeit in Verbindungen (häufigste Form unterstr.)	<u>2</u> , <u>3</u> , <u>4</u> , <u>8</u>	<u>3</u> , <u>4</u>	<u>2</u> , <u>4</u>	<u>1</u>	<u>8</u>	<u>3</u> , <u>4</u>	<u>2</u> , <u>4</u>	<u>1</u> , <u>3</u>
Kristallsystem	hcp	kfz	kfz	kfz	hcp	kfz	kfz	kfz
Dichte (g/cm <sup>3</sup> ) bei 20°C	12,3	12,4	12,0	10,5	22,5	22,4	21,5	19,3
Dichte (g/cm <sup>3</sup> ) am Schmelzpunkt	10,9	11,1	10,5	9,3	20,1	20,0	19,8	17,3
Schmelzpunkt (°C)	2310	1960	1552	961	3030	2454	1769	1063
mittl. lin. Ausdehnungskoeffizient $\alpha \cdot 10^6/K$								
zwischen 0 u. 100 °C	9,5	8,5	11,1	19	6,5	6,8	9,0	14,3
zwischen 0 u. 900 °C		11,1	13,0	22		7,8	9,6	14,7
zwischen 0 u. 1600 °C							11,8	
zwischen 0 u. 1950 °C		12,4						
spez. elekt. Widerstand bei 0 °C $\mu \Omega \text{ cm}$	6,7	4,33	9,93	1,5	8,5	4,71	9,85	2,03
Dampfdruck am Schmelzpunkt (mbar)	$3 \times 10^{-3}$	$3 \times 10^{-3}$	$4 \times 10^{-2}$	$1,5 \times 10^{-3}$	$3 \times 10^{-2}$	$4 \times 10^{-3}$	$1 \times 10^{-4}$	$2 \times 10^{-5}$

TABELLE 1: Fortsetzung

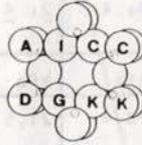
Material	Ru	Rh	Pd	Ag	Os	Ir	Pt	Au
Dampfdruck bei 1600 °C (mbar)	$1,0 \times 10^{-7}$	$2,4 \times 10^{-5}$	$(8 \times 10^{-2})$	(15)	$2 \times 10^{-11}$	$2 \times 10^{-8}$	$1 \times 10^{-5}$	$(1,5 \times 10^{-1})$
Wärmeleitfähigkeit bei 20 °C ( $Wm^{-1} K^{-1}$ )	105	88	75	419	87	59	74	312
spez. Widerstand bei 0 °C ( $\mu \Omega \text{ cm}$ )	6,70	4,33	9,93	1,50	8,5	4,7	9,85	2,03
spez. Wärme ( $J g^{-1} K^{-1}$ )	0,242	0,248	0,247	0,235	0,130	0,130	0,133	0,129

TABELLE 5: MECHANISCHE EIGENSCHAFTEN DER EDELMETALLE BEI RAUMTEMPERATUR (z.T. nach /3/)

Material	Reinheit (%)	Elastizitätsmodul (kN/mm <sup>2</sup> )	Härte (HV)		Zugfestigkeit (N/mm <sup>2</sup> )		0,2-Streckgrenze (N/mm <sup>2</sup> )		Dehnung (%)		Zeitstandfestigkeit 10h <sup>2</sup> - 1000 °C (N/mm <sup>2</sup> )			
			gegl.	verf.	gegl.	verf.	gegl.	verf.	gegl.	verf.				
Ag	99,9	80	35	110	220	380	120	320	37	3	12 (550 °C)			
Au	99,99	78	40	90	180	300	50	260	40	3	23 (550 °C)			
Pd	99,95	121	40	120	230	480	65	400	35	3	7			
Pt	99,9	170	42	98	150	330	70	290	40	3	12			
	99,95				168							455	38	2
	99,999				168							420	38	2
Rh	99,99	380	410	410	412	1925	70		9		60			
Ru	99,9	430	240	750	496			360		3	310			
Ir	99,98	528	210	453	460			88		6	340			
Os	99,9	570	350	1000										

## Tagungsberichte

### AICC/DGKK-Jahrestagung in Parma



Ein volles Programm mit 34 Vorträgen und 41 Postern erwartete die Teilnehmer der gemeinsamen Jahrestagung der italienischen und deutschen Gesellschaften für Kristallzüchtung AICC und DGKK vom 3. - 5. April 1989 in Parma/Italien. Als Tagungsort war das Centro Santa Elisabetta - ein umgebauter ehemaliger Gutshof - auf dem Campus der Universität Parma ausgewählt worden.



Eröffnung der AICC/DGKK-Jahrestagung durch den AICC-Vorsitzenden Prof. Paorici, den Rektor der Univ. Parma Prof. Pelosio und den DGKK-Vorsitzenden Prof. Benz (v.l.n.r.).



Am Vorabend der Parma-Tagung auf der Piazza Garibaldi K.W. Benz, F. Wallrafen, Frau Diehl, Frau Wallrafen, Frau Benz (v.l.n.r.).

Schwerpunkte der Tagung waren die Züchtung (massive Einkristalle und Schichten) und Charakterisierung von Halbleitern, von Hochtemperatur-Supraleitern und von magnetischen Materialien. Die Vorträge, die sich mit den Halbleitern Silizium und Galliumarsenid und mit der Herstellung von Schichten beschäftigten, gingen vor allem auf die Fortschritte bei der Kristallherstellung und bei der Halbleitertechnologie ein. Beim Czochralski-Silizium geht der Trend inzwischen in Richtung von 8 Zoll-Wafern. Das GaAs wird auch weiterhin mengenmäßig eine eher untergeordnete Rolle spielen. Allerdings sind die III-V-Halbleiter für Anwendungen in der Informationstechnik wichtige gefragte Materialien. Besondere Probleme bei diesen Verbindungshalbleitern sind mit den verschiedenen intrinsischen und extrinsischen Defekten, die bei der Kristallzüchtung entstehen können, verbunden. Durch entsprechende Temperaturbehandlungen kann die Zahl dieser Defekte drastisch erniedrigt werden. Mit verschiedenen Epitaxie-Verfahren (MBE, LPE, MOCVD, etc.) können inzwischen zahlreiche hochintegrierte Bauelemente auf der Basis von III-V-Halbleitern hergestellt werden.

Die Zahl der Arbeitsgruppen, die sich weltweit mit Hochtemperatur-Supraleitern beschäftigen, ist in den letzten 3 Jahren explosionsartig angestiegen. Die Komplexität dieser Kristallsysteme stellt eine besondere Herausforderung an die Kristallzüchter dar. Es ist immer noch sehr schwierig, große, massive Einkristalle dieser oxidischen Supraleiter herzustellen. Als Alternative zu den Einkristallen wurde die Herstellung supraleitender Schichten, die in der Elektronik Anwendung finden könnten, vorgestellt.

Oxidkristalle, wie z. B. Granate, sind heute wichtige Materialien sowohl für Laserkristalle als auch für magnetische, magneto-optische und Mikrowellen-Anwendungen. Dafür werden große, optisch perfekte Einkristalle, bzw. dünne Schichten benötigt. Ein weiteres herausragendes Thema waren Materialien für Solarzellen, die einerseits aus "Bulk"-Kristallen, andererseits als dünne Schichten hergestellt werden.

Einer der Höhepunkte der Jahrestagung war die Verleihung des DGKK-Preises 1988 an Dr. Dieter Mateika. Die Laudatio hielt Frau Dr. Grabmaier. Sie würdigte vor allem seine Verdienste bei der Automatisierung von Kristallzüchtungsapparaturen und bei der Züchtung von Oxidkristallen.



Prof. Paorici (Mitte) überreicht dem DGKK-Preisträger Dr. Mateika das Präsent der AICC.



Kaffeepause während der Jahrestagung im Centro St. Elisabetta.

Die Möglichkeit, das bekannte MASPEC-Institut in Parma zu besichtigen, nutzte ein Großteil der Tagungsteilnehmer am Dienstagnachmittag. Sie konnten sich einen Eindruck über die Forschungsmöglichkeiten in dieser staatlichen Forschungsstätte machen. Den Abschluß dieses Tages bildete das hervorragende "Conference Dinner" mit einer typisch italienischen Speisefolge. Selten zuvor konnten bei einer solchen Gelegenheit so viele Ehepartner der Kristallzüchter begrüßt werden.

An dieser Stelle sei ganz herzlich den Organisatoren, insbesondere Herrn Dr. C. Frigeri, für die ausgezeichnete Vorbereitung und Durchführung dieser Tagung gedankt.

T. Hangleiter



Poster Session während der AICC-DGKK-Tagung



Centro Santa Elisabetta

# GAZZETTA DI PARMA

Anno 254 - N. 91 - L. 1.000

QUOTIDIANO D'INFORMAZIONE FONDATA NEL 1735

Lunedì 3 Aprile 1989

Convegno sui materiali per l'elettronica

## Le nuove frontiere della tecnologia

**Parma è scelta per fare il punto sullo stato della ricerca nel mondo - La manifestazione è sponsorizzata dalla Nato**

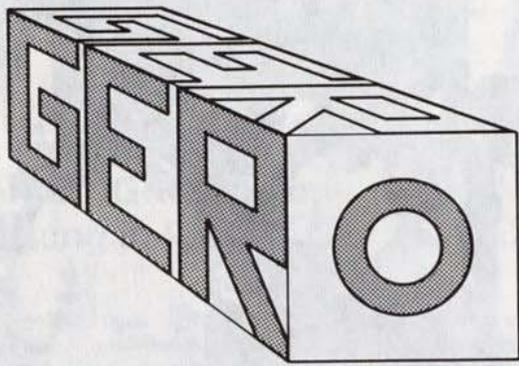
Per una settimana - da oggi - Parma sarà sede di incontro e di confronto tra ricercatori che si occupano di scienza dei materiali. Il primo appuntamento riguarda in particolare la crescita dei cristalli e si svolgerà dal 3 al 5 aprile presso il centro congressi "S. Elisabetta" (Campus universitario di via Langhirano). L'iniziativa è dell'Aicc (Associazione italiana crescita cristalli) che insieme alla sua corrispondente tedesco-occidentale Dssk (Deutsche Gesellschaft Kristallwachstum Kristallzüchtung) ha organizzato una verifica bilaterale tra due degli organismi scientifici più attivi in campo internazionale, allo scopo di discutere le metodologie di preparazione di materiali semiconduttori e magnetici.

La scelta di Parma non è casuale e dipende da almeno due elementi: L'esistenza di avanzate esperienze nella ricerca sui nuovi materiali (istituto Maspec del Cnr, istituti universitari), e, dal punto di vista pratico, la disponibilità di quello straordinario centro per congressi scientifici che è il "S. Elisabetta". E poiché nella scienza dei materiali è di fondamentale importanza l'interdisciplinarietà Parma offre, anche sotto questo profilo, tutte le competenze fisiche, chimiche e ingegneristiche presenti lungo la frontiera dell'innovazione tecnologica, così determinanti per lo stesso sviluppo economico-produttivo.

Uno dei campi in cui la ricerca dei nuovi materiali esprime meglio il proprio rapporto con il mondo industriale e con la nostra stessa vita quotidiana è quello dell'elettronica. Il problema infatti è di trovare materiali capaci di prestazioni sempre migliori sia dal punto di vista quantitativo che dal punto di vista qualitativo. Computer, sistemi di telecomunicazione e laser sono alcuni dei settori in cui la competizione tecnologica sta assumendo ritmi elevati. E in questo senso l'incontro italo-tedesco del 3-5 aprile rappresenta un implicito riconoscimento dei risultati raggiunti anche da noi in questo settore. Lo confermano le stesse iscrizioni pervenute nei giorni scorsi al Maspec, dove è insediata la segreteria: saranno presenti 140 ricercatori provenienti dal mondo accademico, da istituti Cnr (o simili) e dall'industria. Cioè i 3 fronti in cui si combatte la guerra dell'innovazione.

Il 2o convegno, dal 6 al 7 aprile, ha invece per argomento l'applicazione al calcolatore di modelli matematici nei processi di crescita dei cristalli. Si tratta, almeno per l'Italia, di un tema recente, benché ormai necessario rispetto al grado di sviluppo della ricerca specifica. In pratica occorre mettere a punto sul piano teorico la scienza dei materiali. Al riguardo vi sarà il contributo di una dozzina di relatori invitati (da Europa, Usa e Giappone) e di circa 70 ricercatori iscritti.

"La nostra - spiega Carlo Paorici dall'Università di Parma - è una scienza giovane: ha una trentina d'anni. Ma è una scienza in forte crescita, capace di aggregare diverse discipline offrendo spunti decisivi al progresso tecnologico". Il comitato organizzatore dei due convegni è presso l'istituto Maspec e, dato il rilievo scientifico dell'iniziativa, il 2o appuntamento (caratterizzato da spiccata internazionalità) ha ottenuto il sostegno di molti enti (fra cui la Provincia e il Comune di Parma) mentre lo sponsor più prestigioso è la Nato.

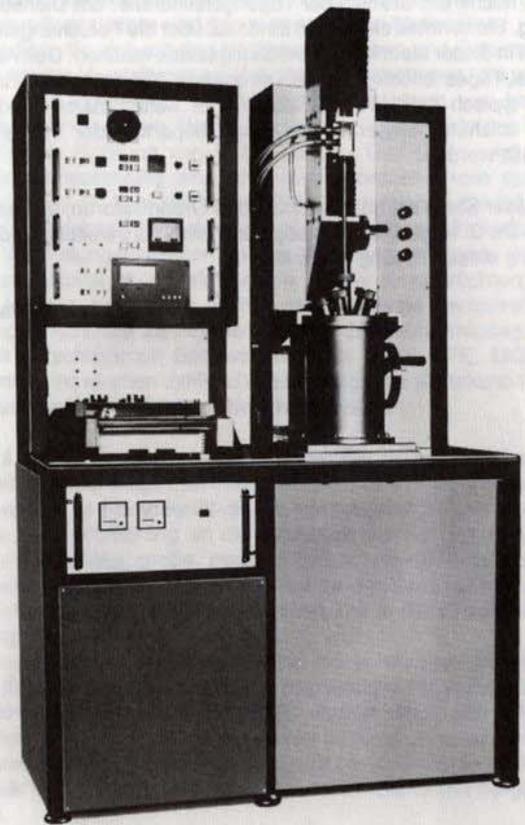


## GERO Hochtemperaturöfen GmbH

- Hochtemperaturöfen
- Anlagen zur thermischen Materialbehandlung und Kristallzüchtung
- Kristallzüchtungszubehör

### GERO-Hochtemperaturöfen GmbH

Monbachstraße 7  
D-7531 Neuhausen  
Tel. 07234/6136  
Telex 783309 gero d



Labor-Czochralski Kristallziehanlage



Bridgman Kristallziehanlage

#### Lieferprogramm:

- Standard-Rohröfen bis 1100 °C
- Standard-Rohröfen bis 1300 °C
- Mehrzonen-Rohröfen bis 1100 °C bzw. 1300 °C
- Rohröfen ein- und mehrzonig bis 1700 °C
- Zehnzonen-Rohröfen bis 1300 °C für spezielle Temperaturprofile
- (z.B. für Epitaxie und Kristallzüchtung)
- SiC-Rohr- und Kammeröfen bis 1500 °C
- Kammer- und Tiegelöfen (auch mit pneumatischem Aushub) bis 1700 °C
- Pyrometer Kalibrieröfen bis 2300 °C
- Schutzgas- und Vakuumöfen bis 3000 °C
- Lichtbogenöfen und Schmelzanlagen
- Bewegungseinrichtungen für Öfen und Proben
- Zonenschmelzanlagen
- Kristallziehanlagen (Bridgman und Czochralski)
- Wärmerohre (heat pipes)
- Sonderöfen- und Anlagenbau
- Sämtliche Temperatur- und Motorregeleinheiten
- X-Y-Schreiber (Ein- und Mehrkanal, auch mit Nullpunktunterdrückung)
- Diamantdrahtsägen zur Kristallpräparation

First NATO - Workshop on  
**Computer Modelling  
 in Crystal Growth from the Melt**

Date: 6<sup>th</sup> and 7<sup>th</sup> April 1989

Location: Parma, Italy — Centro Congressi S. Elisabetta, Nuovo Campus Universitario

In Parma fand am 6. und 7. April - also unmittelbar im Anschluß an die AICC/DGKK-Jahrestagung der 1. NATO Workshop zum Thema Computer Modelling in Crystal Growth from the Melt statt. Dieser Arbeitskreis wurde unter Leitung von Prof. G. Müller in einer deutsch-italienischen Zusammenarbeit durchgeführt. Als Austragungsort diente ebenfalls das historische Gebäude des Centro Congressi Santa Elisabetta inmitten des neuen Universitätsgeländes. Das milde, wenn auch teilweise regnerische Klima des italienischen Frühlings und die ausgezeichnete Küche trugen zu einem angenehmen Umfeld bei.



Eröffnung des NATO-Workshops in Parma durch Prof. Paorici als lokales Mitglied des Organisationskomitees, dem Dekan der Naturwissenschaftlichen Fakultät Prof. Albanese und dem Chairman des Workshops Prof. Müller (v.r.n.l.).

Eine Besonderheit der Organisationsform war die Darstellung der angemeldeten Beiträge. Diese wurden in 10 minütiger Darstellung dem Hörerkreis vorgestellt und in eigenen Postersitzungen diskutiert. Dies erst machte das geplante Höchstmaß an Durchsatz von über 40 angemeldeten, zu den 8 eingeladenen, Vorträgen möglich.

Nach der Begrüßung der Teilnehmer durch den Dekan der Universität Prof. Albanese und durch Prof. C. Paorici, als Vertreter des italienischen Organisationskomitees, wurde der Arbeitskreis durch Prof. G. Müller mit einem Überblick über das wissenschaftliche Programm eröffnet. Die einfache und abstrakte Einteilung des Kristallzuchtungsproblems in Kristall, fluider Phase und der Phasengrenze zwischen beiden ließ fast vergessen, daß es sowohl bei der Kunst als auch der Wissenschaft Kristalle zu züchten noch Probleme gibt.

Sowohl in den eingeladenen, als auch angemeldeten Beiträgen spielte diese Phasengrenze nur die Rolle einer freien Phasengrenze, deren Ort sich aus dem Zusammenspiel der Transportvorgänge zwischen beiden Phasen ergibt. Etwa 8 % der Beiträge befaßten sich mit den Transportvorgängen in der fluiden Phase, während die verbleibenden 15 % allein die Kristallzuchtungsprobleme im Festkörper betrachteten. Die in Postern vorgestellten Arbeiten zeigten etwa die gleiche Themenverteilung wie die eingeladenen Vorträge.

Den Beginn der ersten Gruppe von Vorträgen macht S. Carra mit seinem Vortrag Fundamentals on Convection in Melt Growth. In seinem Einführungsvortrag führte Carra den Zusammenhang zwischen konvektiven Transportvorgängen in der Schmelze und Inhomogenitäten der Stoffeigenschaften in den gewachsenen Kristallen noch einmal deutlich vor Augen. Damit brachte die im Weiteren stillschweigend vorausgesetzte Motivation zur numerischen Simulation der instationären Konvektion auf einen Punkt.

A. A. Wheeler (Boundary Layer Models in Czochralski Crystal Growth) zeigte die sinnvolle Verwendung von Grenzschichtmodellen, wenn es um das Verständnis der Transportvorgänge in der flüssigen Phase geht. Dann steht der didaktische Aspekt im Vordergrund und Grenz-

schichtmodelle führen zu qualitativen anschaulichen Beschreibungen. Auf der anderen Seite folgt aus der Tatsache, daß Strömungsvorgänge oft Grenzschichten ausbilden die Gefahr, daß numerische Berechnungen mit zu grobem Raster zu erheblichen Fehlern führen können. Nicht zuletzt aus diesem Grund wurde von Wheeler die Aufstellung von Modellsituationen vorgeschlagen. Damit könnten dann auch verschiedene Rechenverfahren und Computer in ihrer Leistungsfähigkeit besser verglichen werden.

Von R. A. Brown wurde die Modellierung des Czochralski-Verfahrens mit und ohne flüssig Abdeckung behandelt. Der Schwerpunkt lag dabei in einer integrierten Simulation der Transportvorgänge sowohl in der Schmelze, als auch im Kristall unter Berücksichtigung der Wechselwirkung mit dem Tiegel und der Umgebung. Die Analyse der Konvektion in der flüssigen Phase wurde 2-dimensional durchgeführt. Nach seinen Aussagen ist die 2D-Simulation gut geeignet, die Form der Phasengrenze zu berechnen, nicht aber um Fragen der Segregation zu klären.

N. Riley (Species Transport in Magnetic Field Czochralski Growth) berichtete über den Einfluß eines Magnetfeldes auf den Einbau von Fremdatomen in den wachsenden Kristall. Eine besondere Rolle spielte dabei ein inhomogenes, äußeres, axiales Magnetfeld.

In seinem Beitrag über die numerische Simulation des Czochralski-Verfahrens führte M. Mihelcic (Instability of the Buoyancy Driven Convection in Si-Melts During Czochralski Crystal Growth) vor, wie empfindlich das Verhalten der schwerkraftgetriebenen Konvektion von den Randbedingungen abhängt. Untersucht wurde dabei der Einfluß von unsymmetrischen Randbedingungen wie auch von der Variation geometrischer Größen.

J. Völkl (A New Model for the Calculation of Dislocation Formation in Semiconductor Melt Growth by Taking into Account the Dynamics of Plastic Deformation) stellte ein Modell der Versetzungsbildung beim Kristallwachstum aus der Schmelze vor, das das Modell des sog. 'critical resolved shear stress' künftig ablösen könnte. Die Vergleiche zwischen experimentellen Ergebnissen und durch die Simulation gewonnenen Werten zeigten eine sehr gute, viel versprechende Übereinstimmung.

M. J. Crochet (Modelling of Bridgman Techniques) zeigte in seinem Beitrag, daß die Einbeziehung der näheren thermischen Umgebung



Prof. Hurlé (l.) und Prof. Wenzel vom wiss. Programmkomitee mit Gattinnen beim Aperitif.



Die Computer-Modellierer Prof. Brown (MIT) und Prof. Crochet (Univ. Louvain) warten zusammen mit Dr. Nagel (Wacker) auf den Beginn des Workshop Dinners.



Das Workshop Dinner ist in vollem Gang, der Chairman ist eingerahmt von seinen beiden Workshop Secretaries Dr. Fornari (l.) und D. Hofmann.

der Kristallzüchtungsanordnung zu einer besseren Beschreibung der thermischen Verhältnisse und damit der Kristallzüchtung führt. Dies liegt unter anderem daran, daß auch nichtlineare Wechselwirkung, wie Wärmeübertragung durch Strahlung besser in das Kristallzüchtungsmodell eingebaut werden können.

B. Roux (Numerical Simulation of Oscillatory Convection in Semiconductor Melts) stellte numerische Ergebnisse zum Einsetzen oszillatorischer Strömungszustände vor. Wesentlicher Punkt war eine Zusammenfassung der Ergebnisse aus einem GAMM-Workshop in Marseille, bei dem Testprobleme zu oszillatorischer Konvektion diskutiert wurden. Dies könnte als Vorbild und Ergänzung zu der Anregung A. A. Wheelers dienen, ebensolche Testprobleme für numerische Verfahren in der Kristallzüchtung zu definieren. An diesen könnten dann Vergleiche von Verfahren und Rechenanlagen unter und innerhalb verschiedener Arbeitsgruppen angestellt werden.

Das Resümee über den momentanen Stand kann nach dieser Arbeitskreis-Tagung wie folgt formuliert werden:

1. Die Simulation zur Kontrolle des Kristallzüchtungsprozesses wird zum derzeitigen Stand durch Verfahren abgedeckt, die die thermische Umgebung um die Anordnung von Kristall und Schmelze mit einbeziehen. Verwendet werden in diesem Bereich Verfahren mit finiten Elementen. Wegen des hohen Rechenaufwandes, der mit der Simulation von Crash-Tests in der Automobilindustrie vergleichbar ist, beschränken sich diese Simulationen auf 2D-Ansätze.
2. Die Untersuchung von konvektiven Transportvorgängen wird inzwischen mit 3D-Simulationen unter Einbeziehung zeitabhängiger Strömungszustände durchgeführt. Wegen möglicher einfacher Geometrien kann in diesem Fall auf im allgemeinen schnellere Verfahren mit finiten Differenzen zurückgegriffen werden. In den Anfängen steht die Verwendung von sog. Multigrid-Verfahren zur Beschleunigung der Konvergenz. Modellexperimente zeigen eine sehr gute Übereinstimmung mit den numerischen Ergebnissen.
3. Probleme der axialen und radialen Segregation von Dotierstoffen und von Mischkristallsystemen werden im Wesentlichen mit 1D- und 2D-Simulationen durchgeführt. Die 3D-Simulation solcher

Vorgänge steht bevor. Auch Grenzschichtmodelle finden in diesem Bereich Anwendung.

4. Die Simulation der Defektbildung im wachsenden Kristall ist nach Vorgabe der thermischen Geschichte des Kristalls mit Methoden der Plastizitätstheorie aus dem Bereich der Festkörperphysik möglich. Eine Integration in eine Simulation und Optimierung des gesamten Kristallzüchtungsvorganges steht jedoch noch aus.

Rückblickend kann gesagt werden, daß den Teilnehmern ein komprimierter Überblick über den momentanen Stand der Forschung in diesem angewandten Gebiet der Simulationsrechnung im Bereich der Kristallzüchtung gegeben wurde, wie es sicher nur bei wenigen Gelegenheiten möglich sein kann.

H.-J. Sell

## VORTRAGSTAGUNG DER FACHGRUPPE FESTKÖRPERCHEMIE

Unter dem Thema "Ungewöhnliche Valenzzustände in Festkörpern" fand vom 28. bis 30. September 1988 in Erlangen die 5. Vortragsagung der Fachgruppe Festkörperchemie in der Gesellschaft Deutscher Chemiker (GDCh) statt. Über 130 Teilnehmer erlebten eine sehr interessante Tagung mit 16 Vorträgen und 56 Poster-Beiträgen. Durch die Tagung zog sich die Diskussion um die Definition des Begriffes Valenz. Prof. Zinn (Jülich) zeigte in seinem Einführungsreferat vom Standpunkt des Physikers und des Chemikers die verschiedene historische Entwicklung dieses Begriffes. Prof. Amthauer (Salzburg) machte am Beispiel des Eisens in oxidischen Kristallen die Problematik deutlich, wobei Begriffe wie Elektronenaustausch bzw. Valenzfluktuation oder Delokalisierung von Elektronen auftauchten. Auch die oxidischen HTcSupraleiter spielten bei der Diskussion eine Rolle unter anderen bei dem Vortrag über "Gemischte Valenzen bei Anionen" von Prof. Jellinek (Groningen). Eine gelungene Einlage war der Vortrag von Prof. Oel (Erlangen) aus dem Bereich der Keramik, wobei im Mittelpunkt der gegenüber einem Einkristall viel komplexere Zustand eines keramischen Festkörpers stand. Die Vorträge wurden ergänzt durch eine Besichtigung der Abteilung Hochtemperatur-Supraleitung und Sensorik im Forschungslaboratorium der Firma SIEMENS.

Im Ganzen eine sehr gelungene Veranstaltung.

W. Tolksdorf

## Symposium - Photovoltaische Materialien -

Badenweiler 2. - 4. November 1988

Die Gruppe Francais de Croissance Cristalline (GFCC) und die Deutsche Gesellschaft für Kristallwachstum und Kristallzüchtung (DGKK) veranstalteten das 1. gemeinsame Symposium über Photovoltaische Materialien. Die grundsätzliche Idee dieses Symposiums war, die Zusammenarbeit zwischen den französischen und deutschen Kollegen beider Gesellschaften intensiver zu gestalten und neue Kontakte zu knüpfen. Es sollten alle Klassen von Materialien für photovoltaische Anwendung diskutiert und auf ihre zukünftigen Chancen untersucht werden. Das einkristalline Silicium sollte zugunsten des polykristallinen Siliciums in den Hintergrund treten. Ein Schwerpunkt lag ferner auf der Vorstellung von Methoden zur Charakterisierung der Materialien, speziell auch von Defekten und Verunreinigungen. Die Organisation des Symposiums wurde vom Kristallographischen Institut der Uni Freiburg (K. W. Benz), dem CRNS Straßburg (J. C. Muller, P. Siffert) und dem Fraunhofer-Institut für

Solare Energiesysteme in Freiburg (A. Eyer, F. Lutz, A. Räuber) getragen. Dem Programmkomitee gehörten Persönlichkeiten der Universitäten, verschiedener Forschungseinrichtungen und von Firmen beider Länder an. Es nahmen 73 Personen (1/3 aus Frankreich, 2/3 aus Deutschland) an dem Symposium teil. Nahezu alle Arbeitsgruppen, die sich mit photovoltaischen Materialien beschäftigen, waren vertreten und stellten Arbeiten und Ergebnisse vor. Das Symposium war in einzelne Sitzungen unterteilt, die folgende Materialklassen zum Thema hatten: II-VI- und III-V-Verbindungen sowie kristallines Silicium. Abgerundet wurde das Programm durch sogenannte Round-Table-Diskussionen, in denen sich jeder Teilnehmer zu ganz speziell vom Moderator ausgewählten Einzelthemen äußern konnte. Zu Beginn richtete Prof. Goetzberger (FhG-ISE, Freiburg) eine Grußadresse an die Teilnehmer. Das Interesse der EG an der PV-Entwicklung wurde ausführlich von Herrn Dr. Palz von der EG-Kommission in Brüssel dargestellt. Er lud die Anwesenden eindringlich ein, gemeinsame Projekte zu überlegen und Anträge an die EG zu stellen. Die ersten beiden Übersichtsvorträge stellten dann die Gesamtsituation der Photovoltaik von französischer und deutscher Sicht dar. Dabei wurde gezeigt, daß eine ganze Reihe von Firmen beträchtliche Anstrengungen unternehmen, unterschiedliche Solarzellenmodule (einkristalline, poly-kristallines und amorphes-Si) zu entwickeln und zu verkaufen. Hier sind bereits länderübergreifende Organisationen gebildet. Der finanzielle Forschungs- und Entwicklungsaufwand steigt in beiden Ländern, wobei die Förderung in der BRD deutlich zugenommen hat.

In der 1. Sitzung wurde in Form von Kurzvorträgen über die II-VI-Materialien und andere Verbindungshalbleiter berichtet, die teilweise auch als Basisentwicklungen gelten können, aber auch schon hohe Perfektion und gute Solarzellenwirkungsgrade zeigen. Im System ZnO-CdS-CuInSe<sub>2</sub> wurde ein Wirkungsgrad bis 12 % berichtet. In dieser Materialgruppe steht die Suche und Erprobung neuer Materialien und die Entwicklung der notwendigen Herstellungsverfahren im Vordergrund. Folgende Materialien wurden genannt und näher diskutiert: CdTe, FeS<sub>2</sub>, CuP<sub>2</sub>, WSe<sub>2</sub>, Zn<sub>3</sub>P<sub>2</sub>, CdSiAs<sub>2</sub>, CuGaSe<sub>2</sub>, ZnCr<sub>2</sub>Se<sub>4</sub>, MoSe<sub>2</sub>. In dieser Materialklasse steht hauptsächlich der geringe Materialbedarf für dünne Zellen, die preiswerten Trägermaterialien und die Verwendung kostengünstiger Abscheideverfahren im Vordergrund. Das Wechselspiel zwischen Kristallstruktur, chemischen Elementen und der Bindungszustände ist Arbeitsgrundlage zur Erzielung von hoffnungsvollen Materialien unter Verwendung der Dünnschichttechnik.

Die 2. Sitzung befaßte sich mit den III-V-Materialien GaAs und GaAlAs. Verschiedene Verfahren (MOCVD, LPE, VPE) werden zur Schichtherstellung verwendet und erprobt, um dünne GaAs und GaAlAs-Schichten (O<Al<0,90) herzustellen und den Erfolg der Epitaxie durch die Herstellung von Solarzellen und Messen des Wirkungsgrades zu überprüfen. Es werden Epitaxieprozesse für sogenannte Heterofacezellen aus GaAs und GaAlAs entwickelt, die Wirkungsgrade bis 23,9 % zeigten. Weiterhin wurde über Versuche sogenannter Tandemstrukturen herzustellen berichtet, das sind Kombinationen von GaAs und Si-Solarzellen, bei denen die Si-Zelle den roten Anteil des eingestrahelten Lichts ausnutzt. Das Silicium wird außerdem zunehmend als preiswertes Substratmaterial (statt GaAs-Substrat) für GaAs-Zellen verwendet. Versetzungen und Wachstumsinhomogenitäten an den Grenzflächen sind derzeit noch unge löste Probleme für den Erfolg dieser Strukturen, die besonders wegen ihrer hohen thermischen Stabilität, der Strahlungsresistenz und der zu erwartenden hohen Wirkungsgrade interessant sind. In zwei weiteren Sitzungen wurden Arbeiten zum Siliciumbereich vorgestellt. Zunächst wurde über die unterschiedlichen Herstellungs- und Reinigungsmethoden des Siliciumausgangsmaterials berichtet und der Einsatz unterschiedlich reinen Materials (solar grade u. a.) und die davon abhängige Fertigungs- und Preissituation für die Solarzellen unter industriellem Blickwinkel diskutiert. Einen breiten Raum nahm in beiden Sitzungen die Herstellung von Polysilicium und eine Vielzahl von optischen und elektrischen Untersuchungsmethoden ein. Die Entwicklungen von Methoden zur Herstellung von folgenden polykristallinen Materialien: S-WEB, PLAT, RAFT, POLYX, SILSO, SSP (sog. Bänder, Block und Platten) zeigen einen Weg für eine zukünftige Produktion von preiswerten Solarzellen neben den angestammten Solarzellen aus einkristallinem Silicium. Einige Beiträge beschäftigten sich intensiv mit dem Problem der Sauerstoff- und Kohlenstoffgehalte und deren notwendige Reduzierung. Die Betrachtungen über die Passivierung der Defekte und Korngrenzen und zur Wachstumskinetik zeigen, daß das polykristalline Silicium über den heutigen Stand von 11 - 14 % Wirkungsgrad hinaus verbessert

werden kann.

Herr Prof. Siffert dankte zum Abschluß allen Beteiligten und stellte fest, daß das Symposium ein Erfolg war. Es besteht die Absicht, weitere Symposien dieser Art im Turnus von 2 Jahren zu veranstalten. Zur Zufriedenheit der Teilnehmer trug die gepflegte Atmosphäre in einem schönen Hotel bei. Trotz des dichtgedrängten Programms blieb durch das räumliche Zusammenbleiben der Teilnehmer bei vorzüglichen Essen und in den Pausen noch Zeit zum Gedankenaustausch. Viele Teilnehmer nutzten am Ende der Veranstaltung die Gelegenheit, das Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme in Freiburg zu besuchen.

Das Programm und die Zusammenfassung der Vorträge können in gehefteter Form gegen Voreinsendung von DM 10,00 für die Unkosten bei mir angefordert werden

F. Lutz (FhG-ISE, Oltmannstraße 22, 7800 Freiburg)

## Schmunzelecke

### Nachlese von Parma

Italienisch für Kristallzüchter

italienisch	deutsch
molto bene	Tausendfüßler
garibaldi	Schnellkochtopf
piazza pilotta	Cockpit

### Kleine Weisheiten

*Die Angaben zur Person sind immer das, was mit der Person am wenigsten zu tun hat.*

Ingeborg Bachmann

*Von allen Stimmen, die aus mir sprechen, ist meine die schwächste.*

Martin Walser

*Wer A sagt, muß nicht B sagen. Er kann auch erkennen, daß A falsch war.*

Bertolt Brecht

*Die einzige Gewähr für das wirkliche Wissen ist das Können.*

Paul Valéry

*Es gibt immer noch Leute, die Individualismus und Kult der Persönlichkeit verwechseln.*

Albert Camus

*Das größte Vergnügen aller Geizhalse besteht darin, sich ein Vergnügen zu versagen.*

Gottfried Benn

*Es gibt immer Menschen, die sich immer angegriffen wähnen, wenn jemand eine Meinung ausspricht.*

Christian Morgenstern

## Kristallzüchtung im Weltraum



"Verstehen Sie, hier unten lohnt sich so etwas gar nicht mehr!"  
Horst Haitzinger

## Tagungskalender

1989

**04. - 06. Mai** Siegen/D  
Hauptversammlung der Deutschen Bunsengesellschaft für Physikal. Chemie e.V. über Reaktionen: Dynamik und Kinetik in Festen Körpern

Deutsche Bunsengesellschaft für Physikal. Chemie e. V., z. H. Herrn Dr. H. Behret, Varrentrappstraße 40 - 42, 6000 Frankfurt/Main 90

**09. - 13. Mai** Venedig/I  
NATO Advanced Research Workshop on Spectroscopy of Semiconductor Microstructures  
Cavendish OLaboratory, attn.: Dr. G. Fasol, Madingley Road, Cambridge CB3 0HE, U. K.

**22. - 25. Mai** Berlin/D  
5. Internat. Symp. on Graphite Intercalation Compounds  
FU Berlin, FB Physik, z. H. Dr. F. W. Froben, Arminiallee 14, 1000 Berlin 33

**30. Mai - 02. Juni** Strasbourg/F  
Symp. on Science and Technology of Defects in Silicon

Heliotronic G.m.b.H., z. H. P. Wagner, Postfach 11 29, D-8263 Burghausen

**30. Mai - 02. Juni** Strasbourg/F  
3. Internat. Symp. on Silicon Molecular Beam Epitaxy

AEG Forschungszentrum, z. H. E. Kasper, Postfach 23 60, D-7900 Ulm

**Juni** /USA  
Gordon Research Conference on Solid State Ionics (GRC-SSI)

Oak Ridge Nat. Lab., attn.: Dr. J. B. Bates, P.O.Box 10, Oak Ridge, TN 37830, USA

**01. - 11. Juni** Erice/I  
Internat. School of Crystallography, 15. Course: Three Dimensional Molecular Structure and Drug Action

Universita di Bologna, Instituto di Mineralogia, attn.: Prof. L. Riva di Sanseverino, 1, Piazza Porta San Donato, I-40126 Bologna, Italien

**05. - 06. Juni** Bad Honnef/D  
DFG Rundgespräch zum SPP II-VI-Halbleiter  
W. Gebhardt, Univ. Regensburg

**05. - 07. Juni** Montpellier/F  
3. European Workshop on Metalorganic Vapor Phase Epitaxy (EW-MOVPE III)

Prof. G. Bougnot, Centre d'Electronique de Montpellier, Universite des Sciences et Techniques du Languedoc, Place E. Batallon, F-34060 Montpellier Cedex

**12. - 15. Juni** Ogunquit (ME)/USA  
Internat. Conf. on Narrow Gap Semiconductors and Related Materials

Univ. of North Texas, attn.: Dr. D. G. Seiler, P.O.Box 5368, Denton, TX 76203, USA

**19. - 23. Juni** Cambridge (MA)/USA  
MIT Summer Session Program: Engineering of Semiconductor Materials GaAs and Si

Office of the Summer Session, 50 Ames, Room E19-356, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, Massachusetts, USA

**26. - 30. Juni** Pardubice/CZ  
2. Internat. Symp. on Solid State Chemistry

Institute of Chemical Technology, attn.: Dr. L. Koudelka, Leninovo nam., 565, CS-53210 Pardubice, Czechoslovaika

**01. - 15. Juli** Erice/I  
Internat. School of Materials Science and Technology, 18. Course: Early and Recent Aspects of Superconductivity

Univ. degli Studi, Dipt. di Fisica, attn.: G. Benedek, 16, via Celoria, I-20133 Milano, Italien

**03. - 07. Juli** Swansea/U. K.  
6. Internat. Conference on Numerical Methods for Thermal Problems

Kernforschungsanlage Jülich GmbH, Zentralabteilung Allgemeine Technologie, z. H. Herrn Dr.-Ing. J. F. Stelzer, Postfach 19 13, 5170 Jülich

**11. - 15. Juli** Swansea/U. K.  
6. Internat. Conference on Numerical Methods in Laminar and Turbulent Flow

University of Swansea, Dept. of Civil Engineering, attn.: Prof. C. Taylor, Singleton Park, Swansea SA2 8PP, U. K.

**26. - 29. Juli** Trieste/I  
Adriatico Conf.: Towards the Theoretical Understanding of High Tc Superconductors

Internat. Centre for Theoretical Physics, 1989, P.O.Box 586, I-34100 Trieste, Italien

**13. - 26. August** Bad Windsheim/D  
NATO Advanced Study Inst. on High Temperature Superconductors Physics and Material Sciences

Ruhr-Universität Bochum, Physik Dept., attn.: Prof. Dr. S. Methfessel, Postfach 10 21 48, D-4630 Bochum 1

**20. - 25. August** Sendai/Japan  
International Conference on Crystal Growth (ICCG-9)

Prof. T. Nishinaga, ICCG-9 General Secretary, c/o Inter Group Corporation, Akasaka Yamakatsu Bldg, 8-5-32, Akasaka Minato-ku, Tokyo 107, Japan

**26. - 31. August** Zao hot Spring/Japan  
International Summer School on Crystal Growth (ISSCG-7)

Prof. H. Komatsu, ISSCG-7 Chairperson, c/o Inter Group Corporation, Akasaka Yamakatsu Bldg, 8-5-32, Akasaka Minato-ku, Tokyo 107, Japan

**20. - 29. August** Moskau/UdSSR  
12. European Conf. on Crystallography and 2. Crystallographic Exhibition

Expocentre CCI, 1a Sokolnicheski val, Moscow 107113, UdSSR

**21. - 26. August** Asheville (NC)/USA  
13. Biennial Internat. conf. on Amorphous and Liquid Semiconductors (ICALS-13)  
1. Internat. Conf. on Amorphous Semiconductor Technology

North Carolina State Univ., Dept. of Physics, attn.: Prof. D. Sayers, P.O. Box 8202, Raleigh, NC 27695, USA

**28. August - 01. September** Kracow/Polen  
12. Internat. Conference on X-Ray Optics and Microanalysis (IX-COM-12)

Academy of Mining and Metallurgy, Inst. of Metallurgy, attn.: S. Jasienska, 30 al. Michiewicza, PL-30-59 Krakow, Poland

**September** Wien/A  
15. European Solid-State Circuits Conference (ESSCIRC-15)

VDE-Zentralstelle Tagungen, Stresemannallee 15, 6000 Frankfurt

**10. - 15. September** Oxford/U. K.  
7. Conference on Fluid and Materials Science in Microgravity

Microgravity Office, European Space Agency, 8 - 10 Rue Mario-Nikis, F-75738 Paris cedex 15, France

**11. - 14. September** Berlin/D  
ESSDERC, Hans-Christian Petzold, Conference Secretary ESSDERC 89, Fraunhofer Institut für Mikrostrukturtechnik, Dillenburger Straße 53, D-1000 Berlin 33

**17. - 22. September** Bonn/D  
22. GDCh - Hauptversammlung

GDCh-Geschäftsstelle, Abt. Tagungen, Postfach 90 04 40, 6000 Frankfurt/Main 90

**17. - 22. September** Berlin/D  
4. International Conference on II-VI-Compounds

Dr. J. Gutowski, Secretariat to II-IV-89, PN 5-1, Inst. für Festkörperphysik, Tech. Universität Berlin, Hardenbergstr. 36, D-1000 Berlin 12

**17. - 22. September** Yokohama/Japan  
International Conference on the Science and Technology of Defect Control in Semiconductors

Prof. K. Sumino, Institute for Materials Research, Tohoku University, 2-1-1 Katahira, Sendai 980, Japan

**22. - 25. September** Tokyo/Japan  
3. International Conference on Defect Recognition and Image Processing for R&D of Semiconductors (DRIP-III)

Prof. T. Ogawa, Dept. of Physics, Gakushuin University, 1-5-1 Mejiro, Toshima-ku, Tokyo 171, Japan

**25. - 29. September** Karuizawa/Japan  
International Conference on GaAs and Related Compounds

Prof. T. Katoda, Research Center for Advanced Science and Technology, University of Tokyo, 4-6-1 Komaba, Meguro-ku, Tokyo 153, Japan

**25. - 29. September** Köln/D  
11. Internat. Vakuum-Kongreß und 7. Internat. Konf. über Festkörperoberflächen

Universität Münster, Physikalisches Inst., z. H. Herrn Prof. Dr. A. Benninghofen, Wilhelm-Klemm-Straße 10, 4000 Münster

**25. - 29. September** Freiburg/D  
9. European Photovoltaic Solar Energy Conf. and Exhibition

WIP, Sylvensteinstr. 2, 8000 München 70

**25. - 30. September** Budapest/Ungarn  
1. Internat. Conference on Epitaxial Crystal Growth

Hungarian Academy of Sciences, Research Inst. for Technical Physics, attn.: E. Lendvay, Ujpest 1, P.O. Box 76, H-1325 Budapest

**08. - 11. Oktober** Monterey (CA)/USA  
4. Biennial Workshop on Organometallic Vapor Phase Epitaxy (OMVPE-4)

Minerals, Metals and Materials Society, attn.: Ms. B. Kamperman, 420, Commonwealth Dr., Warrendale, PA 15086, USA

**12. - 13. Oktober** Berlin/D  
Arbeitskreis R6-Topographie

Prof. H. Bradaczek, Inst. für Kristallographie, FU Berlin, Takustr. 4, 1000 Berlin 30

**19. - 20. Oktober** Erlangen/D  
DGKK-Arbeitskreis: Herstellung und Charakterisierung von massiven GaAs und InP Kristallen

Prof. A. Winnacker, Siemens AG, AMF 33, Güther-Scharowsky-Straße, 8520 Erlangen

**23. - 28. Oktober** Budapest/Ungarn  
2. Symposium on Shaped Crystal Growth (SSCG-2)  
5. Hungarian Conf. on Crystal Growth (HCCG-V)  
Optical Crystal Conference

Dr. J. Kalejs, Mobil Solar, 4 Suburban Park Drive, Billerica, Massachusetts 01821-3980, USA

**30. September - 04. Oktober** Ustron/Polen  
Internat. Conf. on High Tc Thin Films and Single Crystals

Polish Academy of Sciences, Inst. of Physics, ON-3, attn.: Dr. M. W. Gutowski, 32/46 Al., Lotnikow, PL-02-668 Warsaw

**06. - 10. November** Berlin/D  
19. European Solid-State Device Research Conf. (ESSDRC-19)

Österr. Forschungszentrum, z. H. Frau I. Krauss, A-2440 Seibersdorf, Österreich

**22. - 24. November** Aachen/D  
Europ. Conf. on Advanced Materials and Processes EUROMAT 89

Deutsche Gesellschaft für Metallkunde e.V., Adenauerallee 21,  
6370 Oberursel

**04. - 07. Dezember** Boston (MA)/USA  
34. Conf. on Magnetism and Magnetic Materials

Courtesy Associates Inc., 655 15th St., NW, Suite 300, Washington  
DC 20005, USA

**11. - 13. Dezember** Houston (TX)/USA  
2nd Int. Conf. On Chemical Beam Epitaxy And Related Growth  
Techniques (Including MOMBE, GSMBE and LP-MOPVE)

Dr. Y.-M. Houg, Technical Program Chairman, Hewlett-Packard  
Laboratories, 3500 Deer Creek Road, Bldg. 26M, Palo Alto, CA  
94304, USA

**1990**

**18. - 23. März** San Diego (CA)/USA  
SPIE Symp. on Advances in Semiconductors and Superconductors:  
Physics Toward Device Applications

Soc. of Photo-Optical Instrumentation Engineers, P.O.Box 10, Bel-  
lingham WA 98227, USA

**01. - 07. April** Budapest/Ungarn  
1st Internat. Conf. on Epitaxial Crystal Growth (EPI-1)

Dr. E. Lendvay, Research Inst. for Technical Physics, Hungarian  
Academy of Sciences, Ujpest 1, P.O. Box 76, Hungary-1325

**04. - 06. April** Lisbon/Portugal  
10. General Conf. of the Condensed Matter Div. of the EPS

Univ. do Porto, Faculdade de Ciencias, Lab. de Fisica, attn.: J. B.  
Sousa, Rua Die Manuel II, P-4003 Proto Cedex, Portugal

**Juni** Beijing/China  
Internat. Materials Research Conf. (C-MRS)

Chinese Society of Metals, attn.: Prof. T. Shaojie, 46 Dongsixi Dajie,  
Beijing, Peoples Republic of China

**19. - 28. Juli** Bordeaux/F  
16th General Assembly and International Congress of Crystallogra-  
phy

Prof. M. Hospital, Laboratoire de Cristallographie et de Physique  
Cristalline, Universite de Bordeaux 1, 351 Cours de la Liberation, F-  
33405, Talence

**03. - 08. September** Groningen/NL  
6. Eurotropical Conf.: Lattice Defects in Ionic Crystals

Rijksuniversiteit Groningen, Solid State Physics Lab., attn.: H. W.  
den Hartog, 1 Melkweg, NL-9718 EP Groningen

**04. - 08. September** Amsterdam/NL  
8. General Conf. of the European Physical Society (EPS)

FOM - Institute for Atomic and Molecular Physics, attn.: Ms. L. Roos,  
P.O. Box 41883, NL-1009 DB Amsterdam

**10. - 13. September** Nottingham/U. K.  
20. European Solid State Device Research Conf. (ESSDERC-20)

Institute of Physics, Meeting Office, 47, Belgrave Square, London,  
SW1X 8QX

**18. - 20. September** Garmisch-Partenkirchen/D  
11. Symp. für industrielle Kristallisation

GVC-VDI, Postfach 11 39, 4000 Düsseldorf

**24. - 27. September** St. Helier (Jersey)/U. K.  
European Gallium Arsenide Conf.

Institute of Physics, Meeting Office, 47 Belgrave Square, London,  
SW1X 8QX

**30. Oktober - 02. November** San Diego (C)/USA  
Conf. on Magnetism and Magnetic Materials

Courtesy Associates, Inc., 655 15th St., NW, Suite 300, Washington  
DC 20005, USA

**1991**

**05. - 11. Mai** Budapest/Ungarn  
3rd European Conf. on Crystal Growth (ECCG-3)

Dr. E. Lendvay, Research Inst. for Technical Physics, Hungarian  
Academy of Sciences, Ujpest 1, P.O. Box 76, Hungary-1325

**08. - 14. September** Edinburgh/U. K.  
International Conference on Magnetism

Institute of Physics, Meeting Officer, 47 Belgrave Square, London,  
SW1X 8QX

## Mitteilungen anderer Gesellschaften

AGKr

Von den AGKr-Nachrichten lag keine Ausgabe zur Rezension vor.

AACG

Im größten Teil der "President's Corner" berichtet Bill Bonner über die Vorbereitungen zur nächsten American Conference on Crystal Growth (ACCG-8). Die Konferenz soll im Juli 1990 in Colorado stattfinden, sehr wahrscheinlich in Vail. Ein weiterer interessanter Punkt ist, daß sich die AACG für die Austragung der International Conference on Crystal Growth 1992 (ICCG-10) bewirbt. Den größten Teil des Heftes nehmen zwei Fachartikel ein. Margaret Brown schreibt über CdTe als Substratmaterial für IR-Detektoren. T. F. Ciszek berichtet über die Aktivitäten der Kristallzüchter-Gruppe am SERI (Solar Energy Research Institute) in Colorado. Es folgen "News from the Regions" und "News from Abroad". Daran schließt sich ein Konferenzbericht über die "2nd Eastern Regional Conference on Crystal Growth (AACG/East-2)" an. Den Abschluß bilden Buchbesprechungen, ein Konferenzkalender und Stellenanzeigen.

BACG

von der British Association on Crystal Growth liegen die Newsletter vom September und Dezember 1988 vor. Den Schwerpunkt des Septemberheftes nehmen Tagungsberichte ein. Es wird berichtet über die 1988 International School on Crystal Growth in Madras (Indien), den von der BACG veranstalteten 3. Workshop on Photochemical Processing und über den 2. European Workshop on MOVPE.

In den "Chairman's Notes" verabschiedet sich Ian Saunders als Chairman der BACG, indem er sich bei den Komiteemitgliedern bedankt. Der Dezember-Newsletter beginnt mit den Chairman's Notes des neuen Vorsitzenden der BACG, Peter Dryburgh. Neben weiteren Themenkreisen kündigt er an, sich während seiner "Präsidentschaft" darum zu kümmern, daß mehr Mineralogen, Geologen und Chemieingenieure den Zugang zur BACG finden. Den Hauptteil des Heftes nimmt ein ausführlicher Bericht von der 5. International Conference on MBE in Japan ein. Drei Autoren gehen auf verschiedene Aspekte der Konferenz ein, so daß man als Nichtteilnehmer einen sehr schönen Überblick bekommt. Den Rest des Heftes nehmen Beiträge von der Jahrestagung der BACG 1988 ein: der Rechenschaftsbericht des Chairmans, der Bericht des

Schatzmeisters sowie eine Zusammenstellung der Entwicklung der Mitglieder in den letzten Jahren.

SGK

Den größten Teil der Hefte 18 (November 1988) und 19 (Februar 1989) nehmen Tagungskalender und ausführliche Tagungshinweise ein. In Heft 19 findet sich hierunter auch das Programm der gemeinsamen Jahrestagung von DGKK und AICC. Der Rest ist ausgefüllt mit Informationen, die für Strukturkristallographen von Interesse sind.

## Personalien

### Neumitglieder (Stand 01.04.1989)

In der Reihenfolge ihres Beitritts begrüßen wir folgende Neumitglieder:

Lang, A. R., Prof. Dr., Dipl.-Phys.

University of Bristol  
HH Wills Physics Laboratory  
Tyndall Avenue/Royal Fort  
Bristol BS8 1TL  
Großbritannien  
Tel.:  
Mitgliedsnummer: 515 M Edat.: 10/10/88

Rettweiler, Stefanie, Dipl.-Min.

FHG-IAF  
Eckerstr. 4  
7800 Freiburg  
Tel.: 07 61/27 14-3 74  
Mitgliedsnummer: 516 M Edat.: 11/10/88  
Züchtung von LiNbO<sub>3</sub>, Charakterisierung durch Neutronenstreuung

Tews, Helmut, Dr., Dipl.-Phys.

Siemens AG  
ZFE FKE 23  
Otto-Hahn-Ring 6  
8000 München 83  
Tel.: 0 89/6 36-4 54 69  
Mitgliedsnummer: 517 M Edat.: 01/11/88  
III-V-Halbleiter, MOVPE, Schichtanalytik, Bipolartransistoren

Kast, Ernst, Dipl.-Ing. (FH)

Air Products  
Brabanterstr. 4  
8000 München  
Tel.: 0 89/36 90 31  
Mitgliedsnummer: 519 M Edat.: 14/11/88  
MO Chemikalien

Litke, Walter, Dr. habil., Dipl.-Chem.

Institut für Organische Chemie und Biochemie der UNI  
Albertstr. 21  
7800 Freiburg  
Tel.: 07 61/2 03-28 37  
Mitgliedsnummer: 520 M Edat.: 28/11/88  
Kristallzüchtung organischer und biochemischer Substanzen, besonders Proteine, Röntgenstrukturanalyse, Kristallisation unter uG

Bödinger, Hermann, Dipl.-Ing. (FH)

Siemens AG  
ZFE F1 AMF 21  
Otto-Hahn-Ring 6  
8000 München 83  
Tel.: 0 89/6 36-26 88  
Mitgliedsnummer: 521 M Edat.: 30/11/88  
Züchtung von LiNbO<sub>3</sub>- und LiTaO<sub>3</sub>-Einkristallen

Zimmer, Michael, Dr., Dipl.-Chem.

Preussag Pure Metals GmbH  
3394 Langelshem  
Tel.: 0 53 21/71 36 38  
Mitgliedsnummer: 522 M Edat.: 30/11/88  
Forschung und Entwicklung von metallorganischen III/V-Verbindungen für die Epitaxie

Heuken, Michael, Dipl.-Ing.

Uni-GH-Duisburg  
FB 9/HLT  
Kommandantenstr. 60  
4100 Duisburg  
Tel.: 02 03/3 79 29 91  
Mitgliedsnummer: 523 M Edat.: 15/12/88  
MOVPE, III/V-Halbleiter, Bauelemente

Berthold, Thomas, Dr., Dipl.-Min.

Siemens AG  
ZFE F1 AMF 21  
Otto-Hahn-Ring 6  
8000 München 83  
Tel.: 0 89/6 36-26 84  
Mitgliedsnummer: 524 M Edat.: 01/01/89  
Kristallzücht, Kristalldefekte, Röntgenstrahlung

Beckmann, Wolfgang, Dr. habil.

Institut für Physikalische und Theoretische Chemie der TU  
Hans-Sonner-Str. 10  
3300 Braunschweig  
Tel.: 05 31/3 91 53 29  
Mitgliedsnummer: 525 M Edat.: 12/01/89  
Molekülkristalle, Wachstumsmechanismen, Rastertunnelmikroskopie, digitale Bildauswertung

Deimel, Peter P., Dr., Dipl.-Phys.

MBB-ZTA II  
Postfach 80 11 09  
8000 München 80  
Tel.: 0 89/60 00 90 53  
Mitgliedsnummer: 526 M Edat.: 23/01/89  
Integrierte Optoelektronik, III-V-Halbleiter, Wellenleiterstrukturen, schnelle Elektronik

Klein, Monika

Kristallographisches Institut  
Hebelstr. 25  
7800 Freiburg  
Tel.: 07 61/2 03-42 78  
Mitgliedsnummer: 527 S Edat.: 01/01/89  
Kristallzüchtung, Charakterisierung

Stallhofer, Peter, Dr., Dipl.-Phys.

Wacker Chemitronic  
Postfach 11 40  
8263 Burghausen  
Tel.: 0 86 77/83-30 10  
Mitgliedsnummer: 528 M Edat.: 30/01/89  
Si-Kristallzüchtung, Epitaxie, Charakterisierung

Rodewald, Dieter, Dipl.-Phys.

Preussag Pure Metals GmbH  
3394 Langelshem  
Tel.: 0 53 21/71 36 77  
Mitgliedsnummer: 529 M Edat.: 01/02/89  
LEC-Kristallzüchtung von II-VI- und III-V-Halbleitern

Schulz, Christian, Dipl.-Ing.

Wiede Carbidwerk Freyung  
Aigenstadt 1  
8393 Freyung  
Tel.: 0 85 51/8 51  
Mitgliedsnummer: 530 M Edat.: 13/02/89  
Herstellung von Korund und Spinell nach Verneuil

Schätzle, Peter, Dipl.-Min.

FHG-ISE  
Oltmannstr. 22  
7800 Freiburg  
Tel.: 07 61/40 14-2 11  
Mitgliedsnummer: 531 S Edat.: 23/02/89  
Kristallzüchtung und elektrische Charakterisierung

Wisotzki, Jürgen

Tel.: 0 60 74/51 93  
Mitgliedsnummer: 532 M Edat.: 24/03/89  
Kristallzüchtung, Wachstum mit mech. ungestörten Oberflächen, Metalle, Halbleiter, wirtsch. Wachstum größerer Mengen, Anlagentechnik

Hurle, Donald T. J., Dr.

RSRE  
St. Andrews Road  
Malvern, Worcs. WR 1438S

Großbritannien  
Tel.: 6 84 89 27 33  
Mitgliedsnummer: 533 M Edat.: 01/04/89  
Melt Growth

Carls, Sabine, Studentin  
Kristallographisches Institut der Uni  
Zülpicher Str. 49  
5000 Köln

Tel.:  
Mitgliedsnummer: 534 S Edat.: 04/04/89  
Präparation und Charakterisierung von Keramiken und Kristallen im Mehrstoffsystem Te-Ba-Ca-Cu-O, Kristallwachstumsmechanismen von Oxiden

#### Veränderungen

Bei folgenden Mitgliedern haben sich seit Erscheinen des Mitgliederverzeichnis (01.05.88) wichtige Veränderungen ergeben:

Benz, Klaus-Werner, Prof. Dr., Dipl.-Phys.  
Kristallographisches Institut der Universität  
Hebelstr. 25  
7800 Freiburg  
Tel.: 07 61/2 03-42 95  
Mitgliedsnummer: 153 M Edat.: 01/06/73  
III-V-Halbleiter, LPE, VPE, MOVPE, Bridgman, Zonenziehen, Charakterisierung, REM

Köster, Siegfried, Dr., Dipl.-Min.  
BMFT, Referat 228  
Postfach 20 02 40  
5300 Bonn 2  
Tel.:  
Mitgliedsnummer: 40 M Edat.:  
Kristallzüchtung aus der Gasphase, Sputterabscheidung

Gutmann, Roland, Dipl.-Min.  
Institut für Quantenelektronik  
Abt.: HPF EM  
ETH-Hönggerberg  
CH-8093 Zürich  
Tel.: 01/3 77 23 29  
Mitgliedsnummer: 433 S Edat.: 30/01/86  
LPE von Perowskiten, Charakterisierung und optoelektronische Anwendungen

Kemmer, Christoph, Student  
Kristallographisches Institut der Universität  
Hebelstr. 25  
7800 Freiburg  
Tel.: 07 61/2 03-42 87  
Mitgliedsnummer: 470 S Edat.: 11/02/87

Weimann, Günter, Prof. Dr., Dipl.-Phys.  
Walter Schottky Institut  
TU München  
Am Coulombwall  
8046 Garching  
Tel.:  
Mitgliedsnummer: 461 M Edat.: 01/01/87  
III-V-Halbleiter, MBE

Schreiner, Rüdiger K., Dipl.-Ing.  
AIXTRON GmbH  
Jülicher Str. 336  
5100 Aachen  
Tel.: 02 41/16 60 10  
Mitgliedsnummer: 463 M Edat.: 01/01/87  
III-V- und II-VI-Halbleiter, Epitaxie

Andres, Clemens, Vertriebsbevollmächtigter  
Cambridge Instruments GmbH  
Heidelberger Str. 17 - 19  
6907 Nußloch  
Tel.: 0 62 24/1 43-0  
Mitgliedsnummer: 391 M Edat.: 01/01/85  
Kristallzüchtung, Kristallziehenanlagen

Rolfs, Jörg, Student  
Institut für Theoretische und Physikalische Chemie  
Hans-Sommer-Str. 10  
3300 Braunschweig  
Tel.: 05 31/3 91 53 31  
Mitgliedsnummer: 431 S Edat.: 01/01/86  
Fremdstoffbeeinflussung von Kristallisationsvorgängen.

Peppermüller, Heike, Dipl.-Phys.-Ing.  
Tel.:  
Mitgliedsnummer: 493 M Edat.: 13/11/87  
Züchtung von III-V-Halbleitern in speziellen Spiegelheizeanlagen nach THM

Heime, Klaus, Prof. Dr., Hochschullehrer  
Inst. für Halbleitertechnik  
RWTH Aachen  
Templergraben 55/60  
5100 Aachen  
Tel.: 02 41/80 77 45  
Mitgliedsnummer: 453 M Edat.: 27/05/86  
Halbleiterbauelemente aus III-V-Halbleitern, Epitaxie, Bauelemente-Technologie, Material- und Bauelemente-Meßtechnik

Trah, Hans-Peter, Dr., Dipl.-Min.  
Robert Bosch GmbH  
K8/DIC 3  
Postfach 13 42  
7410 Reutlingen  
Tel.: 0 71 21/35-25 78  
Mitgliedsnummer: 353 M Edat.: 29/04/84  
LPE von Element- und Verbindungshalbleitern

Cröll, Arne, Dr., Dipl.-Min.  
Kristallographisches Institut der Universität  
Hebelstr. 25  
7800 Freiburg  
Tel.: 07 61/2 03-42 82  
Mitgliedsnummer: 266 M Edat.: 01/01/83  
Kristallzüchtungstechniken mit wandernder Lösungszone, Zonenschmelzen von Si, Kristallzüchtung unter ug

Holm, Claus, Dr., Dipl.-Chem.  
Ahornstr. 8  
8261 Stammham  
Tel.: 0 86 78/84 14  
Mitgliedsnummer: 487 M Edat.: 01/07/87  
Chem. Gastransport zur Kristallzüchtung, Sonderdotierung von Si, Mech. Bearbeitung von Si, Quarz und Keramik

Hüben-Riechert, Werner, Dipl.-Chem.  
IBS-Vertriebs-GmbH  
Villenstr. 2  
8082 Grafrath  
Tel.:  
Mitgliedsnummer: 416 M Edat.: 23/09/85  
Einkristallzucht incogruent-schmelzender Systeme, Impedanzspektroskopie, DTA, DMC

Müller-Sebert, Wolfgang, Dr., Dipl.-Min.  
Kristallographisches Institut der Universität  
Hebelstr. 25  
7800 Freiburg  
Tel.: 07 61/2 03-42 82  
Mitgliedsnummer: 372 M Edat.: 01/01/85  
Kristallzüchtung von Silizium unter Mikrogravitation im Spiegelofen

Nicolau, Yon, Dr.  
C.E.N., D. LETI/OPT/DIR  
85X  
F-38041 Grenoble Cedex  
Tel.: 00 33/76/97 41 11  
Mitgliedsnummer: 164 M Edat.: 06/05/75  
Kristallzüchtungen aus Lösungen, Kristallcharakterisierung

Post, Ekkehard, Dr., Dipl.-Min.  
Kristallographisches Institut der Universität  
Hebelstr. 25  
7800 Freiburg  
Tel.: 07 61/2 03-42 78  
Mitgliedsnummer: 354 M Edat.: 01/01/84  
Kristallzüchtung mit CVT, Flux und THM von IV-V-VI-Verbindungen, Chalkopyriten und Thiogallaten und deren röntgenographische und thermische Charakterisierung

Reis, Isolde, Dr., Dipl.-Min.  
Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme  
Oltmannsstr. 22  
7800 Freiburg  
Tel.: 07 61/40 14-1 76  
Mitgliedsnummer: 350 M Edat.: 01/04/84  
Kristallzüchtung, Rekristallisation von Si

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 fast 400 Fachkollegen, die einer Gesellschaft angehören, deren Zweck 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.

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,-)

.....

DGKK-Schriftführer  
 Dr. Achim Eyer  
 Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme  
 Oltmannsstr. 22  
 D - 7800 Freiburg

**Antrag auf Mitgliedschaft**

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)	(Tel.)
-------------	--------

Privatanschrift: .....

(Straße, Haus-Nr.) .....

\*) (Plz., Ort) .....

(Tel.) .....

Meine (Unsere) wissenschaftlichen Interessen- und Erfahrungsgebiete sind:

.....

.....

.....

.....den .....

(Unterschrift)

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

# LINN - ELEKTRONIK

## DAS UMFASSENDE PROGRAMM



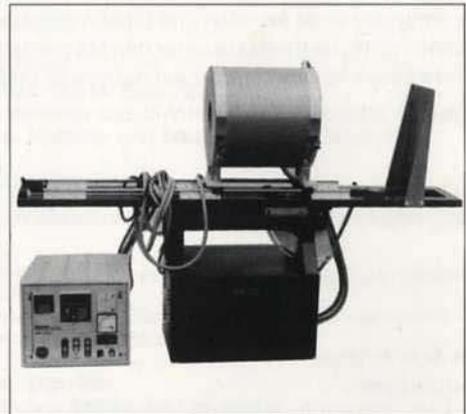
### FuE-Rohrofen

zum thermischen Modellieren  
20 (Halb)Zonen einzeln regelbar  
Temperaturbereich bis 1300° C  
Quarz-, Graphit, Keramik-  
und Metallrohre  
mehrere Rohrdurchmesser  
100 % Faserisolierung



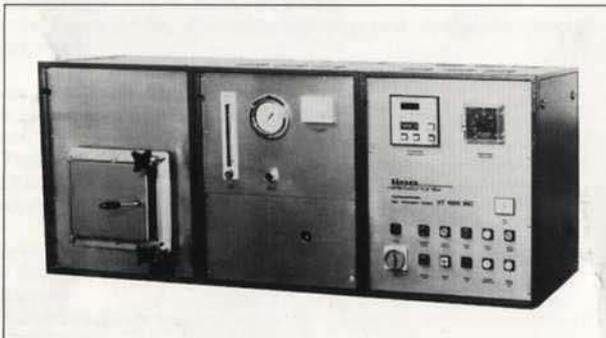
### Mini-Spiegelofen

kompakteste Abmessungen  
mit Schutzgasbetrieb  
2 x 150 Watt Strahler  
Temperaturbereich bis 2000° C  
Kontrolleuchten für Wasser-  
mangel, Übertemperatur und  
Schutzgas  
auch größere Sonderanlagen



### Rohrofen

um 90° klappbar, 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 Größen



### Hochtemperaturofen

vakuumdicht und schutzgasdicht  
Kammervolumen 4, 26 und 52 Liter  
für oxidierende und reduzierende Atmosphären  
Temperaturbereich 1300° C, 1600° C und 1750° C  
für alle Erwärmungsprozesse  
100 % Faserisolierung  
große Auswahl an Temperaturreglungen



### Hochfrequenz-Generator

in Halbleitertechnik  
zum induktivem Löten von z.B. Metall-Keramik-Verbin-  
dungen  
tiegelloses Schwebeschmelzen  
HF-Ausgangsleistung 1,3 kW  
sehr hoher Wirkungsgrad  
äußerst kompakt B 470 x H 160 x T 400 mm  
geringes Gewicht  
bis 20 m absetzbarer HF-Generator als Option  
weitere Generatoren bis 12 kW

# linn

---

## elektronik

Heinrich-Hertz-Platz 1 · Eschenfelden · D-8459 Hirschbach 1  
Telefon (0 96 65) 17 21-23, Telex 63902 · Telefax (0 96 65) 17 20

Laboratory Furnaces  
High-Frequency Heating  
High-Temperature Technologies