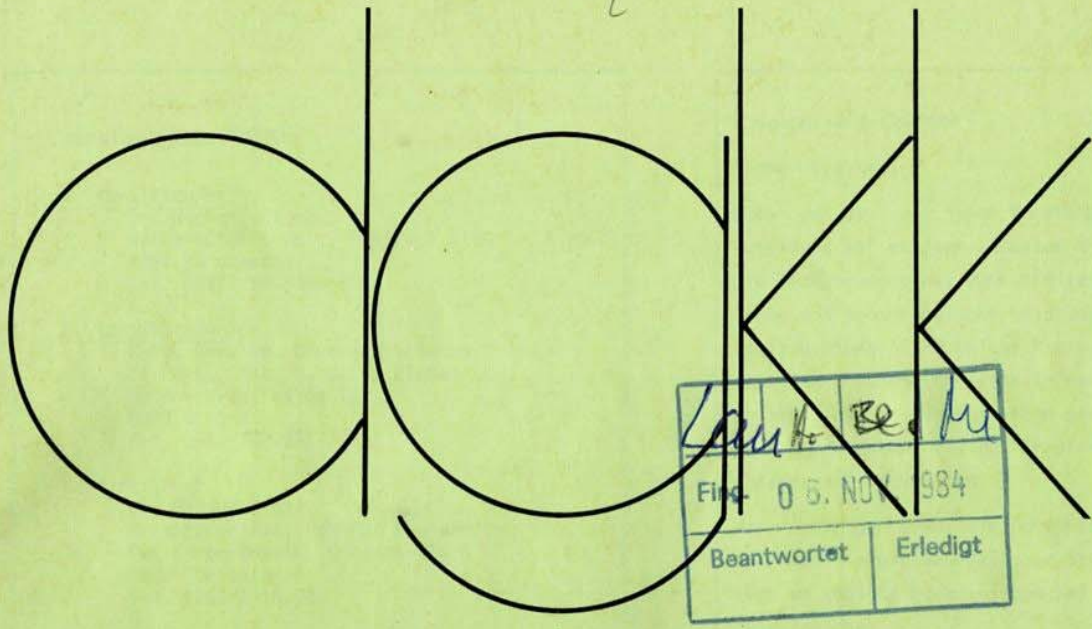
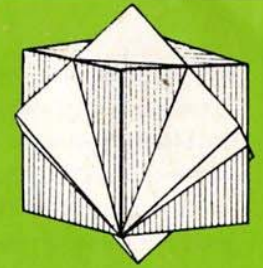


1/2 Lw

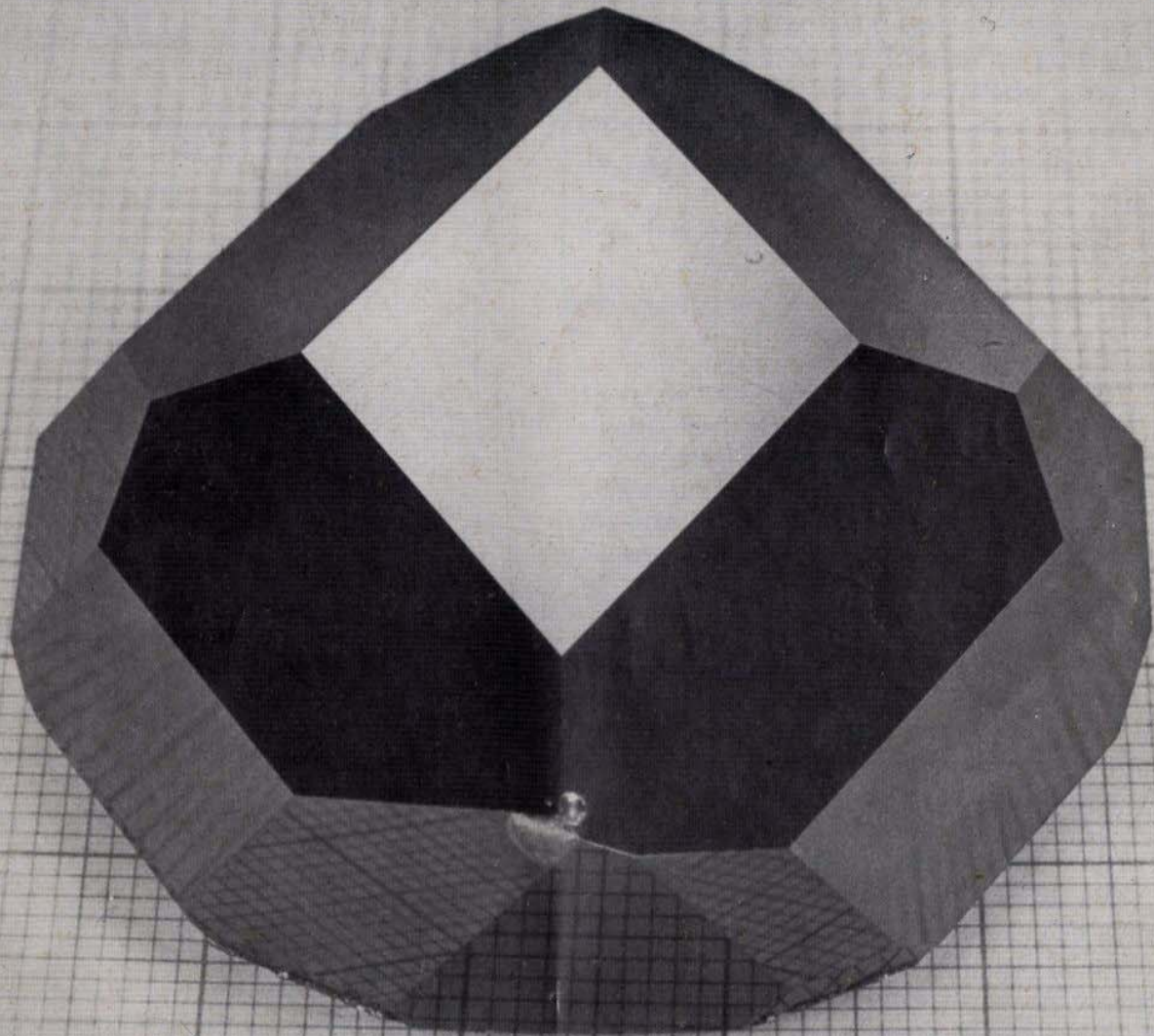


Mitteilungsblatt
Nr. 40 / Oktober 1984

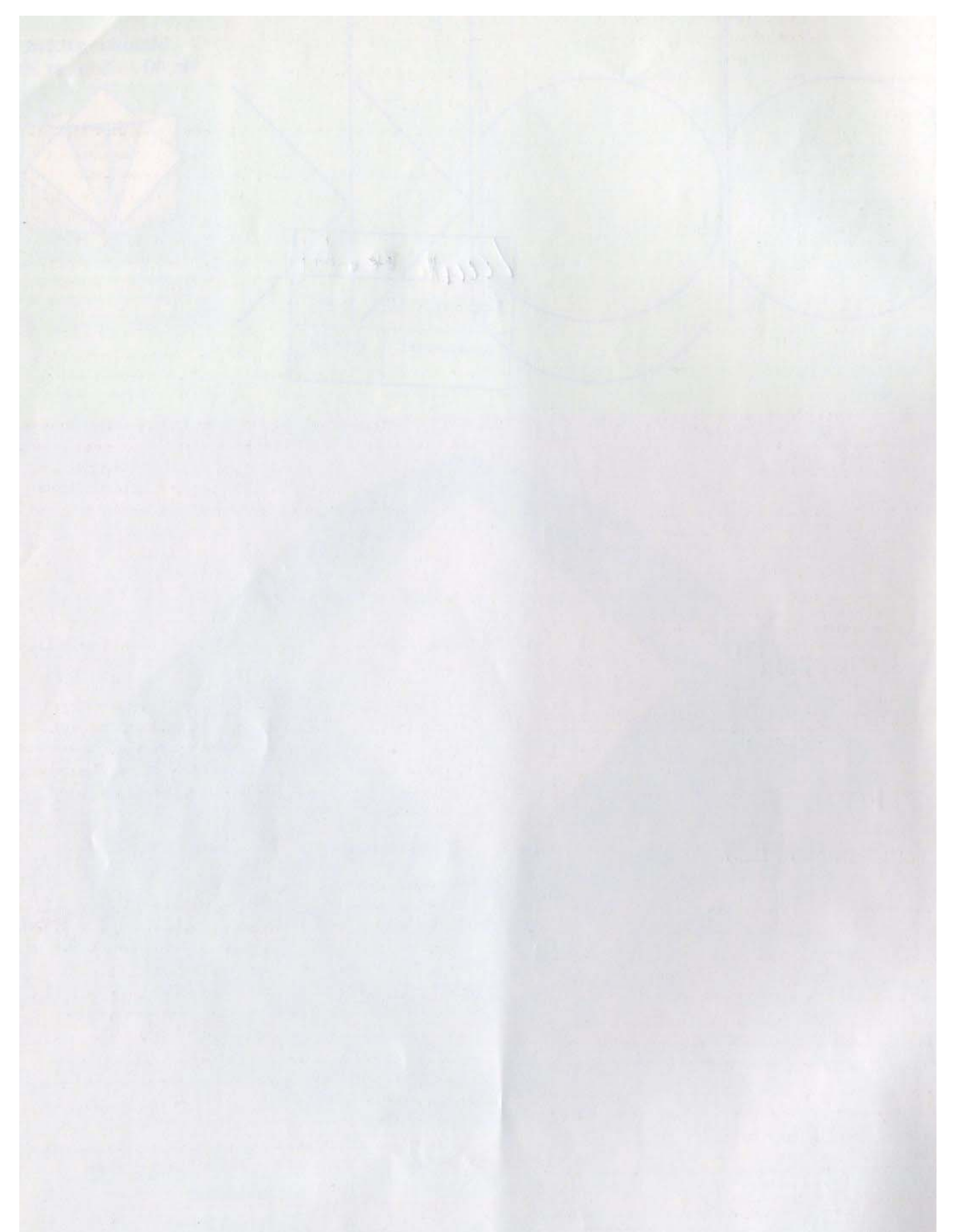


Deutsche Gesellschaft
für Kristallwachstum und
Kristallzucht e.V.

<i>Kaufmann</i>	
File 05. NOV 1984	
Beantwortet	Erledigt



Inhalt	Mitteilungen der DGKK	1	Kristallforschung Philips	9
	Andere Gesellschaften	7	Neue Bücher	15
	Personelles	8	Stellenangebot	15
	Rohquarz	9	Tagungskalender	15
	Schmunzelecke	9	Tagungsberichte	17



Titelbild: Aus einer Schmelzlösung gezüchteter $Y_3Fe_5O_{12}$ (YIG) – Einkristall von ca. 100 g

Vorstand der DGKK

1. Vorsitzender

Dr. Herbert Jacob
Wacker-Chemitronic, Postfach 1140
8263 Burghausen
Tel. 08677/83-3868

2. Vorsitzender

Priv. Doz. Dr. Dietrich Schwabe
I. Phys. Inst. d. Univ. Gießen
Heinrich-Buff-Ring 16
6300 Gießen
Tel. 0641/702-2715

Schriftführer

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

Schatzmeister

Dr. Christa Grabmaier
Siemens AG Zentrale Technik, AM 4
Otto-Hahn-Ring 6
8000 München 83
Tel. 089/636-2696

Beisitzer

Prof. Dr. Heiner Müller-Krumbhaar
Institut für Festkörperforschung
der KFA Jülich, Postfach 1913
5170 Jülich
Tel. 02461/61-3428

Dr. Georg Müller
Institut für Werkstoffwissenschaften VI
-Werkstoffe der Elektrotechnik -
Universität Erlangen-Nürnberg
Martensstraße 7, 7850 Erlangen
Tel. 09131/85-7636

Dipl. Phys. Rolf Laurien
Philips GmbH Forschungslaboratorium Hamburg
Vogt-Kölln-Str. 30, 2000 Hamburg 54
Tel. 040/5493-527(546)

"Chairman's Corner"

Liebe Mitglieder!

Neben der Wahl des neuen Vorstands steht eine wichtige Entscheidung auf unserer nächsten Mitgliederversammlung an: Die Einführung eines DGKK-Preises für besondere wissenschaftliche und technologische Leistungen auf dem Gebiet der Kristallzüchtung. Eine solche Preisverleihung braucht ein Statut. Herr Laurien hat sich in dankenswerter Weise die Mühe gemacht, dieses auszuarbeiten und zugleich unsere Satzung zu überprüfen und sie den Erfordernissen der steigenden Mitgliederzahl anzupassen.

Wir veröffentlichen die Entwürfe in diesem Mitteilungsblatt, um Ihnen hinreichend Zeit zur Stellungnahme zu geben und auch um endlose Diskussionen bei der Mitgliederversammlung zu vermeiden.

Unser "Wintersymposium" ist nun schon fast Tradition geworden. Dank dem freundlichen Entgegenkommen der Firma Leybold-Heraeus und der Aktivität von Frau Grabmaier und Herrn Mateika wird im Januar in Hanau über Einrichtungen zur Kristallzüchtung referiert werden. Wir erwarten auch diesmal wieder eine rege Beteiligung.

Mit freundlichen Grüßen

Ihr

Herbert Jacob

Einem Trend anderer Gesellschaften folgend hat Herr Diehl vorgeschlagen, den Schriftführer von der Aufgabe der Redaktion des Mitteilungsblattes zu entlasten und ein anderes Vorstandsmitglied damit zu beauftragen. Herr Müller wäre bereit, die Redaktion des Mitteilungsblattes im Falle seiner Wahl zu übernehmen.

MITTEILUNGEN DER DGKK

Wahl des neuen DGKK-Vorstands

Auf der nächsten Mitgliederversammlung der DGKK anlässlich der Jahrestagung 1985 in Köln ist der Vorstand unserer Gesellschaft neu zu wählen, da die Amtsperiode des derzeit amtierenden Vorstands zum 31.12.1985 abläuft. Satzungsgemäß scheidet aus dem Vorstand die Herren Schwabe, Müller-Krumbhaar und Jacob aus. Herr Schwabe kann jedoch in der Funktion des Vorsitzenden wiedergewählt werden.

Von Seiten des Vorstands wird im Einverständnis mit den nachfolgend genannten Mitgliedern der Mitgliederversammlung folgender Wahlvorschlag unterbreitet:

Vorsitzender: K.W. Benz, D. Schwabe
Stellvertr. Vors.: K.W. Benz, G. Müller, U. Wiese
Schriftführer: R. Laurien
Schatzmeister: G. Müller-Vogt,
C. Sussieck-Fornefeld
Beisitzer: R. Diehl, G. Müller, J.M. Welter,
U. Wiese, C. Sussieck-Fornefeld

Satzungsänderung

Die Vergabe eines Preises an Kristallwissenschaftler durch die DGKK gemäß einem vorläufigen Beschluß der letzten Jahreshauptversammlung macht eine Satzungsänderung erforderlich. Herr Laurien hat die Aufgabe übernommen, den beiliegenden Entwurf zu erarbeiten. Bei dieser Gelegenheit hat er den derzeitigen Wortlaut unserer Satzung einer kritischen Betrachtung unterzogen. Hier seine Ausführungen dazu:

Bei der Durcharbeitung unserer Satzung sind mir einige Ungereimtheiten und verbesserungswürdige Punkte aufgefallen, die ich nachfolgend mit Änderungsanträgen und Begründung aufgeführt habe. Bei verschiedenen Punkten habe ich mich an die Satzung der Deutschen Geophysikalischen Gesellschaft gehalten.

Alter Wortlaut §4 Absatz 2:

"Die Mitgliedschaft können erwerben:

- natürliche Personen, die sich mit Kristallwachstum oder Kristallzüchtung beschäftigen."

Redaktion

Dr. Roland Diehl (Schriftführer) Tel. 0761/2714-286

- Mitteilungen der DGKK
- Mitteilungen anderer Gesellschaften
- Personelles (Berufungen, Auszeichnungen, etc.)
- Tagungskalender
- Leserbriefe
- Stellenangebote, Stellengesuche
- Verschiedenes

Dr. Dietrich Schwabe (2. Vors.) Tel. 0641/702-2715

- Institutionen mit Kristallzüchtungsaktivitäten
- Apparaturen, Ersatzteile
- Computerprogramme
- Kniffe und Tips

Dr. Klaus Werner Benz, Tel. 0711/685-5110

- Tagungsberichte,
- Übersichtsartikel
- Buchankündigungen, Buchbesprechungen.

Schlußredaktion und Drucklegung durch den Schriftführer.

Änderungswürdiger Punkt:

Durch diesen Wortlaut ist es streng genommen ausgeschlossen, Personen aufzunehmen, die keine aktiven Kristallzüchter sind wie z.B. Elektrotechniker, Hersteller von Chemikalien (Substanzen) oder Mitarbeiter im Vertrieb oder in PR-Abteilungen. Firmen dagegen können, auch wenn sie Wachs-pulver herstellen, aufgenommen werden. Es liegt hier eine Ungleichbehandlung vor. Entweder muß "beschäftigen" geändert werden in "an ... interessiert sind", oder der Halbsatz ist zu streichen.

Antrag: Die Mitgliederversammlung möge beschließen:

In §4 Absatz 2 ist der Halbsatz wie folgt zu ändern: "die an interessiert sind"

Alter Wortlaut §7 Absatz 1 Satz 2:

"Ihm (dem Vorstand) sollen auch Vertreter der Hochschulen und der Industrie angehören."

Änderungswürdiger Punkt:

Durch dieses Wort "auch" werden Hochschulen und Industrie gegenüber den Instituten diskriminiert.

Antrag: Die Mitgliederversammlung möge beschließen:

§7 Absatz 1 Satz 2 ist ersatzlos zu streichen.

Alter Wortlaut §8 Absatz 1:

"Die Vorstandsmitglieder werden von der Mitgliederversammlung in geheimer Abstimmung auf die Dauer von 2 Jahren gewählt."

Änderungswürdiger Punkt:

Die geheime Abstimmung steht im Widerspruch zu §11 Absatz 5, nach dem bei jeder Abstimmung eine Abstimmung durch Zuruf zulässig ist!

Außerdem ist das derzeit praktizierte Verfahren bei den Vorstandswahlen wegen der schriftlichen Stimmabgabe sehr langwierig. Eine Stimmabgabe durch Handzeichen ist auch bei Vorstandswahlen rechtlich zulässig, ja sie ist schon in §11 verankert, also sollte man in §8 die "geheime Abstimmung" streichen.

Für den Fall, daß sich eine kritische Abstimmung (Kampfabstimmung) anbahnt, bei der sich möglicherweise einige Mitglieder scheuen, offen abzustimmen, wäre nach wie vor ein geheimer Wahlgang möglich, er bräuchte nur von einer stimmberechtigten Person gefordert werden (eine Abstimmung über eine solche Forderung findet nicht statt).

Antrag: Die Mitgliederversammlung möge beschließen:

§8 Satz 1 wird wie folgt geändert:

"Die Vorstandsmitglieder werden von der Mitgliederversammlung auf die Dauer von zwei Jahren gewählt."

Antrag: Die Mitgliederversammlung möge beschließen:

In §11 Absatz 5 wird Satz 2 alt gestrichen und dafür Satz 2 neu und 3 eingefügt:

"Die Abstimmungen erfolgen durch Handzeichen. Spricht sich ein anwesendes Mitglied für eine schriftliche Stimmabgabe aus, ist eine geheime Wahl durchzuführen.

Sollte jemand auf dem Begriff "durch Zuruf" in §11/5/2 alt bestehen, könnte man Satz 2 neu wie folgt ergänzen:

Antrag: Die Mitgliederversammlung möge beschließen:

§11 Absatz 5 Satz 2 neu wie folgt ergänzt:

"Die Abstimmung erfolgt durch Handzeichen, Akklamation ist zulässig."

Alter Wortlaut §5 Absatz 3 Satz 2:

"Kein Mitglied ist an die Wahlvorschläge mit seiner Stimmabgabe gebunden."

Änderungswürdiger Punkt:

Besonders bei den Wahlen der Beisitzer kommt es vor, daß statt "ja", "nein" oder Enthaltung auch andere Namen genannt werden. Für die eigentliche Abstimmung ist dies sinnlos. Diese Stimmen werden sowieso als Enthaltungen gezählt. Der Passus ist überflüssig. Wenn jemand seinen Favoriten wählen möchte, sollte er den Mut haben, ihn öffentlich nach dem in der Satzung beschriebenen Verfahren vorzuschlagen, damit auch andere darüber abstimmen können.

Antrag: Die Mitgliederversammlung möge beschließen:

§8 Absatz 2 Satz 2 ist ersatzlos zu streichen.

Alter Wortlaut: §10 Satz 1:

"Die Mitgliederversammlung ist beschlußfähig, wenn mindestens ein Fünftel der Mitglieder anwesend ist"

Änderungswürdiger Punkt:

Die Schwierigkeiten, bei einer weiteren Expansion der Gesellschaft auf einer Mitgliederversammlung die genügende Anzahl von Mitgliedern zu erreichen, sind bekannt. Die minimale Zahl sollte zweigleisig ermittelt werden:

- a) bei geringen Mitgliederzahlen durch einen Prozentsatz
 - b) bei höheren Mitgliederzahlen durch eine feste Zahl.
- Beispiel: Bei weniger als 200 Mitgliedern: 20% Minimum,
bei mehr als 200 Mitgliedern: 40 Personen.

Antrag: Die Mitgliederversammlung möge beschließen:

§10 Satz 1 wird wie folgt geändert:

"Die Mitgliederversammlung ist beschlußfähig, wenn 20% der Mitglieder oder mindestens 40 stimmberechtigte Personen anwesend sind. Dabei ist die kleinere der beiden Zahlen maßgebend."

Alter Wortlaut: §10 Satz 2:

"Jedes Mitglied hat eine Stimme."

Änderungswürdiger Punkt:

Im Mitgliederverzeichnis von 1983 sind von den aufgeführten 230 Mitgliedern 14 korporative Mitglieder. Bisher hat man sich keine Gedanken darüber gemacht, daß auch diese stimmberechtigt sind, aber nie eine Stimme abgeben konnten, da dieses nicht geregelt war.

Antrag: die Mitgliederversammlung möge beschließen:

Nach §10 Satz 3 werden die folgenden Sätze 4-6 eingefügt:
"Korporative Mitglieder können zu Mitgliederversammlungen einen Vertreter benennen. Dieser muß nicht selbst Mitglied sein. Ein etwa bestehendes persönliches Stimmrecht des Vertreters wird von der Stimmabgabe nicht berührt."

Alter Wortlaut §11 Absatz 5 Satz 1:

"Soweit nach der Satzung nicht eine qualifizierte Mehrheit verlangt wird, entscheidet bei allen Abstimmungen die einfache Mehrheit, bei Stimmgleichheit der Vorsitzende."

Änderungswürdiger Punkt:

Hier sind zwei Punkte verbesserungswürdig. Der Fall der Stimmgleichheit bezieht sich hier nur auf Abstimmungen mit einfacher Mehrheit. Pattsituationen bei Abstimmungen mit qualifizierter Mehrheit sind nicht geregelt. Außerdem sollte bei Wahlen der Vorsitzende lieber nicht das Zünglein an der Waage sein; es wäre besser, hier das Los entscheiden zu lassen.

Antrag: Die Mitgliederversammlung möge beschließen:

§11 Absatz 5 Satz 1 wird wie folgt geändert und erweitert:
"Soweit nach der Satzung nicht die qualifizierte Mehrheit verlangt wird, entscheidet bei allen Abstimmungen die einfache Mehrheit. Bei Stimmgleichheit gibt im Fall von Beschlüssen der Sitzungsleiter den Ausschlag, im Fall von Wahlen das Los."

Alter Wortlaut: §12

"Anträge zur Aufnahme in die Tagesordnung sind dem Vorstand rechtzeitig zuzuleiten. Anträge, die nach Versendung der Tagesordnung eingehen, können nur mit Zustimmung des Vorstandes auf der Versammlung verhandelt werden."

Änderungswürdiger Punkt:

Der Vorstand kann nach diesem Wortlaut in jedem Fall die Aufnahme eines Antrags in die Tagesordnung verhindern. Auch bei rechtzeitiger Zuleitung an den Vorstand ist - strenggenommen - die Aufnahme noch nicht erfolgt, da der Vorstand immer noch darüber befinden kann. Außerdem ist die Erweiterung der Tagesordnung um andere Punkte (Diskussionen) nicht vorgesehen.

Antrag: Die Mitgliederversammlung möge beschließen:

§12 Satz 2 wird wie folgt geändert:

"Die Tagesordnung muß um weitere Punkte ergänzt werden, wenn zu Beginn der Sitzung ein von wenigstens drei Mitgliedern unterstützter entsprechender schriftlicher Antrag dazu vorliegt."

Alter Wortlaut: §12

"Außerordentliche Mitgliederversammlungen kann der Vorstand jederzeit einberufen. Er ist dazu verpflichtet, wenn mindestens 20% der Mitglieder einen schriftlichen Antrag mit Angabe der Tagesordnung stellen."

Änderungswürdiger Punkt:

Auch hier sollte wie in §10 die minimale Zahl der Mitglieder modifiziert werden.

Antrag: Die Mitgliederversammlung möge beschließen:

§14 Satz 2 wird wie folgt geändert:

"Er ist dazu verpflichtet, wenn mindestens 20% der Mitglieder oder 40 stimmberechtigte Personen einen schriftlichen Antrag mit Angabe der Tagesordnung stellen. Dabei ist die kleinere der beiden Zahlen maßgebend."

Entwurf für die Satzung und entsprechende Ausführungsbestimmungen eines von der DGKK zu verleihenden Preises

Dieser Entwurf basiert auf einer 1973 entworfenen Fassung, die mir freundlicherweise von Herrn Haussühl zur Verfügung gestellt wurde, sowie auf eigenen Gedanken. Die Einbindung dieses Entwurfes in die bestehende Satzung muß noch geklärt werden.

§1

Als Anerkennung für besondere wissenschaftliche und technische Leistungen auf dem Gebiet des Kristallwachstums und der Kristallzüchtung kann die DGKK den ...-Preis verleihen.

§2

Der Preis besteht aus einer Urkunde und einem Geldbetrag. Die Höhe des Betrages wird alle sechs Jahre auf der Mitgliederversammlung neu festgesetzt.

§3

Der Preis wird an Personen vergeben, die sich durch besondere wissenschaftliche und technische Leistungen auf dem Gebiet des Kristallwachstums und der Kristallzüchtung in der reinen und angewandten Forschung ausgezeichnet haben. Es sollen bevorzugt jüngere Wissenschaftler und Technologen ausgezeichnet werden. Der Preisträger muß nicht Mitglied der DGKK sein.

§4

Der Preis darf nicht für Verdienste verliehen werden, die in irgendeinem Zusammenhang mit der Geschäftsführung der DGKK stehen.

§5

Der Preis wird höchstens alle zwei Jahre verliehen. Die Mittel werden von der DGKK und aus Spenden aufgebracht.

§6

Über die Vergabe entscheidet ein Dreiergremium, das alle sechs Jahre auf der Mitgliederversammlung gewählt wird. Eine Wiederwahl der Ausschußmitglieder ist nicht zulässig. Das Gremium darf nur aus solchen Mitgliedern bestehen, die bei der DGKK keine Vorstandsaufgaben wahrnehmen.

Jedes Mitglied der DGKK ist berechtigt, dem Gremium Personen als potentielle Preisträger mit einer schriftlichen Begründung vorzuschlagen. Insbesondere steht es jedem frei, eigene Arbeiten dem Ausschuß zur Beurteilung vorzulegen. Der Ausschuß kann darüber hinaus Vorschläge, insbesondere auch von früheren Preisträgern, anfordern. Er ist berechtigt, Gutachten über die Arbeiten der Vorgeschlagenen einzuholen. Sofern diese von Mitgliedern der DGKK angefordert werden, dürfen keine Honorare gezahlt werden. Die Beschlüsse über die Preisverleihung müssen einstimmig gefaßt werden.

§8

Die Verleihung erfolgt auf der Jahrestagung der DGKK. Der Preisträger ist zu einem Plenarvortrag über seine Arbeit einzuladen, in dessen Rahmen ihm der Preis mit einer Laudatio, die von einem Ausschußmitglied zu halten ist, übergeben wird.

Die Preisverleihung wird in den Mitteilungen der DGKK und im Journal of Crystal Growth bekanntgegeben.

gez. Rolf Laurin

Herr Jacob hat angeregt, den DGKK-Vorstand grundsätzlich per Briefwahl wählen zu lassen. Das Hauptargument hierfür ist: Wenn die Mitgliederzahl der DGKK weiter steigt, könnte die Möglichkeit bestehen, daß 40 Mitglieder über die Geschicke der Gesellschaft entscheiden. Die Erfahrung der letzten Jahre hat gezeigt, daß nur ein bestimmter Teil der Mitglieder über praktisch uneingeschränkte Reisemöglichkeiten verfügt. Falls die wirtschaftlichen Zeiten schlechter und die Reisemöglichkeiten für die überwiegende Mehrzahl der Mitglieder eingeschränkt werden sollten, ergibt sich zwangsläufig die Situation, daß die Jahreshauptversammlungen der DGKK praktisch stets von denselben Mitgliedern besucht werden. Dies birgt die Gefahr der Klängelei, die man durch eine Briefwahl umgehen könnte. Eine Briefwahl würde somit zu einer Demokratisierung des Wahlverfahrens beitragen. Weiterhin könnte die zeitaufwendige Wahlprozedur auf den Jahreshauptversammlungen entfallen und die Vorstandswahl näher an das zeitliche Ende einer Amtsperiode gelegt werden als dies derzeit der Fall ist.

Zu bedenken ist, daß eine so einschneidende Änderung des Wahlverfahrens - das übrigens von unseren amerikanischen Kollegen praktiziert wird - eine substantielle Satzungsänderung erforderlich macht. Es wäre ein Wahlausschuß zu bilden, der die Briefwahl organisiert, durchführt und auch die Stimmenauszählung übernimmt.

Sinn dieser Zeilen ist es, die Mitglieder zum Nachdenken über den Modus zukünftiger Vorstandswahlen anzuregen. Es wäre wünschenswert, wenn auf der kommenden Jahreshauptversammlung hierüber im TOP "Verschiedenes" diskutiert werden könnte.

Neue Kristallliste

Die Herausgabe einer neuen Liste über Kristallzüchtungsaktivitäten im Wirkungsbereich der DGKK wird in Kürze erfolgen. Die Arbeiten sind bis auf die Anfertigung der Register abgeschlossen. Die Fertigstellung hat sich etwas verzögert, da eine Vielzahl der eingegangenen Beiträge neu geschrieben werden mußte. Zur Erleichterung weiterer Auflagen werden die Beiträge auf Datenträger gespeichert und regelmäßig aktualisiert.

DGKK-Jahresversammlung 1985

Die Mitgliederversammlung 1985 der DGKK wird anlässlich der Jahrestagung in Köln am

Dienstag, dem 19. März 1985, um 17.30 Uhr

stattfinden.

Die vorläufige Tagesordnung wird sein:

1. Begrüßung, Feststellung der Beschlußfähigkeit, Rechenschaftsbericht des Vorsitzenden
2. Bericht des Schriftführers
3. Bericht des Schatzmeister und der Rechnungsprüfer
4. Entlastung des Vorstandes (Abstimmung)
5. Neuwahl des Vorstandes
6. Diskussion und Beschluß über Satzungsänderungen; Einrichtung eines DGKK-Preises
7. Diskussion und Beschluß über eine Anhebung des Jahresbeitrags
8. Beschluß über die Jahreshauptversammlung 1986; Diskussion über die Jahreshauptversammlung 1987
9. Verschiedenes

Anträge auf Erweiterung der Tagesordnung sind dem Vorstand rechtzeitig zuzuleiten.

DGKK - Jahrestagung 1985

Die 16. Jahrestagung der DGKK findet vom 19. bis 22. März in Köln, zusammen mit der 24. Diskussionstagung der Arbeitsgemeinschaft für Kristallographie (AGKr) und der Jahrestagung der Kontaktgroup Kristallgroei Nederland (KKN) statt. Weitere Informationen sind der diesem Mitteilungsblatt beiliegenden Einladung zu entnehmen.

DGKK - Fachsymposium 1985

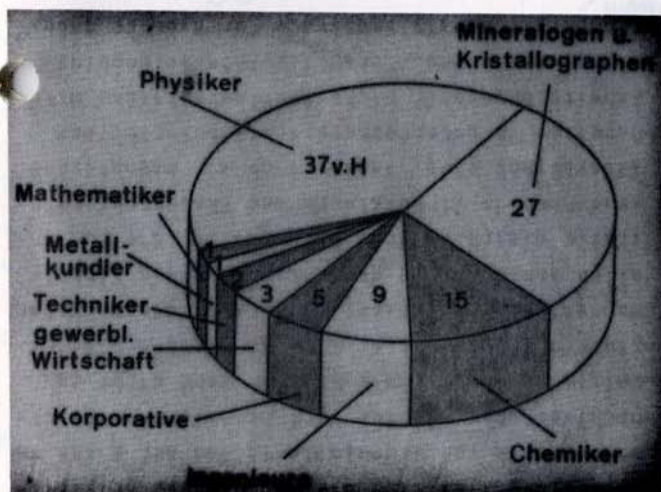
"Geräte und Materialien für die Kristallzüchtung"

Das Fachsymposium der DGKK findet am 21. und 22. Januar 1985 in Hanau statt. Tagungslokal ist das Brüder Grimm Hotel. Die örtliche Organisation der Veranstaltung übernimmt Herr Krause von der Firma Leybold-Heraeus, für das Fachprogramm zeichnen Frau C. Grabmaier und Herr D. Mateika verantwortlich. Das Programm der Veranstaltung und weitere Informationen liegen diesem Mitteilungsblatt bei.

Mitgliederübersicht

Die Mitgliederzahl der DGKK bewegt sich langsam aber sicher auf die Marke 300 zu. Nach Ausschluß und Austritt je eines Mitglieds zum Jahresende und nach Eintritt von weiteren 10 Kollegen in unsere Gesellschaft hat die DGKK derzeit 292 Mitglieder. Davon kommen 127 (43,5%) aus dem Hochschulbereich, 103 (35,3%) aus dem Bereich von Gewerbe und Industrie und 62 (21,2%) aus anderen Bereichen. Damit hat sich im Vergleich zur letzten Mitgliederübersicht der Mitgliederanteil aus dem Gewerbe-/Industriebereich leicht auf Kosten des Hochschulanteils erhöht; der restliche Mitgliederanteil ist praktisch konstant geblieben.

Bleiben wir noch etwas bei der Statistik. Die Mitgliedschaft der DGKK setzt sich im wesentlichen aus 8 Berufsgruppen und den korporativen Mitgliedern zusammen. Unter diesen wird der "DGKK-Mitgliedschaftskuchen" wie folgt aufgeteilt:



Anteil der Berufsgruppen und der Korporativen an der Mitgliederzahl der DGKK

Überraschend ist die deutliche Dominanz der "gelernten" Physiker: Über ein Drittel unserer Mitglieder hat Physik studiert. Damit ist die Kristallzüchtung und alles was dazu gehört hierzulande offensichtlich eine Domäne der Physik. An zweiter Stelle erst folgen die Mineralogen und Kristallographen, dann die Chemiker.

Interessant erschien auch, einmal den zahlenmäßigen DGKK-Mitgliederschwerpunkten in der Bundesrepublik nachzuspüren. Dabei ging es um die größeren Städte, die den Mitgliedern als Arbeitsorte dienten, wobei auch stadtnahe Bereiche der betreffenden Stadt zugeordnet wurden. Das Ergebnis der Aktion ist auf der abgedruckten Karte wiedergegeben, die sicherlich auch gleichbedeutend ist mit einer Wichtung der bundesdeutschen "Kristallzüchterlandschaft". Die Größe der Punkte ist ein Maß für die Anzahl der DGKK-Mitglieder in dem betreffenden Raum. Unter den Kristallzüchterhochburgen ragen Freiburg und Stuttgart heraus, wo jeweils über 20 DGKK-Mitglieder tätig sind. Stuttgart ist mit 25 Mitgliedern Re-

kordhalter, dicht gefolgt von Freiburg mit 24 Mitgliedern. Eine große Kristallzüchterdichte findet sich im Großraum Köln - Bonn - Aachen - Jülich.

Als neue Mitglieder begrüßen wir:

Beuers, Jörg, Dipl.-Ing., Metallkundler
MPI für Metallforschung
Institut für Werkstoffwissenschaften
Heisenbergstr. 5, 7000 Stuttgart 83
0711/2095-626
Beryllium-Einkristallzüchtung

Fueß, Hartmut, Prof. Dr.
Institut für Kristallographie und Mineralogie
der Universität
Senckenberganlage 30, 6000 Frankfurt/Main 1
069/798-2101
Kristallographie, Kristallzüchtung

Graetsch, Heribert, Dipl.-Min.
Institut für Mineralogie der Ruhr-Universität
Postfach 102148, 4630 Bochum
0234/700-3516

Einkristallzüchtung und Charakterisierung magnetischer Oxide; Synthese und röntgenographische Charakterisierung von mikrokristallinem SiO_2

Krupp, Hans-Günther, Dipl.-Ing.
Heraeus GmbH-Entwicklungszentrum Laser
Am Sulzbogen 62, 8080 Fürstenfeldbruck
08141/24031
Züchtung von Laserkristallen (YAP) mit Hilfe des Vakuum-Cochraleski-Ziehverfahrens; Verhalten von Oxidschmelzen

Krzywiec, Wiesław, Dipl.-Ing., Mag.
Auf der Berghecke 8, 5330 Königswinter 41
02244/5985
Technologie der Halbleiterverbindungen und ihrer Einkristalle mit Schwerpunkt bei Synthese und Kristallwachstum von III-V-Halbleiterverbindungen

Post, Ekkehard, Dipl.-Min.
Kristallographisches Institut der Universität
Hebelstr. 25, 7800 Freiburg
0761/203-4278
Kristallzüchtung mit CVT, Flux und THM von IV-V-VI-Verbindungen, Chalkopyriten und Thiogallaten und deren röntgenographische und thermische Charakterisierung

Sitter, Helmut, Dr., DI Mag.
Institut für Experimentalphysik der Universität
Altenbergerstr. 69, A-4040 Linz
0043/732/231381-9265
Hot-Wall-Epitaxie von IV-VI-, II-VI- und III-V-Verbindungshalbleitern

Staudigl, Rudolf, Dr., Chemiker
Wacker-Chemitronic
Postfach 1140, 8263 Burghausen
08677/83-3821
Metallorganische Chemie, Lichtleitfasern, III-V-Halbleiter

Stier, Otmar, Dr., Dipl.-Min.
Otavi Minen AG
Hynspergstr. 24, 6000 Frankfurt 18
069/550151
Produktion von Germanium und Germaniumverbindungen; Kristallzüchtung

Volkman, Hugo, Dipl.-Phys.
Cambridge Instruments
Harnackerstr. 35 - 43, 4600 Dortmund
0231/126086
Anwendung kubischer Kristalle zur IR-Dispersion, Infrarotspektroskopie (Herausgeber Handbuch); Ultraschall, Rasterelektronenmikroskopie, Röntgenmikroanalyse

"Ortsaufgelöste" Mitgliederzahl der DGKK



Veränderungen

Beruflich verändert haben sich folgende DGKK-Mitglieder: Dipl.-Min. Dr. Arno Feißt hat sich dem Fraunhofer-Institut für Physikalische Meßtechnik, Heidenhofstr. 8, 7800 Freiburg, Tel. 0761/84081, angeschlossen.

Dipl.-Min. Ulrich Giese ist jetzt Mitarbeiter von Texas Instruments Deutschland GmbH, Haggertystr. 1, 8050 Freising, Tel. 08161/80-4245, wo er sich mit Silizium-Halbleitertechnologie, Hochdruckoxidation, prozeßbedingten Kristallbau- und der Charakterisierung dünner Filme beschäftigt wird.

Dipl.-Phys. Dr. Horst Haspeklo ist nach seiner Promotion zum AEG-Telefunken Forschungsinstitut, Sedanstr. 10, 7900 Ulm, Tel. 0731/392-4392, gegangen.

Dipl.-Phys. Dr. Rudolf Lauck hat promoviert und ist jetzt im Technischen Büro für Kristallzüchtung, Lehninger Str. 10 - 12, 7531 Neuhausen, Tel. 07234/1007, tätig.

Frau Dipl.-Min. C. Sussieck-Fornefeld ist jetzt Doktorandin am Mineralogisch-Petrographischen Institut der Universität, Im Neuenheimer Feld 236, 6900 Heidelberg, Tel. 06221/562807, wo sie über Phasenbeziehungen in komplexen oxidischen Systemen arbeiten wird.

Dipl.-Phys. Dr. Harald Zimmermann ist zur Perkin Elmer-Verkaufs-GmbH-Semiconductor Equipment, Bahnhofstr. 30, 8011 Vaterstetten, Tel. 08106/381130, gewechselt und ist dort mit Fragen der Bauelementetechnologie befaßt.

MITTEILUNGEN ANDERER GESELLSCHAFTEN

AGKr

Im dritten Heft der Kristallographie-Nachrichten vom Juni 1984 ist die derzeit gültige Geschäftsordnung der Arbeitsgemeinschaft Kristallographie abgedruckt. Die Interessen der AGKr-Mitglieder in der International Union of Crystallography (IUCr) werden von einem sechsköpfigen Nationalkomitee vertreten. Die Aufgaben dieses Komitees werden beschrieben.

Ein Teil der Ausgabe befaßt sich mit den Vorbereitungen des IUCr-Kongresses in Homburg sowie der Satellitenkonferenzen in Berlin (Symposium on Neutron Scattering), Hamburg (Small Angle Scattering and Related Methods), Mülheim/Ruhr (Int. Summer School on Crystallography Computing), Gießen/Marburg (Int. Summer School on Symmetry-Related Crystal Structures: Group-Subgroup Relations) und Aachen (Metalle und intermetallische Verbindungen). Einem Tagungskalender mit z.T. ausführlichen Hinweisen auf wichtige Tagungen folgen Berichte über Fachkolloquium und Jahrestagung der DGKK, die DMG-Tagung '83 und den Workshop über kristallographische Nutzung der Synchrotron-Strahlung. In einem Kurzbeitrag beschreibt H. Fueß nanokristalline Strukturen, die weder Nah- noch Fernordnung aufweisen und - obwohl fest - strukturell einem Gas ähnlicher sind als einer Flüssigkeit. Solche Strukturen sind Festkörper, die im Verhältnis zum Volumen einen großen Grenz-

flächenanteil haben, da die Grenzflächen andere atomare Anordnungen aufweisen als der Kristall. Dies gelingt durch die Herstellung sog. Nanokristalle mit Durchmessern von 1 bis 10 nm. Es wird kurz über Herstellungsmöglichkeiten und Eigenschaften nanokristalliner Strukturen berichtet.

In der Reihe "Kristallographische Institute in der Bundesrepublik Deutschland" stellen G. Will die Arbeiten am Lehrstuhl für Mineralogie und Kristallographie des Mineralogischen Instituts und Museums der Universität Bonn und W. Fischer die Arbeiten am Institut für Mineralogie, Petrologie und Kristallographie der Philipps-Universität Marburg vor. Stellenspiegel und Fragebogen zur Erstellung eines neuen AGKr-Mitgliederverzeichnisses schließen das Heft ab.

GVC

Die VDI-Gesellschaft Verfahrenstechnik und Chemieingenieurwesen hat am 15. Juni 1984 in Mainz die Diskussionstagung "Ähnlichkeitstheoretische Methoden und ihr verstärkter Einsatz in der Praxis" sowie am 25. und 26. Oktober 1984 die Vortragstagung "Verfahrenstechnik der Klärschlammverwertung" durchgeführt. Weiterhin hat die Gesellschaft das International Symposium "High Pressure Chemical Engineering" vom 08. bis 10. Oktober 1984 in Erlangen organisiert. Ihr Jahrestreffen 1984 fand vom 19. bis 21. September in München statt. Auf der diesjährigen Dezembertagung (06./07. Dezember 1984) in Krefeld wird sich die GVC mit der "Technik der Gas/flüssig- und der Dreiphasen-Strömung befassen. Im nächsten Jahr findet vom 10. - 12. Juni in Würzburg die 5. Europäische Konferenz "Mischen" statt, die von der GVC organisiert wird.

KKN

In ihrem info 31 vom Juli 1984 weist die Kontaktgroup voor Kristalgroei Nederland auf das 9. Internationale Symposium über industrielle Kristallisation (25. - 28. September 1984 in Den Haag), den Sommerkongreß der Königlich Niederländischen chemischen Vereinigung (31.08. - 01.09. 1984 in Leiden) und den Winterkongreß der Niederländischen Keramischen Vereinigung (11. Januar 1985 in Den Haag) hin, ebenso auf die Tagung über "Phase Transition in Adsorbed Layers" (Faraday Symposium No. 20) der Royal Society of Chemistry am 17. und 18. Dezember 1985 in Oxford.

AAIC

In ihrem "Informazioni" vom März 1984 weist die Associazione Italiana per la Crescita dei Cristalli ihre Mitglieder auf den FICH-Workshop "Crystal Growth and Crystal Chemistry" hin, ebenso auf die Veranstaltungen "Analytisch-strukturelle Charakterisierung von Materialien mit elektronischen Mitteln" (12. - 13. Juni 1984 in Bologna) und "Multinary Semiconductor Compounds, Properties and Applications" (12. - 13. Nov. 1984 in Rom). Es folgen Buchneuerscheinungen und ein Tagungskalender.

BACG

Der May '84-Newsletter der British Association for Crystal Growth präsentierte sich im neuen Gewand und hat durch Inhalt und Aufmachung an Attraktivität gewonnen. Schwerpunkt des Newsletters ist ein Bericht über die Kristallzüchtungsaktivitäten bei Cambridge Instruments (semiisolierendes GaAs, InP, GGG, Nd:YAG, LiNbO₃, III/V-MOCVD). Es folgt ein Beitrag über die Ausbildungsfunktion der BACG, die sich zukünftig darauf konzentrieren wird, Beiträge als Lehr- und Demonstrationshilfen in ihrem Newsletter zu veröffentlichen. Den Anfang macht A.W. Nicol (ANDE Scientific, 12 Greenhill Road, Birmingham B 13 95R), der seine "Educational Modules for Materials Science and Engineering" (EMMSE) vorstellt. Es handelt sich hier um ein modular aufgebautes Lehrsystem, aus dem in beliebiger Reihenfolge, den Erfordernissen von Lehrern und Studenten angepaßt, unterrichtet werden kann. Unterrichtsbegleitend können Modulausdrucke (etwa einem Sachkapitel in einem Buch entsprechend) den Studenten in die Hand gegeben werden. Damit erübrigt sich zunächst der Kauf teurer und den studentischen Geldbeutel belastender Fachbücher. Interessant ist auch die vorgestellte Lehrhilfe "Crystage1", die dem Anfänger erste Erfolgserlebnisse bei der Kristallzüchtung beschert, indem er auf einfache Weise Kristalle aus einem Gelmedium züchten und studieren kann.

Das Newsletter enthält weiterhin neben einem Tagungskalender auch erstmals die Inhaltsverzeichnisse der neuesten Bände des Journals of Crystal Growth.

GFCC

Die "Informations" der Groupe Francais de Croissance Cristalline kündigen in ihrer Juli '84-Ausgabe die Jahrestagung der Gesellschaft am 14./15. März 1985 in Paris, einen französisch-italienisch-schweizerischen (FICH) Workshop über Materialien für die Optoelektronik vom 22. - 24. Oktober 1984 in Aussois (Department Hoch-Savoyen), eine Tagung über die Kristallisation biologischer Substanzen vom 04. - 07. Dezember 1984 in Marseille, eine eintägige Veranstaltung über "Gemmologie und Kristallzüchtung heute und morgen" am 13. Dezember 1984 in Paris, die 2. Internationale Konferenz über II-VI-Verbindungen vom 04. - 08. März 1985 in Aussois und das 3. Europäische Seminar über Molekularstrahlepitaxie vom 18. - 20. März 1985, ebenfalls in Aussois, an. Weiterhin sind Berichte über das GFCC-Seminar "Molekularstrahlepitaxie" und den ersten FICH-Workshop über Kristallzüchtung und Kristallchemie sowie ein Tagungskalender abgedruckt.

AACG

Am Anfang des July '84-Newsletters der American Association for Crystal Growth steht ein ausführliches President's Corner des scheidenden AACG-Präsidenten R. Feigelson. Es folgen ein ausführlicher Bericht über die ICVGE-6/ACCG-6, jeweils eine Laudatio auf die diesjährigen Preisträger der AACG, Bruce Chalmers (International Crystal Growth Award), Robert Brown und Lubek Jastrzebski (Young Author Awards),

ein Bericht über den anlässlich der Kombinationstagung durchgeführten Photowettstreit, für den die "Wettkämpfer" einer kritischen Jury originelle Aufnahmen aus dem Bereich Wachstum, Züchtung und Charakterisierung von Kristallen präsentierten. Gewinner wurde T. Cizek mit einem sehr reizvollen Photo mit Defekten in einem Si-Ribbon. In der Reihe "Milestones in Crystal Growth" steuerte H.E. LaBelle den 2. Teil über die Erfindung des EFG bei. Mit Bild werden die neuen Vorstandsmitglieder der AACG vorgestellt, die ihr Amt im nächsten Jahr antreten:

Präsident	Dr. Anthony L. Gentile, Hughes Research Labs. Malibu, CA 92065
Vize-Präsident	Prof. Dr. William Wilcox, Clarkson College, Potsdam, NY 13576
Sekretär	Dr. Thomas Surek Solar Energy Research Inst. Golden, CO 80401
Schatzmeister	Dr. William A. Bonner Bell Communications Research Murray Hill, NJ 07974

Die Ausgabe enthält weiterhin einen Tagungskalender, Tagungsberichte, Buchbesprechungen, eine Vorstellung neuer Bücher, Nachrichten von den verschiedenen AACG-Sektionen und von ausländischen Schwestergesellschaften.

PERSONELLES

Prof. Bruce Chalmers, Professor Emeritus und zuletzt tätig an der Harvard University, wurde mit dem "International Crystal Growth Award" der AACG ausgezeichnet. Er erhielt den Preis für seine ein halbes Jahrhundert umspannenden Arbeiten in Wissenschaft und Technologie der Kristallzüchtung. Besonders hervorgehoben seien seine Arbeiten über die Analyse der komplizierten Verhältnisse an der Phasengrenze fest - flüssig, die zum Konzept der konstitutionellen Unterkühlung führten, sowie über die Theorie der dynamischen morphologischen Stabilität von Grenzflächen und die Entwicklung grundlegender technischer Konzepte für die Züchtung von Kristallen wie z.B. Silizium, Saphir und Granat.

Prof. Robert Brown (MIT) und Dr. Lubek Jastrzebski (RCA Laboratories) sind die Preisträger des diesjährigen "Young Authors Award" der AACG. R. Brown erhielt den Preis für seine bedeutenden theoretischen und numerisch-analytischen Beiträge zur Beschreibung komplexer Transportphänomene während der Kristallzüchtung aus der Schmelze in Bridgman-, Float-Zone- und Czochralski-Anordnungen. L. Jastrzebski wurde ausgezeichnet für seine Arbeiten auf den Gebieten Züchtung und Charakterisierung von Silizium-Einkristallen, Lateralepitaxie von Silizium auf amorphem Siliziumoxid und Charakterisierung von heteroepitaktischen Siliziumschichten auf Saphirsubstraten.

Dr. Joseph Remeika (AT&T Bell Labs) erhielt den "International Price of the American Physical Society of New Materials". Ausgezeichnet wurden seine Arbeiten zur Züchtung von Titanaten, Niobaten, magnetischen Granaten, Orthoferriten und vielen anderen Materialien aus schmelzflüssiger Lösung. J. Remeika gilt als einer der Wegbereiter für die Flux-Technik in der Kristallzüchtung.

Die DGKK gratuliert allen Preisträgern zu ihrem Erfolg.

Rohquarz

Die Georg Sticher GmbH, Hamburg, erschließt derzeit eine neue Quarzmine in Südwestafrika. Die insbesondere durch ihren niedrigen Aluminiumgehalt ausgezeichnete Quarz-Qualität ist bestens für die Quarzkristallsynthese geeignet. Information durch Georg Sticher GmbH, Katharinenstr. 30, Postfach 110424, 2000 Hamburg 11.

Übersichtsartikel

Wegen des umfangreichen Berichts über die ICVGE-6 AACG-6 muß der geplante Übersichtsartikel für die nächste Ausgabe des Mitteilungsblatts zurückgestellt werden.

+++++

SCHMUNZELECKE

Die Zeiten sind hart, aber modern!

Schwach anfangen und dann stark nachlassen.

Sprüche und Epigramme gegen und für den normalen Wahnsinn des Alltags.

*

Wir wissen zwar nicht, wo wir hin wollen, werden aber als erste dabeisein.

*

Wo wir sind, klappt nichts, doch wir können nicht überall sein.

*

Fahren Sie mich irgendwo hin, ich werde überall gebraucht.

*

Vergangenes Jahr standen wir noch vor einem Abgrund; dieses Jahr sind wir schon einen großen Schritt weiter.

*

Körperliche Abwesenheit ist besser als Geistesgegenwart.

*

Es gibt nichts zu tun — fangt schon mal an.

*

Wer kriecht, kann nicht stolpern.

An der Spitze stehen ist immer noch zu weit hinten.

*

Eine Lösung hatte ich, aber die paßte nicht zum Problem.

*

Es genügt nicht, keine Gedanken zu haben, man muß auch fähig sein, sie auszudrücken.

*

Keiner ist unnütz, er kann immer noch als schlechtes Beispiel dienen.

*

Wer schon die Übersicht verloren hat, der sollte wenigstens den Mut zur Entscheidung haben.

*

Operative Hektik ersetzt geistige Windstille.

*

Wissen ist Macht, nichts wissen macht auch nichts.

*

Wer für seine Erfolgserlebnisse nicht selbst sorgt, hat sie nicht verdient.

*

Ich antworte mit einem entschiedenen Vielleicht.

*

*

Glaub keiner Statistik, die Du nicht selbst gefälscht hast.

Sie können machen, was Sie wollen, aber nicht so.

+++++

KRISTALLFORSCHUNG IN D

KRISTALLZÜCHTUNG IM PHILIPS FORSCHUNGLABORATORIUM HAMBURG

Das Philips Forschungslaboratorium Hamburg (PFH) ist eines der acht Forschungslaboratorien des Philips-Konzerns. Neben dem anderen deutschen Philips Forschungslabor in Aachen gibt es Laboratorien in Belgien, Großbritannien, Frankreich, USA und in den Niederlanden. Letzteres befindet sich in Eindhoven und stellt mit ca. 2000 Mitarbeitern ungefähr 50 % des Forschungspersonals von Philips. Das PFH, in Hamburg-Stellingen gelegen, wurde 1957 gegründet. In drei Abteilungen - Informations-Systeme, Technische Systeme und Angewandte Materialforschung - arbeiten ca. 200 Mitarbeiter, darunter 100 Wissenschaftler. Zur

Unterstützung des Forschungsbereiches gewährleisten 200 Mitarbeiter im Infrastrukturbereich den reibungslosen Ablauf der Laborfunktionen. Die Abteilungen sind in Forschungsgruppen gegliedert, wobei die Kristallzüchtung in der Gruppe Materialtechnologie zusammengefaßt ist. Diese Gruppe entstand aus der Aufgabenstellung, dem Physiker und Ingenieur ferrimagnetische Materialien für die Mikrowellentechnik zur Verfügung zu stellen.

Dabei handelte es sich zunächst um polykristalline, keramische Materialien, deren Eigenschaften aber auch an einkristallinen Proben untersucht wurden.

Während die physikalische und anwendungsbezogene Materialcharakterisierung in den zuständigen Forschungsgruppen erfolgt, wurde die chemische und kristallographische Charakterisierung von Anfang an mit dem gleichen Nachdruck wie die Präparation in der Forschungsgruppe Materialtechnologie durchgeführt.

Ein Beispiel aus der "keramischen" Zeit sei hier erwähnt. Durch geeignete Veränderung der Zusammensetzung ließ sich die magnetische Kristallanisotropie von Granatmaterialien auf einen vernachlässigbar kleinen Wert reduzieren. Gleichzeitig gelang es, die Keramik sehr dicht zu sintern (Porosität <1 %). Die Werte der ferrimagnetischen Resonanzlinienbreite dieser Materialien kommen denen der entsprechenden Einkristalle gleich. Solche Materialien, die für Anwendungen in Zirkulatoren und Phasenschiebern interessant sind, lassen sich als magnetische Bereiche in entsprechend substituierte, bei Arbeitstemperatur nicht ferrimagnetische Materialien einsintern. Derartige Materialkombinationen dienen als Substrate für hybride integrierte Mikrowellensysteme.

Seit den 70er Jahren konzentrierte sich die Gruppe auf die Herstellung von Einkristallen und mehr und mehr auf einkristalline Schichten. Ausßer für die Herstellung von Substrateinkristallen gab es nur ausnahmsweise Arbeiten über nichtmagnetische Kristalle wie Blei-Zinn-Tellurid, Mangantellurid, Mullit, Barium-Strontium-Titanat.

(G. Winkler, P. Hansen: Calcium-Vanadium-Indium Substituted Yttrium-Iron-Garnets with Very Low Linewidths of Ferrimagnetic Resonance. Mat. Res. Bull. 4 (1969) 825)

G. Winkler, P. Hansen, P. Holst: Variation of the Magnetic Material Parameters and Lattice Constants of Polycrystalline Yttrium-Iron-Garnet by Incorporation of Nonmagnetic Ions. Philips Res. Repts. 27 (1972) 151

W. Tolksdorf, P. Holst: Gemeinsames Sintern von Ferriten mit unterschiedlicher Sättigungsmagnetisierung und Curie-Temperatur für integrierte Mikrowellensysteme. Berichte der Deutschen Keramischen Gesellschaft 47 (1970) 670

D. Mateika: Ein isothermes Schmelztropfenverfahren zur Herstellung von großen, sehr reinen und homogenen Blei-Zinn-Tellurid-Einkristallen aus der Dampfphase.

J. Crystal Growth 9 (1971) 249

D. Mateika: Growth of MnTe Single Crystals from Nonstoichiometric Melts by Liquid Encapsulation.

J. Crystal Growth 13/14 (1972) 698

W. Guse, D. Mateika: Growth of Mullite Single Crystals ($2Al_2O_3SiO_2$) by the Czochralski Method. J. Crystal Growth 22 (1974) 237

K. Bethe, F. Welz: Preparation and Properties of $(Ba,Sr)TiO_3$ Single Crystals. Mat. Res. Bull. 6 (1971) 209

Im Mittelpunkt standen und stehen ferrimagnetische Materialien.

Infolge des hohen Anteils an Eisen(III)oxid schmelzen praktisch alle Ferrite inkongruent mit peritektischer Zersetzung. Züchtung aus schmelzflüssiger Lösung (Flux) ist daher die meistgebrauchte Methode. Hierfür wurde eine Methode entwickelt und besonders für die Herstellung großer Einkristalle von Yttrium-Eisen-Granat, aber auch für sehr viele substituierte Granate in kleinen Ansätzen eingesetzt.

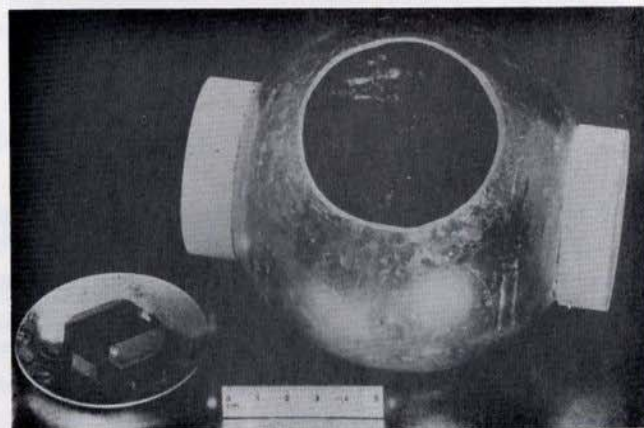


Bild 1: Ein optimiertes Züchtungsverfahren für die Herstellung von Yttrium-Eisen-Granat-Kristallen zur Anwendung in Mikrowellenbauteilen benutzt ein kugelförmiges Kristallisationsgefäß aus Platin.

(W. Tolksdorf, F. Welz: Crystal Growth of Magnetic Garnets from High-Temperature Solutions. In: Crystals: Growth, Properties and Applications, Vol. 1, Ed. C.J.M. Rooymans (Springer, Berlin 1982) pp.1-52)

Die zeitaufwendige und teure Kristallherstellung inkongruent schmelzender Materialien sowie der Zwang zur Miniaturisierung der Bauelemente erweckten das Interesse für die Epitaxie zur Herstellung dünner, einkristalliner Schichten. Derartige Schichten von substituiertem Yttrium-Eisen-Granat auf Gadolinium-Gallium-Granat (GGG) zur Verwendung als magnetische Blasenspeicher

wirkten für die weitere technologische Entwicklung ferrimagnetischer Materialien wie eine Initialzündung. Da die Anpassung der Gitterkonstante einer Epitaxieschicht an eine vorgegebene Gitterkonstante des Substratkristalls eine erhebliche Einschränkung bei der Wahl der Schichtzusammensetzung bedeutet, wurde im PFH der umgekehrte Weg gewählt. Für die Granatgitterkonstanten im Bereich von 1.227 bis 1.256 nm wurden Systeme gefunden, die es erlauben, jeden Zwischenwert mit einer Genauigkeit von $\frac{\Delta a}{a} < 3 \cdot 10^{-4}$ für den Hauptteil des jeweiligen nach dem Czochralski-Verfahren gezüchteten Substratkristalls einzustellen.

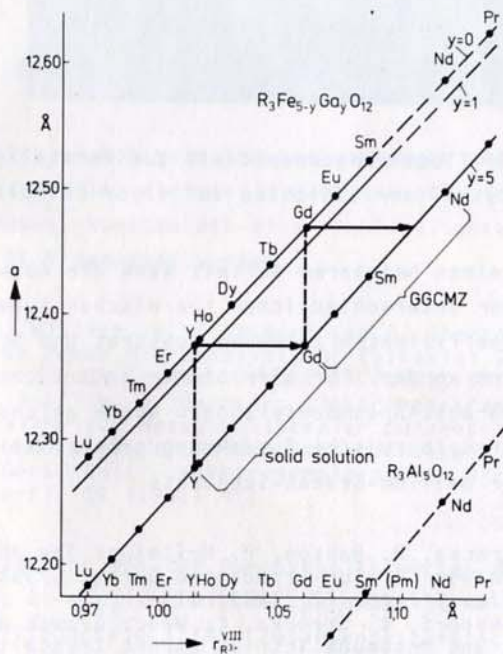


Bild 2: Granatgitterkonstante in Abhängigkeit vom Ionenradius der Seltenerd-kationen VIII-Koordination

Auch Substratkristalle mit hexagonaler Struktur wurden aus der Schmelze gezüchtet. Um die Menge des sehr teuren Iridiums als Tigelmaterial für die hochschmelzenden Oxidkristalle zu reduzieren, wurde ein neues Verfahren entwickelt. Dabei wird die Schmelze direkt induktiv beheizt. In der Mitte eines wassergekühlten Tiegels sorgt ein dünnwandiger, mit Öffnungen für die Strömung versehener Iridiumbehälter für kontrollierte Konvektion, wie sie für das Wachsen eines Einkristalls nach dem Czochralski-Verfahren notwendig ist.

(D. Mateika: Substrates for Epitaxial Garnet Layers: Crystal Growth and Quality. In: Current Topics in Materials Science, Vol. 11; ed. E. Kaldis (Elsevier 1984) chp.2, in press
D. Mateika and H. Laudan: Czochralski Growth of Barium Hexaaluminate Single Crystals. J. Crystal Growth 46 (1979) 85

D. Mateika, R. Laurien: Czochralski Growth of Solid Solutions of Strontium Hexagallate with Magnesium and Zirconium as Dopants. J. Crystal Growth 52 (1981) 566
D. Mateika, R. Laurien, M. Liehr: Czochralski Growth by the Double Container Technique. J. Crystal Growth 65 (1983) 237

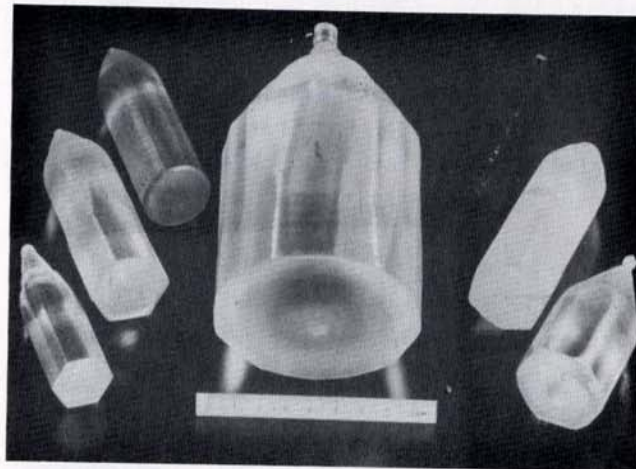


Bild 3: Diese oxidischen Einkristalle wurden nach dem Czochralski-Verfahren aus der Eigenschmelze bei ca. 1800 °C hergestellt. von links: Bariumhexaaluminat; GGG; $Sm_3Ga_5O_{12}$; Ca, Mg, Zr-subst. GGG; $Nd_3Ga_5O_{12}$; $Y_3Ga_5O_{12}$; Mg, Zr-subst. $Sm_3Ga_5O_{12}$.

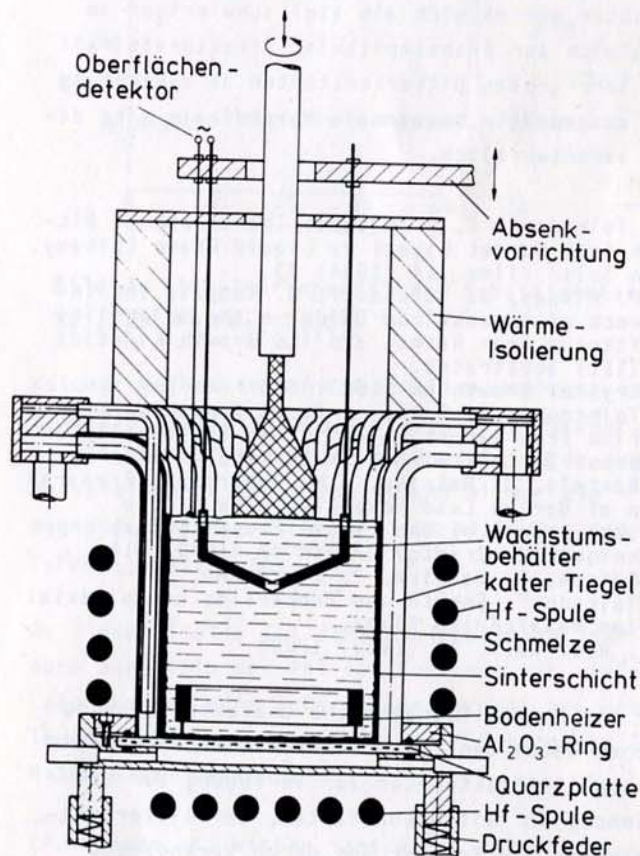


Bild 4: Schematische Anordnung des Zweikammer-Verfahrens zur Züchtung von Einkristallen aus einem kalten Tiegel

Der Vorteil einer eigenen Substratkristallherstellung und die Erfahrung bei der Fluxzüchtung von Eisengranat erlaubten einen sehr schnellen Einstieg in die Flüssigphasenepitaxie (LPE) für substituierte Yttrium-Eisen-Granat-Schichten, die im allgemeinen etwa 5 μm dick sind. Ausgangspunkt waren die Arbeiten über magnetische Zylinderdomänen ("Bubble-Speicher") in enger Zusammenarbeit mit den Forschungskollegen in Eindhoven (NL) und Redhill (GB). Dazu parallel lief die Herstellung von Granatschichten für Anwendungen auf den Gebieten Mikrowellen und Magneto-Optik.

Arbeiten über magneto-optische Materialien mit Gadolinium-Eisen-Granat als Ausgangszusammensetzung sind zur Zeit Schwerpunkt der Aufgaben in der Gruppe Materialtechnologie. Neben den Anwendungsaspekten werden Untersuchungen des Wachstumsprozesses - auch im Vergleich zur Fluxzüchtung - durchgeführt. Einbau von Wismut zur Erhöhung des magneto-optischen Effekts bewirkt deutliche Wachstumsunterschiede im Vergleich zu den wismutfreien Yttrium-Eisen-Granat-Schichten.

Die Epitaxie von Materialien mit hexagonaler Struktur erwies sich als viel schwieriger im Vergleich zur Granatepitaxie. Strukturvielfalt mit sehr großen Gitterkonstanten in c-Richtung und ausgeprägte hexagonale Morphologie sind dafür verantwortlich.

(W. Tolksdorf, C.-P. Klages: The Growth of Bismuth Iron Garnet Layers by Liquid Phase Epitaxy. Thin Solid Films 114 (1984) 33
 C.-P. Klages, W. Tolksdorf, G. Kumpat: The Influence of Excess Iron Oxide on the Solubility of Yttrium Iron Garnet and its Growth Kinetics on (111) Substrates. J. Crystal Growth 65 (1983) 556
 W. Tolksdorf, I. Bartels: Facet Formation of Yttrium Iron Garnet Layers Grown Epitaxially on Spheres. J. Crystal Growth 54 (1981) 417
 G. Bartels, D. Mateika, J.M. Robertson: Preparation of Barium Lead Hexa-Aluminate Single Crystal Layers by the Liquid Phase Epitaxy Technique. J. Crystal Growth 47 (1979) 414
 H. Dötsch, D. Mateika, P. Röschmann, W. Tolksdorf: Growth and Properties of Epitaxial Barium Hexaferrite Films. Mat. Res. Bull. 18 (1983) 1209)

Für die kristallographische Charakterisierung stehen neben den Pulverdiffraktometern Doppelkristalldiffraktometer zur Verfügung zur Bestimmung der Gitterkonstanten, der Gitterfehl-anpassung der Schicht und deren Veränderung durch Nachbehandlung und zur Röntgentopographie. Hieraus können sehr wichtige Rückschlüsse auf den Herstellungsprozess gezogen werden.

So konnte z.B. die Unterkühlung von 3 K beim wachsenden Granatkristall ermittelt werden.

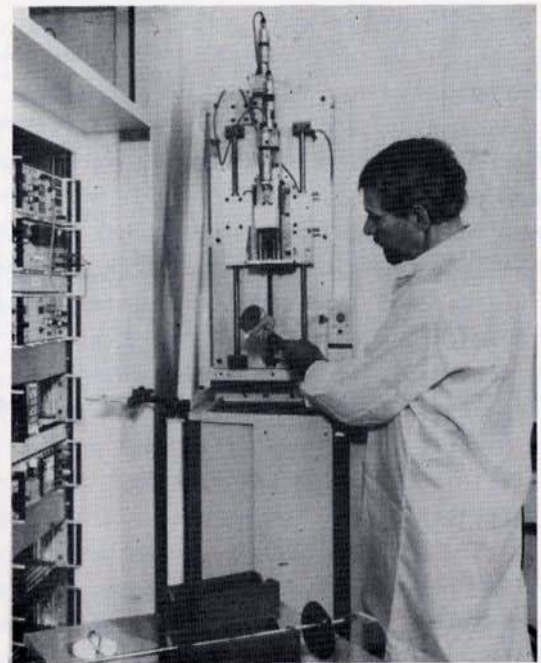


Bild 5: Flüssigphasenepitaxie zur Herstellung einkristalliner Schichten auf einer Keimplatte

Durch einen heizbaren Aufsatz kann die Auswirkung der unterschiedlichen thermischen Ausdehnungskoeffizienten zwischen Substrat und Schicht gemessen werden. Für alle bisher untersuchten Eisen-Granat-Zusammensetzungen wurde gefunden, daß deren thermische Ausdehnung größer ist als die der Gallium-Granat-Substrate.

(B. Strocka, P. Hansen, H. Heitmann: The Annealing Behavior of Ion-Irradiated Garnet Crystals. Radiation Effects 72 (1983) 219
 W. Tolksdorf, B. Strocka, F. Welz: Growth of Seeded and Unseeded Yttrium Garnet Crystals from High Temperature Solutions Studied by Induced Striations. J. Crystal Growth 65 (1983) 549
 B. Knörr, W. Tolksdorf: Lattice-Parameter and Misfits of Gallium-Garnets and Iron-Garnet Epitaxial Layers at Temperatures between 294 and 1300 K. Mat. Res. Bull. (1984) in press)

Die Herstellung dünner Epitaxieschichten verlangt entsprechende Methoden zur Bestimmung der Zusammensetzung. Abgesichert und ergänzt durch die klassischen naßchemischen Methoden und die weitgehend etablierten physikalischen Methoden, wie Atomabsorptionsspektroskopie und Röntgenfluoreszenzspektroskopie, kommen im PFH vor allem zwei sich ergänzende physikalische Verfahren zum Einsatz. Für die automatisierte Elektronenstrahlmikroanalyse (EPMA) wurde eine Methode ausgearbeitet, die es erlaubt, die Zusammensetzung einer Granatepitaxieschicht, z.B. $\text{Gd}_{1,83}\text{Pr}_{0,56}\text{Bi}_{0,6}\text{Pb}_{0,053}\text{Fe}_{4,27}\text{Ga}_{0,155}\text{Al}_{0,5}\text{Pt}_{0,044}\text{O}_{12}$, mit einer Genauigkeit von besser als 1 % in den Hauptbestandteilen mit einem Zeitaufwand von 5 Minuten zu bestimmen.

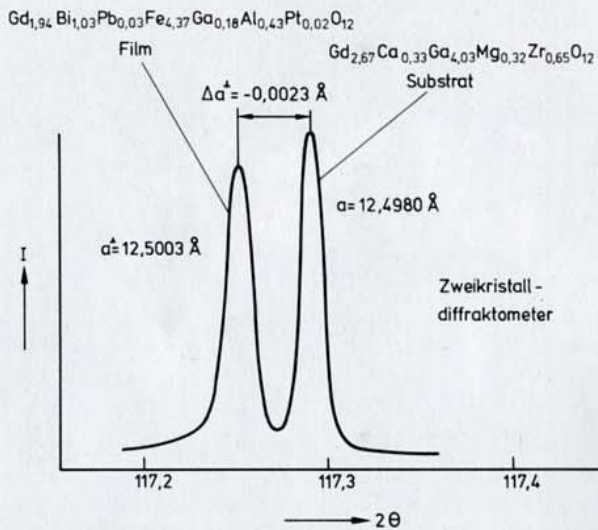


Bild 6: Röntgenbeugungsdiagramm $\text{CuK}\alpha$ (888)

Relative Konzentrationsschwankungen der Hauptbestandteile, wie sie in Wachstumsstreifen vorkommen, konnten mit einer Empfindlichkeit von 0,04 % gemessen werden.

(P. Willich, W. Tolksdorf und D. Obertop: Electron Probe Microanalysis of Epitaxial Garnet Layers. J. Crystal Growth 53 (1981) 483
P. Willich, D. Obertop: Elektronenstrahl-Mikroanalyse zur Messung lateraler Konzentrationsschwankungen mit einer Empfindlichkeit von 0,04 %. Beitr. elektronenmikroskop. Direktabb. Oberfl. 14 (1981) 47)

Ausgehend von den Durchschnittswerten der EPMA ist es möglich, mit der Sekundär-Ionen-Massenspektrometrie (SIMS) Zusammensetzungsschwankungen in der Wachstumsrichtung der Epitaxialschichten mit einer Tiefenauflösung bis zu 10 nm zu erfassen. Das gilt auch für Verunreinigungen in geringer Konzentration, wie z.B. Pb mit 0,01 oder B mit 0,001 pro Formeleinheit $\text{Y}_3\text{Fe}_5\text{O}_{12}$. So konnten die Übergangsschicht ("transient layer") vom Beginn der Epitaxie aus der übersättigten Lösung bis zum konvektionskontrollierten Wachstum ("steady state growth") und der Einfluß der Rotation auf die Zusammensetzung gemessen werden.

(W. Tolksdorf, G. Bartels, H.J. Tolle: Compositional Inhomogeneities along the Growth Direction of Substituted Yttrium Iron Garnet Epilayers. J. Crystal Growth 52 (1981) 722
W. Tolksdorf, H.J. Tolle, C.-P. Klages: SIMS Analysis of Lead and Boron in Yttrium Iron Garnet Epilayers. J. Crystal Growth 56 (1982) 217)

Definiertes Wachstum bei freier Wahl der Substratgitterkonstante und sehr genaue chemische und kristallographische Charakterisierung gestatten die Untersuchung der physikalischen Eigenschaften in Abhängigkeit von der Zusammen-

setzung der Schichten. Bei einer Wachstumsgeschwindigkeit von 0,1 bis $2 \mu\text{m h}^{-1}$ und der Möglichkeit zur Veränderung der Schmelzzusammensetzung durch Zuwaage ist der Zeitaufwand

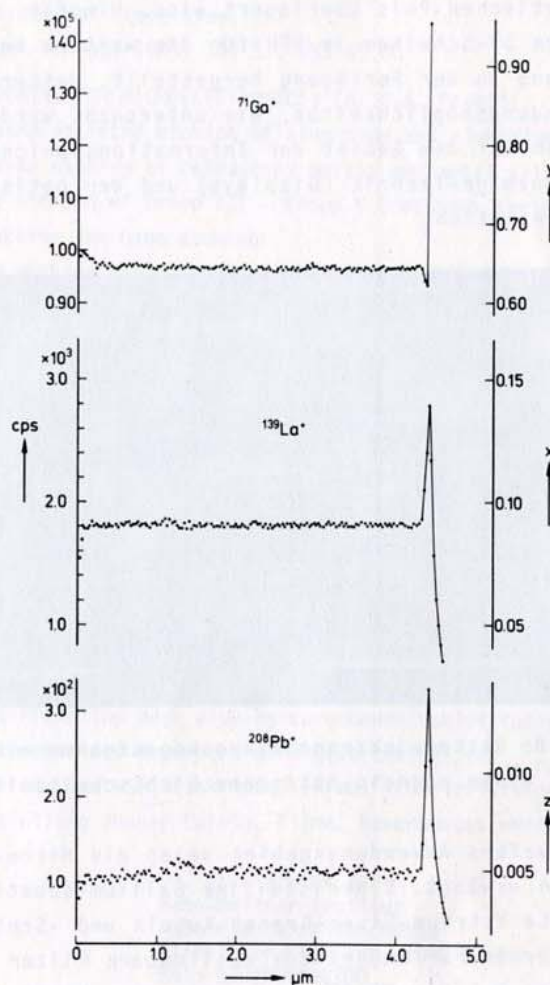


Bild 7: SIMS-Tiefenprofil der Substituenten: $\text{Y}_{3-x-z}\text{La}_x\text{Pb}_z\text{Fe}_{5-y}\text{Ga}_y\text{O}_{12}$

solcher Reihenversuche wesentlich geringer und sind die Variationsmöglichkeiten viel größer, verglichen mit der Fluxzüchtung. So wurde zum Beispiel der Einfluß von Bi und Al auf die magnetischen Eigenschaften von $\text{Gd}_3\text{Fe}_5\text{O}_{12}$ und $\text{Y}_3\text{Fe}_5\text{O}_{12}$ untersucht.

An dieser Stelle sei darauf hingewiesen, daß auch außerhalb des Philips-Konzerns mit vielen Laboratorien eine gute Zusammenarbeit bei grundlegenden Untersuchungen der im PFH hergestellten Materialien besteht.

(P. Hansen, K. Witter, and W. Tolksdorf: Magnetic and Magneto-Optic Properties of Bismuth- and Aluminum-Substituted Iron Garnet Films. J. Appl. Phys. 55 (1984) 1052)

Naturgemäß stehen in einem Industrielaboratorium mögliche Anwendungen im Vordergrund aller Untersuchungen. Als Beispiel sei hier die für die

Fertigung vorbereitete magneto-optische Lichtzeile LiSA ("Light Switching Array") zur Mustererzeugung in optischen Druckern genannt. Zum Schalten benutzt man einen durch einen kleinen Heizleiter erzeugten Wärmepuls, der durch einen magnetischen Puls überlagert wird. Hierfür werden 3"-Scheiben im PFH für die weitere Bearbeitung in der Fertigung hergestellt. Weitere Anwendungsmöglichkeiten, die untersucht werden, liegen auf dem Gebiet der Informationsspeicher, der Anzeige-Technik (Displays) und der optischen Kommunikation.

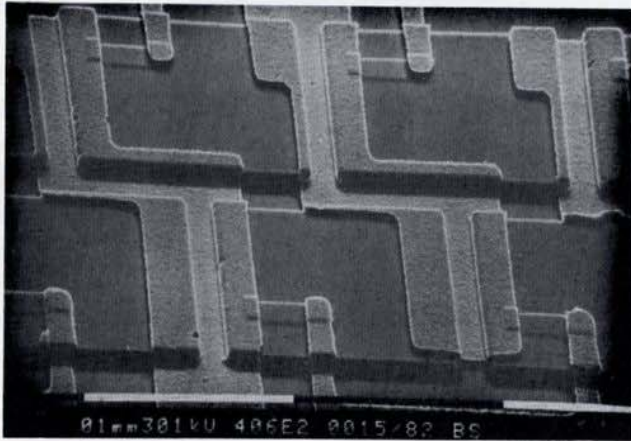


Bild 8: Rasterelektronenmikroskopaufnahme eines Teils einer magneto-optischen Lichtschaltzeile

Als zweites Anwendungsgebiet seien die Mikrowellen erwähnt. Einkristalline Gallium-substituierte Yttrium-Eisen-Granat-Kugeln und -Schichten werden für magnetisch abstimmbare Filter im Bereich 0,5 bis 20 GHz verwendet. Der Einfluß der Substitution auf die magnetischen Eigenschaften läßt sich so empfindlich messen, daß damit sogar Verteilungsgleichgewichte von Ionen auf verschiedene Gitterplätze und deren Einstellungskinetik untersucht werden konnten.

Für das Frequenzgebiet 10-100 GHz wurden polierte Kugeln mit 0,3 mm Durchmesser aus Einkristallen von Sc- und Al-substituiertem $BaFe_{12}O_{19}$ hergestellt.

Eine Übersicht über magnetische Granate, basierend nicht zuletzt auf den Erfahrungen im PFH, wird in einer Monographie gegeben.

Die Erfolge der Forschungsgruppe Materialtechnologie im Philips Forschungslaboratorium Hamburg sind wesentlich auf die sehr gute Zusammenarbeit aller Beteiligten innerhalb der Gruppe und des Laboratoriums, aber auch innerhalb und außerhalb des Philips-Konzerns zurückzuführen.

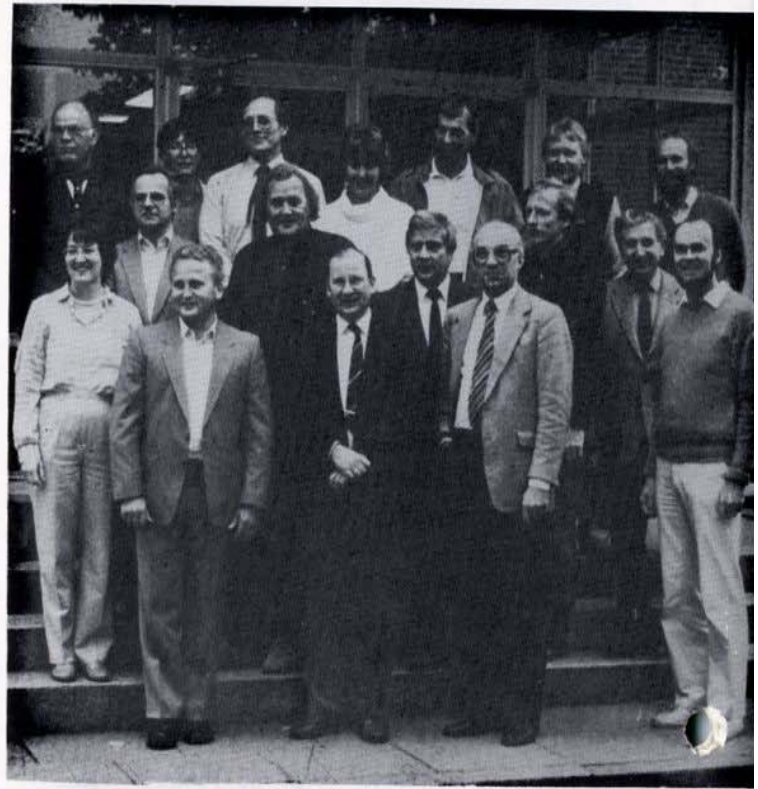


Bild 9:

Einige an der Material-Forschung und -Anwendung beteiligte Mitarbeiter des PFH

von links:

vorn: Brigitte Knörr, F. Welz, W. Tolksdorf,
G. Winkler, P. Röschmann

Mitte: R. Six, K. Witter, D. Mateika, H. Heitmann,
M. Lemke

hinten: H. Fricke, Inske Bartels, B. Ströcka,
Karin Harten, G. Passig, H. Laudan, C. Rusche

(P. Hansen, B. Hill, W. Tolksdorf: Optical Switching with Bismuth-Substituted Iron-Garnets. Philips Technical Review 41 (1983/84) 33.
P. Röschmann, W. Tolksdorf: Epitaxial Growth and Annealing Control of FMR Properties of Thick Homogeneous Ga-Substituted Yttrium Iron Garnet Films. Mat. Res. Bull. 18 (1983) 449
P. Röschmann, W. Tolksdorf, F. Welz: Annealing Effects on Cation Distribution in Diamagnetically Substituted Single Crystal Yttrium Iron Garnet. IEEE Trans. MAG-14 (1978) 704
P. Röschmann, M. Lemke, W. Tolksdorf: Anisotropy Fields and FMR Linewidth in Single Crystal Al,Ga,Sc-Substituted Hexagonal Ferrites with M Structure. Mat. Res. Bull. 19 (1984) 385
G. Winkler: Magnetic Garnets, Vieweg Tracts in Pure and Applied Physics Vol.5, Wiesbaden 1981)

W. Tolksdorf, Philips Forschungslaboratorium
2000 Hamburg 54

NEUE BÜCHER

CURRENT TOPICS IN MATERIALS SCIENCE, ed. E. Kaldis Vol. 11:

1. High Temperature Solution Growth of Garnets:
Theoretical models und experimental results
2. Substrates for epitaxial garnet layers: Crystal growth and quality
3. Growth and properties of iron borate $FeBO_3$
4. Single Crystals of lanthanum hexaboride: Preparation, properties and applications

Vol. 12:

1. Metallic, ionic and van der Waals clusters
2. Surface Segregation in metallic systems
3. Metastable phases in the bulk and on substrates
4. Vapor pressure investigations of P-T-x equilibria and non-stoichiometry in binary systems
5. Mechanical properties of brittle materials - Modern Theories and experimental evidence

North-Holland Physics Publishing, P.O. Box 103,
1000 AC Amsterdam

PROGRESS IN MATERIALS ANALYSIS, Vol. 1

Eds. M. Grasserbauer und M.K. Zacherl;

Proceedings of the 11th Colloquium on Metallurgical Analysis, TU Wien, 3.-5. Nov. 1982;
Springer-Verlag 1983, 349 S., US\$ 49,70.

COMPARATIVE CRYSTAL CHEMISTRY, R.M. Hazen und L.W. Finger;

1. High Temperature Crystallography
2. High Pressure Crystallography
3. High Temperature - High Pressure Crystallography
4. The Parameters of a Crystal Structure
5. Structural Variation with Temperature
6. Structural Variations with Pressure
7. Structural Variations with Composition
8. Continuous Structural Variations with Temperature, Pressure and Composition
9. Structural Variations and the Prediction of Phase Equilibria

John Wiley & Sons, New York, 1982; 231 S.

ALLOY PHASE DIAGRAMS, Materials Research Society Symposium Proceedings, Vol. 19, Eds. L.H. Bennett, T.B. Massalski und B.C. Giessen;

1. Alloy Phase Stability
2. Application of Thermodynamic Models in Phase Diagram Data Evaluation
3. Phase Diagrams and Rapid Solidification Processing
4. Constrained Equilibria and Specialized Phase Diagrams
5. Experimental Determinations of Phase Diagrams
6. Bibliographic Database

North Holland Publishing Co., 1983, 436 S., US \$ 70.00

THE PHYSICS OF HYDROGENATED AMORPHOUS SILICON II; Electronic and Vibrational Properties, Eds. J.D. Joannopoulos and

G. Lucovsky;

1. Introduction
2. Theory of Electronic Structure

3. Photoemission and Optical Properties
 4. Conductivity, Localization and Mobility Edge
 5. The Spectroscopy of Localized States
 6. Time Resolved Charge Transport
 7. Vibrational Properties
- Springer-Verlag, 1984, 360 S., US\$ 45.00

DRY ETCHING FOR MICROELECTRONICS, Ed. R.A. Powell;

1. Plasma assisted etching of aluminium and aluminium alloys
 2. Plasma etching of refractory metals and metal silicides
 3. Dry etching of Group III - Group V compounds semiconductors
 4. Reactive ion beam etching
 5. Dry etching for microelectronics - A bibliography
- North Holland Publishing Co., 1984, 298 S., Dfl 180,00

PHASE TRANSFORMATIONS IN SOLIDS, Proceedings of the Int. Conf. on Phase Transformations in Solids, Kreta, 27.06. - 01.07.1983, Ed. Thomas Tsakalakos
North Holland Publishing Co, 1984, 867 S., Dfl 330,00

STELLENANGEBOT

Im Hahn-Meitner-Institut in Berlin ist im Bereich Strahlenchemie für die Dauer von 2 - 3 Jahren eine Stelle (Vergütung BAT 2a) zu besetzen. Voraussetzung für die Bewerbung ist die Promotion oder eine entsprechende Qualifikation. Die Mitarbeit des Bewerbers wird erwartet bei der

- Züchtung von WSe_2 -Einkristallen aus schmelzflüssiger Lösung,
- Herstellung dünner $CuInSe_2$ -Filme. Bewerbungen werden erbeten an:

Dr. S. Fiechter,
Hahn-Meitner-Institut
- Bereich Strahlenchemie -
Glienicker Str. 100, 1000 Berlin 39
Tel: 030/8009-2200

TAGUNGSKALENDER

1 9 8 4

29. - 31. Oktober Atlanta/U.S.A.

Advances in Materials Technology
Dale Miller, NACG Headquarters,
P.O. Box 218340, Houston Texas 77218, U.S.A.

29. - 31. Oktober Golden/U.S.A.

Photovoltaic Advanced R&D Review Meeting
Contact SERI Conference Coordination Section,
1617 Cole Blvd., Golden, CO 80401, U.S.A.

31. Okt. - 02. Nov. San Francisco/U.S.A.

4th International Conference on Ferrites
Dr. Bhaskar B. Ghatge, Bell Laboratories,
Room 2A-009, 555 Union Blvd.,
Allentown, PA 18103, U.S.A.

05. - 07. November Schloß Elmau/D

5th European Symposium on Materials Sciences
under Microgravity, Results of Spacelab-1
Prof. Dr. B. Feyerbacher,
Institut für Raumsimulation
DFVLR Postfach 906058, D-500 Köln 90

12. - 13. November Rom/I

Multinary Semiconductor Komponents,
Properties and Applications
S. Vitolico, ETSE/CNR,
Via Salaria Km 295, C.P. 10,
I-00016 Monterotondo (Roma)

14. - 17. November Boston/U.S.A.

Annual Meeting of the Materials Research Society
MRS-Secretariat, 110 Materials Research Laboratory,
University Park, Pennsylvania 16802, U.S.A.

26. - 30. November San Francisco/U.S.A.

American Institute of Chemical Engineers
Annual Meeting,
C. Chiffreller, AIChE, 345 East 47th Street,
New York, NY 10017

26. - 30. November Boston/U.S.A.

Fall Meeting of the Materials Research Society
Technical Symposia, Short Courses, Equipment
Exhibit
J.B. Ballance, Executive Director, Materials
Research Society Headquarters, 9800 McKnight Road,
Suite 327, Pittsburgh, Pennsylvania 15237, U.S.A.

27. - 30. November San Diego (CA) U.S.A.

30th Conference on Magnetism & Magnetic Materials

1 9 8 5

11. - 14. Februar Melbourne/Australien

Characterization and Analysis of Polymers
J.H. O'Donnell, Dept. of Chemistry,
University of Queensland,
Brisbane 4067, Australia

04. - 08. März Aussois/F

2nd Int. Conf. on II-VI-Compounds
Dr. R. Triboulet, CNRS Laboratoire de Physique
des Solides; 1, Place Aristide Briand,
F-92195 Meudon-Bellevue

14. - 15. März Paris/F

Colloque Annuel du G.F.C.C.
Mlle. A.M. Lejus, Ecole Nationale
Supérieure de Chimie de Paris,
11, rue Pierre et Marie Curie,
F-75231 Paris Cedex 05

18. - 20. März Aussois/F

3 Séminaire Européen
"Epitaxie par jets moléculaire"
J. Massies, CNRS Laboratoire Physique
du Solide et Energie Solaire,
F-06560 Valbonne

19. - 22. März Köln/D

24. Diskussionstagung der AGKr, zusammen mit der
16. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für
Kristallwachstum und Kristallzüchtung (DGKK) und
der Jahrestagung der Kontaktgroep Kristalgroei
Nederland (KKN)
Prof. Dr. S. Haussühl, Institut für Kristallog-
raphie der Univ. Köln,
Zülpicher Str. 49, D-5000 Köln 1

25. - 28. März Oxford/U.K.

Microscopy of Semiconductors
Royal Microscopical Society

April U.K.

Polymer Liquid Crystals
Mrs. Y.A. Fish, The Royal Society
of Chemistry, Burlington House,
London W1V 0BN, U.K.

01. - 04. April Straßburg/F
Progress in X-ray Studies by Synchrotron
Radiation

Conference on Synchrotron Radiation,
Department de Physique, 3, rue de l'Université,
F-67084 Strasbourg Cedex, France

09. - 13. April Wien/A
VIIIth International Conference on Solid
Compounds of Transition Elements
Gesellschaft österreichischer Chemiker,
VIII S.C.T.E.,
Eschenbachgasse 9, A-1010 Wien

15. - 18. April San Francisco/U.S.A.

Microscopic Identification of Electronic
Defects in Semiconductors
Noble M. Johnson, Xerox Parc,
3333 Coyote Hill Road,
Palo Alto, CA 94304, U.S.A.

15. - 18. April San Francisco/U.S.A.

Second Spring Conference of the Materials
Research Society
J.B. Ballance, Executive Director,
Material Research Society, 9800 McKnight Road,
Suite 327, Pittsburgh, PA 15237, U.S.A.

29. April - 02. Mai St. Paul (MN) U.S.A.

23rd INTERMAG Conference
St. Paul, MN

07. - 10 Mai Pajaro Dunes (CA)/U.S.A.

Purification of Materials for Crystal Growth
and Glass Preparation (Sponsored by AACG)
Robert DeMattei, Center for Materials Research,
Stanford CA 94305/U.S.A.

12. - 17. Mai Toronto/Canada

Electrochemical Society Meeting
The Electrochemical Society Inc.,
10 South Main Street, Pennington,
NJ 08534-2896, U.S.A.

24. Mai - 06. Juni Erice/I

International School of Crystallography,
11th Course: Static and Dynamic Implications of
Precise Structural Information
Prof. Riva di Sanseverino,
Int. School of Crystallography,
Piazza Porta Donato 1, I-40127 Bologna

28. - 31. Mai Florenz/I

JOURNEES D'ELECTROCHIMIE '85
Departimento di Chimica
Laboratorio di Elettrochimica
Via G. Capponi 9, I-50121 Firenze

10. - 12. Juni Würzburg/D

5. Europäische Konferenz "Mischen"
VDI-Gesellschaft für Verfahrenstechnik und
Chemieingenieurwesen
Graf-Recke-Str. 84, D-400 Düsseldorf

11. - 15. Juni Philadelphia (PA)/U.S.A.

3rd Int. Conf. on Solid State Transducers
W.H. Ko, Electronics Design Center
Case Western Reserve University,
Cleveland, Ohio 44106, U.S.A.

24. - 28. Juni Rennes/F

Third International Symposium on
Halide Glasses
J. Lucas, Chairman, Laboratoire de Chimie
Minérale, Campus de Beaulieu,
F-35042 Rennes,

- Sommer Jugoslawien
7th Int. Summer Conference
on Solid-Liquid Interfaces
V. Pravdić, Center for Marine Research
"Rudjer Bošković", P.O. Box 1016,
41001 Zagreb, Jugoslawien
15. - 19. Juli (vorl.) Plymouth/U.S.A.
Gordon Research Conf. on Crystal Growth
Plymouth State College
F. Rosenberger, Crystal Growth Lab.,
Dept. of Physics, Univ. of Utah,
Salt Lake City, Utah 84112, U.S.A.
12. - 14. August University Park/U.S.A.
2nd International Symposium on
Hydrothermal Reactions
Keller Conference Center, Pennsylvania State Univ.
University Park, PA 16802, U.S.A.
18. - 24. August Northstar-at-Tahoe (CA)/U.S.A.
5th Int. Conf. on Solid State Ionics
R.A. Huggins, Dept. of Mater.
Science and Engineering,
Stanford University, Stanford, CA 94305, U.S.A.
19. - 23. August Bratislava/Tschechoslowakei
8th International Conference on Thermal Analysis
Organizing Committee of the 8th ICTA
c/o Technical University,
81243 Bratislava, Czechoslovakia
25. - 30 August Amsterdam/NL
International Congress of Biochemistry,
Dr. P.C. van der Vliet, Biochemical Laboratory,
P.O. Box 7161, NL-1007 MC Amsterdam
26. - 30. August San Francisco/U.S.A.
Int. Conf. on Magnetism
San Francisco CA., U.S.A.
02. - 06. September Turin/I
9th European Crystallographic Meeting (ECM-9)
Prof. E. Ferraris, Istituto di Mineralogia,
Cristallografia e Geochimica,
Universita di Torino
Via San Massimo 22, I-10123 Torino
08. - 13. September Madrid/E
EUCMOS XVII, XVIIth European Congress on Molecular
Spectroscopy
Organizing Committee EUCMOS XVII,
Instituto de Optica, C.S.I.C., Serrano,
212, Madrid-6, Spanien
13. - 18. Oktober Las Vegas (Nev.)/U.S.A.
Electrochemical Society Meeting
The Electrochemical Society Inc.,
10 South Main Street Pennington,
N.J. 08543-2896, U.S.A.
15. - 19. Oktober München/D
CERAMITEC '85, 3. Internationale Messe für
Maschinen, Ausrüstung, Anlagen und Rohstoffe
für die Keramische Industrie
Münchner Messe- und Ausstellungsgesellschaft mbH.
Messegelände, Postfach 121009, D-8000 München 12
04. - 07. Dezember Marseille/F
Journée "Crystallisation de substances d'intérêt
biologique"
Michel Frey, CRMC2 CNRS
F-13288 Marseille-Luminy
18. - 20. Dezember Reading /U.K.
Annual Solid State Physics Conference
Institute of Physics

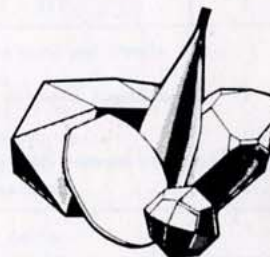
17. - 18. Dezember Oxford/U.K.
Phase Transitions in Adsorbed Layers
Prof. J.S. Rowlinson, Physical Chemistry
Laboratory, Oxford University, South Parks Road,
Oxford OX1 3QZ, U.K.

1 9 8 6

13. - 15. April Pasadena (CA)/U.S.A.
International Conference on Metal-Organic
Vapor Phase Epitaxy (ICMOVPE-3),
Prof. G.B. Stringfellow, Dept. of Materials Science,
Univ. of Utah, Salt Lake City, UT 84112
(Sponsored by AACG)
04. - 09. Mai Boston/U.S.A.
The Electrochemical Society
The Electrochemical Society, Inc.
10 South Main Street, Pennington, NJ 08543-2896
14. - 18. Juli York/U.K.
8th International Conference on Crystal Growth
ICCG-8
Dr. Frank W. Ainger, Allen Clark Res. Centre,
Plessey Research (Caswell) Ltd.
Caswell, Towcester, Northants NN12 8EQ
07. - 10. Sept. York/U.K.
International Conference on Molecular
Beam Epitaxy
British Association for Crystal Growth

TAGUNGSBERICHTE

ACCG-6



ICVGE-6

JULY 15-20, 1984

Atlantic City, N.J., U.S.A.

THE SIXTH AMERICAN CONFERENCE ON CRYSTAL GROWTH

in conjunction with

THE SIXTH INTERNATIONAL CONFERENCE ON VAPOR GROWTH AND EPITAXY

1. ALLGEMEINE ÜBERSICHT

Die im dreijährigen Turnus stattfindende ICVGE wurde in diesem Jahr, wie bereits 1981 in San Diego, wiederum mit der Jahrestagung der "American Association for Crystal Growth" zusammengelegt. Die Tagung war sehr stark von der AACG geprägt, so daß der internationale Charakter der ICVGE -6 etwas in den Hintergrund trat. Tagungsort war das im Süden von New Jersey gelegene Atlantic City, das sog. Las Vegas der Ostküste. In der Tat hat der einstmalige Renommierbadeort am Atlantik nach seinem praktischen völligen Niedergang nach dem 2. Weltkrieg in den 70er Jahren durch das Glücksspiel eine imposante Wiederbelebung erfahren. Von ihrer besseren Seite zeigt sich die Stadt vom berühmten Boardwalk her, einer breiten Holzbretterpromenade, die den prächtigen Sandstrand von den hochaufschießenden Hotel- und Spielcasinobauten trennt. Wenige hundert Meter hinter dieser Fassade findet sich dann nichts mehr, was der Erwähnung wert wäre.

Das großangelegte Glücksspiel erwies sich als die Rettung der Stadt vor dem wirtschaftlichen Ruin. Mit weiter steigender Tendenz sind inzwischen ein gutes Dutzend Hotelcasinobetriebe in voller Blüte, deren Ausmaße sich mitteleuropäischen Vorstellungen entziehen. Jedes dieser Casinos beschäftigt ca. 5000 Mitarbeiter, die in den 30 bis 40 Stockwerken hohen Gebäuden in drei Schichten ihrer Beschäftigung nachgehen. Ein jedes dieser Hotelcasinos ist eine abgeschlossene Welt für sich, in welcher es dem Gast an nichts mangelt, vorausgesetzt, er kann es sich leisten. Und es scheinen nicht Wenige zu sein, die vornehmlich an Wochenenden mit prallen Brieftaschen anreisen, um ihr Glück bei Roulette, Baccara, Black Jack oder an den Spielautoma-

ten zu versuchen. Zeitweise ist das Menschengewimmel in den fast fußballfeldgroßen Spielsälen vom interessierten Beschauer der Szene kaum noch zu durchdringen. Bemerkenswert die vielen Musikgruppen, die in diversen Nischen um die Spielsäle herum mit ihren Lifeshows die zeitweise spielmüden Gäste unterhalten. Hier zeigt sich die leichte Muse mit einem enormen Qualitätsstand, der ahnen läßt, wie hart die Auslese im amerikanischen Showgeschäft sein muß. Trotz ihrer unverkennbaren Talente bleibt es für die meisten der hoffnungsvollen Nachwuchskünstler ein Traum, in die Höhe derjenigen Stars aufzusteigen, deren Namen von den Leuchtreklamen in die Nacht geschrieben werden und die ebenfalls großen Anteil an der Attraktivität der Stadt haben.

Die Konferenz fand in Harrah's Marino Hotel Casino im Norden der Stadt, etwas abseits von der Boardwalk-Area, statt. Hier war es tatsächlich möglich, abseits vom allgemeinen Hotel- und Casinotrübel eine konferenzwürdige Atmosphäre zu schaffen, die eine interessante und gewinnbringende Tagung versprach. Zahlreiche Kontaktmöglichkeiten unter den Kollegen ergaben sich schon am Vorabend der Konferenz beim informellen Empfang im Freien. Als weiteres soziales Großereignis erwies sich das ebenfalls im Tagungsbeitrag enthaltene Conference Dinner in gepflegter Atmosphäre, in dessen Verlauf Robert Feigelson als scheidender Präsident der AACG die diesjährigen Preisträger seiner Gesellschaft würdigte. Daß es den bundesdeutschen Teilnehmern auch nicht schlecht erging, mag der Leser der Einladung zum Dinner und der guten Stimmung am Tisch entnehmen.

Music through Dinner by

The Bob Newman Strings

Presentations

1984 International Crystal Growth Award

*Bruce Chalmers
Prof. Emeritus
Harvard University*

Young Author Awards

*Dr. Robert A. Brown
Massachusetts Institute of Technology*

*Dr. Lubeck Jastrzebski
RCA Laboratories*

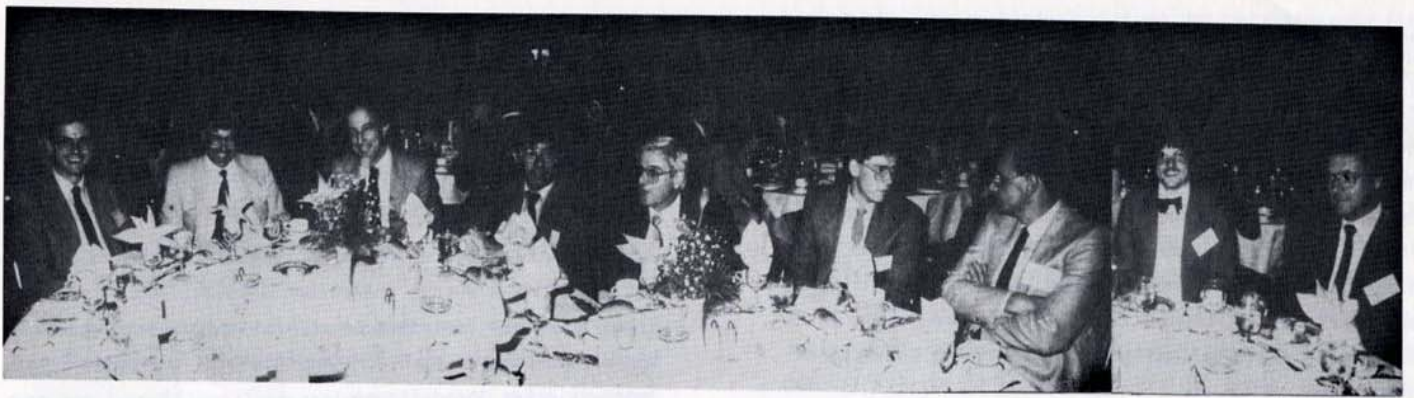
Menu

*Shrimp Cocktail
Caesar Salad
Roast Prime Rib of Beef au jus
Stuffed Baked Potato
Bouquetiere of Fresh Vegetables
Cannoli
Coffee or Tea*

Wine

A choice of White or Red wine will be presented with dinner.

*Wine is served courtesy of Ceres Corporation
Joseph F. Wenkus (President)
in memory of Dr. James W. Nielsen*



Gute Stimmung am DGKK-Tisch

von links: T. Jakobus, R. Diehl, K.W. Benz, H. Wiedemeier, E. Schönherr,
W. Körber, H. Sitter, T. Voigt, G. Raab

Die Tagung wurde von etwa 320 Teilnehmern besucht. Ihre Anzahl sowie die Zahl der Vorträge ist in der folgenden Tabelle nach Nationen geordnet.

Land	Teilnehmer	eingeladene Vorträge	sonstige Vorträge/ Late news	Vorträge/ Poster
U.S.A.	251	23	75/9	23
Japan	17	2	8/1	6
England	11	4	5	4
Kanada	10	1	4/1	-
Deutschland	10	1	4	2
Frankreich	4	2	2/1	-
China	3	-	4/1	5
Holland	2	1	2	-
Schweiz	2	-	-	1
Südafrika	2	-	2	-
Israel	2	-	2	-
Indien	2	-	1/1	1
Brasilien	1	-	1	-
Österreich	1	-	1	-
Venezuela	1	-	-	1
Schottland	1	-	-	-
Taiwan	1	-	1/1	2
	321		112/15	45

Als Rede- und Diskussionszeit waren für die eingeladenen Vorträge 35, für die sonstigen 20 und für die Late News 15 Minuten angesetzt. Außer den Vorträgen gab es Posterarbeiten, für deren Inhaltsangabe fünf Minuten Redezeit zur Verfügung stand. Die Bundesrepublik Deutschland war mit 5 Vorträgen (Univ. Stuttgart 1, RWTH Aachen 1, IAF Freiburg 2, Uni Erlangen 1) sowie 2 Postern (Univ. Stuttgart 1, MPIF Stuttgart 1) vertreten. Am Montagmorgen, Mittwochnachmittag und Donnerstagnachmittag waren zwei und während der übrigen Zeit drei Sitzungen gleichzeitig. Erfreulicherweise gab es bei den Hauptvorträgen keine Überschneidungen. Die Posterausstellung war auf zwei Nachmittage verlegt, so daß sie von jedem Tagungsteilnehmer wahrgenommen werden konnte. Neben dem wissenschaftlichen Programm konnte man eine Ausstellung von 31 amerikanischen Firmen besuchen, die hochreine Chemikalien, Einkristalle, Kristallisations- und Kristallverarbeitungseinrichtungen anboten.

Im Rahmen der Eröffnungssitzung wurde Bruce Chalmers (Prof. Emeritus, Harvard University) der "1984 International Crystal Growth Award" für seine auf dem Gebiet des Kristallwachstums bedeutenden Arbeiten verliehen.

In der gleichen Sitzung sprach auch John P. McTague (Deputy Director, Whitehouse Science Office, Washington, D.C.) über "Science, Technology and Competitiveness". Er hob die Bedeutung der amerikanischen Wissenschaft heraus: über 70% der Nobelpreisträger werden von den U.S.A. gestellt. Darüber hinaus rief er seine Landsleute zu besonderer Wachsamkeit gegenüber der Konkurrenz auf. Hier traten wohl die Ängste gegenüber der japanischen angewandten Wissenschaft und Technologie zutage. Insgesamt wirkte dieser Vortrag auf einer internationalen Tagung etwas befremdend.

Die Haupttagungsthemen sind - zusammen mit der zugehörigen Anzahl der Vorträge und Poster - in der zweiten Tabelle wiedergegeben.

Thema	eingeladene Vorträge	sonstige Vorträge	Poster
Theorie I - III	2	17	-
Gasphasenabscheidung und chemischer Transport Epitaxie von III-V-Halbleitern Metallorganische Epitaxie	10	23	13
Obergitterstrukturen	4	2	1
CdTe und (Hg, Cd)Te	-	11	-
Kristallcharakterisierung	3	5	5
Allgemeine Themen I- II	6	7	-
Lösungs- und Fluxzüchtung	2	5	7
Züchtung/aus der Schmelze I - II Schmelzzüchtung: Halbleiter I-II	4	27	9
Flüssigphasenepitaxie	2	7	3
Photovoltaik und Mikrogravitation	1	8	-
Sonstiges			7

Auf dem Gebiet der Theorie war das Spektrum der Themen sehr umfangreich. Insbesondere standen Probleme zum Verständnis der Kristalloberfläche und von Zwischenflächen im Vordergrund. Zum Verständnis der Kristalloberfläche muß eine Computersimulation der Oberfläche durchgeführt

werden. Dabei stellt die Ermittlung der Potentialenergiefunktion mit Hilfe eines "3-Körper-Modells" eine wichtige Aufgabe dar. Ist die mittlere Oberflächendiffusionslänge größer als der Gitterabstand, erwartet man eine höhere Kristallqualität. Weiterhin gab es Beiträge zur reinen Kristallisationskinetik, zur Morphologie, zur dendritischen Erstarrung, zum zellularen Wachstum von Mischkristallen, zur Störung des Wachstums und der Homogenität durch instabile Strömungen in der fluiden Phase. Im letzten Fall wurde vor allem die thermosoluble Konvektion behandelt.

Im Bereich der experimentellen Arbeiten standen die technisch wichtigen Halbleitermaterialien (Si, binäre, ternäre und quaternäre III-V-Halbleiter, II-VI-Halbleiter) im Vordergrund des Interesses. Der größte Teil der Vorträge war den Gasphasentransportverfahren gewidmet, wobei sich 5 Hauptvorträge und 9 sonstige Vorträge mit der Gasphasenepitaxie von III-V-Verbindungen beschäftigten. Sieben Vorträge hatten die Si-Abscheidung zum Inhalt.

Bei der Epitaxie der III-V-Halbleiter aus der Gasphase lag der Schwerpunkt bei konventionellen Verfahren (Chlorid- und Hydrid-Methoden) und der metallorganischen Gasphasenepitaxie. Trotz der teilweise unübersichtlichen Quellenreaktionen beim PCl_3 - bzw. AsCl_3 -Verfahren sind beim (In, Ga)As Übergänge im Bereich 30 Å einzustellen, bei gleichzeitiger Nutzung der niedrigen Restdotierung dieses Verfahrens (M.S. Carchwell, Plessy Research, Caswell, UK). Trotz dieser Fortschritte bei den konventionellen Epitaxieverfahren wird die Epitaxie aus metallorganischen Verbindungen (MOVPE) als technischer Herstellungsprozeß für Epitaxieschichten in den nächsten Jahren dominierend sein. Beim InP konnte inzwischen mit Galliumtriethyl und Phosphin als Ausgangsmaterialien die langjährige "Qualitätsdomäne" des PCl_3 -Verfahrens ($\text{H}_2/\text{In}/\text{PCl}_3$ -System) erstmals erreicht werden (J.P. Duchemin, Thomson CSF, Corbeville, $n \approx 10^{14} \text{ cm}^{-3}$, $\mu_{77} \geq 100.000 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$).

Auch in den Vorträgen über Schmelzzüchtungsverfahren dominierten die III-V-Verbindungen mit allein neun Beiträgen zum GaAs. Es ging um die wirtschaftliche Herstellung von GaAs- und InP-Einkristallen mit großen Durchmessern und geringen Versetzungsdichten (G. Elliot, hp, Palo Alto; GaAs \varnothing 70mm, EPD $< 500 \text{ cm}^{-2}$ mit $n_{\text{Si}} \approx 5 \cdot 10^{18} \text{ cm}^{-3}$). Versetzungen in durch Ionenimplantation aus GaAs-Substraten hergestellten FETs beeinflussen die elektrischen Eigenschaften dieser Bauelemente ungünstig. Möglichkeiten zur Reduzierung von Versetzungen bestehen einerseits durch Anwendung kleinerer axialer Temperaturgradienten im B_2O_3 beim LEC-Verfahren, sowie durch ein "Dotierstoffhärten" des Kristalls durch Zugabe von Dotierstoffelementen (z.B. Si, S mit $n \approx 5 \cdot 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ oder durch In bzw. Sb). Bei In-Konzentrationen im Bereich von 10^{20} cm^{-3} sind 50 mm \varnothing -GaAs-Kristalle zu 80% versetzungsfrei. Außerdem weisen diese Kristalle einen spezifischen Widerstand von $10^7 - 10^8 \Omega \text{ cm}$ auf und können somit als hochohmiges Material verwendet werden (R.N. Thomas et al., Westinghouse R. u. D. Center, Pittsburgh).

Durch Anwendung eines Magnetfeldes bei der LEC-Züchtung (H 1,4 KOe) lassen sich Temperaturfluktuationen in der Schmelze drastisch reduzieren (T. Fukuda et al., Optoelectronics Joint Research Laboratory, Kawasaki, Japan; ΔT von 18°C auf $0,1^\circ\text{C}$). Auf diese Weise lassen sich dotierungsstreifenfreie GaAs-Kristalle bis 10 cm \varnothing züchten.

Mehrfach wurde über die Züchtung von Si-Kristallen berichtet. Am meisten wurden Fragen zur Bildung, Verteilung und Reduzierung von Versetzungen und Ausscheidungen behandelt. Versetzungen waren auch der Gegenstand einer zusätzlichen, improvisierten Abendsitzung.

Die Züchtung von Einkristallen aus der Lösung war nur mit wenigen Arbeiten vertreten. Elektrooptische und optisch aktive Materialien standen im Vordergrund des Interesses. Heterogene Keimbildung sowie die Optimierung der Wachstumsgeschwindigkeit waren weitere Schwerpunkte.

Im Vergleich zur Gasphasenepitaxie trat die Flüssigphasenepitaxie sehr in den Hintergrund. In fast allen Beiträgen ging es wiederum um III-V-Verbindungen. Zur Untersuchung des Wachstums kamen die meisten Beiträge.

Eine Halbtagesitzung mit elf Vorträgen wurde der Herstellung von CdTe-Kristallen und CdTe-HgTe-Mischkristallen oder -Schichten gewidmet.

Unter den Solarzellenmaterialien wurde wiederum am meisten über III-V-Verbindungen, in mehreren Fällen auch über die Herstellung von CuInSe₂-Kristallen berichtet.

Nur wenige Beiträge gab es zu den Raumfahrtexperimenten. Es ging meistens um geplante Experimente wie z.B. um die Züchtung von HgI₂-Kristallen durch Sublimation und um die Züchtung von Pb_{1-x}Sn_xTe-Kristallen aus der Schmelze.

Zum Thema Vielfachschichten gab es vor allem Übersichtsvorträge über Herstellungsverfahren, Wachstum und Eigenschaften von III-V- und Ge-Si-Vielfachschichten.

Die Beiträge zum Thema Charakterisierung der Materialien bezogen sich überwiegend auf den Nachweis von Strukturfehlern in III-V-Verbindungen, Si, CdTe, Pb_{1-x}Sn_xTe und Quarz. Zur Untersuchung wurden hauptsächlich Ätzlösungen, das Elektronenmikroskop und Röntgenstrahlen eingesetzt.

Die zunehmende Bedeutung der Mikroelektronik, d.h. die Herstellung von Bauelementen im Bereich kleiner $1, \mu\text{m}$, erfordert eine besondere Charakterisierungstechnik. Zur Untersuchung von z.B. Halbleiter/Isolator-Zwischenflächen ist dabei die Transmissions-Elektronenmikroskopie sehr wichtig. Man erhält Beugungsbilder von Atomen und Netzebenen und kann somit die physikalischen und chemischen Eigenschaften der Grenzflächen genau analysieren.

Sehr unterschiedliche Themen waren in der allgemeinen Sitzung vertreten; wie z.B. die Bildung, Struktur und Schmelzen von Mikropartikeln ($\leq 50 \text{ nm}$), Dendritenwachstum, Herstellung amorpher Metallbänder, Abscheidung von Si auf elektrisch nicht leitende Substrate und Bestimmung der Korngrößen des Eises in stehenden Gewässern.

1. Theorie

Die Sitzungsreihe begann mit einem eingeladenen Vortrag von W.A. Tiller (Stanford Univ., U.S.A.), der sich mit der Grenzflächenkinetik befaßte. Er erläuterte eine mögliche Erweiterung bestehender Modelle dahingehend, daß weiterreichende Wechselwirkungspotentiale sowie kristallographische Effekte in Überlegungen zur Grenzflächenstabilität eingeführt werden.

Abgesehen von wenigen Ausnahmen waren dann die Theorie-Sitzungen beherrscht von dem Thema der numerischen Modellierung von konvektiven Transportvorgängen und deren Einfluß auf Kristallwachstumsvorgänge in verschiedensten Kristallzüchtungsanordnungen. Allein fünf Beiträge kamen aus der Gruppe von R.A. Brown (MIT, U.S.A.).

Beispielsweise behandelte M.J. Bennet (MIT, U.S.A.) die zellartige Entartung der Wachstumsfront während der Erstarrung einer Pb-Sb-Schmelze. Bei kleinen Züchtungsraten ist die ebene Phasengrenze stabil, eine Entartung tritt erst oberhalb eines kritischen Temperaturgradienten auf. Bei großen Wachstumsgeschwindigkeiten ist dagegen die Zellenstruktur schon bei kleinen Temperaturgradienten stabil und es entwickeln sich mit zunehmenden Gradienten Seitenzellen (Dendriten).

J.L. Duranceau (MIT, U.S.A.) berechnete die Temperaturverteilung und Gesamtform der flüssigen Zone für das mit Hochfrequenz geführte Zonenschmelzsystem Si.

H.M. Ettouney (MIT, U.S.A.) machte Angaben zur Form der Phasengrenze (Dicke) von Si-Bändern, die nach der Schablontentechnik (edge-defined film fed) hergestellt wurden. Die Berechnungen der Form und Dotierausscheidungen in Abhängigkeit von der Ziehgeschwindigkeit wurden experimentell bestätigt.

B. Rubinsky (Univ. Berkeley, U.S.A.) untersuchte die morphologische Stabilität der ebenen Phasengrenze eines aus der Lösung wachsenden Kristalles in Abhängigkeit von der Temperatur und Konzentration. Im wesentlichen ist die Phasengrenze gegenüber Temperaturschwankungen stabil, wenn der Massentransport durch Diffusion geschieht, jedoch instabil gegenüber Konzentrationsänderungen.

Die Form der Phasengrenze von GaAs-Czochralski-Kristallen berechnete J.J. Derby (AT & T, Murray Hill, U.S.A.) in Abhängigkeit von der Züchtungsgeschwindigkeit und dem Volumen der B_2O_3 -Abdeckung, die die Temperaturverteilung an der Phasengrenze entscheidend beeinflusste.

R.A. Brown erhielt für sein Engagement um den Ausbau der numerischen Modellbildung für praktische Kristallzüchtungsanordnungen den Preis des besten amerikanischen "Nachwuchswissenschaftlers" auf dem Gebiet der Kristallzüchtung. Diese Auszeichnung ist eine Bestätigung dafür, daß der Modellbildung in der Kristallzüchtung inzwischen ein hoher Rang eingeräumt wird und man sich in vielen Bereichen nicht mehr auf ein rein phänomenologisches Vorgehen beim Lösen von Kristallzüchtungsproblemen verlassen will. Es ist zu hoffen, daß diese Entwicklung auch in der Bundesrepublik mehr als

bisher die entsprechende Bewertung und Unterstützung findet. Eine Basis hierfür bildet sicherlich die Erlanger Gruppe um G. Müller, der mit ihrer Präsentation der ersten echten dreidimensionalen Berechnung von Konvektionsvorgängen in vertikalen Bridgmananordnungen Aufsehen erregte.

Zum Thema "Theorie" paßt auch sehr gut der eingeladene Vortrag von R. Rosenberger (Univ. of Utah, U.S.A.), der in der CVD-Sitzung mit einem langjährigen Irrglauben an "boundary layer flow in CVD" aufräumte, indem er mit einfachen hydrodynamischen Überlegungen unter Verwendung der geeigneten dimensionslosen Kennzahlen zeigte, daß sowohl Geschwindigkeits-, als auch Konzentrations-, als auch Temperaturprofile in den meisten verwendeten CVD-Reaktoren sowohl in Längs- als auch in Querrichtung durchgehende starke Ortsabhängigkeit zeigen.

Gasphasenabscheidung und chemischer Transport

K. Chen (Univ. Salt Lake City, USA) beschrieb quantitativ die Wachstumsgeschwindigkeit von Si-Schichten, die im offenen, horizontalen Rohrreaktor durch Zersetzung von SiH_4 gewonnen wurden. Die Wachstumsgeschwindigkeit wurde in Abhängigkeit von der axialen Temperaturverteilung unter Vernachlässigung der freien Konvektion ermittelt. Homogene bis zu 5 μm dicke β -SiC-Schichten ($15 \times 15 \text{ mm}^2$) erhielt A. Suzuki (CRL-Sharp, Nara, Japan) auf Si-Substraten im offenen (H_2 - C_3H_8 - SiH_2Cl_2 -HCl)-System dadurch, daß er zunächst eine dünne polykristalline Übergangsschicht zwischen 1000 und 1100° C abschied und den Prozeß bei 1350° C fortsetzte. J.G. Wilkes (Mullard Ltd., England, eingel.) gab einen Überblick über die Oberflächenvorgänge (Adsorption und Zwischenreaktionen) während der Gasphasenepitaxie im Niederdruckbereich. Als Beispiel wählte er die SiH_4 -Zersetzung und die Si-Oxidation. Einkristalline CdS-Schichten wurden von G. Shimaoka (Univ. Hamamatsu, Japan) auf Si-Substratendurch Transport von CdS über die H_2 -Reaktion erhalten, nachdem dem System zusätzlich Cd beigegeben wurde. T.M.Kao (Stanford Univ., USA) berichtete über die Sublimationszüchtung von $(NH_2)_2CO$ -Kristallen im Konus einer abgeschlossenen Ampulle. Die erreichte Länge lag etwa bei 25 mm. J.C. Launay (Univ. Bordeaux, Frankreich) beschrieb den advektiven-diffusiven Massentransport von Ge mit I_2 für das horizontale Drei-Temperaturen-Verfahren (Quelle-Substrat-Senke). Das Wachstum von mit I_2 transportiertem ZnS im konischen Teil einer Ampulle wurde von W. Palosz (Univ. Warschau, Polen, z.Zt. RPI, Troy, USA) quantitativ beschrieben. R. Diehl (IAF, Freiburg) wies auf die Möglichkeit der Züchtung von $InPS_4$ aus der Gasphase hin. Mit Hilfe der Massenflußtheorie von Richardson und Nöläng wurde das Existenzgebiet von $InPS_4$ im komplexen (In-P-S-I) System berechnet. Rein molekular-kinetisch berechnete T. Kaneko (Univ. Tokio, Japan) die Wachstumsgeschwindigkeit von Cd-Schichten, von ZnS und SiC-Whiskern. Die Abweichungen zum Experiment erklärte er mit einem kleinen (< 1) Akkomodationskoeffizienten. R.C. Powell (SERI, Golden, USA) gab eine quantitative

Beschreibung der Si-Abscheidung (≈ 1 kg/h) bei 1050°C im System Si-HCl. Das Ausgangsmaterial (700°C) ist für Reinigungszwecke mit Cu_3Si versetzt. Die Transportrate ($\sim 1/\sqrt{\text{Zeit}}$) wurde im wesentlichen durch die Anreicherungsschicht von Cu_3Si im Ausgangsmaterial bestimmt.

A. Tiller (Stanford Univ., USA) wies darauf hin, daß man für quantitative Aussagen zur heterogenen Keimbildung und zum Wachstum neben der Oberflächenenergie auch die Oberflächenkräfte berücksichtigen muß. M.A. Bartkovski (Univ. Montreal, Kanada) stellte eine Kurzwegtransportmethode (1.2 mm Abstand) vor, bei der GaAs auf ZnSe im System GaAs/HCl (AsCl_3 -Zersetzung) abgeschieden wurde. Wesentlich homogenere und größere GeSe Kristalle fand H. Wiedemeier (RPI, Troy, USA) unter den Raumfahrtsexperimenten als unter den Laborexperimenten. Die Kristalle wurden durch Sublimation in geschlossenen Ampullen in Xe-Atmosphäre bei zeitlich und örtlich konstanter Temperaturverteilung (Zweizonen-Heizer) erhalten. L.J. Giling (Univ. Nijmegen, Holland, eingel.) untersuchte experimentell durch Zugabe von TiO_2 -Staub das Strömungsverhalten verschiedener Trägergase in horizontalen Reaktoren unterschiedlicher Geometrie, die zur Si-Abscheidung eingesetzt werden. Mit einem Film demonstrierte er, daß sich der Gasstrom für genügend kleine Reaktordurchmesser und für konische Eingänge mit einem kleinen Öffnungswinkel ($< 7^\circ$) laminar verhielt. Große Rohrdurchmesser führten für gleiche Reynold-Zahlen bereits bei kleinen Raleigh-Zahlen zu konvektiven Instabilitäten. Während He und H_2 noch laminar strömten, entarteten bei gleicher Strömungsgeschwindigkeit N_2 und Ar zu einer spiralenförmigen Strömung. Eine Übersicht über die Unterdruckabscheidung (z.B. 100 Torr) von Si vermittelte G.W. Cullen (RCA, Princeton, USA, eingel.). Die Vorteile dieser Methode liegen in der Möglichkeit, wesentlich schärfere Dotiergrenzen herzustellen und bei verringerter Temperatur zu arbeiten als unter Normaldruck. Nachteilig ist oft die erhöhte Abscheidung an den Reaktorwänden. Neuere Fortschritte in der Si-Epitaxie für Anwendungen bei integrierten Schaltkreisen wurden von G.R. Srinivasan (IBM East Fishkill, USA) diskutiert. Mehr als 40% von CMOS-Strukturen werden in Epitaxieschichten dargestellt. Wachstumstemperaturen kleiner 1000°C sind anzustreben.

Epitaxie von III-V-Halbleitern

In der Sitzung "VPE of III-V compounds" sollten 7 Vorträge präsentiert werden, doch fiel der Vortrag von K. Jacobs aus Leipzig über eine einfache Methode zur Berechnung der Zusammensetzungen von Mischkristallsystemen aus den Wachstumsparametern aus. Da die Berechnungen beispielsweise anhand der GaInAs-Epitaxie im Hydrid-System vorgestellt werden sollten, waren von diesem Vortrag interessante Aspekte für die Modellbeschreibungen des Wachstums zu erwarten.

Ein Vortrag von P. Ruijn aus Shanghai über den Einbau von Verunreinigungen in VPE GaAs wurde kurzfristig durch einen Bericht von Plessey über die Vor- und Nachteile der verschiedensten Ausgangsmaterialien bei der GaAs/AlGaAs-MOCVD-Mehrschichtsystem-Herstellung ersetzt.

M.J. Cardwell (Plessey Research Ltd., Caswell) präsentierte einen Übersichtsvortrag über die Vor- und Nachteile zwischen Chlorid-System (Gebrauch von Chloriden der 5. Gruppe) und Hydrid-System (Gebrauch von Hydriden der 5. Gruppe). Im Vergleich zu MOCVD und MBE sind die VPE-Verfahren wohl noch die reinsten, wenn es um die Abscheidung In-haltiger Verbindungen geht. In reinem In sind heute Verunreinigungs-Konzentrationen von Mg, Si, S, Cr, Fe oder Cn kleiner als 0,08 ppm. Die höchsten Reinheiten werden darüberhinaus im AsCl_3 - oder PCl_3 -System erreicht, wobei die Verunreinigungs-Konzentrationen in diesen Ausgangsmaterialien günstiger zur Herstellung hochreinen GaAs oder GaInAs ist. Ein Einfluß der Wasserstoffreinheit wurde nicht beobachtet. Es wurde darauf hingewiesen, daß im Gegensatz zu MOCVD Wasserstoff prozeßbeteiligt ist und nicht ohne weiteres durch N_2 zu ersetzen ist.

M.Sadeghi (Institut für Experimentalphysik, Linz) stellte die sogenannte "hot wall epitaxy" zur Herstellung dünner epitaktischer GaAs-Schichten auf GaAs oder auch SrF_2 (111-Substraten) vor. Röntgenbeugungsspektren bewiesen die gute kristalline Struktur der Schichten aus diesem geschlossenen Vakuum-Verdampfungs-System. Die Tatsache, daß es unproblematisch erscheint, auch auf transparenten Substraten zu wachsen, begünstigt optische, insbesondere Transmissions-Experimente.

Über die Herstellung von GaInAs/InP-Mehrschicht-Strukturen mittels Chlorid-VPE berichtete H.M. Cox (Bell Labs, Murray Hill). HCl aus AsCl_3 bildet mit einer In-Quelle InCl. Zur InP-Deposition wird PCl_3 über eine InP-Quelle geleitet, zur GaInAs-Deposition wird AsCl_3 und eine GaAs-Quelle verwendet. RT-Beweglichkeiten von GaInAs von $11100\text{ cm}^2/\text{Vs}$ sind gemessen worden. Weitere präsentierte elektrische Eigenschaften und die Homogenität des Materials bewiesen eine gute Qualität des Materials.

H. Watanabe (NEC, Kawasaki) verglich die gebräuchlichen VPE-Verfahren zur Herstellung von Schichten des Systems Ga-In-As-P. Zur schnellen Umschaltung des Schichtwachstums empfahl er den Gebrauch eines Mehr-Kammer-Reaktors oder das einfachere System mit einem abdeckbaren Probenhalter. Das flexibelste System ist das In/Ga/HCl/AsH₃/PH₃/H₂-System, wie es schon öfter zur Herstellung von optoelektronischen Bauelementen Verwendung findet. Der Nachteil des VPE-Systems ist, daß es schwer scheint, Al-haltige Verbindungen herzustellen, obwohl in Aachen seit längerem ein derartiges System reproduzierbar GaAlAs produziert.

Auf die Verbesserung der Homogenität und Reproduzierbarkeit des Wachstums durch zusätzliche Injektion von HCl im Hybrid-System wies H. Jürgensen (Aachen) am Beispiel des InP-Wachstums hin. Wanddeposition in der Wachstumszone wird unterdrückt, die Aktivität und Übersättigung reduziert und sehr geringe Wachstumsraten mit hoher Reproduzierbarkeit können eingestellt werden. Bei anwachsender HCl-Konzentration wird der Gleichgewichtspunkt überschritten und die Oberflächen werden geätzt, wobei polierendes Ätzen nur nahe des Gleich-

gewichts stattfindet. Mittels thermodynamischer und kinetischer Modellrechnungen konnten die Ergebnisse einschließlich Auswirkungen auf Dotierstoffeinbau quantitativ beschrieben werden.

Metallorganische Epitaxie

Es wurden 8 Vorträge über den aktuellen Stand der MOCVD von III-V-Materialien präsentiert, wobei besonderes Augenmerk auf den Einflüssen durch die Wahl der Ausgangsmaterialien lag. Die Auswirkungen von Reaktorgeometrien mit rotierenden Probenhaltern und die Verbesserungen der Gleichmäßigkeit durch Wachstum bei reduzierten Drucken wurden ausführlich diskutiert.

A.W. Nelson (British Telecom Res.Lab., Ipswich) berichtete über die Möglichkeiten mit SiO_2 , Al_2O_3 oder Si_3N_4 teilweise maskierte InP-Oberflächen selektiv mit InP zu bewachsen, wie es schon bei der VPE für die Herstellung einzelner Strukturen durchgeführt wurde. In dieser Arbeit wurde für die Abscheidung des InP die Addukt-MOCVD benutzt.

Eine thermodynamische Analyse und deren praktische Auswirkungen präsentierte G.B. Stringfellow (University Utah, Salt Lake City). Nach seinen Untersuchungen ist es möglich, die Methyl direkt im Reaktor zur Abscheidung auch der In-haltigen Verbindungen einzusetzen. TEGa und TEIn werden zur Adduktbildung benutzt.

J.P. Duchemin (Thomson CSF, Paris) berichtete über die Fortschritte der Niederdruck-MOCVD: Auf InP wurde mittels TEIn, TEGa, AsH_3 und PH_3 in H_2/N_2 hochreines InP und GaInAs und gitarrengerechtes GaInAsP abgeschieden. Die Wahl der Herstellerfirmen hat starken Einfluß auf die Reinheit. LASER-Strukturen durch Unterbrechen des Wachstums, Strukturieren und anschließendes Überwachsen mit p-InP und GaInAs konnten realisiert werden.

M.W. Wanlass (S.E.R.I., Golden) präsentierte ein senkrechtes Reaktordesign mit festem Probenhalter, wobei die Gas-einlässe derart konstruiert sind, daß ein spiralförmiger Gasfluß in Richtung auf das Substrat erzeugt wird. Die Vorteile hinsichtlich Gleichmäßigkeit sind vergleichbar mit denen eines rotierenden Probenhalters, der Aufwand jedoch geringer.

A. Okamoto (NEC, Kawasaki) beschäftigte sich mit der erfolgreichen Abscheidung von GaAs/AlGaAs mit LP-MOCVD auf 3"-Substraten. Ein horizontaler Reaktor mit stromlinienförmigem Innenprofil bis zum Substrat zur Vermeidung von Verwirbelungen und einem rotierendem (12 U/min) Probenhalter ermöglichte ausgezeichnete Schichtdickenhomogenität und Gleichmäßigkeit der elektrischen Eigenschaften.

M.M. Faktor (University London) verglich noch einmal die Auswirkungen der Wahl der Ausgangsmaterialien, wobei er noch intensiver auf die Probleme bei der Herstellung der verschiedensten MO-Verbindungen einging.

V.S. Sundaram (National Research Council, Ottawa) berichtete über die Untersuchungen zum Dotierstoffeinbau (Sn) in GaAs in einem horizontalen, infrarot geheizten Niederdruck-Reaktor mittels TMGa, AsH_3 und TMSn. Eine Sn-Anrei-

cherung an den Schicht-Oberflächen wurde im Gegensatz zu früheren Untersuchungen bei MBE-Schichten nicht beobachtet.

R.M. Biefeld (Sandia National Laboratories, Albuquerque) berichtete über erfolgreiches InP- und GaInP-Wachstum mittels TMGa, TMin, TEIn und PH_3 auf GaAs- und InP-Substraten. Dabei wurden die In-haltigen Verbindungen getrennt vom PH_3 in den Reaktor eingeleitet, um Addukt- und Polymerbildung zu vermeiden.

Übergitterstrukturen

In jüngster Zeit haben Dotierungsübergitter und Multi-heterostrukturen mit Schichtdicken bis zu wenigen 10 Å von sich reden gemacht, aus denen interessante Materialeigenschaften resultieren und mit denen sich neue Bauelementekonzepte realisieren lassen. Von Interesse sind hier besonders Multischichten von III-V- und IV-Halbleitern.

Mit Hilfe der MOVPE wurden GaAs/GaAlAs-Übergitterstrukturen mit Breiten bis herunter zu 10 Å reproduzierbar eingestellt (P.M. Frijink, LEP, Limeil-Brevannes). Innerhalb des Epitaxiereaktors wurde dabei ein "Unterreaktor" mit nur 5 mm Kantenhöhe, in welchem sich das Substrat befand, benützt. Beim GaAs/GaAlAs kam es zur Ausbildung eines 2-dimensionalen Elektronengases (TEG) im GaAs besonders dann, wenn GaAs-Buffer-schichten verwendet wurden. Ohne Buffer-schichten konnten keine hohen Beweglichkeitswerte erreicht werden. G. Osbourn (Sandia National Labs., Albuquerque, USA) berichtete über die Eigenschaften verspannter Übergitter (Strained-Layer Superlattice, SLS). Solange eine kritische Scherspannung nicht erreicht wird, bleiben diese Strukturen stabil. Im Bereich der unterkritischen Scherspannung lassen sich die elektrischen Eigenschaften solcher Schichten verändern (z.B. Einstellung von E_g unabhängig von a) und misfit-Versetzungen vermeiden. Beim In (As,Sb) ließe sich im Bereich von 10 µm ein gegenüber (Hg,Cd)Te verbesserter Photodetektor herstellen.

Mit der Abscheidung von $\text{GaAs}_{1-x}\text{P}_x$ -Übergittern mittels MOCVD für Solarzellenanwendung beschäftigte sich A. Kibbler (SERI, Golden). Aus Gründen der Effizienz sollte x durchschnittlich bei 0.3 liegen. Es wurden Übergitter mit $0.2 < x < 0.3$ und $0.3 < x < 0.4$ abgeschieden. Mit $\Delta x = x' - x < 0.1$ ergeben sich planare homogene Schichten; bei $\Delta x > 0.1$ wachsen aufgrund von instabilem Wachstum stark deformierte Übergitter. Die Ursachen hierfür sind noch nicht genau bekannt.

Interessante neue Aspekte der Silizium-MBE waren von J.C. Bean (AT & T, Murray Hill) zu erfahren. Die MBE, die 1962 von sich reden machte und ab den 70er Jahren stürmische Phasen der Prozeßentwicklung erlebte, befindet sich heute auf dem Weg zur Herstellung von anwendungsrelevanten Bauelementstrukturen. Derzeit können bereits 3-5 Zoll-Wafer

prozessiert werden; Ziel ist ein Multiwafer-Prozeß bis zu 8 Zoll Waferdurchmesser. Verflüchtigt wird das Quellmaterial mittels Elektronenstrahlverdampfung. Man ist im Begriff, das thermische Dotieren durch Ionenimplantation zu ersetzen. Problematisch ist der damit verbundene Strahlenschaden. Will man ihn vermeiden, muß die Substrattemperatur 600° C überschreiten. Da die MBE auf der anderen Seite ein Niedertemperaturverfahren ist, lassen sich bei der Abscheidung von Heterostrukturen Strain, Interdiffusion und chemische Grenzflächenreaktionen minimieren. Als Heterostrukturen mit großem Anwendungsinteresse werden derzeit verfolgt: Si/Saphir, Si/Spinnell, Metall/Si, Si/Metall/Si, Isolator/Si, Si/Isolator/Si, Si/GaP und Si/Ge_xSi_{1-x}. Favorisiert als Isolator ist CaF₂, da es molekular verdampft und so keine Stöchiometrieprobleme entstehen. Aus den Heterostrukturen werden vielfältige Bauelemente gefertigt, so z.B. Dioden (pn, pin), Varaktoren, Impatt-Dioden, Transistoren, MODFETs und Ge/Si-Photodetektoren.

Heterostrukturen mit schmaler Bandlücke, die als IR-Bauelemente von Interesse sind, waren das Thema von R.F.C. Farrow (Westinghouse, Pittsburgh). Er befaßte sich ausführlich mit der MBE von Ge/α-Sn-Heterostrukturen. Durch Epitaxie auf Ge kann die bei RT metastabile α-Sn-Struktur stabilisiert werden. Ge ist ein indirekter, α-Sn ein direkter Halbleiter mit Bandlücke Null. Ge_{1-x}Sn_x-Heterostrukturen sind bis $x \leq 0.22$ indirekte, für $0.23 \approx x \approx 0.73$ direkte Halbleiter und für $x \geq 0.73$ Halbmetalle. Mit einer Schicht von 100 Å α-Sn auf CdTe ließ sich ein Single Quantum Well realisieren. Auf sauberen geordneten (100)-Oberflächen von InSb konnten 0,2 µm α-Sn abgeschieden werden. Wenn die InSb-Oberfläche mit O oder C kontaminiert ist, scheidet sich β-Sn ab, ebenso auch an Substratfehlern wie z.B. Kratzern. Wird die Temperatur von 25° C auf 70° C erhöht, wandelt sich α-Sn in β-Sn um. Ge_{1-x}Sn_x wird als Ersatz für MCT (Hg_{1-x}Cd_xTe) diskutiert, da die Bandlücke beim Gruppe-IV-Halbleiter nicht so empfindlich von x abhängt.

Halbleiter-Halbmataill-Übergitter interessierten A. DiVenere (Northwestern Univ., Illinois), der in einer Hochvakuumanlage PbTe/Bi-, CdTe/Bi- und SnTe/Sb-Multiheterostrukturen auf Glimmersubstraten mittels MBE abschied. Die Arbeiten sind vorerst noch durch wissenschaftliches Interesse motiviert.

CdTe und (Hg, Cd) Te

Es wurde in mehreren Vorträgen über die Kristallzüchtung von Hg_{1-x}Cd_xTe berichtet. Auffallend war, daß die "alten" Verfahren Bridgman, THM und Solid State Recrystallization (SSR), nachdem einige Rückschläge bei den "neuen" Verfahren VPE, LPE und MBE auftraten, wieder stärker eingesetzt und technisch verbessert werden. Für die Produktion von HgCdTe wird insbesondere das SSR eingesetzt, da nur hiermit die Anforderungen an Qualität und Quantität erfüllt

werden können. Die verschiedenen Verfahren der LPE stehen am Übergang von der Entwicklung in die Produktion, während die MBE nur noch für die reine Forschung interessant zu sein scheint.

P. Capper (Mullard, U.K.) führte aus, daß in seiner Firma seit ca. 20 Jahren kontinuierlich das Bridgman-Verfahren zur Herstellung von HgCdTe eingesetzt wird. Die Nachteile dieses Verfahrens sind die auftretenden Variationen in x radial und längs der Kristallachse. Interessante neue Aspekte sind Versuche, die Ampullendrehung während der Kristallzüchtung zu beschleunigen.

Die Kristalle wurden über ihren Querschnitt auf Schwankungen in x untersucht. Dabei zeigte sich anhand von Meßkurven, daß eine wesentliche Verbesserung der Homogenität durch dieses Verfahren erreicht wird. Die besten Ergebnisse bezüglich der Homogenität in x wurden mit folgenden Werten erzielt: 4 s Beschleunigen der Ampulle, 8 s Drehen der Ampulle mit 60 U/min, 4 s Abbremsen der Ampulle, 1 s Stillstand, 4 s Beschleunigen der Ampulle in Gegenrichtung, usw. Auch der Einfluß der Ampullenform auf die Kristallhomogenität war Gegenstand der Untersuchung. Optimal sind Ampullen mit flachem Boden.

Über Verbesserungen einer Ofenkonstruktion zur Kristallzüchtung von HgCdTe nach dem Bridgman-Stockbarger-Verfahren berichtete F.R.Szofran (NASA). Durch Einsatz von Wärmeleitrohren für die heiße und kalte Zone und Trennung beider Zonen durch eine Zone mit sehr niedriger Wärmeleitfähigkeit konnten Kristalle hergestellt werden, die geringere radiale und axiale Variationen im x-Wert zeigten als bisher hergestellte Kristalle. Die Ampullen haben einen Innendurchmesser von nur 5 mm. Interessant waren die Ergebnisse umfangreicher Versuche zur Untersuchung der Abhängigkeit der x-Werte vom Temperaturprofil des Ofens. Darauf fußend wurde eine theoretische Beschreibung des praktizierten Bridgman-Verfahrens in Verbindung mit einem Diffusionsmodell vorgestellt.

Der Beitrag von M.H. Kalisher (Santa Barbara Center, U.S.A.) war der einzige über Flüssigphasenepitaxie zur Herstellung von HgCdTe-Epitaxieschichten. Die Epitaxie wird in der quecksilberreichen Ecke des ternären Phasendiagramms durchgeführt. Das spezielle Verfahren ist unter dem Namen "dipping technique" bekannt. Der Ofen hat fünf Zonen; die Heizzonen werden mit Gleichstrom beheizt. Der Einsatz von Gleichstromnetzteilen für die Heizung soll eine höhere Regelgenauigkeit ermöglichen. Die Temperaturstabilität ist besser als 0,1°C. Die Schmelzen bestehen aus 2,5 kg Hg, 3 - 10% Te und - 0,1% Cd. Es ist eine gekühlte Quecksilber-Kondensationszone vorhanden, damit die Materialbelastung durch das Hg verringert wird und um den Hg-Verlust der Schmelze gering zu halten. Der Wasserstoffdruck im System beträgt - je nach Experiment - 3 - 10 atm. Zur Zeit sind 10 LPE-Anlagen in Betrieb, 8 Anlagen werden zur Produktion von HgCdTe-Epitaxieschichten eingesetzt, 2 Anlagen stehen für Erforschung und Weiterentwicklung des Verfahrens zur Verfügung. Jeweils zwei Anlagen werden von einem Computer gesteuert und überwacht. Eine Anlage hat die Grundfläche von ca. 2,5 x 2,5 m und eine Höhe von ca. 2,5 m. Im Vergleich zu den Anlagen,

bei denen mit einer tellurreichen Schmelze gearbeitet wird, sind die Abmessungen riesig. In Dotierungsexperimenten der Epitaxieschichten über die Schmelze wurde für 15 Elemente versucht, die Segregationskoeffizienten und die elektrischen Dotiereigenschaften zu bestimmen. Die Wechselwirkung zwischen dem HgCdTe-Kristall und dem jeweiligen Dotierelement ist komplex und von einer Vielzahl von Parametern abhängig. Deshalb gab es bei der Bestimmung der Segregationskoeffizienten und der elektrischen Dotiereigenschaften eine große Streubreite und zum Teil widersprüchliches Verhalten. Gesichert sind die Ergebnisse für die Elemente der Gruppen III und V.

Element:	Al	Ga	In	Tl	As	Sb
Segregationskoeffizient:	$1-2 \times 10^3$	3×10^2	20	4×10^{-4}	2	5×10^{-3}
Dotierung:	n	n	n	n	p	p

Um eine elektrisch aktive Dotierung in der Größenordnung $10^{16} \text{ cm}^{-3} - 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ zu bekommen, sind zum Teil beachtliche Beimischungen zur Schmelze notwendig. Dies wiederum führt zu Variationen des Phasendiagramms.

Aus der Gruppe von R.S. Feigelson (Stanford Univ.) kamen zwei Beiträge. Auf der Suche nach der "idealen" Form der Phasengrenzfläche für die Züchtung von korn- und zwillingsgrenzfreien CdTe-Einkristallen mit dem vertikalen Bridgman-Verfahren wandte R.K. Route eine Radiotracer-Methode an. In Verbindung mit induzierten thermischen Ereignissen ließ sich mit In^{111} (Halbwertszeit 2,8 Tage) die Grenze fest/flüssig mit einer Auflösung von 0,5 mm markieren. Dabei stellte sich auch heraus, daß die Wachstumsrate um den Faktor 0,6 - 0,7 unter der mechanischen Absenkrate lag. Die Arbeiten zur Optimierung der Grenzflächenform sind noch nicht abgeschlossen. Y.C. Lu berichtete über systematische Studien über das Anätzen von Versetzungen auf (111)Cd-, (111)Te- und (100)CdTe-Flächen von CdTe-Einkristallen mit salpetersauren Kaliumbichromatlösungen mit wechselnden Zusätzen von Silberbichromat.

In einem kurzfristig eingeschobenen Vortrag befaßte sich M. Schieber (Univ. Jerusalem) mit der Züchtung von $\text{Cd}_{1-x}\text{Zn}_x\text{Se}$ -Einkristallen für Anwendungen als Röntgendetektoren.

L.R. Rozier (Univ. of Alabama, Huntsville) stellte eine interessante Methode zur Reinigung von Cd und Te vor. Durch geschickte Versuchsführung in einem Vakuumsystem gelang es ihm, Elementkristalle durch einen VLS-Mechanismus zu züchten, wobei die Fest/Flüssig-Grenzfläche, an welcher sich Verunreinigungen anreichern, periodisch von einem frisch destillierten Schmelztropfen abgewaschen wurden.

Unter Berücksichtigung neuester Ergebnisse von Experimenten zur Synthese von oxidischen Verbindungen im Vierkomponentensystem Hg-Cd-Te-O berechnete R. Diehl (IAF, Freiburg) die Existenzgebiete von mehr als 15 definierten Oxidphasen, die bei der trockenen Oxidation von $\text{Hg}_{1-x}\text{Cd}_x\text{Te}$ (MCT) im Eigenoxid auftreten können. Reproduzierbare Ergebnisse bei der trockenen Passivierung von MCT-Oberflächen durch Eigenoxide sind nur bei sorgfältiger Kontrolle der unabhängigen Zustandsvariablen in einem sehr genau definierten Reaktorsystem zu erwarten.

Die Verwendung von $\text{Cd}_{1-x}\text{Mn}_x\text{Te}$ alternativ zum CdTe als Substratmaterial für die Abscheidung epitaktischer MCT-Schichten schlug P.M. Bridenbaugh (Bell Labs, Murray Hill) vor. Einkristalle mit $0,05 \leq x \leq 0,50$ wurden mit dem Bridgman-Verfahren gezüchtet. Die erreichte Kristallperfektion, die gegenüber CdTe größere Härte der Mischkristalle und die Möglichkeit der genauen Gitterkonstantenanpassung sprechen für eine Substitution des CdTe.

K.Y. Cheng (Taiwan) berichtete über MOCVD von CdTe auf (100)GaAs-Substraten unter Verwendung von Dimethylcadmium und Dimethyltellur. Die Abscheidungsexperimente wurden bei Atmosphärendruck im Temperaturbereich von 275 bis 460°C durchgeführt. Wegen der niedrigen Temperaturen können III/V-Substrate eingesetzt werden. Die Verwendung von InSb ist jedoch problematisch, da bereits bei 395°C Indium in die Epischicht ausdiffundiert. Trotz der großen Unterschiede von Gitterkonstante und thermischer Ausdehnung zwischen CdTe und GaAs erhält man glatte Epitaxieschichten mit guter Kristallqualität. Optimal sind Abscheidungstemperaturen zwischen 350 und 400°C. Hier betragen die maximalen Abscheidungsrate $\sim 20 \mu\text{m/hr}$ bei einem DMTe/DMCd-Verhältnis von ~ 3 . Die Ladungsträgerkonzentration liegt mit $10^{12} - 10^{13}/\text{cm}^3$ eine Größenordnung unter den Werten, die man gewöhnlich für CdTe-Substrate erhält. Der spez. Widerstand liegt über $10^4 \Omega\text{cm}$. Bei niedrigen Abscheidungstemperaturen sind die CdTe-Schichten n-typ, bei hohen p-typ. CdTe-Einkristalle mit Stöchiometrie-Kontrolle züchtete N. Yellin (Soreq NRC, Yavne, Israel) aus der Gasphase durch PVT mit Hilfe einer Vertikalvariante des Piper-Polich-Verfahrens. Te und Cd mit Reinheiten $\lambda 6N$ (Cominco) wurden zur Direktsynthese von CdTe bei 900°C eingesetzt. Transport von 25g-Chargen erfolgte in einem ΔT von $\sim 5^\circ\text{C}$ bei Wachstumstemperaturen von 930 - 933°C. Nach Abtransport der Hälfte der Charge wurden die Versuche abgebrochen, damit Verunreinigungen mit niedrigem Dampfdruck im unsublimierten Rest zurückbleiben. Maximale Transportraten lagen bei 3g/Tag bei einem Oberschuß von 0,02 Te ($\text{CdTe}_{1,02}$). Die Kristalle sind n-typ mit einem spez. Widerstand von $2 \cdot 10^9 \Omega\text{cm}$.

Kristallcharakterisierung

Im ersten Teil dieser Sitzung dominierten die Beiträge über III-V Verbindungen. Dabei ist an dem eingeladenen Vortrag von A.K. Chin (AT&T Bell Labs., USA) als interessant aufgefallen, daß z.B. der Einfluß von Versetzungen bei optoelektronischen Bauelementen aus GaAs und InP ganz unterschiedlich sein soll. Während die Quantenausbeute und Zuverlässigkeit bei GaAs sehr empfindlich auf Versetzungen reagieren, scheint InP in dieser Beziehung unempfindlich zu sein. Das Mischkristallsystem InGaAsP ist allerdings bezüglich der Quantenausbeute, nicht jedoch bei der Zuverlässigkeit unempfindlich gegenüber Versetzungen. Als Ursprung dieser Versetzungen wurde einmal die Gitterfehlanpassung und zum anderen Versetzungsanhäufungen im InP Substrat diskutiert und in einem weiteren Beitrag mit TEM nachgewiesen.

Die Kristallqualität von InP/InGaAsP-Doppelheterostrukturen für LED- und Laseranwendung bei 1,3 μm wurde von M.M. Al-Jassim (Oxford Univ., U.K.) mit TEM, SEM und Röntgenmethoden untersucht. Er schied Schichtstrukturen mit InP-Pufferschicht, aktiver InGaAsP-Schicht, InP-Begrenzschicht und InGaAsP-Kontaktschicht mit Flüssigphasenepitaxie auf (100)-InP-Substraten ab. Es zeigte sich, daß in den Doppelheterostrukturen Versetzungsnetzwerke in den quaternären Schichten bei einer geringeren Gitterkonstantenfehlpassung entstehen als im Falle einfacher Heterostrukturen. Der Grund liegt in einem deutlichen Unterschied der elastischen Eigenschaften von InP und InGaAsP.

Mit zwei eingeladenen Vorträgen begann der zweite Teil der Sitzung. G.A. Rozgonyi (N. Carolina State Univ., Raleigh) stellte Techniken vor, mit denen sich Multischichtstrukturen hinsichtlich kristallographischer Struktur, chemischer Zusammensetzung, elektrischer Eigenschaften sowie Dotierungs- und Verunreinigungsverteilung mit einer Auflösung von einigen 10 μm charakterisieren lassen. Besondere Erwähnung verdienen Herstellung und Studium von Schrägschliffen, die zur Kontrasterhöhung für elektronenmikroskopische Abbildungen selektiv angeätzt werden.

Atemberaubende Bilder von Grenzflächen und Kristallbaufehlern mit einer Auflösung von $\sim 3 \text{ \AA}$ zeigte R. Sinclair (Stanford Univ.), die er mit einem TEM bei ca. 1 Mio-facher Vergrößerung erzielen konnte. Mit der vorgestellten hochentwickelten Abbildungstechnik lassen sich die Natur von Gitterdefekten und deren räumliche Ausdehnung, in Monolagen aufgelöste Grenzflächen sowie Grenzflächenreaktionen und deren Produkte studieren. Daß sich solche im atomaren Maßstab auftretende Vorgänge auch zeitaufgelöst darstellen lassen, konnte am Ende des Vortrags einem beeindruckenden Film über das Wandern von Stufenversetzungen in CdTe entnommen werden. Der Vortrag war ganz sicher einer der Tagungshöhepunkte.

Im weiteren Verlauf der Sitzung berichtete H.C. Snyman (Univ. Port Elisabeth, Südafrika) über Keimbildung, Rekristallisation und Versetzungsstrukturen von $\text{Pb}_{1-x}\text{Sn}_x\text{Te}$ -Filmen, die mittels Hot-Wall-Epitaxie auf BaF_2 -Substraten abgeschieden wurden. Kollegen aus Indien trugen in zwei Beiträgen über verschiedene Kristalldefekte vor, die sie an mit HNO_3 -geätzten, fluxgezüchteten LaAlO_3 -Einkristallen beobachten konnten, sowie über Wachstums- und Ätzstrukturen, die das Auftreten von Mikrozwillingen in synthetischen Quarzen verraten.

Allgemeine Themen

In der Vormittagssitzung gab es zwei eingeladenen Vorträge. J. Narayan (Oak Ridge Natl. Lab.) gab eine zusammenfassende Übersicht über den Kenntnisstand bezüglich morphologischer Instabilitäten der Wachstumsfront von ionenimplantierten, mittels Laserannealing schnell kristallisierten Siliziumschichten. Die Instabilitäten haben ihre Ursache in der lateralen Ausscheidung von Verunreinigungen.

H.H. Lieberman (Metglas) fasste in seinem Übersichtsvortrag den Stand der Technik bei der Schnellverfestigung von Metall- und Legierungsschmelzen zu mikrokristallinen und amorphen Bändern mit besonderer Berücksichtigung des Melt-Spinning-Verfahrens zusammen.

Weitere Beiträge befaßten sich mit der Herstellung von Si-Sb- und Si-Bi-Legierungsschichten, mit den Eigenschaften von Sub- μ -Partikeln aus Pb-Bi, In-Sn und Bi-Sn, der eutektischen Erstarrung von Metalloxid-Metalldiborid-Systemen, der Mikromorphologie von Dendriten und den Ursachen der Polytypenbildung beim CdI_2 .

Drei eingeladenen Vorträge hintereinander mit zwei unterschiedlichen Themen ergaben eine interessante Nachmittags-sitzung. Es begann mit einem forschungspolitisch außerordentlich interessanten Beitrag über "strategische Materialien" unserer Tage. Nach Meinung des Autos, R. Reynolds (Defence Sciences Office, DARPA), stehen VLSI-Si-Wafer und GaAs-Wafer an der Spitze dieser "strategischen Materialien". Trotzdem wird die Forschung und die Entwicklung an diesen Werkstoffen von maßgeblichen Regierungen in USA und Europa kaum beachtet, was anhand der kümmerlichen Ausgaben für Projektförderung z.B. im Vergleich zu Ausgaben für die Landwirtschaft (z.B. "Butterberg") usw. nachgewiesen wurde. Dies zu ändern wäre die Aufgabe einer noch nicht existierenden "Electronic Materials Society".

Danach folgten zwei Beiträge über Silizium auf Isolatoren von Jastrzebski (RCA) und Pinizotto (Ultrastructure Inc.). Die Zielsetzung, dreidimensionale IC's, ist nach wie vor ein starker Antrieb für die Untersuchungen auf dem Gebiet des epitaktischen Wachstums und der Rekristallisation, z.B. nach Sauerstoffimplantation.

Lösungs- und Fluxzüchtung

Eine der ersten Sitzungen in Atlantic City befasste sich mit Lösungs- und "Flux"-Kristallwachstum. Die Mehrzahl der Vorträge behandelte elektrooptische und nichtlinear optische Materialien, wie z.B. KDP, KTP und DKDP, neben Referaten über das Wachstum von Oxiden oder Selten-Erd-Arsenaten.

J. Minhua berichtete über polymorphe Umwandlung beim Wachstum von DKDP. Lässt man die stabile DKDP Phase auf die metastabile Phase des DKDP aufwachsen, z.B. in einer Lösung, so wandelt sich die metastabile in die stabile Phase um (solid-solid growth).

B.M. Wanklyn konnte um 1-2 Größenordnungen größere RAsO_4 -Kristalle (R=rare earth, Lu bis Sm) herstellen als üblich, indem sie dem $\text{Pb}_2\text{As}_2\text{O}_7$ -Flux noch PbF_2 zusetzte. Die Konzentrationsverhältnisse wurden so gewählt, dass die Verflüssigungstemperatur bei 1340 $^{\circ}\text{C}$ bis 1360 $^{\circ}\text{C}$ lag.

J.C. Jacco widmete sich dem $\text{KPO}_3\text{-K}_4\text{P}_2\text{O}_7$ -Flux-Wachstum von Kaliumtitanylphosphat KTiOPO_4 (KTP). 15X15X

15 mm Kristalle wurden bei langsamer Abkühlung durch Gradiententransport mit konstantem ΔT mit Hilfe eines "top-seed"-Lösungswachstums unter beschleunigter Tiegelrotation hergestellt. Charakterisiert wurden die Kristalle anhand ihres Temperaturverhaltens, ihrer Transmissionseigenschaften und mittels Röntgendiffraktometrie.

Mit dem ternären, halbleitenden II-VI-Material $Zn_xCd_{1-x}Se$ beschäftigte sich M. Schieber. Das Lösungszonenverfahren unter anlegen eines Temperaturgradienten erlaubte die Zucht grosser $Zn_xCd_{1-x}Se$ -Kristalle mit homogener Zusammensetzung x .

Über Grundsätzliches zur Keimbildungskontrolle beim Flux-Wachstum von Oxiden berichtete B.M. Wanklyn in ihrem zweiten, eingeladenen, Vortrag. Dabei bot sie eine Erklärung für die bisher unverstandene Erfahrung, dass eine lange Verflüssigungszeit bei Temperaturen über der Liquidustemperatur spontane Keimbildung unterdrückt, an. Es konnte experimentell (dta: differential thermal analysis und tga: thermogravimetric analysis) belegt werden, dass im oben beschriebenen Fall an den Oberflächen der üblicherweise verwendeten Platintiegel Keimbildungsplätze vernichtet werden, die sich erst unterhalb des eutektischen Punktes, durch Pt Ausscheidung, neu bilden. Neben diesem Effekt spielt die Vorbehandlung des Tiegels eine nicht unerhebliche Rolle bei der Kristallisation.

Anhand eines ebenfalls eingeladenen Beitrags gab G.M. Loiacono einen Überblick über die derzeitig aktuellen Materialien und Wachstumstechniken beim Lösungswachstum von elektrooptischen und nichtlinear optischen Kristallen (POM, KDP, KTP usw.). Dabei wurden Vergleiche bezüglich erreichbarer Wachstumsraten und Kristallgrößen angestellt und der Übersättigungseinfluss auf die Wachstumsrate diskutiert. Hauptvertreter bei diesen optischen Kristallen ist nach wie vor das KDP.

P.F. Bordui präsentierte eine Methode zur Übersättigungsbestimmung während des Wachstums von KDP aus wässriger Lösung. Dabei werden elektrische Leitfähigkeit, Temperatur und die Konzentration der Lösung zur Messung herangezogen und von einem Computer, der sich auf eine empirisch erstellte Datenbank stützt, ausgewertet.

Züchtung aus der Schmelze

Thematisch recht bunt gemischt waren die beiden Melt Growth-Sitzungen. Eine ganze Reihe von ferroelektrischen Erdalkali-Alkali-Niobaten aus der Familie der Wolframbronzen mit interessanten dielektrischen, pyroelektrischen, elektrooptischen und elektroakustischen Eigenschaften wurden von W.K. Cory (Rockwell) als Einkristalle mit dem Czochralski-Verfahren erhalten und charakteri-

siert. H.C. Chen (Shandong Univ., China) züchtete $Li_{1-x}Na_xNbO_3$ -Einkristalle mit $0.02 \leq x \leq 0.14$. Für $x = 0.12$ ergibt sich bei $20^\circ C$ ein Phasenübergang ferroelektrisch (Raumgruppe $4mm$) \leftrightarrow ferroelektrisch (Raumgruppe $mm2$). Zwei Vorträge befaßten sich mit der Züchtung von $Bi_4Ge_3O_{12}$ -Einkristallen. R.G.L. Barnes (Johnson Matthey, U.K.) berichtete über Möglichkeiten einer Kontrolle von Stöchiometrie und Verunreinigungspegel beim Kristallziehen, F. Schmid (Crystal Systems, U.S.A.) wendete erfolgreich sein HEM-Verfahren für die Züchtung sehr großer Szintillatorkristalle an. Zum Zwecke einer kristallographischen Charakterisierung präparierte H.R. Harrison (Purdue Univ., Indiana) kleine Einkristalle von La_2NiO_4 und Nd_2NiO_4 mit Hilfe eines Skull Melters. D.R. Gabbe (MIT) züchtete Einkristalle vom Elapsolit-Typ mit dem Czochralski- und dem Bridgman-Verfahren. Es handelt sich hierbei um A_2NaBF_6 -Verbindungen mit $A = K, Rb$ und $B = Sc, Y, Al$, die als Wirte für abstimmbare Festkörperlaser in der Diskussion sind. Als interessante Laserwirte für Dauerstrichbetrieb bei Raumtemperatur haben sich auch GGG-Einkristalle erwiesen, die von R. Uhrin (Airton) mit Nd-Cr-Kodotierung mit dem Czochralski-Verfahren gezüchtet wurden. Mit $NaNO_2$ als Modellsubstanz konnte A.C. Pastor (Hughes, Malibu) zeigen, wie sich einkristalline Fasern von ca. 0,5 mm Dicke unter Verwendung eines Formkörpers aus der Schmelze ziehen lassen. A. Menovsky (Univ. Amsterdam, Holland) gelang es, UB_4 -Kristalle (5 mm ϕ , Schmelzpunkt $\approx 2500^\circ C$) nach dem Czochralski-Verfahren mit einer Drei-Elektroden-Plasmaheizung, die den Kristall symmetrisch umgibt, unter Argonatmosphäre zu züchten. $(ZnSe)_{1-x}(MnSe)_x$ -Mischkristalle wurden von U. Debska (Univ. Caracas, Venezuela) im Graphittiegel nach der Bridgman-Technik (9 mm ϕ , Schmelzpunkt $\approx 1600^\circ C$) hergestellt. Der angeschraubte Boden des Tiegels wurde von der erstarrenden Schmelze gedichtet, so daß der Tiegel mit Hochfrequenz im Hochvakuumkessel betrieben werden konnte. C.H. Champness (Univ. Montreal, Kanada) berichtete über die Züchtung von Se_xTe_{1-x} -Mischkristallen nach der Czochralski-Methode. Oxide auf der Oberfläche wurden durch einen Schwimmtiegel mit kleiner Öffnung (2 mm ϕ) am Boden verhindert. $LiYF_4$ -Kristalle (≈ 25 mm ϕ) wurden von E. Niemczyk (ADLI, Morris Plains, USA) aus einem Pt-Tiegel unter N_2/HF -Atmosphäre nach der Czochralski-Methode gezüchtet.

Schmelzzüchtung Halbleiter

Der technische und wirtschaftliche Rang, der z.Zt. den GaAs-Substratkristallen zukommt, spiegelt sich in der Tatsache wieder, daß sich eine komplette Vormittags-sitzung mit dem einzigen Thema befaßte: der Herstellung von "großen" 3"... 6 1/2"! (Ferrofluidics), versetzungsarmen, homogenen GaAs-Volumenkristallen.

Immer wiederkehrende Themenschwerpunkte waren die Ursachen, Verteilung und Reduktion von Versetzungen in großen GaAs-Kristallen (25 bis 160 mm ϕ), die nach der Czochralski-Methode aus mit B_2O_3 abgedeckter Schmelze gezogen wurden. Die Hauptursachen sind mechanische Span-

nungen infolge einer ungleichförmigen Temperaturverteilung. An den Kristallenden und im Randbereich sind die Versetzungsdichten relativ hoch (z.B. für einen 50 mm Ø-Kristall: $5 \cdot 10^5/\text{cm}^2$), in der Kristallmitte verringert ($8 \cdot 10^4/\text{cm}^2$) und in einem ringförmigen Bereich entlang der Kristallachse relativ niedrig ($5 \cdot 10^4/\text{cm}^2$). Die Anzahl der Versetzungen wird durch Minimalisierung des radialen und axialen Temperaturgradienten auf ungefähr 1°C/cm an der Phasengrenze um den Faktor zehn vermindert. Kleine Gradienten werden durch eine zusätzliche Bodenheizung erreicht. Die Regelungstechnik zum Züchten wird für kleine Gradienten aufwendig. Zur Züchtung von versetzungsarmen Kristallen sollte der Schutzgasdruck (Ar) 7 atm nicht überschreiten. Eine wesentliche Verringerung der Versetzungszahl wird durch die Dotierung mit In erreicht: z.B. $2 \cdot 10^4/\text{cm}^2$ am Rand, $100/\text{cm}^2$ im Ringbereich und $10^3/\text{cm}^2$ entlang der Mittelachse für einen 50 mm Ø-Kristall.

Über das LEC-Ziehen von GaAs-Einkristallen bis zu 4 Zoll Durchmesser ohne und mit Magnetfeld (MLEC) berichtete T. Fukuda (OJRL, Kawasaki). Im Einsatz befindet sich ein Melbourne-Puller; das Ziehen erfolgt ohne automatische Durchmesserkontrolle. Der Kristall dreht mit 5 rpm, der Tiegel mit 6 rpm im gleichen Richtungssinn. Die B_2O_3 -Schutzschmelze hat eine Höhe von 4 cm. Das mittels eines supraleitenden Magneten erzeugte Magnetfeld kann horizontal (HMLEC) oder vertikal (VMLEC) angelegt werden. Beim HMLEC beträgt das Magnetfeld 1250 Oe, beim VMLEC 1000 Oe. Mit MLEC werden die Temperaturfluktuationen drastisch reduziert ($\sim 18^\circ \text{C}$ bei 0 Oe, $\sim 0.1^\circ \text{C}$ bei 1250 Oe). Insgesamt ergibt sich für MLEC gegenüber LEC eine Homogenitätsverbesserung bei niedrigchromdotiertem Material: MLEC $1.6 \times 10^8 \Omega\text{cm} \pm 45\%$, LEC $6.7 \times 10^7 \Omega\text{cm} \pm 55\%$. Die Versetzungsdichte bei MLEC- und LEC-Kristallen hat über den Kristalldurchmesser die bekannte W-Form. Für 2 Zoll-Kristalle wurden bei $dT/dz = 100^\circ \text{C/cm}$ und 20 atm 10^4 Versetzungen/ cm^2 und bei $dT/dz = 30^\circ \text{C/cm}$ 5×10^3 Versetzungen/ cm^2 erhalten. Bei $dT/dz = 10^\circ \text{C/cm}$ und 5 atm waren es beim LEC 1000 und beim MLEC 2000 Versetzungen/ cm^2 , wiederum verteilt in W-Form. Bezüglich der EL2-Konzentration, die mit DLTS bestimmt wurde, fand man beim MLEC $1.7 \times 10^{15}/\text{cm}^3$ und beim LEC $1.8 \times 10^{16}/\text{cm}^3$ für Kristalle aus Ga-reicher Schmelze, beim MLEC $1 \times 10^{17}/\text{cm}^3$ und beim LEC $2 \times 10^{16}/\text{cm}^3$ für Kristalle aus As-reicher Schmelze. Abhängig von der Zusammensetzung der Schmelze liegt die EL2-Konzentration zwischen $4 \times 10^{14}/\text{cm}^3$ und $1 \times 10^{17}/\text{cm}^3$. Hinsichtlich der Restverunreinigungen wurde mit MLEC gegenüber LEC eine Reduzierung der Kontamination beobachtet, und zwar für B (PDN-Tiegel) von $3 \times 10^{17}/\text{cm}^3$ auf $2 \times 10^{16}/\text{cm}^3$, für B (Quarz-Tiegel) von $1 \times 10^{17}/\text{cm}^3$ auf $6 \times 10^{15}/\text{cm}^3$ und für Si (Quarz-Tiegel) von $1 \times 10^{16}/\text{cm}^3$ auf $6 \times 10^{15}/\text{cm}^3$. Der effektive Verteilungskoeffizient für C ist beim MLEC $< \text{LEC}$, für Cr und Si beim MLEC $> \text{LEC}$.

M. Nakajima (OJRL, Kawasaki) beschäftigte sich mit Striations und Versetzung in undotierten LEC-gezogenen 2 Zoll-GaAs-Einkristallen. Gezogen wurde in (100)-Orientierung aus PBN-Tiegel unter Verwendung von nahezu stöchiometrischen Schmelzen und trockenem B_2O_3 . Von 300 μm -Scheiben wurden Lang-Röntgentopogramme in Transmission mit $\text{MoK}\alpha$ -Strahlung aufgenommen. Es konnten 2 Typen von Striations unterschieden werden: Ein System mit 30 - 40 μm Abstand, hervorgerufen durch die Kristallrotation, und ein System mit $\sim 300 \mu\text{m}$ Abstand, hervorgerufen durch Konvektion in der Schmelze. Stufenversetzungen mit Burgers-Vektor $\frac{a}{2} [001]$ wurden oft, Schraubenversetzungen mit $\frac{a}{2} [1\bar{1}0]$ sehr oft und Schraubenversetzungen mit $\frac{a}{2} [0\bar{1}\bar{1}]$ selten angetroffen.

Trotz dieser großen Sitzung blieb dem fachkundigen Beobachter nicht verborgen, daß ein "Durchbruch" bei der Züchtung hochqualitativer GaAs-Volumenkristalle noch nicht erreicht wurde. Selbst die Kombination von Vollautomatisierung, Magnetfeld, isoelektronischer Dotierung (zumeist In) ergibt noch relativ wenig Erfolg in ihrer Wirkung auf die Erniedrigung der EPD (unter $10^3 \dots 10^4 \text{cm}^{-2}$). Dies dürfte wohl am Prinzip des noch immer favorisierten LEC-Verfahrens liegen, wie man z.B. unschwer dem Übersichtsvortrag von Jordan (Bell) entnehmen konnte, der allerdings auch bei der thermoelastischen Analyse keine Erkenntnisfortschritte in der Theorie der Versetzungsbildung aufweisen konnte. Auch eine "Rumpsession", eine Art Krisensitzung, zu diesem Thema am Abend bestätigte den Eindruck, daß das "schlechteste" Verfahren (LEC) z.Zt. immer noch das "beste", weil wirtschaftlichste ist. Nimmt man zu diesem Eindruck noch die Tatsache hinzu, daß auf dem Markt auch keine besseren GaAs-Kristalle erhältlich sind, so kann man davon ausgehen, daß auch die führenden industriellen Hersteller, insbesondere die japanischen, keine Erkenntnisse besitzen, die über das bei dieser Tagung diskutierte wesentlich hinausgehen.

In der weiteren Sitzung über die Züchtung von Halbleiterkristallen aus der Schmelze wurden Themen wie Segregation oder Wärmeflüsse in Theorie und Experiment behandelt. Hervorzuheben wäre ein schöner Übersichtsvortrag von Benson (AT+T, Bell) über die Rolle des Sauerstoffs im Silizium für höchstintegrierte Bauelemente.

Die MIT-Gruppe von A.F. Witt gab in drei Beiträgen berechnete und experimentell ermittelte Temperaturverteilungen sowie Phasengrenzformen eines vertikalen Kristall-Schmelz-Zylinders wieder. Das untersuchte Bridgmanssystem bestand aus zwei Konvektionsröhren (2 cm Innen-Ø; oberes 23 cm, unteres 15 cm lang), die mit einer Isolationszone (Gradientenzone 3.8 cm lang) verbunden waren. Ge und CdTe wurden als Testmaterial verwendet. Ga-Dotierung diente zur experimentellen Bestimmung des Verlaufs der Phasengrenze. Die Form der Phasengrenze hing vom Tiegelmateriale ab. Für BN war sie zur Schmelze hin konkav und für Quarz konvex. In BN-Tiegeln war die Ausscheidung von Ga in der Mitte höher als am Rand infolge des radialen Temperatur-

gradienten, der zu einer Gravitation unterstützter Strömung führte, die sich von der Tiegelmatte aus nach oben und am Rand nach unten bewegte. Im Quarztiegel war diese Strömung unterdrückt, so daß die Ausscheidung entlang der Mittelachse geringer war als am Rand.

Flüssigphasenepitaxie

In einer der letzten ACCG-6/ICVGE-6 Sitzungen wurden neuere Beiträge zur Flüssigphasenepitaxie abgehandelt. Bis auf eine Ausnahme stand neben 2 theoretisch orientierten Vorträgen die LPE von III-V-Verbindungshalbleitern im Vordergrund. Dieser Tatbestand spiegelt die nach wie vor grosse Bedeutung der LPE für die Herstellung von optoelektronischen Bauelementen wieder.

L.J. Giling versuchte die alte Frage der Kristallzüchter zu klären, ob und wie Stufenversetzungen, ähnlich wie Schraubenversetzungen, zur Nukleation und nachfolgendem lateralen Stufenwachstum auf (100) Oberflächen beitragen können. Es ist bekannt, dass sich eine (100) GaAs Oberfläche (2 dangling bonds pro Atom) durch die Ausbildung von zusätzlichen Bindungen zwischen den Oberflächenatomen energetisch stabilisiert und so durch die Reduzierung der Anzahl an "dangling" bonds die normalerweise rauhe in eine glatte Oberfläche übergeht. Nun wird aber diese Stabilisierung durch Stufenversetzungen lokal verhindert, so dass Orte mit erhöhter Wachstumsrate bei den Stufenversetzungen entstehen. Von den dadurch auftretenden Halbkristallen sollte ein laterales Wachstum von konzentrischen Stufen ausgehen.

Mit Flüssigphasenepitaxie von Yb-dotiertem InP beschäftigte sich W. Körber. Seltenerd-dotierte III-V-Halbleiter sind als Ausgangsmaterial für lichtemittierende Bauteile, z.B. bei der optischen Nachrichtenübermittlung, interessant. Das Ziel dabei ist, die 4f-Lumineszenz der Seltenen Erde über Ladungsträgerinjektion in den Wirtskristall anzuregen. InP:Yb ist bezüglich der energetischen Verhältnisse der Yb-Störstelle im InP-Kristall ein relativ einfaches System und eignet sich somit für grundsätzliche Untersuchungen. Diskutiert wurden das LPE-Wachstum und die Störstellenphotolumineszenz ($\lambda = 1\mu\text{m}$). Weiterhin wurden Elektrolumineszenzspektren erster LPE-InP:Yb-LED's gezeigt. In Bezug auf die elektrischen Eigenschaften führt das Dotieren mit Yb unter bestimmten Bedingungen zu sehr hohen Ladungsträgerbeweglichkeiten bis zu $69000 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ (77K).

B.V. Dutt berichtete über die LPE von InGaAs/InP mit grosser Mengenkapazität. Dazu wurde ein vertikaler Tiegel in einem horizontalen Ofen verwendet, der es ermöglicht 16 InGaAs Schichten gleichzeitig zu züchten, indem sich die Schmelzen jeweils zwischen 2 InP (100) Substraten befinden. In den obern

Flächenbereichen der Schichten liess sich eine "Zellularstruktur" feststellen, die auf konstitutionelle Unterkühlung zurückgeführt wird. Geometrische, wärmeleitfähigkeitsbedingte und dichtegradientbedingte Einflüsse wurden untersucht.

"Liquid phase epitaxial growth over nonplanar substrates" lautete der Titel des eingeladenen Vortrags von D. Botez. Auf solchen nichtplanaren Substraten lassen sich mittels LPE periodische Schichtdickenvariationen reproduzieren. Dieser Effekt kann z.B. zur Modenstabilisierung bei "single-mode" Lasern ausgenutzt werden. LPE-Wachstumscharakteristiken auf terrasierten, mesa- oder "channel"-bestückten Substraten wurden aufgezeigt und der sehr starke Einfluss der Substratfehlorientierung diskutiert. Abschliessend wurden AlGaAs/GaAs und InGaAsP/InP Laserbauteile vorgestellt.

Mit dem Problem des Anlösens von InGaAs- und InGaAsP-Schichten durch die In-P-Wachstumsschmelze für die InP-Deckschicht bei der Herstellung von LED-, Laser- und APD-Strukturen ($\lambda > 1.3\mu\text{m}$) beschäftigte sich J.A. Lourenco. Dieses Anlösen kann vermieden werden, wenn man eine zusätzliche InGaAsP-Schicht mit $\lambda < 1.3\mu\text{m}$ zwischen der aktiven und der InP Deckschicht aufbringt. Aber auch dann können noch Anlösprozesse an den Scheibenkanten, die auf Inhomogenitäten in der In-P-Schmelze zurückgeführt werden, auftreten. Speziell bei dünnen Schichten nicht immer vermeidbare "Poren" in der Anti-Anlöschschicht können ebenfalls zu Auflösungsprozessen an der darunterliegenden Schicht führen, was durch eine zweite Schutzschicht verhindert werden kann.

Im ersten von 2 Vorträgen über Elektroepitaxie referierte S. Iyer über die Herstellung von InGaAs- und InGaAsP-Schichten auf InP-Substraten. Es zeigte sich erstens eine lineare Abhängigkeit zwischen Wachstumsrate und angelegter Stromdichte durch Schmelze und Substrat. Zweitens hing die Wachstumsrate stärker als bei anderen LPE-Verfahren von der Zusammensetzung der aufwachsenden ternären oder quaternären Schicht ab. Zur Erklärung der experimentellen Befunde wurde ein theoretisches Modell vorgestellt.

Mit ultrakurzen (ms) Strompulsen experimentierte T. Bryskiewicz beim Wachstum von GaAs mittels Elektroepitaxie. Auf diesem Wege liessen sich deutlich höhere Wachstumsraten als bei der Elektroepitaxie mit zeitlich konstantem Strom (gleicher Stromdichte) erzielen. Weitere Vorteile sind die verbesserte Oberflächenmorphologie mit sinkender Pulsdauer und die nahezu wegfallende zusätzliche Aufheizung von Substrat und elektrischen Kontakten. Diese Effekte konnten mit einem für kurze Pulse erweiterten, wachstumskinetischen Modell erklärt werden, unter

Einbeziehung von Elektromigration in der Schmelze und von Peltier-Kühlungseffekten an der Zwischenfläche zwischen Substrat und Schmelze.

G.W. Berkstresser widmete sich der LPE-Zucht von YAG-Leuchtstoffen für Kathodenstrahlröhren. Dabei handelte es sich speziell um die Verbindung $(Y_{3-x}Ce_x)Al_5O_{12}$, deren Lumineszenz mit steigendem Ce-Anteil erst bei extrem hohen Elektronenstrahlenergien sättigt und die sich somit für Bildschirme grosser Helligkeit eignet. Der lumineszierende YAG-Film wurde auf $Y_3Al_5O_{12}$ -Substraten mittels PbO/B_2O_3 als Flux abgeschieden und der Einfluss des Massentransports auf die Zusammensetzung des Leuchtstoffes (bezüglich Ce-Anteil) untersucht. Weiterhin beinhaltete der Vortrag einen Vergleich zwischen LPE- und Flux-Wachstum, bezüglich der Verteilungskoeffizienten verschiedener Seltener Erden in den Granaten. Abschliessend wurden die Einflüsse sowohl der Wachstumstemperatur auf den Ce-Einbau, als auch der Materialreinheiten auf die Kathodolumineszenzeigenschaften untersucht.

Solarzellen und Mikrogravitation

Diesen am Ende der Tagung plazierten Themen war eines gemeinsam, beiden fehlten die Attraktionen: Die Solarzellen stehen derzeit offenbar bei den Kristallzüchtern nicht im Mittelpunkt. Trotzdem enthielt der eingeladene Vortrag von J.C.C. Fan (MIT) einige interessante Aspekte, z.B. das vielfach verwendbare GaAs-Substrat, von dem durch geeignete Perforierung die epitaktisch hergestellte aktive Solarzellenschicht abgetrennt wird.

Die amerikanischen Microgravity-Forscher zehren entweder noch von alten Skylab-Ergebnissen oder sie bereiten erst künftige Spacelabexperimente vor. Hier sind die Europäer wegen FSLP einmal ausnahmsweise besser daran, jedoch hat keiner der europäischen Spacelabexperimentatoren vorgetragen. Der Schwerpunkt zu diesem Thema wird wohl im kommenden Herbst auf der ESA-Tagung in Elmau gesetzt.

Es wurden Experimente vorgestellt, die hauptsächlich im Rahmen der Spacelab 3 Mission (Nov. 1984) durchgeführt werden sollen.

L. van den Berg (EG & G Energy Measurements Inc., Goleta, CA, in Zusammenarbeit mit NASA "Crystal Growth Experiments on Spacelab 3") stellte das "Fluid Experiment System" (FES) und das "Vapour Crystal Growth System" (VCGS) vor, die darauf abzielen, Wachstumsraten und Wachstumsmorphologien zu studieren und insbesondere das Wachstum aus der Lösung mit dem aus der Gasphase zu vergleichen. Im FES-System soll Triglycinsulfat TGS aus wässriger Lösung mit 3 Folgeexperimenten gezüchtet werden. Über ein optisches Schlierenabbildungssystem werden Kristall und Lösung sichtbar gemacht. Anhand der Änderungen im Interferenzbild können μg -relevante Vorgänge in der Lösung und im Kristall sichtbar gemacht werden. Die Temperatur der Lösung wird auf $\pm 0,01^\circ\text{C}$ konstant gehalten. Der Leistungsbedarf für die Züchtung beträgt etwa 50 W.

Im VCGS-System wird ein Kristall aus Hg_2 gezüchtet. Der wachsende Kristall kann über ein Mikroskop beobachtet werden.

Zwei Beiträge befaßten sich mit gerichteter Erstarrung unter μg -Bedingungen (A.L. Fripp (Langley Research Center, Hampton, U.S.A.) und Roger K. Crouch (NASA-LARC, Hampton, U.S.A.)).

$Pb_{1-x}Sn_xTe$ (LTT) soll nach Bridgman aus der Schmelze gezüchtet werden. Wachstumsexperimente wurden mit heißer Zone (Schmelze) zum einen oberhalb (Konfiguration I) und zum anderen unterhalb der kalten Zone (II) durchgeführt (Wachstumsachse antiparallel und parallel zum g-Vektor). Im ersten Fall ist die thermische Konvektion dominierend, im zweiten Fall die solutale. In beiden Fällen führt dies im wachsenden Kristall zu einer unerwünscht ansteigenden SnTe-Konzentration. Wachstumsexperimente im Weltraum lassen einen großen Bereich konstanter Zusammensetzung erwarten. Die Kristalle sind etwa 1,6 cm breit und 5,5 cm lang. Der MEA-Ofen liefert etwa $16-20^\circ\text{C}/\text{cm}$. Um konstitutionelle Unterkühlung zu vermeiden, muß deshalb eine Ziehgeschwindigkeit von $4\mu\text{m}/\text{s}^{-1}$ angewandt werden.

Zwischen Konfiguration I und II ergaben sich jedoch Unterschiede in Wachstumseigenschaften von LTT. Kristalle, nach Konfiguration I gezüchtet, sind weitgehend einkristallin und zeigen keine nachweisbaren Inhomogenitäten. Kristalle, nach Konfiguration II gezüchtet, haben Einschlüsse und zeigen Striations.

Diese Ergebnisse machen demnach deutlich, daß die Richtung des Schwerevektors (parallel oder antiparallel zur Wachstumsrichtung) das Kristallwachstum stark beeinflussen kann.

POSTER SESSION

An zwei Nachmittagen wurden insgesamt 46 Poster gezeigt und zur Diskussion gestellt. Thematisch wurde ein breites Spektrum der Kristallzucht erfaßt, speziell Verbesserungen des Kristallzuchtprozesses und der damit verbundenen Kristallqualität, sowie Charakterisierungsmöglichkeiten der hergestellten Kristalle.

Thematisch lagen die Schwerpunkte auf den Gebieten der Volumenkristallzucht, des "Flux Growth" und der CVD/MOCVD.

Als Einleitung zu den zwei Postersitzungen wurden Kurzvorträge von je 5 min gehalten, die einen Einblick in die Thematik der gezeigten Poster vermittelten.

Um einen allgemeinen Überblick zu geben: die 46 Poster waren durch 12 Staaten vertreten; mit 23 Beiträgen waren die USA dominierend, je 5 Poster stellten Japan und China, 4 Beiträge kamen aus England, 2 aus Taiwan und ebenfalls nur 2(!) aus der Bundesrepublik; je einen Beitrag stellten die Schweiz, Indien, Polen, Venezuela und die UdSSR.

Aufgrund der Fülle der Beiträge sollen an dieser Stelle nur einige als Beispiel für die angesprochenen Arbeitsgebiete herausgegriffen werden.

Auf dem Gebiet der Volumenkristallzucht präsentierten K.M.Kim, A.Kran, K.Riedling und P.Smetana eine Czochralski-Apparatur, die sowohl eine analoge wie auch digitale Kontrolle des Si-Kristallwachstumsprozesses ermöglicht. Vorteile dieser digitalen Kontrollmöglichkeit sind unter anderem eine konstante Ziehgeschwindigkeit und eine optimale Durchmesserkontrolle bei Variation der Wachstumstemperatur. Neben 30% mehr Ausbeute konnten sie glatte und glänzende zylindrische Einkristalle erhalten, die frei von der sonst typischen Wellenstruktur für analoge Kontrolltechniken sind.

M.R.Shropshall, P.E.Skinner und R.Barnes berichteten über den Einfluß des Bortrioxids auf die LEC-Kristallzucht von III-V-Verbindungen, speziell der Reduktion der Metallverunreinigungen und der Kontrolle des Wassergehalts vom Bortrioxid.

J.E.Anthony, T.R.AuCoin, R.O.Savage und R.L.Ross sowie W.Harsch und H.E.Cantwell berichteten über die Synthese von InP aus den Elementen unter hohen Drücken (30.000psi). Da InP gegenüber GaAs einige physikalisch vorteilhaftere Eigenschaften besitzt, beschäftigten sie sich mit der Möglichkeit einer billigeren Herstellung von InP Bulk-Kristallen. Speziell das elektrisch aktive Si ist für semiisolierendes InP störend. Mit der Hochdrucksynthese kann polykristallines InP so rein hergestellt werden, daß man nach einem LEC-Standartprozeß InP-Einkristallmaterial mit guten Eigenschaften erhält, ohne das Poly-InP vorher zu reinigen.

Auf dem Gebiet des "Flux Growth" präsentierten Y.Kumashiro, T.Yao und S.Gonda eine Methode zur Herstellung von BP-Einkristallen. Aufgrund des hohen Schmelzpunktes und des hohen Zersetzungsdrucks von Phosphor ist eine Herstellung von BP-Einkristallen aus der Schmelze nicht möglich. Gegenüber der bisherigen Methode von Chu (Wachstum aus metallischer Phosphidschmelze im geschlossenen Quarzboot) wird hier mit einem Graphittiegel unter Ar-Atmosphäre von 18 atm gearbeitet. Die so erhaltenen dunkelroten BP-Einkristalle haben nur geringe Verunreinigungen von $B_{13}P_2$ und Cu_3P . Der Gitterabstand beträgt $a=4.539\text{\AA}$. Der Einkristall ist p-leitend aufgrund des Kupfers, das als Akzeptor wirkt. Außerdem wurden Lumineszenzergebnisse dieser BP-Einkristalle präsentiert.

Auf dem Gebiet der Kristallzucht aus der Gasphase stellte E.Schönherr eine phänomenologische Beschreibung des Kristallwachstums vor. Am Beispiel des Kristallwachstums von GeS in einer geschlossenen Ampulle beschreibt er wie sich beim schrittweisen Durchlauf der Ampulle durch eine Temperaturzone Gleichgewichtsprozesse beim Wachstum ein-

stellen. Dabei werden unterschiedliche Ampullengeometrien betrachtet. Die phänomenologischen Betrachtungen können durch ein kinetisches Wachstumsmodell beschrieben werden.

Auf dem Gebiet der Flüssigphasenepitaxie präsentierten Th.Voigt und K.W.Benz Zusammenhänge zwischen Material- und Wachstumsparametern und Photodetektoreigenschaften am Beispiel des GaAlSb-Systems. Es konnten erstmals direkte Zusammenhänge von Dotierschwankungen (Striations) auf das Dunkelstromverhalten von Photodioden gezeigt werden.

Ein letztes Beispiel aus dem Gebiet der MOCVD: J.D.Parsons und F.G.Krajenbrink diskutierten anhand von GaAs-MOCVD die Bedeutung des Reaktordesigns auf die Oberflächenqualität der Schicht und die elektrischen Daten. Mit dem von ihnen gezeigten Reaktortyp ließen sich folgende Werte erzielen: a) bei Schichtdicken von 1000Å keine Schwankungen in der Schichtdicke über 12.5 cm^2 und einer Meßgenauigkeit $<10\text{\AA}$; b) erreichte Nettoladungsträgerkonzentrationen von $5 \cdot 10^{11}\text{ cm}^{-3}$.

Berichterstatter:

K.W. Benz, W. Körber, T. Voigt (Univ. Stuttgart),
G. Müller (Univ. Erlangen), H. Jürgensen (RWTH Aachen),
E. Schönherr (MPIFF, Stuttgart), T. Jakobus, R. Diehl
(IAF, Freiburg)

2nd International Conference on Metalorganic
Vapour Phase Epitaxy ICMOVPE II
Sheffield, England, 10.-12. April 1984

1. Allgemeines

Die zweite internationale Tagung, die sich nur mit der metallorganischen Gasphasenepitaxie beschäftigte, zeigte das international stark wachsende Interesse an diesem Themenkreis.

Gegenüber der ICMOVPE I in Ajaccio im Mai 1981 war die Teilnehmerzahl doppelt so groß (ca. 240 Personen), und wegen der Vielzahl der angemeldeten Beiträge wurde eine Postersitzung zusätzlich organisiert.

Die 53 Vorträge und 42 Poster waren nach Nationen wie folgt aufgeteilt:
England 17 Vorträge, 13 Poster; USA 14,9; Japan 11,8;
Frankreich 6,3; Deutschland 2,2; Niederlande 2,3;
Taiwan 1,1; Kanada 1,2; Schweden 0,1.

Deutsche Beiträge kamen von der RWTH Aachen (2) sowie von Siemens, München und der Universität Stuttgart.

Vom Material her lag der Schwerpunkt auf der Herstellung von GaAs und verwandten ternären Halbleitern (ca. 47 Beiträge). Über Halbleiter, die auf InP-Substraten wachsen, wurden 12 Beiträge vorgestellt, über II-VI-Verbindungen 10 Beiträge. Einige Beiträge befaßten sich mit grundsätzlichen Fragen wie Reaktor-Design oder Untersuchungsmethoden.

Das Wachstum von Halbleitern auf GaAs-Basis mittels MOVPE wird in sehr vielen Labors genügend gut beherrscht, um Bauelemente (Laser, Transistoren) herzustellen.

Hauptaugenmerk vieler Forscher richtet sich deshalb hier auf die gezielte Dotierung der Schichten im Bereich 10^{15} cm^{-3} bis 10^{19} cm^{-3} sowie auf die Herstellung von Heterostrukturen bis hin zu Quantum-Well-Strukturen (Schichtdicken $< 3 \text{ nm}$) bei sehr abrupten Übergängen (± 1 Monolage).

Epitaxieschichten auf InP-Basis (Ga, In, As, P) werden ebenfalls mit sehr guten Eigenschaften hergestellt. Das Problem der Polymerreaktionen bei In-haltigen Kristallmaterialien wird nach wie vor in der Niederdruckepitaxie am erfolgreichsten vermieden. Andere Lösungen wie die Adduktepitaxie oder die unter besonderen Umständen mögliche Verwendung von Trimethyl-Indium und PH_3 bei normalem Druck liefern etwas schlechtere Ergebnisse bezüglich Ladungsträgerkonzentration und Beweglichkeit.

Tatsächlich kann die MOVPE heute gleichberechtigt neben die Molekularstrahlepitaxie (MBE) gestellt werden, wie insbesondere Dapkus (USA) ausführte. Besonders der Vorteil höherer Produktionsraten schlägt hier zu Buche bei ansonsten vergleichbaren Anforderungen und Ergebnissen. Lediglich einige spezielle Forschungsziele sind mit der MBE besser lösbar. So liegt bis heute der Rekord der Beweglichkeit in 2-dimensionalen Elektronengasen bei $1.5 \cdot 10^6 \text{ cm}^2/\text{Vs}$, erreicht von einer MBE-Schicht, gegenüber $1.5 \cdot 10^5 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ bei vergleichbaren MOVPE-Schichten.

2. Einzelberichte

a) Allgemeine Probleme

D.J. Cole-Hamilton (University of Liverpool) stellte einige Wege vor, Metallalkyle herzustellen, und diskutierte insbesondere die Problematik, die chemischen Reaktionen so ablaufen zu lassen, daß möglichst keine Nebenprodukte entstehen, die sich von den gewünschten Alkylen nur schwer trennen lassen.

E. Johnson (Motorola) stellte eine vom Sicherheitsstandpunkt mustergültige MOVPE-Anlage vor, wie sie in der Produktion eingesetzt werden soll. Besonderer Wert wurde dabei auf die Bedienbarkeit durch ungeschultes Personal gelegt. In einer sich daran anschließenden Diskussion wurde vor allem über die Sicherheitsprobleme, die bei der Herstellung und Verwendung von Metallalkylen auftreten, gesprochen.

W. Richter (RWTH Aachen) zeigte, wie mittels Raman-Spektroskopie an den Trägergasmolekülen ein zweidimensionales Temperaturprofil im MOVPE-Reaktor gewonnen werden kann. Auch Größe und Richtung der Gasgeschwindigkeiten in Abhängigkeit vom Ort wurde gemessen. Die Ergebnisse beider Messungen lassen sich gut korrelieren und zeigen deutlich die konvektionsbedingte Aufwärtsbewegung der Gase über dem heißen Suszeptor. Der Einfluß unterschiedlicher Strömungsgeschwindigkeiten und der Verwendung verschiedener Trägergase (H_2 , N_2) ist leicht feststellbar.

Um beobachten zu können, wie sich beim Umschalten der Gasströme zur Herstellung von Heterostrukturen das Gas im Reaktor verhält, blies M.R. Leys (Philips Res. Labs) kleine TiO_2 -Partikel in den Reaktor ein. In einem Film wurde gezeigt, wie sich je nach Reaktorgeometrie Wirbel bilden können, die ein schnelles Wechseln der Gase und damit die Herstellung abrupter Übergänge im Halbleiter behindern.

R. Holland (R.S.R.E., Malvern) gab eine Einführung in die Möglichkeiten, die moderne SIMS (Sekundär-Ionen-Massen-Spektroskopie)-Anlagen heute bieten. Je nach Element können hier Empfindlichkeiten von 1 ppm bis zu 0,02 ppm erreicht werden bei einer Tiefenauflösung von ca. 10 nm. Die quantitative Eichung erfolgt durch Messung ionenimplantierter Proben.

Diese Messungen sind heute oft Grundvoraussetzung zur Charakterisierung von Multi-Hetero-Strukturen.

J.S. Roberts (University of Sheffield) untersuchte den Einfluß der Ventilschaltung in der MOVPE auf die Güte der Schichten. Dabei zeigte die Schaltungsart, bei der das materialbeladene Trägergas von einer Auspuffleitung in den Reaktor umgeschaltet wird (Vent/Run-Schaltung), deutliche Vorteile gegenüber der bisherigen Methode, das Gas von einer Bypass-Linie auf den Material-Bubbler umzuschalten. Dies wird darauf zurückgeführt, daß sich die Druckverhältnisse im letzten Fall im Bubbler zunächst stabilisieren müssen, was im ersten Fall bereits früher geschehen ist. Die Vorteile dieser Vent/Run-Schaltung wurde auch von anderen Autoren hervorgehoben.

b) GaAs und verwandte Halbleiter

Hier wurden viele Arbeiten über Dotierungen mit Sn, S, Se, Te, Si (n-Typ) bzw. Zn, Cd, Mg (p-Typ) vorgestellt. Stellvertretend seien einige herausgegriffen:

J.D. Parsons (Hughes Res. Labs) stieß auf der Suche nach einer Dotierquelle mit niedrigem Dampfdruck auf Tetraethyl-Zinn. Damit konnte er die Ladungsträgerkonzentration über vier Größenordnungen hinweg einstellen. Er erzielte abrupte Übergänge ohne Anhäufung von Sn an der Oberfläche und konnte Memory-Effekte beobachten.

Zur Herstellung semiisolierenden GaAs verwendete M. Akiyama (Oko Electric Ind.) Triethoxivanadyl ($\text{VO}(\text{OC}_2\text{H}_5)_3$). Selbst bei Konzentrationen größer 10^{18} cm^{-3} dieses tiefen Akzeptors wurden spiegelnde Oberflächen erzielt mit spezifischen Widerständen von $10^8 \Omega \text{ cm}$. Auch hier traten keine Memory-Effekte auf.

Zur Synthese beliebiger Dotierprofile unterbricht H. Ohno (University of Hokkaido) das Wachstum kurz, um in der Pause Monolagen von Dotierstoffen auf die Epitaxieschicht aufzubringen. Er erhält damit Dotierstoff-Verteilungen in δ -Funktion-Form, aber kontinuierliche Ladungsträgerkonzentrations-Verteilungen, deren Höhe durch die Höhe und den Abstand der Dotierstoff-Peaks programmierbar ist.

Um den Einfluß von Sauerstoff und Wasser auf Wachstumsergebnisse beim $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ zu studieren, mischte H. Terao (NEC Corp.) kleine Mengen dieser Stoffe dem Trägergas zu. Er beobachtete, daß sich der Wert x verkleinerte bei Zugabe von H_2O . O_2 -Zugabe konnte diesen Wert nicht verändern. Dagegen geht die Photolumineszenz-Intensität mit steigender O_2 -Beimischung (0,1 ppm) sehr stark zurück, bleibt aber nahezu unverändert bei H_2O -Zugabe (bis 15 ppm). Dies wird damit erklärt, daß $\text{Al}(\text{CH}_3)_3$ mit O_2 zu $(\text{CH}_3)_2\text{AlOCH}_3$ reagiert, was als flüchtiger Stoff zum Reaktor transportiert wird und dort zu einer Sauerstoff-Kontamination führt, mit H_2O aber zu nicht-flüchtigem $\text{Al}(\text{OH})_3$ reagiert und damit die Al-Transportrate verkleinert.

F. Maury (CNRS) stellte die Herstellung von GaAs mit den neuen Addukten $(\text{ClR}_2\text{Ga-AsEt}_2)_2\text{CH}_2$ und $(\text{C}_6\text{F}_5)_{3-n}(\text{CH}_3)_n\text{Ga-AsEt}_3$ ($n = 0$ oder 2) vor. Hier dient also ein Addukt als Quelle sowohl für das Ga als auch für das As, es ist keine weitere Quelle notwendig.

Im Hinblick auf die Herstellung integrierter III-V-Halbleiter-Bauelemente wurden verschiedene Projekte zur Untersuchung von selektivem Flächenwachstum im MOVPE-Reaktor durch entsprechende Maskentechnik vorgestellt. So verwendet M. Ozeki (Fujitsu Labs. Ltd.) aufgesputterte AlN-Filme als Maskenmaterial. Auf diesem Film wächst polykristallines GaAs auf, in den Filmfenstern findet normales monokristallines Wachstum statt. Ein Vorteil dieses Filmmaterials ist, daß Ga-Atome nicht zu den GaAs-Fenstern diffundieren, wie es bei der SiO_2 -Maskentechnik beobachtet wird.

c) InP und verwandte Halbleiter

Zur Vermeidung von Polymerreaktionen zwischen der In-Quelle und der P-Quelle arbeitet R.H. Moss (British Telecom) schon seit einigen Jahren mit Verbindungen wie $(\text{CH}_3)_3\text{In-P}(\text{C}_2\text{H}_5)_3$, sogenannten Addukten - sie wurden im Kristalllabor der Universität Stuttgart 1979 zur Her-

stellung von InP-Schichten eingeführt und seitdem hier in der InP- und GaInAs-MOVPE eingesetzt - als In- bzw. Ga-Quelle für InP und GaInAs. Als P- und As-Quelle werden PH_3 und AsH_3 verwendet. Dabei führen sowohl vorgefertigte Addukte als auch solche, die in-situ vor dem Reaktor durch Mischen von $\text{P}(\text{C}_2\text{H}_5)_3$ und $\text{In}(\text{CH}_3)_3$ bzw. $\text{Ga}(\text{CH}_3)_3$ in der Gasphase entstehen, zu guten Ergebnissen. Moss betonte besonders das geringe Sicherheitsrisiko, das bei der Verwendung vorgefertigter Addukte gegenüber den Metallalkylen besteht. Als erstes Bauelement der Addukt-MOVPE wurde ein Laser erwähnt, bei dem die InP-Deckschicht mit Addukten hergestellt wurde (Rest: LPE).

Die bisher besten Ergebnisse der MOVPE beim GaInAsP-System auf InP stellte M. Razeghi (Thomson CSF) vor. Sie arbeitet mit der Niederdruck-MOVPE und erreicht bei InP Werte für $N_D - N_A = 5 \cdot 10^{14} \text{ cm}^{-3}$ mit $\mu(77\text{K}) = 70000 \text{ cm}^2/\text{Vs}$. $\text{Ga}_{.47}\text{In}_{.53}\text{As}$ -Epitaxieschichten mit $N_D - N_A = 3 \cdot 10^{14} \text{ cm}^{-3}$ und $\mu(77\text{K}) = 50000 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ gelangen ebenso wie ternäre und quaternäre Quantum-Well-Strukturen und -Übergitter mit InP als Zwischenlage. Auch die Herstellung von GaInAsP-DH-Lasern, InP/GaInAs/InP-pin-Photodioden und eines DFB-Lasers mit ausgezeichneten Daten wurde berichtet.

S.J. Bass (Royal Signals and Radar) gelang die Herstellung von InP mit $\text{In}(\text{CH}_3)_3$ und PH_3 bei normalem Druck, ohne Polymerreaktionen zu beobachten. Zur Entfernung der Oxidschicht auf den Substraten werden diese vor Wachstumsbeginn in PH_3 -Atmosphäre auf 750°C geheizt. Das Wachstum findet dann bei 640°C statt. Zur Herstellung von GaInAs läßt Bass zuerst eine InP-Buffer-Schicht (300nm dick) aufwachsen. Er erhält dann ternäre Schichten mit $N_D - N_A = 6 \cdot 10^{15} \text{ cm}^{-3}$ und $\mu(77\text{K}) = 38000 \text{ cm}^2/\text{Vs}$.

Berichterstatte: F. Scholz, Phys. Inst. Kristalllabor, Universität Stuttgart

Bericht vom XXV. COSPAR-Meeting

G. 1 Recent Scientific Results and Developments of Materials Sciences in Space
03.07. - 05.07.84 in Graz

Die Sitzung war relativ gut besucht (etwa 40 Teilnehmer) wobei ein internationaler Charakter zustande kam, denn es waren viele Kollegen aus U.S.A. und einige aus dem Ostblock anwesend. Das Programm war vielversprechend und brachte selbst Insidern neue Informationen, weil einige neueste Ergebnisse präsentiert wurden. Insgesamt eine gute Mischung mit teilweise hohem Niveau.

Es gab eine Sitzung Crystal Growth, in der Ergebnisse von Mikrogravitationsexperimenten vorgestellt wurden (H. Wiedemeier über GeSe-Xenon, I.N. Belokurova über Ge:Si und G. Nagel über GaSb). A. Rouzard berichtete über konvektive Effekte bei der gerichteten Erstarrung von Ge:Si und Ge:Ga und M.W. Gill über thermokapillare und Auftriebskonvektion in "supported float zone" - Zinnschmelzen.

In der Sitzung Marangoni Convection berichteten über gelungene Experimente unter Mikrogravitation:

D. Langbein über Entmischungsphänomene (eindeutige Demonstration mit Film), J.C. Legros über eine Studie an einer Flüssigkeit mit einem Minimum der Oberflächenspannung und D. Schwabe über die Bestimmung der krit. Marangonizahl für den Einsatz von Temperaturosillationen. Der Beitrag von L.G. Napolitano über Marangoniexperimente in Spacelab 1 enttäuschte, weil er kein einziges Resultat bot.

In der Sitzung Solidification of Metallic Alloys diskutierte H. Frederikson seine Ergebnisse an nichtmischbaren Legierungen unter Zuhilfenahme von Marangoniefekten während P. Morgand (Al-In-system) ohne diesen Effekt auskam. M.E. Glicksman stellte ein zukünftiges Mikrogravitationsexperiment (mit hohen Ansprüchen) zum Problem des Dendritenwachstums vor. A. Bewersdorff berichtete über die Ergebnisse eines qualitativen μ -g-Experiments mit Teilchen vor einer Erstarrungsfront (Bleitröpfchen und Gasblasen in CsCl).

In der Sitzung Computer Modeling of Materials Sciences Processes under Low Gravity führte F. Rosenberger vor, daß bereits der diffusive Transport bei der Gasphasenkristallisation in einer Ampulle mit Schutzgas Konvektionsströme verursacht, wodurch weitere Instabilitäten möglich sind.

T. Maekaw berichtete über eine Studie zur natürlichen Konvektion und Marangonikonvektion an Ölen großer Viskosität und S. Subramanian über Berechnungen zur "Marangoniwanderung" von Blasen im Temperaturgradienten und die gegenseitige Beeinflussung von zwei Blasen.

In der Sitzung Attractive Areas for New Scientific Exploration wurden die Teilnehmer mit biowissenschaftlichen Aspekten und der Elektrophorese unter Mikrogravitation bekannt gemacht. T. Persson stellte ein neu entwickeltes Experiment zur Untersuchung des Elektrotransports und der Diffusion in flüssigen Metallegierungen vor.

In der Sitzung Advances in Equipment and Measuring Techniques gab R.J. Bayuzik ein Review über den Einsatz von Fallturmexperimenten bei der Herstellung unterkühlter Schmelzen. G. Seibert berichtete über die Pläne der ESA zum Satelliten EURECA, der vor allem Langzeitexperimente zur Kristallzüchtung und den Biowissenschaften ermöglichen soll. A. Gonfalone stellte eine neue Blasen- und Tropfenexperimentiereinrichtung der ESA für Fluidphysik vor und A. Triška den tschechoslowakischen Mehrzonenofen für Mikrogravitationsexperimente CSK-1. C. Potard berichtete über die kontaktfreie Manipulation von Metallschmelzen mit Gasströmen (Luftkissenprinzip) aus porösen Medien (Kohle).

Dietrich Schwabe

XIIIth Congress and General Assembly of the International Union of Crystallography

Vom 9. - 18.8.1984 fand auf Einladung der Arbeitsgemeinschaft Kristallographie (AGKr) der o.a. Kongress in Hamburg statt. 1.700 Teilnehmer aus 46 Ländern kamen zur Tagung in das Hamburger Kongreßzentrum. Mehr

als 1.400 Wissenschaftler präsentierten ihre neuesten Forschungsergebnisse in Vorträgen und Posterdarstellungen. 16 eingeladene Haupt- und ca. 220 Kurzvorträge zu den speziellen Fachgebieten bildeten den Rahmen des wissenschaftlichen Programms. Ein Abendvortrag von Prof. Dr. Th. Hahn über "Kristalle in Technik und Alltag" gab der Öffentlichkeit einen Einblick in die angewandte Kristallographie.

Der interdisziplinäre Charakter der Fachrichtung Kristallographie wurde auf dieser Tagung erneut deutlich. Die wissenschaftlichen Beiträge kamen vor allem aus den Gebieten der Physik, Chemie, Mineralogie, Biologie, Medizin, Pharmazie und Werkstoffkunde. Die Thematik der Tagung war daher breit angelegt, und das war sicherlich ein Grund für das gegenüber früheren Veranstaltungen sprunghafte Ansteigen der Anmeldungen für "ad hoc-meetings". Viele Teilnehmer hatten offensichtlich das Bedürfnis spezielle Probleme ihrer Forschungsarbeit im kleineren Kreis zu diskutieren. Dieser Trend ist sicherlich für Planer zukünftiger Tagungen ein wichtiger Hinweis.

Auf einzelne Beiträge einzugehen würde den Rahmen dieses Berichtes sprengen. Ich möchte daher von den Themengruppen, die diskutiert wurden, nur die hervorheben, die aufgrund der präsentierten Forschungsergebnisse besondere Bedeutung erlangt haben.

1. Die Röntgen-Pulvermethoden haben stark an Bedeutung gewonnen, vor allem wegen verfeinerter Meßmethoden und verbesserter Auswertverfahren.
2. Die Ausnutzung der Synchrotronstrahlung zur Lösung kristallographischer Probleme besonders im Bereich der biologischen Materialien hat stark zugenommen.
3. Mit verbesserten kristallographischen Methoden wurden große Fortschritte bei der Lösung von Problemen auf dem Gebiet der Biochemie und Biophysik gemacht (Struktur-Wirkungs-Beziehungen bei Biomolekülen). Auch kompliziertere Strukturen können heute in relativ kurzer Zeit gelöst werden. Große Bedeutung haben die Ergebnisse dieser Arbeiten vor allem für die Medizin (Pharmaka, Allergene, drugs usw.)

Die hohe Zahl der Posterdarstellungen machte ein immer größer werdendes Problem deutlich. Die Fülle der wissenschaftlichen Informationen muß überschaubar verarbeitet werden und in möglichst kurzer Zeit abrufbar sein. Diese Forderungen sind nur mit Hilfe von Datenbanken zu erfüllen. In diesem Zusammenhang war es erfreulich, daß sich vier Datenbanken an einer Ausstellung und Demonstration beteiligten:

1. The Inorganic Crystallographic Database (Fachinformationszentrum EPM)
2. The Organic Crystallographic Database (Cambridge Crystallographic Data Centre)

3. The Metal Data File
(Canada Institute for Scientific and Technical Information)
4. The Protein Data Bank
(Brookhaven National Laboratory)

Vom 9.-13.8.1984 wurde die Tagung von einer kommerziellen Ausstellung begleitet, die 25 Firmen aus 10 Ländern gestalteten.

Gut besucht war auch die "nicht-kommerzielle" Ausstellung, in der u.a. die Beziehung der Kristallographie zur Kunst dargestellt wurde. Besonderen Anklang fand die Ausstellung "teaching-aids" in der sich erwies, daß Hilfsmittel zum Lehren und Erlernen der Kristallographie einfach, preiswert und methodisch wertvoll sein können. Trotz der Fülle des wissenschaftlichen Angebotes blieb die Tagung überschaubar und wurde allgemein als großer Erfolg für die Wissenschaft "Kristallographie" gewertet.

Abschließend weise ich darauf hin, daß Prof. Dr. Th. Hahn (TH-Aachen) zum Präsidenten der "International Union of Crystallography" gewählt worden ist und daß der nächste Kongreß vom 14.-20.8.1987 in Perth (Australien) stattfinden wird.

Werner Guse

p.s.: Interessenten für einen Abstract-Band wenden sich bitte an das Mineralogisch-Petrographische Institut der Universität Hamburg, Grindelallee 48, 2000 Hamburg 13.

Einige Mitarbeiter des Fraunhofer-Instituts für Angewandte Festkörperphysik haben eine Reihe von Tagungen besucht, die für manches DGKK-Mitglied von Interesse sein könnten. Die folgenden Kurzberichte wurden dankenswerterweise für diese Aufgabe des Mitteilungsblattes zur Verfügung gestellt.

"Third Conference on Semi-Insulating III-V Materials"
Kah-nee-ta, Warm Springs, Oregon
April 24-26, 1984

Es handelte sich um die dritte Konferenz der Serie "Conference on Semi-Insulating III-V Materials", die erstmals in den Vereinigten Staaten stattfand. Die beiden vorhergehenden Konferenzen wurden in Nottingham, England (1980) und Evian, Frankreich (1982) abgehalten.

Von den Teilnehmern an der diesjährigen Konferenz kamen die meisten (159) aus den USA, 14 aus Japan, je 12 aus Frankreich und England und 9 aus Kanada. Die Bundesrepublik war mit 7 Teilnehmern vertreten, Schweden mit 3, Italien mit 2 und schließlich Polen mit einem.

Die Vorträge und Poster verteilten sich wie folgt: USA 34, England 10, Japan 10, Frankreich 9 und je einer aus der Bundesrepublik, Schweden, China, Italien und Australien.

Die bei weitem überwiegende Zahl der Beiträge beschäftigte sich mit semiisolierendem GaAs. Da dieses Material bei der Herstellung von GaAs-ICs durch Ionenimplantation Verwendung findet, hat es große technologische Bedeutung. Auch für die Herstellung von epitaktischen GaAs-Schichten hat das Substratmaterial einen entscheidenden Einfluß auf die Eigenschaften der Bauelemente, da sich bestimmte Defekte des Substrats (wie z.B. Versetzungen) in die Epitaxieschicht fortsetzen.

Vom Interesse der Teilnehmer und von den Themen der Beiträge her war der Bogen der Konferenz weit gespannt. Er erstreckte sich von Problemen bei der Kristallzucht und deren Einfluß auf die Bauelemente-Ausbeute bis zu grundlegenden physikalischen Fragestellungen nach der Natur spezieller Defekte in GaAs. Während die beiden vorhergehenden Konferenzen sich in der Hauptsache mit Chrom-dotiertem GaAs beschäftigt hatten, stand bei der diesjährigen das undotierte Material im Vordergrund. Bei der Aufklärung der Kompensationsverhältnisse wurden große Fortschritte erzielt. Auf der Konferenz herrschte erstmalig weitgehende Übereinstimmung darüber, daß der Arsen-Antisite für das tiefe Donator-Niveau "EL2" und damit für die technologisch entscheidende Kompensation von GaAs aus pBN-Tiegeln verantwortlich ist.

Einen großen Raum nahm auch die Diskussion der makroskopischen Verteilung von Defekten innerhalb der Einkristalle ein. Obwohl dieser Punkt bereits auf der letzten Konferenz angesprochen worden war, ist doch erst auf der diesjährigen der Einfluß dieser räumlichen Verteilung auf die Bauelemente-Ausbeute, insbesondere bei hochintegrierten Schaltungen, ausführlich diskutiert worden. Nach dem Stand der Diskussion sind es nicht nur die Versetzungen selbst, sondern insbesondere auch die an ihnen gegetterten Punktdefekte, die sich ungünstig auf die Bauelementeparameter auswirken. Von den Kristallzüchtern wird demzufolge angestrebt, die Versetzungsdichte zu reduzieren. Vertreter der Firma Sumitomo (Japan) haben für Mitte nächsten Jahres "versetzungsfreie" 3-Zoll-Kristalle angekündigt.

Electronic Materials Conference (EMC)
St. Barbara, CA, 20. - 22.06.1984

Die EMC ist eine nationale, jährlich in U.S.A. stattfindende Tagung. Sie wurde in diesem Jahr in St. Barbara abgehalten. Gegenstand der Konferenz ist traditionsgemäß die Herstellung und die Charakterisierung technologisch wichtiger elektronischer Materialien.

Von den etwa 380 Teilnehmern waren knapp 10% Nicht-Amerikaner. Japan war mit 17, Großbritannien und die Bundesrepublik Deutschland waren mit je 7 und Frankreich, Israel und Kanada mit je einem Teilnehmer vertreten.

In 15 Einzelsitzungen wurden insgesamt 112 Vorträge abgehandelt. Hinsichtlich der untersuchten Materialien lag der Schwerpunkt eindeutig bei den III-V-Verbindungshalbleitern (53%).

Dem Silizium widmeten sich 20%, den II-VI-Verbindungen (einschl. HgCdTe) 18% und sonstigen Materialien 9% der Vorträge.

Bei den Beiträgen zu den III-V-Halbleitern standen Züchtung (MOCVD, MBE) und Charakterisierung von III-V-Mischkristallen - insbesondere von $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$, $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ und $\text{GaAs}_{1-x}\text{P}_x$ - im Vordergrund.

Breiten Raum nahmen Vorträge zur Defektcharakterisierung von III-V-Verbindungen ein. Die Bedeutung, die man diesen Arbeiten beimißt, wird auch dadurch unterstrichen, daß zwei von insgesamt 4 eingeladenen Vorträgen diesem Themenkreis gewidmet waren. Ein dritter eingeladener Vortrag beschäftigte sich mit der kristallographischen Struktur von III-V-Mischkristallen.

F. Ponce (Xerox, Palo Alto) berichtete über den Stand der Untersuchung von Mikrodefekten in Halbleitern mittels hochauflösender TEM (Transmissions-Elektronen-Mikroskopie). Diese Defekte haben typische Dimensionen von ca. 100 - 1000 Å und können mit anderen Methoden (Röntgentopographie, Ätztechniken) nur schwer erfaßt werden. Es wurde überzeugend dargestellt, daß die TEM inzwischen eine Auflösung im atomaren Bereich erreicht hat und somit zum Nachweis von Mikrodefekten und zur Klärung ihrer Natur besonders geeignet ist. TEM-Aufnahmen kommerzieller semiisolierender GaAs-Substratscheiben ließen erkennen, daß die derzeitigen Substrate noch deutlich von der gewünschten Perfektion entfernt sind.

U. Kaufmann et al. (IAF, Freiburg), gaben einen Beitrag über die mikroskopisch identifizierten Punktdefekte in GaAs, GaP und InP sowie deren Eigenschaften.

J.C. Mikkelsen (Xerox, Palo Alto), berichtete über Strukturuntersuchungen an ternären III-V-Mischkristallen mittels EXAFS (Extended X-ray Absorption Fine Structure). Am Beispiel von $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ wurde aufgezeigt, daß die Näherung des virtuellen Kristalls die Struktur von III-V-Mischkristallen nur schlecht beschreibt. So variieren etwa die Ga-As- bzw. In-As-Bindungslängen über den gesamten Mischungsbereich ($x = 0 - 1$) nur um 0,04 Å, und es werden zwei um 0,17 Å unterschiedliche As-As-Abstände (für As-Ga-As bzw. As-In-As) gefunden, die denen von reinem GaAs bzw. InAs sehr nahe kommen. Lediglich die Kation-Kation-Abstände entsprechen etwa dem gewichteten Mittel der Grenzfälle (GaAs, InAs). Die lokalen Bindungsverhältnisse ähneln also eher der Chalcopyrit-Struktur als dem gemittelten, virtuellen Kristall.

Hope et al. (RSRE, Malvern) gelang die Herstellung von versetzungsfreien, undotierten, semiisolierenden LEC-GaAs-Substraten mit Durchmessern bis 15 mm mit völlig homogener Verteilung des tiefen, für die Kompensation

verantwortlichen Donators EL2. Die Konzentration von EL2 ist aber trotzdem hoch, bis $2 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$. Diese Ergebnisse widerlegen die bisherige Meinung, daß EL2 hauptsächlich beim Klettern von Versetzungen gebildet wird.

13th International Conference on Defects in Semiconductors (ICDS-13)

Coronado/San Diego (USA) 12. - 17.08.1984

Die ICDS-Konferenz-Serie findet in zweijährigem Zyklus statt und wurde diesmal von knapp 200 Teilnehmern besucht. Schwerpunkt der ICDS ist traditionsgemäß die Analyse und mikroskopische Identifizierung von Punktdefekten in Halbleitern, mit den hierfür besonders geeigneten experimentellen Methoden der Transienten-Spektroskopie (z.B. DLTS), der optischen Spektroskopie und der Elektronen-Spin-Resonanz (ESR). Neben Punktdefekten steht aber auch die Struktur von Versetzungen und Mikropräzipitaten in Halbleitern zur Diskussion. Angesichts des recht umfangreichen Tagungsprogramms sei hier nur auf zwei "high lights" kurz eingegangen:

1. Das äußerst komplexe Verhalten von Sauerstoff in Silizium steht weiterhin im Vordergrund des Interesses. Hier ist in den letzten Jahren ein erheblicher Fortschritt erzielt worden; und zwar sowohl im Verständnis der, oft prozeßinduzierten, "thermischen" Sauerstoff-Donatoren, als auch der sich aus ihnen weiter bildenden SiO_2 -Präzipitate. Eine sichere Beherrschung dieser Defektstrukturen ist für die Si-Technologie unerlässlich.
2. Ein derzeitiger Schwerpunkt der Materialforschung an III-V-Halbleitern, insbesondere dem Galliumarsenid, ist die Frage der elektrischen Aktivität der Stöchiometrie-Defekte As_{Ga} und Ga_{As} ("antisite" Defekte). Die entscheidende Frage, ob das in semiisolierendem GaAs dominierende "mid-gap" Niveau EL 2 mit dem As_{Ga} -Donator zu korrelieren ist, wird jetzt im allgemeinen positiv beantwortet. Unklarheit besteht derzeit aber noch über das elektrische Verhalten des komplementären "antisite" Akzeptors Ga_{As} , wie auch von B_{As} , in GaAs.

Helmut Ennen, Ulrich Kaufmann, Jürgen Schneider,
Jochen Windscheif
Fraunhofer-Institut für Angewandte Festkörperphysik
Eckerstr. 4, D-7800 Freiburg

Sekretariat: Hella Preuninger
Druck: Rauscher Nachf., Freiburg

0761/274-296

Überweisungsauftrag an

Empfänger (genaue Anschrift) Deutsche Gesellschaft für Kristallwachstum und Kristallzüchtung e.V.		Bankleitzahl 700 700 10
Konto-Nr. des Empfängers 16/10419	bei (Bank usw.) - oder ein anderes Konto des Empfängers *) Deutsche Bank München	
Verwendungszweck (nur für Empfänger) Jahresbeitrag 19 ..		DM
Konto-Nr. des Auftraggebers — Auftraggeber		

*) Soll die Überweisung auf ein anderes Konto ausgeschlossen sein, so sind die Worte „oder ein anderes Konto des Empfängers“ zu streichen.

Datum

Unterschrift

Gutschrift

Empfänger (genaue Anschrift) Deutsche Gesellschaft für Kristallwachstum und Kristallzüchtung e.V.		Bankleitzahl 700 700 10
Konto-Nr. des Empfängers 16/10419	bei (Bank usw.) - oder ein anderes Konto des Empfängers *) Deutsche Bank München	
Verwendungszweck (nur für Empfänger) Jahresbeitrag 19 ..		DM
Konto-Nr. des Auftraggebers — Auftraggeber		

Einzahlungsbeleg

DM für

Deutsche Gesell-
schaft für Kristall-
wachstum und
Kristallzüchtung

Deutsche Bank München

16/10419

Bescheinigung zur Geltendmachung von Werbungskosten:

Wir bestätigen hiermit, daß uns der oben genannte Betrag als Beitrag und Spende zugewendet wurde, daß wir gem. Bescheinigung des Finanzamts Köln (StNr.: 214/321/Ahl 59 - Ap St 6) ausschließlich und unmittelbar gemeinnützigen Zwecken dienen und daß wir den uns zugewendeten Betrag ausschließlich zu den satzungsmäßigen und unmittelbar gemeinnützigen Zwecken verwenden.

DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR KRISTALLWACHS-
TUM UND KRISTALLZÜCHTUNG E.V.

Wenn Sie auf dem Gebiet des Kristallwachstums, der Kristallzüchtung, -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 über 200 Fachkollegen, die einer Gesellschaft angehören, deren

Zweck es ist

- Forschung, Lehre und Technologie auf dem Gebiet von Kristallwachstum und Kristallzüchtung zu fördern,
- über entsprechende Arbeiten und Ergebnisse durch Tagungen und Mitteilungen zu informieren,
- wissenschaftliche Kontakte unter den Mitgliedern und die Beziehungen 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 20,-, für Studenten DM 10,-)

DGKK-Schriftföhrer
Dr. Roland Diehl
Fraunhofer-Institut für
Angewandte Festkörperphysik
Eckerstraße 4
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) (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.