

MITTEILUNGSBLATT

Nr. 36

Oktober 1982

Liebes DGKK-Mitglied!

Infolge der Beschlußfähigkeit der DGKK-Mitgliederversammlung, die am 17. März 1982 in Basel stattfand, mußte bezüglich zweier Tagesordnungspunkte eine Briefwahl durchgeführt werden. Diese wurde satzungsgemäß innerhalb von 4 Wochen nach der Mitgliederversammlung durchgeführt. Insgesamt gingen beim Schriftführer 114 Stimmzettel (56% Wahlbeteiligung) ein. Damit wurde die für eine gültige Wahl erforderliche Stimmenzahl erreicht. Als Zeuge bei der Stimmenauszählung fungierte dankenswerterweise Herr Nitsche.

Ergebnis der Briefwahl

ad TOP 4: Entlastung des Vorstandes

- für die Entlastung:	107
- dagegen:	-
- Stimmenthaltungen:	<u>7</u>
	114
	===

Damit ist der DGKK-Vorstand entlastet.

ad TOP 6: Beschlußfassung über Jahreshauptversammlung

- für die Abhaltung der Jahreshauptversammlung 1983 der DGKK im Rahmen der ICCG- 7 in Stuttgart:	112
- dagegen:	-
- Stimmenthaltungen	<u>2</u>
	114
	===

Damit findet die Jahreshauptversammlung 1983 der DGKK in Stuttgart statt.

Mitgliederumfrage

Zur Ermittlung der DGKK-relevanten Interessen und zur Aktualisierung der Mitgliederliste wurde ein Fragebogen verschickt. Die Rücklaufquote lag bei 50%. Die Herausgabe eines Mitgliederverzeichnisses hat natürlich nur Sinn, wenn sich alle Mitglieder darin wiederfinden. Denjenigen Mitgliedern, die noch nicht geantwortet haben, wird hiermit der Fragebogen erneut zugeleitet mit der dringenden Bitte, diesen auszufüllen und umgehend an den Schriftführer zurückzusenden.

Mitgliederstand

Aus Altersgründen hat Herr Dr. B. Honigmann zum Jahresende seinen Austritt aus der DGKK erklärt. In einem persönlichen Brief dankte der 1. Vorsitzende unserem langjährigen Mitglied für seine aktive Mitarbeit und würdigte ihn als einen hervorragenden Repräsentanten der industriellen Kristallisation, der im besonderen Maße die Verbindung zu diesem wichtigen Zweig der Kristallzüchtung aufrechterhalten und gefördert hat. Die DGKK wünscht Herrn Dr. Honigmann in seinem neuen Lebensabschnitt alles Gute, Gesundheit und Wohlergehen.

Als neue Mitglieder begrüßen wir Herrn Prof. Dr. O.W. Flörke von der Ruhr-Universität Bochum, des weiteren Herrn Robert Lamprecht, der am I. Physikalischen Institut der Universität Gießen in der Gruppe von Herrn Schwabe tätig ist, und Herrn R.G. Bohning, Verkaufsleiter bei Cambridge Instruments in Dortmund.

Derzeit hat die DGKK 205 Mitglieder. Um einen sicheren Abstand von der Zahl 200 zu bekommen, die uns erlaubt, mit drei Councillors in der IOCG präsent zu sein, ergeht an jedes Mitglied die Bitte, im Kollegenkreis für die DGKK-Mitgliedschaft zu werben.

IOCG-Councillors

Die IOCG hat einen Zusatz zu ihrer Verfassung formuliert, über den anlässlich der ICCG-7 in Stuttgart abgestimmt werden soll. Demzufolge sollen Gesellschaften, die drei Councillors stellen können, neben dem von amtswegen nominierten 1. Vorsitzenden und dem Schriftführer den zuletzt amtierenden Vorsitzenden entsenden. Herr Nitsche hat sich vorab bereit erklärt, als Councillor zu fungieren. Damit ist die DGKK derzeit durch die Herren Jacob, Diehl und Nitsche im IOCG-Council vertreten.

"Chairman's Corner":

Liebe Mitglieder,

bei unserer Umfrage hatte sich ein hoher Prozentsatz der Beteiligten dafür ausgesprochen, der Vorstand solle bei der Vermittlung von Forschungsaufenthalten tätig werden. Während einer USA-Reise hatte ich nun Ende Mai Gelegenheit, mit Prof. Feigelson, dem derzeitigen Präsidenten der American Association for Crystal Growth, in dieser Sache Fühlung aufzunehmen. Er fand die Idee nicht schlecht, Austauschkontakte über unsere Kristallwachstums- (und/oder züchtungs-) Organisationen herzustellen. Man könnte daran denken, Austauschmöglichkeiten im "Newsletter" zu veröffentlichen, oder die Sekretariate der Gesellschaften als Vermittlungsstellen zu benutzen.

Natürlich kann das Hauptproblem, wie ein solcher Austausch finanziert werden soll, nicht von den Gesellschaften gelöst werden. Die AACG hat hierfür ebensowenig Mittel wie wir. Es ist jedoch nicht ausgeschlossen, daß Universitäten und Firmen Kosten teilweise übernehmen, was natürlich sehr von der Wirtschaftslage abhängt.

Von unserer englischen Schwesterorganisation wurde unsere Anregung ebenfalls mit Interesse aufgenommen. Dr. Ainger hat uns in einem Schreiben die bisher bestehenden Möglichkeiten und auch die Schwierigkeiten dargelegt und ist zu weiteren Diskussionen bereit.

Ob und wie so etwas funktionieren kann muß ausprobiert werden. Ich bitte deshalb die ernsthaft an einem Austausch interessierten Mitglieder sich mit uns in Verbindung zu setzen.

Mit freundlichen Grüßen

Ihr Herbert Jacob

Associazione Italiana per la Crescita dei Cristalli (A.I.C.C.)

Für die Amtsperiode Juni 1981 bis Juni 1983 stehen unserer italienischen Schwesterorganisation vor:

1. Vorsitzender: Prof. Carlo Paorici,
Istituto MASPEC/CNR, Via Chiavari, 18/A
I-43100 Parma
2. Vorsitzender: Prof. Dino Aquilano,
Istituto di Mineralogia, Via S. Massimo, 24
I-10123 Torino

Schriftführer: Dr. Anna Maria Mancini,
Istituto di Fisica, Via Amendola, 173
I-70126 Bari

Schatzmeister: Dr. Augusto Scacco,
Istituto di Fisica, Piazzale Aldo Moro, 5
I-00100 Roma

Groupe Francaise de la Croissance Cristalline (G.F.C.C.)

Im Vorstand der G.F.C.C. sind derzeit:

1. Vorsitzender: Prof. C. Champier,
Institute Nationale de Polytechnique E.N.S.M.I.M.,
Parc de Saurupt, F-54014 Nancy

Schriftführer: Prof. B. Mutaftschiev,
CRMCC-CNRS, Luminy Case 913,
F-13288 Marseille 2

Dokumentationen über Kristallzüchtung

Die holländischen Kollegen haben in diesem Jahr die 3. Auflage ihres "Inventory on Crystal Growth" herausgegeben. Es informiert über die kristallzüchterischen Aktivitäten der wissenschaftlichen Zentren in Holland. Die Informationen gliedern sich in Art und Form der präparierten Substanzen, Züchtungsmethode, Charakterisierungstechnik, Zweck der Arbeiten und spezifische Publikationen. Dieser 74 Seiten umfassende aktuelle Überblick über die Arbeiten der Kollegen aus Holland kann gegen Beilage von DM 10,- (Kopierkosten + Porto) beim DGKK-Schriftführer angefordert werden.

Der CNRS (Centre National de la Recherche Scientifique) plant die 2. Auflage seiner 1976 erschienenen "Documentation sur les synthèses cristallines" und hat die A.I.C.C. eingeladen, sich an der Neuauflage zu beteiligen. Die italienischen Kollegen werden von diesem Angebot Gebrauch machen. Da die "Information über Kristallzüchtung" der DGKK inzwischen ebenfalls 6 Jahre alt geworden ist, wird an dieser Stelle angeregt, auch für den Bereich der Bundesrepublik Deutschland und der Schweiz die "Information ..." zu aktualisieren. Der Schriftführer wird sich geeignete Schritte hierfür überlegen.

Vielleicht ist es möglich, eine Art "europäische" Umfrage zu initiieren mit dem Ziel einer gemeinsamen Darstellung der bei den Schwestergesellschaften vorliegenden Informationen. Herr Jacob will in dieser Frage die Vorsitzenden der europäischen Kristallzüchtungsorganisationen kontaktieren.

Veranstaltungen der DGKK

Die Jahrestagung 1984 der DGKK wird in der zweiten Märzhälfte in Aachen stattfinden. Es ist eine dreitägige Veranstaltung, eventuell gemeinsam mit dem Arbeitskreis "Röntgentopographie", geplant. Herr Klapper (RWTH Aachen) wird die Tagungsorganisation übernehmen. Anlässlich der Tagung sind Betriebsbesichtigungen in Jülich (Institut für Festkörperforschung der KFA) und Köln (Kristallographisches Institut der Universität) vorgesehen.

Die DGKK veranstaltet am 27. und 28. Januar 1983 ein Fachkolloquium über Epitaxie, das in Burghausen/Obb. stattfinden wird. Ziel dieser Veranstaltung ist es, in einer Art "Workshop" die derzeit aktuellen Fragen der Epitaxie von Halbleitermaterialien intensiv zu diskutieren. Mehr als 10 Fachleute aus Industrie und staatlichen Forschungsinstituten werden anwesend sein, die in die verschiedenen Fachgebiete einführen.

Das Schwergewicht der Veranstaltung wird auf der Epitaxie von III-V-Verbindungen liegen, wobei Materialfragen und Probleme des Kristallwachstums im Vordergrund stehen. Spezielle Themen werden sein:

- Flüssigphasenepitaxie von GaAs sowie ternären und quaternären Mischsystemen
- Gasphasenepitaxie mit konventionellen Methoden und mit metallorganischen Ausgangsverbindungen
- fertigungstechnische Probleme der Epitaxie
- Substrateinfluß, Keimbildung und Oberflächenmorphologie.

Herr Jacob wird die örtliche Organisation des Kolloquiums übernehmen. Anmeldungen und Zimmerbestellungen (DM 20,- bis 50,-) sind zu richten an:

Dr. H. Jacob (bzw. Frau Damoser)
Wacker-Chemitronic
Postfach 1140
8263 Burghausen/Obb.
Tel. 08677/83-3471

Für das Programm ist Herr Räuber zuständig, bei dem auch nähere Informationen erhältlich sind:

Dr. A. Räuber
Fraunhofer-Institut für solare Energiesysteme
Oltmannstraße 22
D-7800 Freiburg im Breisgau
Tel. 0761/405046.

Die Organisatoren des Fachkolloquiums hoffen, daß sich möglichst viele an der Epitaxie interessierte Kollegen in Burghausen zusammenfinden. Während des Kolloquiums wird Gelegenheit zu einer Betriebsbesichtigung der Wacker-Chemitronic geboten.

GEFTA-Workshop in Heidelberg

Die Gesellschaft für Thermische Analyse (GEFTA) lädt zu einem am
16. und 17. März 1983

in Heidelberg stattfindenden Workshop "Differenzthermoanalyse und Differential Scanning Calorimetry anorganischer Festkörper" ein. Der Workshop befaßt sich mit Grundbegriffen, Meßprinzipien und apparativen Realisierungsmöglichkeiten von DTA und DSC sowie mit der Thermoanalyse von Mehrstoffsystemen und C_p -Messungen. Für den Kristallzüchter dürfte die Ermittlung quantitativer thermochemischer Daten mit der DSC von besonderem Interesse sein. Interessenten an der Veranstaltung wenden sich bitte an:

Prof. Dr. Walter Eysel,
Mineralog.-Petrograph. Institut der Universität
Im Neuenheimer Feld 236
D-6900 Heidelberg 1
Tel. 06221/56-2807

3. Oxford Conference on "Microscopy of Semiconducting Materials"

Diese Konferenz findet vom 21. bis 23. März 1983 in St. Catherine's College in Oxford/U.K. statt. Die Thematik umspannt die neuesten Entwicklungen beim Einsatz der Raster- und Transmissionselektronenmikroskopie zum Studium struktureller und elektrischer Eigenschaften von Halbleitermaterialien und Bauelementen. Andere analytische Techniken wie z.B. akustische Mikroskopie, Röntgentopographie und Ionenrückstreuungsspektrometrie werden ebenfalls im Detail behandelt. Das Interesse gilt hauptsächlich den Element- und Verbindungshalbleitern, aber auch anderen Materialien für die Festkörperelektronik. Weitere Informationen sind erhältlich von:

Dr. A.G. Cullis
Royal Signals & Radar Establishment,
St. Andrews Road
GB-Malvern, Worcs. WR 14 3PS

Workshop über "Theory of Surfaces and Growth of Crystals" in Nijmegen

In unmittelbarem Anschluß an ICCG-7 wird vom 19. bis 23. September 1983 in der Fakultät der Wissenschaften der Universität Nijmegen/Holland der o.g. Workshop stattfinden. Organisatoren sind J.P. van der Eerden und P. Bennema. Es sind eine relativ kleine Zahl von informellen einstündigen Vorträgen und viel Diskussionszeit geplant. Daneben können alle Teilnehmer über die gesamte Dauer der Veranstaltung Poster präsentieren. Nach einer ersten Umfrage haben Fachleute auf folgenden Gebieten ihr Kommen zugesagt:

- Interface roughening and melting
- Adsorption
- Thin films
- Observation and modeling of step movements
- Morphological stability
- Dendrites
- Electrocrystallization
- Surface reconstruction
- Modulated crystals

Der Workshop wird in einem Hotel nahe Nijmegen abgehalten. Während der Veranstaltung werden Besuche in einigen Labors der Fakultät der Wissenschaften organisiert. Interessenten erfahren weitere Einzelheiten von:

J.P. van der Eerden oder P. Bennema
Faculty of Science of the University of Nijmegen
RIM Laboratory of Solid state chemistry
Toernooiveld, NL-6525 ED Nijmegen

Fernsehfilm über Kristallzüchtung

Die folgende Information betrifft im wesentlichen die bayerischen DGKK-Mitglieder: Das 3. Fernsehprogramm des Bayerischen Rundfunks (BR3) strahlt am 15. November 1982 abends (der genaue Termin ist den Programmzeitschriften zu entnehmen) den Fernsehfilm "Auf der Suche nach dem Stein der Weisen - Kristalle für Schmuck, Technik und Wissenschaft" aus. Der Film wurde 1981 vom Südwestfunk unter Mitarbeit des DGKK-Schriftführers produziert.

Tagungskalender

1983

- 27.-28. Jan. Burghausen (Wacker-Chemitronic)
DGKK-Fachkolloquium "Epitaxie"
- 16.-17. März Heidelberg
GEFTA-Workshop über
"Differenzthermoanalyse und Differential Scanning
Calorimetry anorganischer Festkörper"
- 21.-23. März Oxford, U.K.
3rd Oxford Conference on Microscopy of Semiconducting
Materials
- 28.-31. März Loughborough University of Technology
Low Energy Ion Beams 3
Institute of Physics, 47 Belgrave Square
GB-London, SW 1X 8QX
30. März -
01. April Taipeh, Taiwan
Internat. Symposium on VLSI technology,
systems and applications
F.N. Cheng, ERSO ITRI
P.O.Box 150, Hsin-Chu, Taiwan 311
- 18.-22. April Philadelphia, USA
Intermag
Dr. W. Doyle, Sperry Univac
P.O.Box 50, Blue Bell PA 19424, USA
- 08.-13. Mai San Francisco, USA
Electrochemical Society
10 South Main Street
Pennington NJ 08534, USA
31. Mai -
02. Juni Eindhoven, Holland
Fourth International Conference on CVD
G. Verspui, Philips Centre for Technology
Building SAQ,
NL-500 MD Eindhoven

- 03.-10. Sept. Rïderalp, Schweiz
Fifth International Summer School of Crystal Growth
Dr. H. Arend, Laborat. f. Festkïrperphysik
ETH Zïrïch, CH-8093 Hïnggerberg
- 12.-16. Sept. Stuttgart
ICCG-7
Dr. K.W. Benz, Physik. Institut der Universitït
Pfaffenwaldring 57, 7000 Stuttgart 80
- 19.-23. Sept. Nijmegen, Holland
Workshop on Theory of Surfaces and Growth of Crystals
- 08.-11. Nov. Pittsburg, USA
3M

1984

- Mïrz Aachen
(2. Hïlfte) Jahrestagung der DGKK
Prof. Dr. H. Klapper
Institut fïr Kristallographie der RWTH Aachen
Templergraben 55, 5100 Aachen
- 09.-13. April Hamburg
Intermag
- Juli Atlantic City N.J., USA
AACG-7/ICVGE-6
Dr. W. Bonner, Bell Labs,
Murray Hill, N.J. 07974, USA

Die American Association of Crystal Growth plant, ihre Jahrestagung 1984 erneut - wie schon 1981 in San Diego - zusammen mit der International Conference on Vapour Growth and Epitaxy abzuhalten. Der Plan ist in der Konkretisierungsphase.

1985 San Francisco, USA
3M - ICM

1986 York, U.K.
ICCG-8

Tagungsberichte

Auf die nachfolgenden Tagungsberichte wird hingewiesen.

DGKK-Mitteilungsblatt

Zukünftig soll das Mitteilungsblatt den DGKK-Mitgliedern nicht nur zur Information, sondern verstärkt auch als Kommunikationsmedium dienen. Deshalb befindet sich das Mitteilungsblatt in einer Umgestaltungsphase. Wenn Sie irgendwelche Anregungen zur Verbesserung des Blattes haben, lassen Sie Ihre Ideen nicht unausgesprochen. Des weiteren ist der Schriftführer jederzeit dankbar für die Zusendung von Artikeln, Meinungsäußerungen, Diskussionsbeiträgen etc., die sich zum Abdruck im Mitteilungsblatt eignen.

Sein spezielles Anliegen im Moment: Bitte Umfrageformular ausfüllen und absenden, am besten sofort!

Mit herzlichem Gruß

Ihr Roland Diehl

Neue Entwicklungen in der Kristallzüchtung

15. Oktober 1982, Nijmegen/Holland (Kurzbericht)

Die eintägige Veranstaltung fand in der Fakultät für Wissenschaften der Katholischen Universität Nijmegen statt. Es wurden folgende Vorträge gehalten:

- L.J. Giling, Universität Nijmegen:
Kristallzüchtung in den Niederlanden
- R.S. Carbonara, Batelle Memorial Inst. USA
Rapid Solidification of Metals
- F.P.J. Kuypers, M.R. Leys, Philips Eindhoven:
Organometallische Gasphasenepitaxie von
GaAs/Ga_{1-x}Al_xAs-Laserstrukturen
- C.J. Werkhoven, Philips Eindhoven:
Niedrigdruck-Siliziumepitaxie
- P.J. Lemstra, DSM Geleen:
Kristallisation von Polymeren
- L. Jetten, Universität Nijmegen:
Flächenrauhigkeiten an organischen Kristallen
- W. Heijnen, Universität Utrecht:
Die Bildung von Calciumoxalaten als Beispiel von Biomineralisation.

Status-Seminar 1982 "Werkstoffforschung und Verfahrenstechnik im Weltraum

04. - 06. Oktober 1982, Stuttgart (Kurzbericht)

Das im Auftrag des BMFT veranstaltete Seminar diente vorrangig zur Information über den wissenschaftlichen Hintergrund und den Stand der Vorbereitungen der vom BMFT geförderten Projekte, für welche in einer der zukünftigen Spacelab-Missionen Mitfluggelegenheit besteht. Die Projekte repräsentieren die Themenbereiche

- Grenzflächen- und Transportphänomene,
- Einkristalle,
- Metalle und Verbundwerkstoffe sowie
- Physikalische Chemie und Verfahrenstechnik.

Für die DGKK-Mitglieder dürfte der Bereich "Einkristalle" von besonderem Interesse sein. Beim Kristallwachstum unter Mikrogravitation gibt es keine durch Dichtegradienten in der mobilen Phase angetriebene Konvektion. Wenn keine freien Oberflächen vorliegen, wachsen Kristalle ausschließlich im Diffusionsregime. Da die konvektiven Transportvorgänge beim Experimen-

tieren im Raumlabor vermieden werden, ist es im Prinzip möglich, alle anderen Einflüsse auf das Kristallwachstum zu erforschen.

Derzeit sind in der Bundesrepublik Deutschland 10 Experimente zur Einkristallzüchtung in Vorbereitung, die die Chance haben, in einer der nächsten Spacelab-Missionen bzw. in der Mission D1 (Deutschland 1) mitzufliegen:

- Floating-zone- Kristallisation von Silizium
(R. Nitsche, A. Eyer, H. Leiste, Uni Freiburg)
- THM-Züchtung von GaSb aus Ga-Lösung
(K.W. Benz, Uni Stuttgart; G. Müller, Uni Erlangen)
- THM-Züchtung von CdTe aus Te-Lösung
(R. Nitsche, R. Dian, R. Schönholz, Uni Freiburg)
- Beryllium-Mosaikkristalle nach dem Floating-Zone-Verfahren
(S. Jönsson, MPI für Metallforschung, Stuttgart)
- Diffusionszüchtung von Proteineinkristallen
(W. Littke, Uni Freiburg)
- THM-Züchtung von III-V-Verbindungshalbleitern
(K.W. Benz, S. Nagel, Uni Stuttgart)
- THM-Züchtung von $Pb_xSn_{1-x}Te$ aus Te-Lösung
(U. Brunsmann, D. Langbein, Batelle-Institut, Frankfurt)
- Gaszonenzüchtung von CdTe durch Sublimation
(R. Nitsche, M. Bruder, Uni Freiburg)
- Gerichtete Erstarrung des InSb-NiSb-Eutektikums
(P. Kyr, G. Müller, Uni Erlangen)
- THM von $Hg_{1-x}Cd_xTe$ -Einkristallen
(H. Walcher, R. Diehl, J. Baars, Fraunhofer-Institut für angewandte Festkörperphysik, Freiburg)

Im Laufe der Experimentvorbereitungen haben sich durch den Erkenntnisfortschritt im Themenbereich "Grenzflächen- und Transportphänomene" erhebliche Rückwirkungen auf die Kristallzüchtungsexperimente ergeben. Insbesondere die Behandlung von Fragen der Strömungsmechanik, der Grenzflächenformen, -dynamik und -stabilität (D. Langbein, Batelle-Institut, Frankfurt) sowie der Marangonikonvektion (D. Schwabe, Uni Gießen) hat sich als sehr befruchtend für die Kristallzüchtung erwiesen.

Ebenso werden die Ergebnisse der Kollegen, die sich mit Metallen und Verbundwerkstoffen unter Weltraumbedingungen beschäftigen, den Horizont der Kristallzüchter erweitern. Insbesondere ist beim Erstarrungsvorgang das Studium des Einflusses der Strömung in einer Schmelze auf die Lage der

Geschwindigkeits-, Temperatur- und Konzentrationsgrenzschicht sowie auf die Morphologie der Erstarrungsfront von Interesse, weiterhin die schwerkraftunabhängige Mikrokonvektion im Bereich der Erstarrungsfront infolge des mit der Erstarrung verbundenen Volumensprungs (P.R. Sahm, A. Ecker, M. Rittich, RWTH Aachen).

Es wird erwartet, daß die Kristallzüchtungsexperimente unter Schwerelosigkeit dazu beitragen werden, die Vorgänge beim Kristallwachstum besser zu verstehen. Man darf daher mit Recht auf die Versuchsergebnisse gespannt sein.

Gordon Research Conference "Crystal Growth 1982"

12. - 16. Juli 1982, Holderness School, Plymouth N.H. USA

Berichterstatter: R. Nitsche, Freiburg, W. Tolksdorf, Hamburg

Die Gordon Research Conferences (genannt "frontiers of science") bezwecken eine Bestandsaufnahme der Arbeiten in bestimmten, als aktuell angesehenen, Fachgebieten und die Diskussion neuer Entwicklungen zwischen Forschern aus Industrie, Hochschulen und Forschungsinstituten.

Die obige Konferenz, organisiert von E.A.Giess, IBM (chairman) und F.Rosenberger, Univ.of Utah (vice-chairman) wurde von 124 Personen (davon 26 aus dem Ausland) besucht. Es wurden 21, ca. einstündige Fachvorträge gehalten, und 18 Poster, nach Blitzreferaten von 5 Minuten, ausgehängt und diskutiert. Von diesen 39 Präsentationen stammten 19 aus dem Ausland (3 aus der Bundesrepublik). Da sowohl 1983 (International Conference on Crystal Growth, Stuttgart) als auch 1984 (International Conference on Vapour Growth and Epitaxy, Atlantic City, New Jersey) große Tagungen stattfinden, ist die nächste Gordon Conference on Crystal Growth für 1985 geplant. Chairman ist F.Rosenberger, als vice-chairman wurde A.Gentile, Hughes Res.Lab. gewählt.

Schwerpunkte waren:

1. Metallorganische Gasphasenepitaxie, genannt

MOCVD (metal organic chemical vapour deposition) oder auch OMVPE (organo-metallic vapour phase epitaxy), d.h. die Verwendung flüchtiger, metallorganischer Verbindungen bei der Herstellung epitaktischer Schichten (hauptsächlich von III-V Verbindungen und deren Mischkristallen).

1.1 D.Shaw (Texas Instruments) betonte in seiner Einleitung, daß die Zahl der Arbeiten auf diesem Gebiet in den letzten 2 Jahren stark gestiegen sei. Hervorgehoben wurde die Flexibilität von MOCVD. Die Reaktion der Komponenten kann wahlweise, entweder durch die Thermodynamik oder durch die Kinetik, kontrolliert werden, je nach Auswahl der organischen Verbindung(en) und der Versuchsführung.

1.2 G.B.Stringfellow (Univ.of Utah) fand, daß die Verteilungskoeffizienten in MOCVD Schichten, die zwei Metalle enthalten (z.B. AlGaAs, AlGaSb) um 1 liegen; in Schichten mit gemischten Anionen (z.B. GaAsP, InAsP) treten - je nach Temperatur - größere Abweichungen auf wegen der unterschiedlichen Pyrolyseraten von AsH_3 und PH_3 .

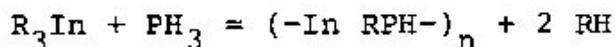
In quaternären III-V Systemen wurden größere Mischungslücken gefunden und zwar auch dann, wenn in den zugrundeliegenden binären Systemen völlige Mischbarkeit existiert. Als Hauptvorteil von MOCVD wurde die Möglichkeit angesehen, gitterangepasste Heteroübergänge in quaternären III-V System herzustellen.

- 1.3 M.M.Faktor und E.A.D.White (Queen Mary College London) berichteten über neuartige MOCVD Ausgangsmaterialien, die insbesondere die unerwünschte Bildung polymerer Indium-Phosphor Verbindungen im CVD Reaktor unterdrücken sollen.

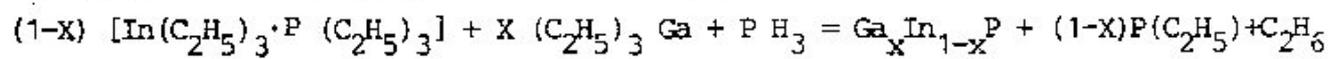
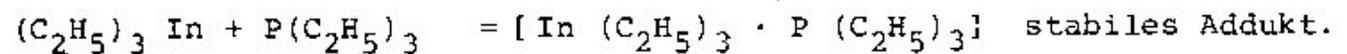
Beim herkömmlichen Verfahren,



läuft neben dieser (erwünschten) Reaktion auch die Polymerisation:



ab. Dies kann verhindert werden durch Einsatz von "precursors", die Addukte darstellen aus R_3In und PR'_3 und die im Reaktor mit PH_3 (AsH_3), ohne Polymerisation, reine III-V (Misch)Schichten bilden, z.B.



Außer Addukten mit $P(C_2H_5)_3$ wurden solche mit $(CH_3)_3P$, $(CH_3)_3N$, $(C_2H_5)_3N$ untersucht.

- 1.4 J.P.Duchemin (Thomson-CSF, Orsay) hat durch MOCVD Schichten von GaAlAs auf GaAs Substraten erhalten und beobachtete die Bildung von "superlattices" bei Aufwachsen der Zusammensetzung $Ga_{0.47} In_{0.53} As$ auf InP.

- 1.5 R.F.Davis (North Carolina State Univ.) gelang es, auf (100)Siliziumkristallen bis zu 10 μm dicke Schichten der β -Form des Siliziumcarbids zu erzeugen. Die Schichten wachsen bei $T > 1300^\circ C$ aus einer Mischung von SiH_4 , H_2 und Methan (bzw. Aethylen) bei genauer Kontrolle der (thermodynamisch ermittelten) Zustandsparameter. Die Schichten (2 cm \varnothing) sind (nach Wegätzen des Si) freitragend und klar durchsichtig. Die Kristallqualität erlaubt eine Trennung der $K\alpha_1$ und $K\alpha_2$ Linien des (220) Reflexes von SiC.

2. Die Züchtung von III-V Kristallen

In seiner Einführung schätzte J.W.Nielsen (Bell Labs.), daß es weltweit ca. 80, nach dem "liquid encapsulation" (LEC) Verfahren arbeitende Ziehapparaturen gibt. Die Zahl der hergestellten 3-Zoll GaAs "wafer" wird für 1979 mit 260 000 beziffert, für 1985 mit 914 000 prognostiziert.

- 2.1 A.G.Elliot (Hewlett-Packard, Palo Alto) berichtete über routinemäßige Züchtung von 5 kg schweren GaAs Kristallen nach (111) und (110) von 10 cm (4") Durchmesser bei Drucken ≤ 2 atm. Die Synthese erfolgt in situ durch Injektion von Arsen in flüssiges Ga. Das Material ist semi-isolierend ($\rho = 10^6 - 10^8$ Ohm · cm). Durch Verkleinerung der auftretenden Temperaturgradienten gelang es, die Versetzungsdichte weit unter $10^3/\text{cm}^2$ zu drücken. Besonders kleine Versetzungsdichten ergeben sich bei Zusätzen von Si ("silicon hardening").
- 2.2 D.E.Holmes (Rockwell International, Thousand Oaks) züchtet 3" GaAs Kristalle bis zu 4 kg nach dem Hochdruckverfahren. (Versetzungsdichte $< 6\ 000/\text{cm}^2$). Durch As Überschuß sind die Kristalle durchweg semiisolierend. Polierte Kristallscheiben werden nach Implantation von Se-Ionen zu hochintegrierten Schaltkreisen (über 1000 gates) verarbeitet. Ein auf GaAs Basis serienmäßig gefertigtes 256 bit RAM wurde gezeigt. Die wichtigsten Defekte sind die sogenannten EL2-Donatorzentren, sowie ein Akzeptorzentrum, 17 meV über dem Valenzband, das mit dem Kohlenstoffgehalt (von ca. $10^{15}/\text{cm}^3$) in Verbindung gebracht wird.
- 2.3 B.Cockayne (RSRE, Great Malvern) präsentierte eine ausführliche Studie über Baufehler in InP Kristallen. Er fand ungewöhnliche Haufwerke von Versetzungen ("grappes" genannt, ca. $10^3/\text{cm}^2$). Diese Baufehler sind typisch für Kristalle, die unter stöchiometriegestörten Bedingungen wuchsen. Sie werden als Antidefekte (In auf P Plätzen) angesehen. Ähnlich wie bei GaAs wurde auch bei InP ein Härtungseffekt beim Zulegieren anderer Elemente (z.B. Ge: $10^{19}/\text{cm}^3$) gefunden.
3. Probleme bei der Züchtung von Silizium Kristallen
Breiten Raum - und oft nur für Experten verständlich - nahm die Diskussion über Baufehler in Silizium ein, wobei es zumeist um das Verhalten des (bei der Czochralskizüchtung, nach: $\text{SiO}_2 + \text{Si} = 2\text{SiO}$, aus dem Quarztiegel in das Si gelangenden) Sauerstoffs ging.
- 3.1 A.Murgai (IBM, Hopewell Junction) präsentierte eine ausführliche Studie über die Verteilung von Sauerstoffmikroausscheidungen als Funktion von Tiegelgeometrie, Rotationsraten von Tiegel und Kristall und Ziehgeschwindigkeit für 75-125 mm \varnothing Kristalle, die aus 12.3 kg Schmelzen gezogen wurden. Aus den Daten wurde ein mathematisches Modell für den SiO Transport entwickelt.

3.2 J.G.Wilkes (Mullard, Southampton) zeigte anhand umfangreicher spektroskopischer Studien, daß die 9μ Infrarotbande, die üblicherweise "Sauerstoff" zugeordnet wird, bei tiefen Temperaturen aufspaltet in 3 Teilbanden, von denen sich zwei nach dem Tempern der Probe leicht verschieben, die dritte nicht. Dies gestattet es, den Sauerstoffgehalt auf Zwischengitterplätzen getrennt von Sauerstoff in Ausscheidungen zu bestimmen. Je nach Temperdauer können große oder kleine Ausscheidungen bzw. deren Mischungen erzeugt werden. Es konnte ferner eine Korrelation zwischen Kohlenstoffgehalt und Sauerstoffausscheidungen festgestellt werden.

3.3 T.Abe (Shin-Etsu, Gunma, Japan) fand zwei Arten von Sauerstoff-Ausscheidungen.

(a) Solche hervorgerufen durch thermische Spannungen beim Abkühlen (vor allem an der Oberfläche und den Rändern) des Kristalls.

(b) Periodische "Sauerstoff-Striations". Diese konnten gut sichtbar gemacht werden durch optisches Abtasten der Kristalllängsachse mit einer $200 \mu\text{m}$ breiten Infrarotsonde. Diese Streifung stimmt mit den durch "spreading resistance" Messung und Topographie gefundenen überein und entspricht in ihren Abständen dem Verteilungskoeffizienten des (als Dotiermittel verwendeten) Phosphors. Nach Tempern bei 1000°C nimmt die Sauerstoffkonzentration entlang der Längsachse mit der Entfernung zum Keim ab.

4. Weitere Beiträge

4.1 J.F.Wenckus (Ceres Corp.Waltham) produziert kubisches, Yttrium-stabilisiertes, ZrO_2 als Ersatz für Schmuckdiamanten. Preis pro Karat ca. $\$ 2,-$ durch "skull melting". (Tiegelfreies, induktives Aufschmelzen in einer Oxidhaut, die durch wassergekühlte Kupferfinger der Induktionsspule gehalten wird.) Ansatz: 70 kg Schmelze von ca. 30 cm Höhe und 30 cm \emptyset ; $T = 2700^{\circ}\text{C}(!)$. Die Frequenz beträgt 3.5 MHz, die Ausgangsleistung 110 KW. Seine Jahresproduktion ist ca. 9 t; Weltproduktion ca. 30 t. Er liefert auch ein Gerät zur Unterscheidung zwischen Diamant und Imitationen. Der Stein wird mit einer, mit einem Thermistor bestückten, Prüfspitze berührt, die seine Wärmeleitfähigkeit mißt. Die extrem hohe, singuläre Wärmeleitfähigkeit von Diamant (ca. 5 mal besser als Cu) ermöglicht eine eindeutige Identifikation.

- 4.2 Die Forderung nach sehr großen KH_2PO_4 Kristallen für Laserfusionsexperimente hat zu einer (verbesserten) Neuauflage der klassischen Dreikammerkristallisatoren von Walker und Kohmann geführt. G.M.Loiacono (North American Philips) baut zur Zeit ein 144 l Lösung fassendes Umpumpsystem zur Züchtung unter sehr konstanter Temperatur und Übersättigung.
- 4.3 R.S.Feigelson (Stanford Univ.) stellte "laser-heated pedestal growth of single crystal fibers" vor. Die Spitze eines vorgepreßten (Oxid)Stäbchens wird mit einem CO_2 Laser aufgeschmolzen und mittels eines Keims eine monokristalline Faser (0.1-14 μm) schnell abgezogen. Bisher erzeugte Materialien: Al_2O_3 ; LiNbO_3 ; Nd-YAG; YIG; $\text{Gd}_2(\text{MoO}_4)_3$; $\text{Ca Sc}_2\text{O}_4$ u.a.
- 4.4 S.R.Sashital (Hughes Res.Lab., Malibu) stellte durch Flüssigphasen-Epitaxie Schichten von AgGaS_2 her, die als abstimmbare, elektro-optische Filter verwendet werden. Als Lösungsmittel (mol % AgGaS_2 gelöst) dienten Sb_2S_3 (45), PbS (65) und AgCl (42).
- 4.5 Barbara Wanklyn (Oxford) gab ein Poster über die Reduktion der Zahl der spontanen Kristalle durch weniger saure Bestandteile in der schmelzflüssigen Lösung.
- 4.6 John Robertson (Philips Eindhoven) zeigte die drastische Erniedrigung der Wachstumsgeschwindigkeit von Granatfilmen durch Zusatz von CaO zur schmelzflüssigen Lösung.

European Meeting on Crystal Growth '82 (EMCG '82),

23. - 27. August 1982, Prag/Tschechoslowakei

Berichterstatter: R. Diehl, Freiburg

Vom 23. bis 27. August 1982 fand in der tschechoslowakischen Hauptstadt ein europäisches "Kristallzüchtungstreffen" statt, dem die IOCG aus Gründen der Terminhäufung den Status einer offiziellen Konferenz versagt hatte.

Dennoch empfing die 'Goldene Stadt an der Moldau' ihre Gäste mit schönstem Wetter, das beinahe bis zum Tagungsende anhielt. Wer wie ich bereits am Sonntag mit der Bahn anreiste (von Stuttgart aus geht ein direkter Zug nach Prag), hatte im Laufe des Montags genügend Zeit, der traditions-geschwängerten böhmischen Metropole seine Reverenz zu erweisen. Ich tat es mit einer ausgiebigen und ausgezeichnet geführten Stadtrundfahrt, der in einer Altstadt-kneipe ein deftiges Mahl mit Gulasch, Knödeln und Pilsener Bier folgte.

Solchermaßen gestärkt und nunmehr voll auf die Wissenschaft konzentriert lenkte ich meine Schritte zum Rudolfinum, einem im Stile der Neu-Renaissance erbauten Künstlerhaus, das nicht nur, wie sonst üblich, musikalischen Aufführungen sondern auch der um 18.00 Uhr stattfindenden Eröffnungszere-monie des EMCG '82 ein würdiges Ambiente bot. Bei Anwesenheit politischer und wissenschaftspolitischer Prominenz war die Veranstaltung sehr gut be-sucht. Den zahlreichen Begrüßungsansprachen folgte ein sehr hörenswerter Vortrag von Aleš Trříska (Direktor des Prager Instituts für Physik der Tschechoslowakischen Akademie der Wissenschaften) über das heutige Einsatz-spektrum von Einkristallen in Forschung und Technik. Der Vortrag brachte zwar nichts Neues, verdient aber als Ergebnis einer großen Fleißarbeit mehrerer Autoren Beachtung, da er die volkswirtschaftliche Bedeutung der Einkristalle klar herausstellte und damit eine ausgezeichnete Werbung für die Kristallzüchtung war.

Der Eröffnungszere-monie folgte ein feuchter Empfang im Innenhof der Nationalgalerie, danach eine Besichtigung dieser staatlichen Gemäldesamm-lung mit Werken vorwiegend böhmischer Meister.

Einer Auskunft der Tagungsleitung zufolge waren rund 250 Kristallwissenschaftler aus 13 europäischen Ländern und 2 Überseeländern der Einladung nach Prag gefolgt. Bezüglich der Teilnehmerzahl lag das politische Ost/West-Verhältnis bei etwa 4 : 1. Das hatte zur Folge, daß ein fleißiger Besucher von Tagungen im westlichen Ausland sehr viele neue Gesichter sah und sich freute, die persönliche Bekanntschaft von Kollegen machen zu können, die ihm bis dato nur aus der Literatur bekannt waren. Neben der Gastgebervertretung waren starke Delegationen aus der Sowjetunion (fast 60 Personen), der DDR, Polen und Ungarn erschienen. Ein gutes Dutzend der Teilnehmer kam aus der Bundesrepublik. Das Hotel International bildete das gemeinsame Dach über dem Kopf der weitaus meisten Tagungsteilnehmer, ein Umstand, dem zahlreiche neue persönliche Kontakte ihre Entstehung verdankten.

Das wissenschaftliche Tagungsdomizil befand sich unweit des Hotels in einem Gebäude der Fakultät für Elektrotechnik der Technischen Universität Prag. Hier wurde am Dienstagmorgen das wissenschaftliche Programm des Meetings, das sich schwerpunktmäßig mit den "Materials for Electronics" beschäftigte, eröffnet. Geboten wurden 14 eingeladene Vorträge, rund 25 Vorträge und in vier Sitzungen ca. 180 Posterbeiträge (von 220 angekündigten). Die mündlichen Präsentationen ließen sich thematisch einteilen in

- Allgemeine Übersichten,
- Schmelzzüchtung inkl. spezieller Techniken,
- III-V - Verbindungshalbleiter,
- Lösungszüchtung,
- Gasphasenzüchtung,
- Charakterisierung ,
- Neue Materialien,
- Polytypie und Polymorphie.

Die Postersitzungen waren thematisch überschrieben mit

A. Theoretical Aspects of Crystal Growth and Problems of Automation of Crystal Growth

- B. Semiconductors - Growth of Bulk Crystals, Vapour Phase Epitaxy, Liquid Phase Epitaxy, Molecular Beam Epitaxy, Electrocrystallization
- C. Dielectrics - Crystallization from Vapour Phase, from Melts, from Low Temperature Solutions and Fluxes, Hydrothermal Methods, Vapour and Liquid Phase Epitaxy
- D. Structure of Real Crystals and Thin Layers, Their Characterization and Properties

Am Dienstagmorgen wurde der Reigen der Vorträge durch Bill Bardsley (RSRE, Malvern) eröffnet, der Gegenwart und Zukunft von einkristallinen Materialien für die Elektronik beleuchtete. Danach besteht für die letzten beiden Dekaden dieses Jahrhunderts ein Trend zum "sophisticated crystal engineering" bei der Herstellung fortschrittlicher Elektronik-Bauelemente. Dies bezieht sich nicht nur auf die Züchtung von ultrareinen und höchstperfekten Einkristallen, sondern auch auf die Berücksichtigung der Wechselwirkungen solcher Materialien mit den Umgebungsbedingungen der Bauelemententwicklung und -produktion. Unter diesem Aspekt behandelte der Redner ausführlich die Materialprobleme im Zusammenhang mit Element- und Verbindungshalbleitern. Besondere Aufmerksamkeit widmete er den Sauerstoff- und Kohlenstoffverunreinigungen in Silizium. Beim Czochralski-Ziehen aus Quarztiegeln führt eine Reduzierung der Konvektion in der Schmelze zu einer Absenkung des O-Pegels, der gewöhnlich um 100 ppm liegt. Aufgrund der Abnahme der Löslichkeit von Sauerstoff in Silizium mit fallender Temperatur ist modernes Czochralski-Silizium ein Zweiphasenmaterial, das SiO_2 enthält, dessen Form und Verteilung vom Ziehprozeß und der Wärmebehandlung abhängen. Aufgrund des Temperaturgradienten im wachsenden Kristall laufen während des Kristallziehens folgende Prozesse ab:

bei rund

- 1100°C: feste Lösung von Sauerstoff, Kohlenstoff und Zwischengitteratomen,
- 1000°C: Zwischengitteratome kondensieren und bilden Stapelfehler und Versetzungsschleifen,
- 900°C: Stapelfehler und Versetzungsschleifen bilden Keimzentren für Oxidpräzipitate,
- 800°C: die SiO_2 -Präzipitate wachsen,
- 700°C: homogene Keimbildung des Oxids,
- 400°C: Sauerstoff im Zwischengitter bildet Donatorkomplex.

Die Präsenz der Oxidphasen wurde eine Zeitlang als schädlich erachtet, heute jedoch ist klar, daß sie für gute Ausbeuten an mit heutiger Technik produzierten integrierten Schaltkreisen eine ganz wesentliche Voraussetzung ist.

Nach einigen Bemerkungen über die noch weitgehend ungeklärte Rolle des Kohlenstoffs, der von der Siliziumschmelze aus der Gasphase aufgenommen wird, wurde kurz die Molekularstrahlenepitaxie gestreift, mit welcher bei $5 \cdot 10^{-11}$ Torr in entsprechend ausgefeilten Apparaturen Silizium mit einer Ladungsträgerkonzentration von $10^{14}/\text{cm}^3$ hergestellt werden kann. Durch Ionisierung des Siliziums im Molekularstrahl mittels Elektronenstrahlung können bei 500°C Stickingkoeffizienten nahe 1 erreicht werden. Eine Diffusion ist bei solchen Temperaturen vernachlässigbar.

Die wachsende Bedeutung der MBE bei den III-V-Halbleitern, die den Flüssigphasen- und Gasphasenepitaxieprozessen zunehmend Konkurrenz macht, wurde herausgestellt, als der Autor auf die Anforderungen und fortgeschrittenen Präparationstechniken für diese Materialklasse einging. Interessante Anwendungsaspekte ergeben sich auch durch die mit der MBE durchführbare epitaktische Abscheidung von Metallfilmen auf III-V-Halbleitern, z.B. Sn auf InSb und Ag auf InP.

Ein Schwenk über die heute wichtigsten Oxid- und Halidkristalle setzte Schwerpunkte bei den Laserkristallen, neuen Entwicklungen auf dem Gebiet der magnetischen Blasenspeicher, beim Lithiumniobat und Bleigerminat. Danach folgte ein Überblick über neue und neueste Techniken der Einkristallzüchtung und Epitaxie mit Schwerpunkten bei der automatischen Durchmesserkontrolle und beim Laserannealing.

Aufgrund seiner vielen Details und aktuellen Aussagen, war der Vortrag ein fundierter Überblick über den "advanced state of the art" der Einkristallzüchtung und trotz einiger Überschneidungen mit den Ausführungen des Vorabendredners ein Highlight im Tagungsprogramm.

Einen weiteren Übersichtsvortrag steuerte Joachim Böhm (Berlin-Adlershof) bei, der sich auf die Schmelzzüchtung und auf Anwendungsaspekte von dielektrischen Einkristallen konzentrierte. Das technische Interesse an diesen Materialien beruht auf ihren außergewöhnlichen Materialeigenschaften wie z.B. ihrer Härte, spektralen Durchlässigkeit oder hohen elektrischen Isolation. Andere Materialien verdanken ihre Wertschätzung festkörperphysikalischen Effekten (z.B. Laser, photorefraktive Datenspeicherung) oder ihren kristallphysikalischen Tensoreigenschaften (z.B. Anwendungen in der nicht-linearen Optik oder Elektrooptik).

Die überwiegende Mehrzahl aller dielektrischen Kristalle von Bedeutung sind Oxide und Halide, die in den meisten Fällen aus der Schmelze kristallisiert werden. Der Kristallzüchter hat dem Anwendungszweck entsprechend für die erforderliche Kristallqualität zu sorgen, wobei besonderer Augenmerk z.B. auf chemische Reinheit, Versetzungsdichte, Gitterkonstanten oder Brechungsindex zu richten ist.

Diesen allgemeinen Ausführungen folgte ein aktueller Überblick über den "State of the Art" der Schmelzzüchtung der wichtigsten Dielektrika (Korund, YAG - beide heute in inerter oder reduzierender Atmosphäre aus Wolframtiegeln ziehbar -, GGG, LiNbO_3 , Bi-Germanat).

Ebenfalls zu einem Übersichtsvortrag war Emil L. Lube (Inst. für Kristallographie, Moskau) eingeladen, der über die gegenwärtige Situation und die zukünftigen Perspektiven der automatisierten Kristallzüchtung referierte und sich dabei gründlich mit den damit verbundenen Problemen auseinandersetzte. Die Schwierigkeiten, die einer automatischen Steuerung von Kristallisationsprozessen entgegenstehen, haben eine Reihe von Ursachen, so z.B. die große Zahl von Faktoren, die die Kristallqualität beeinflussen und von denen einige steuerbar, andere nicht steuerbar sind; die stochastische Natur der Prozesse; die z.T. großen Zeitkonstanten von Ursache und Wirkung; der Mangel an geeigneten Sensoren. Kriterium für die Optimierung eines Kristallisationsprozesses ist in allen Fällen die Kristallqualität. Eine ins Auge gefaßte Prozeßautomatisierung geht von einem Modell aus, in dessen Rahmen die Steuer- und Stellgrößen festzulegen sind. Eine Automatisierung kann mit oder ohne Rückkoppelung realisiert werden. Im ersten Fall hat man es mit einer Regelung, im zweiten mit einer programmierten

Steuerung zu tun. Ideal wäre die Regelung, der aus vielen Gründen noch erhebliche Schwierigkeiten entgegenstehen. So ist sie heute nur in wenigen Fällen anzutreffen, wie z.B. in Gestalt der automatischen Durchmesserkontrolle beim Ziehen aus der Schmelze. Weitaus verbreiteter sind programmierte Steuerungen, wobei der Prozeß nach einem vorher empirisch bestimmten Programm abläuft. Anhand von Beispielen aus den Bereichen Lösungszüchtung aus wässrigen und schmelzflüssigen Lösungen, Hydrothermal-, Schmelz- und Gasphasenzüchtung stellte der Redner den heutigen Stand der Entwicklung dar und wies auf vorrangige Ansatzpunkte für zukünftige Forschung hin, die sich im wesentlichen auf die Entwicklung neuer Steuerungsmethoden, neuer Sensoren mit hoher Empfindlichkeit und Ansprechgeschwindigkeit sowie die Echtzeitbeobachtung der Kristallcharakteristika konzentrieren müssen.

Im Themenkreis "Schmelzzüchtung" gab J. Paitz (Zentrales Forschungsinstitut für Physik, Budapest) einen Überblick über die Entwicklung und den Stand der automatischen Kristallzüchtung aus der Schmelze. Nach einigen grundsätzlichen Betrachtungen, die auch bereits von E. Lube diskutiert wurden, folgte eine Diskussion der Vor- und Nachteile der bisher bekannten Automatisierungstechniken:

- optische Reflexion am Meniskus
(Reflexion vom Meniskus bei senkrechter Inzidenz, aktive Laserreflexion)
- Abbildung des Kristallprofils
(optische, infrarote und Röntgensysteme mit TV-Kamera)
- Wägung von Kristall oder Tiegel
(heute kommerzielles System von Metals Research erhältlich)
- Züchtung von Profilkristallen (EFG)
- Spezielle Techniken
(z.B. Messung des Drehmoments der Schmelzzone bei der Schmelzonenzüchtung, Ausnützung des Peltier-Effekts, Messung der Schmelzhöhe im Tiegel, Messung des Trägheitsmoments des wachsenden Kristalls)

Am erfolgreichsten haben sich die Techniken der Meniskusbeobachtung und der Wägung erwiesen. Bezüglich der zukünftigen Entwicklung der automatischen Kristallzüchtung kam der Autor zu den gleichen Schlußfolgerungen wie E. Lube.

Über die automatische Durchmesserkontrolle beim LEC-Ziehen von GaAs berichtete K. Terashima, der als einziger die japanischen Kollegen vertrat. Geregelt wird auf konstante Gewichtszunahme des Kristalls. Es stellte sich heraus, daß Temperaturänderungen zu einem anomalen Gewichtssignal führen, das kompensiert werden muß. Mit dem Verfahren ließen sich bisher GaAs-Einkristalle mit einer Versetzungsdichte von $10^5/\text{cm}^3$ ziehen.

J. Kalejs (Mobil Tyco Solar Energy Corporation, Waltham, USA) trug über neuere Entwicklungen beim Bandziehen von Silizium mit der EFG-Technik vor. Bei Ziehgeschwindigkeiten von 4 cm/min ist es gelungen, 10 cm breites Siliziumband mit einer mittleren Dicke von 200 μm zu ziehen, das als billiges Substratmaterial für Si-Solarzellen dienen soll. Es konnten daraus großflächige Solarzellen ($\sim 50 \text{ cm}^2$) mit Wirkungsgraden von 11 bis 12 hergestellt werden, an deren Verbesserung gearbeitet wird.

O. Richter (TESLA, Prag) demonstrierte anhand von Tl-aktiviertem NaJ die Züchtung von Kristallen mit großem Durchmesser durch Erstarren periodisch auf die Kristalloberfläche aufgebracht dünner Schmelzschichten.

Z. Chvoj (Institut für Physik, Prag) beschäftigte sich in seinem Vortrag mit dem Fortschreiten der Wachstumsfront bei der Schmelzzüchtung auf der Grundlage der stochastischen Theorie des Kristallwachstums.

Eine interessante Variante der Schmelzzüchtung stellt das Laserannealing dar. L.N. Aleksandrov (Institute of Semiconductor Physics, Novosibirsk) hielt hierüber einen eingeladenen Übersichtsvortrag, der sich mit Gegenwart und Zukunft der Laserepitaxie elektronischer Materialien befaßte. Am Beispiel der Kristallisation von amorphem Silizium wurden die Vorteile der Laserepitaxie herausgestellt:

- hohe Wachstumsgeschwindigkeiten (mehrere m/s),
- scharfes Film-Substrat-Interface sowie
- Erhaltung des Dotierungsprofils im Film

aufgrund der gepulsten Energiezufuhr. Im einzelnen ging der Redner auf die Herstellung amorpher Filme und deren Stabilität ein, auf die Mechanismen der Kristallisation solcher Filme auf kristallinen Substraten bei gepulster Heizung sowie auf thermodynamische und kinetische Aspekte der beschleunigten epitaxialen Kristallisation. Zukünftige Forschungsschwerpunkte

liegen vorwiegend bei einer besseren Prozeßkontrolle zur Verbesserung der Filmqualität und bei der Synthese von Verbindungen wie z.B. der Herstellung von epitaktischen Metallsilizidfilmen auf Silizium. Neben der Laserheizung wird die Elektronenstrahlheizung an Bedeutung gewinnen. *

Sechs Vorträge des EMCG '82 widmeten sich den III-V-Verbindungen. Ausführlich ging F. Moravec (Institute of Radio Engineering and Electronics, Prag) in seinem Übersichtsvortrag auf die Züchtung von III-V-Volumenkristallen aus Hochtemperaturlösungen ein. Typisch ist hier die Verwendung nichtstöchiometrischer Schmelzen, die ein Arbeiten bei niedrigen Temperatur- und Druckwerten erlauben. Die Kristallzüchtung erfordert umfangreiche Kenntnisse der Beziehungen zwischen dem Dampfdruck der flüchtigen Komponenten, der Temperatur und der Stöchiometrie der III-V-Verbindung. Für die Züchtung von III-V-Kristallen ist die Temperaturgradientenmethode zur Herbeiführung einer Übersättigung am weitesten verbreitet. Unter diesem Aspekt wurde im Detail auf die Vor- und Nachteile des Czochralski- und Bridgmanverfahrens, der Lösungszonenverfahren und des SSD-Verfahrens eingegangen.

In einem spannenden und hochkarätigen Übersichtsvortrag präsentierte H. Künzel (MPI für Festkörperforschung, Stuttgart) neuere Ergebnisse auf dem Gebiet der MBE von GaAs und GaAlAs. Einer grundlegenden Einführung folgte eine Darstellung des apparativen Fortschritts innerhalb der letzten beiden Jahre (LN_2 -gekühltes Crypanel um die Wachstumsräume, rotierbare Substrathalter, Vollautomatisierung) und der daraus folgenden Verbesserungen der MBE ($<10^{-10}$ Torr, Substratdurchmesser bis 3 Zoll). Restverunreinigungen (hauptsächlich Kohlenstoff) wurden bis auf 10^{14} cm^{-3} reduziert. Ladungsträgerbeweglichkeiten im p- und n-GaAs sind extrem hoch (bei 77 K 8500 bzw. $10^5 \text{ cm}^2/\text{Vs}$). Bezüglich optischer Eigenschaften ist MBE - GaAs nun dem LPE-Material mindestens gleichwertig.

Die Wahl der As-Quellenart (As_4 von Elementquellen), As_2 von GaAs-Quellen) beeinflusst den Charakter der Photolumineszenzspektren. Bemerkenswert ist auch der Fortschritt hinsichtlich tiefer Elektronenfallen, deren Konzentration in n-GaAs unter optimalen Abscheidungsbedingungen nur ein Zehntel Prozent der freien Ladungsträgerkonzentration ist. Sie ist unabhängig von der Art der Dotierung, hängt aber kritisch von der Wachstumstemperatur ab. Aufgrund der heute möglichen extrem guten Kontrolle von Dicke, Zusammensetzung und Dotierungskonzentration der Epischichten lassen sich mit

der MBE einzigartige neue Halbleiterstrukturen fertigen (Zusammensetzungs- und Dotierungsüberstrukturen), ebenso eine Vielzahl neuer Bauelemente für Nachweis, Modulation und Erzeugung elektrischer und optischer Signale. Die MBE bleibt damit eines der interessantesten Präparationsverfahren in der Halbleiterforschung.

Ebenfalls mit GaAs-p-n-p-n-Dotierungsüberstrukturen, die allerdings mit LPE hergestellt wurden, befaßte sich P. Zwicknagel (MPI für Festkörperforschung, Stuttgart) in einem eingeschobenen Vortrag. Bei 830 - 890 K wurden auf (100)-GaAs-Substraten aus Galliumlösungen mehr als 50 p-n-Zyklen abgeschieden. Schichtdicken bis herab zu 250 Å wurden erreicht. Gegenüber mit MBE hergestellten Strukturen ergab sich eine höhere Lumineszenzintensität.

Auf die LPE von III-V-Heterostrukturen konzentrierte sich D. Nohavica (Institut für Radiotechnik und Elektronik, Prag) in einem weiteren Übersichtsvortrag. Er betonte, daß das Hauptproblem bei der Präparation guter Heterostrukturen in der Gitterkonstantenanpassung zur Reduzierung von Strain und Versetzungen zu sehen ist. Daher ist für die Abscheidung von Schichten genau definierter Zusammensetzung eine genaue Kenntnis entsprechender Phasendiagramme unabdingbar. Ein experimenteller Aufbau zur optischen Bestimmung von Liquidustemperaturen, auch in Abhängigkeit von Dampfdruck der flüchtigen Komponente, wurde vorgestellt und über eigene Arbeiten zur Präparation von GaAlAs/GaAs- und GaInAsP/InP-Heterostrukturen mittels LPE unter kontrolliertem Dampfdruck berichtet.

Der Flüssigphasenepitaxie von ternären und quaternären III-V-Antimoniden aus Ga-Schmelzen widmete sich E. Lendvay (Forschungsinstitut für Technische Physik, Budapest) und wies darauf hin, daß aufgrund von Mischungslücken die entsprechenden Phasendiagramme komplizierter sind als diejenigen der Phosphide und Arsenide. Auf GaAs-Substraten wurden abgeschieden $\text{GaAs}_{1-x}\text{Sb}_x$, $\text{GaP}_x\text{As}_y\text{Sb}_{1-x-y}$ ($x = 0.366$, $y = 0.619$, $z = 0.015$ mit guter Perfektion und kräftiger Lumineszenz) und $\text{Al}_x\text{Ga}_y\text{In}_{1-x-y}\text{Sb}$ ($0.8 \leq x \leq 1.0$, $0 \leq y \leq 0.1$, $0 \leq z \leq 0.1$), wobei zur Gitterkonstantenanpassung die x- und y-Werte graduell verändert wurden. $\text{GaAs}_{1-x}\text{Sb}_x$ ist a priori p-typ und kann mit Te n-typ gemacht werden. Damit war die Herstellung von p-n-Übergängen und die Erzeugung von Photodiodenstrukturen möglich.

Den Aspekt der Anwendung von III-V-Doppelheterostrukturen in der monolithisch integrierten Optoelektronik beleuchtete M. Herman (Institut für Physik, Warschau). Er zählte die physikalischen Parameter auf, die die Qualität einer Heterostruktur beeinflussen. Die heute meist verwendeten Systeme sind GaAs/GaAlAs, InP/InGaAsP und PbTe/PbSnTe. Die gebräuchlichsten Herstellungsverfahren für optoelektronische Doppelheterostrukturen sind LPE, MOCVD und MBE, deren Vor- und Nachteile diskutiert wurden.

H. Jürgensen (RWTH Aachen) befaßte sich mit der Präparation von InP/GaInAs-Vielschichtstrukturen durch Gasphasenepitaxie in Chloridsystemen (Tietjen-Methode). Für die InP-Abscheidung diente In, für die GaInAs-Abscheidung eine In/Ga-Legierung als Quelle. Optimale Wachstumsbedingungen mit $12 \mu\text{m h}^{-1}$ wurden erreicht bei $T_{\text{sub}} = 890 \text{ K}$, $T_{\text{source}} = 1023 \text{ K}$, $p_{\text{HCl}}^{\circ} \sim 5 \cdot 10^{-3} \text{ bar}$ und $p_{\text{PH}_3}^{\circ}$ bzw. $p_{\text{AsH}_3}^{\circ} \sim 1 \cdot 10^{-2} \text{ bar}$.

Einen Beitrag zur Reduzierung der Versetzungsdichte von LEC-gezogenen GaAs-Einkristallen lieferte L. Zanotti (MASPEC, Parma). Versetzungsdichten bis hinab zu 10^3 cm^{-2} können erreicht werden durch die Wahl geeigneter Synthese- und Temperaturbedingungen in Verbindung mit einer Siliziumdotierung.

Das gleiche Problem wurde von M. Duseaux (Laboratoires d'Electronique et de Physique Appliquée, Limeil-Brévannes) angegangen, der die Entstehung von Versetzungen in Abhängigkeit vom thermischen Streß in LEC- und LEK- (Liquid Encapsulated Kyropoulos, in L.E.P entwickelt) gezogenen GaAs-Einkristallen studierte. Im LEK-Material beträgt die Versetzungsdichte $10^3 - 10^4 \text{ cm}^{-2}$ und ist damit um eine Größenordnung besser als in LEC-Material.

Den Themenbereich "Lösungszüchtung" eröffnete A.A. Chernov in seinem Übersichtsvortrag mit interessanten Bemerkungen über den Einfluß von Lösungszusätzen auf die Struktur der Lösung (Bildung von Komplexen), auf die Struktur der Phasengrenze speziell bei hoher Konzentration der Zusätze ("roughening transition" durch Änderung der freien Energie an Stufen) sowie auf die Wachstumskinetik.

Durch Adsorption von Verunreinigungen kann die Kristalloberfläche vergiftet werden. Es kommt zu einem Wettlauf zwischen Adsorption und (zweidimensionaler) Keimbildung. Ist die Keimbildung schneller, geht das Kristallwachstum weiter, andernfalls wird es gestoppt. Makrostufen können entstehen, die die Verunreinigungen vor sich herschieben oder begraben. Anhand von in situ-Röntgentopographien während des Kristallwachstums wurde gezeigt, daß CrCl_3 -Zusätze zu ADP-Lösungen irreguläres Wachstum und Fluktuationen der Wachstumsrate erzeugen. Fazit: Reguläres und fluktuationsfreies Wachstum wird bei hohen Übersättigungen und niedriger Konzentration von Verunreinigungen erreicht.

Am Beispiel der Lösungszüchtung von NaClO_3 demonstrierte F. Bedarida (Institut für Mineralogie, Genua), wie sich mit Hilfe holographischer Laserinterferometrie konzentrationsbedingte Variationen des Brechungsindex in der Lösung messen lassen. Solche Messungen erlauben eine Korrelation zwischen Wachstumsmechanismen und Konzentrationsgradienten in der Lösung.

B. Wojciechowski (Institut für Physik der TU Lodz) trug neuere Erkenntnisse über die Struktur von wäßrigen Lösungen und deren Einfluß auf Kristallisationsprobleme vor. Die Struktur der Wassermolekel bestimmt die Struktur von Eis. Die tetraedrischen Wasserstoffbindungen um ein Sauerstoffion sind streng gerichtet. Beim Schmelzen werden etwa 11 - 13% der H-Bindungen aufgebrochen, so daß Wasser eigentlich ein defektes Netzwerk aus H-Bindungen darstellt. Aufgrund dieser Bindungen ergeben sich vielfältige geometrische Konfigurationen von Wassermolekeln um verschiedenartige Ionen, z.B. 12 H_2O um ein Ni-Ion. Die gelösten Ionen sind als Verunreinigungen zu verstehen, die die Struktur des Wassers verändern. Kristallisation in wäßrigen Lösungen ist ein komplizierter Phasenübergang, der dadurch gekennzeichnet ist, daß nicht individuelle Molekeln oder Ionen, sondern Cluster zur Kristalloberfläche wandern. Dieses Modell erklärt die geringe Wachstumsrate perfekter Kristalle bzw. die große Zahl von Lösungsmiteinschlüssen in bei zu hoher Übersättigung gewachsenen Kristallen.

Über die Züchtung von KDP-, NaCl- und KCl-Einkristallen aus wäßrigen Lösungen am Siedepunkt berichtete R. Rodriguez-Clemente (Institut für Geologie, Madrid). Vorteile dieser Methode sind enorme Wachstumsraten und größere Verteilungskoeffizienten im Falle von Dotierungen. Zwischen

Siedepunkt und Zimmertemperatur darf keine Phasentransformation auftreten. Um thermischen Schock zu vermeiden, werden die Kristalle in eine geeignet temperierte inerte Flüssigkeit über der Lösung gebracht und darin langsam abgekühlt. Ein KDP-Kristall von 17 g Gewicht konnte an einem Tag gezüchtet werden.

Die Fluxzüchtung wurde durch zwei Vorträge abgedeckt. Barbara Wanklyn (Clarendon Lab Oxford) studierte die Interdependenz von Keimbildung, Unterkühlung und Übersättigung mit Hilfe von pseudobinären Schnitten durch fünf verschiedene ternäre Oxid/Fluorid-Fluxzüchtungssysteme. Aus den Messungen folgt, daß bei Abkühlungsraten von 6K h^{-1}

- die Unterkühlung der absoluten Temperatur proportional ist,
- keine Korrelation zwischen Übersättigung und der Zahl der Kristalle besteht.

Zur Zeit der Keimbildung ist die Übersättigung jedoch von vitaler Bedeutung, denn die Keimbildungsrate ist umso niedriger, je niedriger die Übersättigung ist. Es wurde ein modifiziertes Abkühlungsprogramm vorgeschlagen, um die Zahl der durch spontane Keimbildung entstehenden Kristall zu reduzieren.

Im Zusammenhang mit der Flüssigphasenepitaxie von Granaten fand P. Görnert (Physikalisch-Technisches Institut, Jena) bei Messungen der Wachstumsrate von LPE-Filmen in Abhängigkeit von kristallographischer Orientierung und Unterkühlung und hinsichtlich der Ergebnisse von Wachstumsexperimenten mit Kugeln gute Übereinstimmung mit theoretischen Wachstumsmodellen.

Ein Übersichtsvortrag von H. Oppermann (Zentralinstitut für Festkörperphysik und Materialforschung, Dresden) über Kristallzüchtung mittels chemischer Transportreaktionen eröffnete das Themenfeld der Gasphasenzüchtung. Einer der Trends beim chemischen Transport ist in Richtung auf die Präparation von Einkristallen und Schichten wohldefinierter nichtstöchiometrischer Phasen festzustellen. Bei Phasen mit Homogenitätsbereich sind in aller Regel die Zusammensetzungen von Kristall und Quelle voneinander verschieden. Besteht die Quelle aus zwei im Gleichgewicht koexistierenden Phasen, so erfolgt stets ein sequentieller Transport. In beiden Fällen können sich erhebliche Unterschiede im Konzentrationsverhältnis der Komponenten in Festkörper und Gleichgewichtsgasphase einstellen. Aufgrund der stetigen Wachstumsbedingungen sind die erhalt-

tenen Kristalle sehr homogen mit genau definierten physikalischen Eigenschaften. Demonstrationsbeispiele - so der chemische Transport von FeS_x , Vanadiumoxiden, ZnO und $\text{Pb}_x\text{Mo}_6\text{S}_y$ - rundeten den Vortrag ab.

Der eingeladene Vortrag von R. Nitsche (Freiburg) hatte die Kristallzüchtung der Vierkomponentenmaterialien $\text{Cu}_6\text{PS}_5\text{Hal}$ ($\text{Hal} = \text{Cl}, \text{Br}, \text{I}$) vorwiegend durch chemischen Transport zum Gegenstand. Die Verbindungen kristallisieren im Argyrodit-Typ und sind Ionenleiter. Aufgrund der bestehenden Phasenbreite von $\text{Cu}_{7-x}\text{PS}_{6-x}\text{Hal}_x$ ($0 \leq x \leq 1$) ist die Transportzüchtung von Kristallen der o.g. Zusammensetzung nicht trivial. Anhand thermodynamischer Daten der Verbindungen und Informationen über die Zusammensetzung der Gasphase, die mittels optischer Spektroskopie erhalten wurden, konnten auf der Basis thermodynamischer Rechnungen (Minimierung der Freien Energie, Flux Function) optimale Züchtungsbedingungen sowohl für den chemischen Transport als auch für einen VLS-Mechanismus eruiert und Einkristalle der drei Verbindungen hergestellt werden.

In seinem Beitrag führte E. Schönherr (MPI für Festkörperforschung, Stuttgart) anhand der Sublimationszüchtung von GeS in vertikalen Quarzampullen aus, daß die Kristallzüchtung als Relaxationsprozeß aufgefaßt werden kann. Der Prozeß kann durch eine Gleichung beschrieben werden, die die Wachstumsrate mit der Vorschubrate verbindet. Eine wichtige Größe in dieser Gleichung ist die Relaxationszeit, innerhalb welcher das System von einem alten in ein neues Quasi-Gleichgewicht kommt. Die Relaxationszeit kann genau gemessen und daraus die maximale Vorschubrate berechnet werden.

In der Rubrik "Charakterisierung" hielt A. Authier seinen fast schon obligatorischen eingeladenen Vortrag über die Realstruktur der Kristalle und ging dabei auf die modernen Röntgentechniken ein. Z.B. können durch Topographie bei Verwendung ebener Wellen Misfit-Versetzungen in Grenzflächen durch simultane Beugung an Film und Substrat sichtbar gemacht werden. Mittels Überlagerungen von mit verschiedenen Techniken aufgenommenen Topogrammen sowie Computersimulation von Beugungskontrasten lassen sich heute Kontraste eindeutig interpretieren und Burgersvektoren analysieren.

Im zweiten Übersichtsvortrag widmete sich J. Heydenreich (Institut für Festkörperphysik und Elektronenmikroskop, Halle) dem gleichen Problemkreis mit elektronenmikroskopischen Methoden. In Verbindung mit Materialien für Anwendungen in der Elektronik sind sie aufgrund der direkten Abbildungsmöglichkeiten von Kristalldefekten von Bedeutung geworden. Speziell interessant ist die Abbildung von Defekten in der Ebene von pn-Übergängen, von prozeßinduzierten Defekten sowie von Defekten auf Oberflächen. In Anwendung sind hauptsächlich hochauflösende EM, in-situ EM und Kombinationen verschiedener moderner EM-Techniken. Anhand einiger Beispiele wurden die Möglichkeiten und Grenzen der verschiedenen Methoden diskutiert.

Über Möglichkeiten der quantitativen Analyse von Reliefstrukturen auf Halbleiteroberflächen mit Hilfe des Elektronenmikroskops sprach S. Simov (Institut für Festkörperphysik, Sofia). Die Koordinaten von Punkten, Linien, zwei- und dreidimensionalen Gebilden können in einfacher Weise bestimmt und daraus Abstände und Winkel zwischen den Strukturelementen (z.B. Mikrostopfen, Whiskers, Ätzgruben, Körner) berechnet werden.

Einen eingeladenen Vortrag über druckempfindliche Materialien mit gemischten Valenzen, der der Rubrik "Neue Materialien" zuzuordnen ist, hielt E. Kaldis (ETH, Zürich). Gegenstand der Ausführungen waren die Chalkogenide von Seltenen Erden mit Valenzinstabilitäten. Bei Sm z.B. läßt sich durch Anwendung von externem Druck eine Hybridisierung zwischen 4f- und 5d-Niveau erreichen, wobei Sm^{2+} (Elektronenkonfiguration $4f^6 5d^0 6s^2$) in Sm^{3+} ($4f^5 5d^1 6s^2$) übergeht. Gleichzeitig vollzieht sich ein Übergang vom halbleitenden in den metallischen Zustand. Die Verbindungen zeigen eine Reihe von festkörperphysikalischen Phänomenen, die z.T. noch unverstanden sind. Fragen der Kristallzüchtung dieser Materialien, die erst oberhalb 2000°C schmelzen, wurden erst in der Diskussion des Vortrags behandelt. Danach werden sie in zugeschweißten W-, Mo- oder Ta-Ampullen unter extremer Sauerstofffreiheit bei Hochfrequenzheizung aus der Schmelze oder durch Sublimation erhalten.

Über die Züchtung von Einkristallen des piezoelektrischen Lithiumhydroseleinit (LiHSeO_3) aus wäßriger Lösung berichtete K. Recker (Bonn). Einkristalle bis zu $50 \times 35 \times 10 \text{ mm}^3$ wurden im Temperaturbereich von $55 - 35^\circ\text{C}$ durch langsames Abkühlen ($0.2 - 0.5^\circ\text{C}/\text{Tag}$) gesättigter

Lösungen erhalten, die Li_2CO_3 und SeO_2 in stöchiometrischem Verhältnis enthielten. Die Kristalle wurden hinsichtlich ihrer kristallographischen und tensoriellen Eigenschaften charakterisiert.

Eine interessante Substanz für Anwendungen in der Akustooptik ist Kalomel (Hg_2Cl_2), über dessen Sublimationszüchtung im transparenten Zweizonenofen C. Barta (Institut für Physik, Prag) vortrug. Die Beziehungen zwischen Wachstumsrate, Temperatur an der Kristallisationsfront (400 - 470°C) und dem Temperaturgradienten wurden experimentell ermittelt. Die Wachstumsrate wird von der temperaturabhängigen Gleichgewichtszusammensetzung des gesättigten Dampfes ($\text{Hg}_2\text{Cl}_2 \rightleftharpoons \text{Hg} + \text{HgCl}_2$ und $\text{Hg}_2\text{Cl}_2 \rightleftharpoons 2\text{HgCl}$) beeinflusst.

In der noch verbleibenden Rubrik von Vorträgen wurden kristallchemische Fragen der Polytypie und Polymorphie behandelt. M. Kozielski (Institut für Physik, Warschau) beschäftigte sich mit einem statistischen Modell, das die eindimensionale Fehlordnung in aus der Schmelze gewachsenen II-VI-Verbindungen und deren Mischkristalle beschreibt. S. Durovič (Institut für Anorganische Chemie, Prag) untersuchte den Einfluß der einzelnen Polytypen einer Substanz auf ihre physikalischen Eigenschaften und fand, daß die Eigenschaften von gemischten Polytypen eine lineare Kombination der Eigenschaften der reinen Endglieder darstellen. Dies eröffnet die Möglichkeit, physikalische Eigenschaften polytyper Kristalle auf rein kristallstrukturelle Weise "abzustimmen".

Anhand von Beispielen präsentierte F. Hanic (Institut für Anorganische Chemie, Preßburg) seine Strukturfeldtheorie, die es erlaubt, die Existenz und auch die Phasenreinheit einer Kristallstruktur vorherzusagen, wenn chemische Zusammensetzung, Temperatur und Druck gegeben sind. In Abhängigkeit von den Radien der beteiligten Atome wird die Breite eines Strukturfeldes durch den Minimal- und Maximalwert einer Kennzahl beschrieben, die das Verhältnis des Volumens der Atome in der Elementarzelle zum Gesamtvolumen der Elementarzelle angibt. Anhand einiger Beispiele wurde die Theorie demonstriert.

Noch einige Bemerkungen zu den Postersitzungen, die von Montag bis Donnerstag - jeweils am späten Nachmittag - stattfanden. Auffallend war die rege Diskussion vor den Plakatwänden, die stets weit über den

offiziellen Schlußzeitpunkt hinausgingen. Hier wurden offensichtlich die seltenen Gelegenheiten eines intensiven Plausches zwischen Kollegen aus Ost und West weidlich genutzt. Auf die Posterbeiträge kann hier nicht im einzelnen eingegangen werden. Die Sitzungen waren wesentlich bunter gemischt als bei Tagungen im westlichen Ausland. Schwerpunkte lagen bei den III-V-Materialien, Si, Al_2O_3 , neuen und alten Lasermaterialien, den altbekannten nicht-linear optischen Kristallen wie Tartraten, Formiaten, Jodaten, KDP, $LiNbO_3$, etc, sowie bei theoretischen Arbeiten. Die Darstellungsqualität einer nicht geringen Zahl von Postern war wegen der vielfach lediglich angehefteten Schreibmaschinenseiten und der unverständlichen Darstellung recht weit unten angesiedelt. Viele Poster - speziell die von russischen Kollegen - waren personell nicht besetzt; man hatte den Eindruck, daß die Autoren nicht anwesend waren und die Blätter von Kollegen anheften ließen.

Hinsichtlich der mündlichen Präsentation blieben die Auswahlkriterien und das Ordnungsprinzip in der Reihenfolge der Vorträge im Dunkeln. Ein Mangel war auch, daß den Rednern kein Mikrofon zur Verfügung stand. Die Qualität des gebotenen Englisch war durchweg gut. Viele Übersichtsvorträge waren sehr elementar und auch für kristallzüchterische Neulinge geeignet. Da nur eingleisig gefahren wurde, konnte sich auch der an der Kristallzüchtung per se Interessierte wieder einmal einen Überblick über seine Nichtspezialgebiete verschaffen. Gelegentlich wurden Binsenweisheiten verbreitet, und die Unsitte, Schubladenvorträge zu halten, ist wohl nicht auszurotten. Aus fachlicher Sicht hatte die Tagung insgesamt ein gutes bis sehr gutes Niveau. Die Atmosphäre war heiter bis gelöst, anläßlich des opulenten Konferenzbuffets mit sehr guten Weinen sogar ausgelassen. Der an der beachtlichen Teilnehmerzahl ablesbare Zuspruch war der Lohn für die Mühe der stets hilfsbereiten, liebenswürdigen und zuvorkommenden Gastgeber. Besonders sind hier die Kollegen C. Barta und J. Žemlička hervorzuheben. Sie und ihre Helfer dürfen das EMCG '82 als schönen Erfolg verbuchen.

International Meeting on the Relationship between Epitaxial Growth
Conditions and the Properties of Semiconductor Epitaxial Layers,

30. August - 01. September 1982, Perpignan, Frankreich

Berichterstatter: K.W. Benz, H. Haspeklo, Stuttgart

Die Tagung war als Satellitenkonferenz zur "16th Int. Conf. on the Physics of Semiconductors", Montpellier, Frankreich, ausgewiesen. Die Teilnehmerzahl betrug ca. 120. 37 Vorträge sowie eine Postersitzung ergaben ein ausgewogenes Programm zum obigen Themenkreis. Im einzelnen wurden die Vorträge in folgenden Schwerpunkten zusammengefaßt:

1. Order - disorder in LPE. Der Schwerpunkt bezüglich der Materialien lag bei ternären und quaternären III-V-Verbindungshalbleitern (InGaAs (P), GaAlSb) im Hinblick auf den Einsatz für optoelektronische Bauelemente. Insbesondere wurden die Mischbarkeitskriterien von Lösung und Festkörper behandelt, die zur Änderung in der Zusammensetzung und zur spinodalen Entmischung im Bereich des Heteroübergangs führen (Vorträge von CNET, Bagneux; Thomson CSF, Orsay; INSA, Lyon; SEL, Stuttgart, Kyoto Universität usw.).

2. Low Pressure VPE. Die Niederdruck-Epitaxie wird sowohl bei der Epitaxie metallorganischer Verbindungen (J.P.Duche min, Thomson CSF, Orsay) als auch bei der konventionellen Epitaxie (M.Onuhi et al., University of Kumamoto, Japan) eingesetzt. Insbesondere wird die Diffusion von Störatomen im Niederdruck-Gas vergrößert und damit die Selbstdotierung verringert. Somit sollten sich sehr steile Dotierstoffprofile einstellen lassen.

Beim Unterdruck-Hydrid-Epitaxieprozeß (E. Veuhof et al., RWTH Aachen) wurden für GaAs-Epitaxieschichten höhere Ladungsträgerbeweglichkeiten erreicht verglichen mit Schichten, die beim "Normaldruckverfahren" hergestellt wurden. Andererseits erhöhte

sich der Einbaukoeffizient von Te und S, sodaß beispielsweise keine gezielte Te-Dotierung bei der GaAs-Niederdruckepitaxie möglich war.

3. Molecular Beam Epitaxy. Bei der Si-Epitaxie (J. C. Bean, Bell Labs., Murray Hill, USA) wurden die Ausgangsmaterialien nicht thermisch sondern mittels Elektronenstrahlen verdampft. Die Dotierung der Epitaxieschichten erfolgte mit Hilfe der Ionenimplantation für die Elemente B, P und As (Vorteile: Haftkoeffizienten ≈ 1 , Substrattemperatur unkritisch). Es konnten 3 - 5" -Si-Scheiben bewachsen werden (EPD $\approx 100 - 200 \text{ cm}^{-2}$, keine Stapelfehler beobachtbar).

Bei der Herstellung von GaAs und GaAlAs werden durch die Oberflächenkinetik tiefe Störstellen erzeugt (H. Jung et al., MPIF, Stuttgart; G. Duggan et al., Philips, Surrey, England). Die Konzentration dieser Defekte kann vermindert werden, wenn der Molekularstrahl aus As_2 - anstelle von As_4 -Molekülen besteht. Die so hergestellten Schichten zeigen eine höhere Lumineszenzausbeute, die Grenzflächenrekombination am Heteroübergang GaAs/GaAlAs wird vermindert von $s \approx 5 \cdot 10^4 \text{ cm/s}$ mit As_4 auf $s \approx 5 \cdot 10^2 \text{ cm/s}$ mit As_2 .

4. Microstructures in MBE and MOVPE. Der Bereich dünnster Schichten ($\sim 100 \text{ \AA}$) war bisher eine Domäne der MBE. Durch die metallorganische Epitaxie hat sich eine starke Konkurrenz ergeben. Mit der MOVPE ist es relativ einfach möglich, komplizierte Schichtfolgen unterschiedlicher Zusammensetzung und Dotierung herzustellen. Schichten im Bereich $60 \text{ \AA} - 1000 \text{ \AA}$ mit abrupten Übergängen können erreicht werden und die daraus hergestellten Bauelemente (z.B. GaAs/GaAlAs-Quantum Well Laser-Strukturen) zeigen gute Eigenschaften ($j = 230 \text{ A/cm}^2$, S.D. Hersee et al., Thomson CSF, Orsay).

5. Gasphasenepitaxie. Besonders hervorzuheben sind die Fortschritte, welche bei der Epitaxie mit Hilfe metallorganischer Adduktverbindungen erzielt worden sind. R. H. Moss et al., British Telecom Research Labs. berichtete über die Herstellung von InP-Schichten

mit Trimethylindium-Triethylphosphan-Addukt und PH_3 . Es wurden Schichten mit $n \sim 1 \cdot 10^{15} \text{ cm}^{-3}$ und $\mu_{77\text{K}} = 38\,000 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$ hergestellt. Wir berichteten über Ergebnisse zur Epitaxie mit Trimethylindium-Trimethylphosphan-Addukt unter Zugabe von bei 720°C vorzerlegtem Trimethylphosphan ($n \sim 4 \cdot 10^{16} \text{ cm}^{-3}$, $d_r \sim 1 - 5 \mu\text{m}$).

L.J. Giling, (Catholic University Nijmegen, Niederlande) studierte unter Wachstumsbedingungen mit Hilfe einer holographischen Nachweismethode die Strömungsbedingungen in Epitaxiereaktoren (insbesondere für den Fall der MOVPE). Es konnte gezeigt werden, daß man für H_2 und He als Trägergas bei den üblichen Reaktorbedingungen stets laminare Strömungen erhält. Dies ist für ein kontrolliertes Epitaxiewachstum notwendig. Für einen typischen Horizontalreaktor treten bei den üblichen Temperaturgradienten keine Konvektionsströmungen auf. Einlaßeffekte sind ebenfalls von geringem Einfluß. Im Gegensatz dazu wird bei der Verwendung von N_2 und Ar als Trägergas die Strömung im Reaktor schon bei geringen Durchflußraten durch Turbulenzen, Konvektion und Einlaßeffekte stark bestimmt.

Eine Reihe von Vorträgen befaßte sich bei III-V-Verbindungshalbleitern mit dem reproduzierbaren Epitaxiewachstum (Chlorid- und Hybridverfahren) auf großflächigen Substratkristallen. Dabei sind insbesondere die "in-situ"-Ätzbedingungen wichtig, um ebene, fehlerfreie Epitaxieoberflächen zu erhalten.