

## MITTEILUNGSBLATT

---

**Nr. 33**

**Dezember 1981**

---

### R Ü C K S C H A U

Mit dem Ende des Jahres 1981 ist die (vierjährige) Amtszeit des Vorsitzenden abgelaufen und auch der Schriftführer wird (nach achtjähriger Tätigkeit) sein Amt niederlegen. Für uns beide ist dies Anlaß für eine Rückschau auf die Aktivitäten der letzten beiden "Legislaturperioden".

#### 1. Mitgliederbewegungen

Die Zahl der Mitglieder ist in dieser Zeit von 183 auf nunmehr 206 gestiegen. Trotz einiger weniger Austritte und der Streichung chronischer Nichtzahler und "Verschollener" ist hier also eine steigende Tendenz zu registrieren, die sich erfreulicherweise in einer verstärkten Mitgliederzahl aus der Industrie äußert.

Obwohl heute ein großer Teil der an Kristall-Wachstum, -Züchtung, -Charakterisierung und -Anwendungen interessierten Wissenschaftler und Ingenieure zur DGKK gehört, gibt es noch Bereiche, in denen eine Werbung für unsere Gesellschaft erwünscht wäre. Hier sei an alle Mitglieder appelliert, sich aktiv zu engagieren.

#### 2. Veranstaltungen

Die Gesellschaft hat seit 1978 die folgenden Tagungen veranstaltet bzw. mitgetragen:

- |      |  |
|------|--|
| 1978 | Gemeinschaftsveranstaltung: 18. Diskussionstagung der AGK und Jahrestagung der DGKK im Rahmen der Frühjahrstagung der Deutschen Physikalischen Gesellschaft, 7.-9. März 1978, Freudenstadt |
| 1979 | 2 <sup>nd</sup> European Conference on Crystal Growth (ECCG-2), gleichzeitig Jahrestagung der DGKK, 10.-15. Sept. 1979, Lancaster  |
| 1980 | DGKK-Fachkolloquium "Striations" und Jahrestagung der DGKK, 18.-21. März 1980, Karlsruhe   |
| 1981 | Drielanden Conferentie der BACG-DGKK-KKN, 6.-8. Mai 1981, Noordwijkerhout  |

Wir sind zweimal das Wagnis eingegangen, unsere Jahrestagung - gemeinsam mit den Schwesterorganisationen anderer europäischer Länder - im Ausland abzuhalten, um unsere Veranstaltungen in einen größeren, überregionalen Rahmen zu stellen und Möglichkeiten anzubieten, internationale Kontakte zu knüpfen. Der Erfolg dieser Tagungen und die Teilnehmerzahlen haben diese Politik gerechtfertigt.

Die DGKK hat sich entschlossen, neben ihren Jahrestagungen auch spezialisierte Fachkolloquien abzuhalten. Das erste dieser Fachkolloquien zum Themenkreis "Striations" fand 1980 in Karlsruhe statt und war - unserer Meinung nach - recht erfolgreich. Derartige Veranstaltungen können jedoch nicht vom Vorstand verordnet werden, sondern müssen von einzelnen, fachlich kompetenten Mitgliedern initiiert und organisiert werden. Daher sind alle Mitglieder aufgerufen, geeignete Themenkreise vorzuschlagen.

In den letzten Jahren wurden ferner die Weichen gestellt für die Abhaltung der nächsten "International Conference on Crystal Growth (ICGG-7)" in der Bundesrepublik. Ort und Termin: Stuttgart, 12. - 16. Sept. 1983. Die Vorarbeiten wurden durch die Bildung der Organisations-, Programm- und Publikations-Komitees abgeschlossen, die nun ihre Tätigkeit aufgenommen haben.

### 3. Zusammenarbeit mit anderen Organisationen

Die DGKK ist Mitglied der "International Organization for Crystal Growth (IOCG)" und mit drei Mitgliedern im "Parlament" dieser Organisation, dem Council, vertreten.

Mit den Schwesterorganisationen in den Nachbarländern verbinden uns freundschaftliche Beziehungen, vielfach verstärkt durch Doppelmitgliedschaften. Besonders erwähnt seien die gemeinsamen Tagungen mit britischen, niederländischen und schweizerischen Kollegen.

Gute Beziehungen bestehen auch zu den Organisationen verwandter Fachrichtungen in der Bundesrepublik. Erinnert sei hier an die gemeinsame Veranstaltung mit der AGK in Freudenstadt 1979 anlässlich der Frühjahrstagung der Deutschen Physikalischen Gesellschaft sowie an die bevorstehende Tagung in Basel (17. - 19. März 1982) über Industrielle Kristallisation und Kristallzüchtung, die zusammen mit der VDI Gesellschaft für Verfahrenstechnik und Chemieingenieurwesen (GVC), der schweizerischen Gesellschaft für Kristallographie und CIBA-GEIGY durchgeführt wird.

### 4. Entwicklungstendenzen

Eine Gesellschaft wie die DGKK ist unseres Erachtens nur lebensfähig, wenn sie sich den Entwicklungen der Wissenschaft und Technik stetig anpaßt. Nur dann kann sie den Bedürfnissen ihrer Mitglieder nach Information, Diskussion, Beratung und Erfahrungsaustausch nachkommen. Wir meinen, daß sich auf unserem Arbeitsgebiet folgende Trends abzeichnen:

- Weitere Integration in die Werkstoff- und Materialwissenschaften ("material science"), wobei eine ganzheitliche Betrachtung aller relevanten Bereiche von der Rohstoffreinigung über Synthese, Züchtung, Charakterisierung bis zur Anwendung angestellt wird (Symbiose von Züchter und Anwender).
- Verstärkte Hinwendung zur Chemie der Störstellen in Kristallgittern zwecks Verständnis, Beseitigung oder gezielter Anwendung von Baufehlern.

- Weiterhin großes Interesse an Fragen der Keimbildung und des Kristallwachstums, das jedoch nicht ausschließlich auf Einkristalle ausgerichtet ist, sondern z.B. auch Dendritenwachstum, Mischkristall- und Legierungsbildung, eutektische Erstarrung, Epitaxie und Rekristallisation mit einschließt.
- Verstärkte Nutzung neuer technischer Möglichkeiten wie der Computersimulation, Automatisierung des Ziehprozesses, hochauflösende Elektronenmikroskopie, life-Röntgentopographie mit Synchrotronstrahlung usw.
- Vertiefung des Verständnisses der Vorgänge an der Phasengrenzfläche ("Erstarrungsfrontdynamik"). Dabei intensive Zusammenarbeit mit Nachbardisziplinen, z.B. der Strömungsmechanik.
- Nachlassendes Interesse an der Kristallzüchtung (als *l'art pour l'art*) immer neuer Substanzen, sondern verstärkte Anstrengung zur Erreichung größerer Reinheit und geringerer Baufehlerdichte. Versuche zur anwendungsorientierten Formgebung von Kristallen durch Epitaxieverfahren, Ziehen von Bändern, Platten, Profilen usw.
- Wachsende Einsicht, daß der Einkristall nur eine, wenn auch herausragende Erscheinungsform von Materie ist, daß es aber viele andere technisch und wissenschaftlich interessante Formen kristalliner Materie gibt, zu deren Verständnis wir unsere Erfahrungen beisteuern könnten. Hier sollten Brücken geschlagen werden.

Wir haben versucht, in den vergangenen Jahren diesen Tendenzen Rechnung zu tragen, insbesondere bei der Auswahl von Tagungsthemen. Sicher wird sich die Attraktivität unserer Gesellschaft noch weiter steigern lassen durch verstärkte Einbindung der Halbleiterphysik und -chemie sowie der allgemeinen Materialwissenschaften.

Rudolf N i t s c h e

Armin R ä u b e r

## NEUER VORSTAND

Der auf der ordentlichen Mitgliederversammlung am 6. Mai 1981 gewählte Vorstand für die Jahre 1982/83 setzt sich wie folgt zusammen:

Vorsitzender:	H. Jacob
stellvertr. Vorsitzener:	G. Müller-Vogt
Schriftführer:	R. Diehl
Schatzmeister:	Ch. Grabmaier
1. Beisitzender:	H. Müller-Krumbhaar
2. Beisitzender:	D. Schwabe
3. Beisitzender:	F. Wallrafen

## KOMMENDE TAGUNGEN

Unsere Jahrestagung 1982 findet im Rahmen der Tagung "Industrielle Kristallisation und Kristallzüchtung" vom 17. bis 19. März in Basel statt. Das zweite Rundschreiben ist diesem Mitteilungsblatt beigelegt.

## JAHRESHAUPTVERSAMMLUNG 1982

Die Jahreshauptversammlung findet während der oben genannten Tagung am Mittwoch, dem 17. März um 17.00 Uhr in Basel statt. Der genaue Ort wird auf der Tagung bekanntgegeben.

Alle Mitglieder sind hierzu herzlich eingeladen.

### Tagungsordnung:

1. Begrüßung und Rechenschaftsbericht des Vorsitzenden
2. Bericht des Schriftführers
3. Bericht des Schatzmeisters und der Rechnungsprüfer
4. Entlastung des Vorstands
5. Beschlußfassung über den Jahresbeitrag 1983
6. Beschlußfassung über Jahreshauptversammlung 1983
7. ICCG-7
8. DGKK-Tagung 1984
9. Verschiedenes

## TAGUNGSSTIPENDIEN

Der Vorstand hat beschlossen, wiederum jüngeren Wissenschaftlern Reisekostenzuschüsse (maximal DM 400,-) zum Besuch der Basler Tagung zu gewähren.

Antragsberechtigt sind Diplomanden, Doktoranden und jüngere Wissenschaftler, die

- a) Mitglieder der DGKK sind,
- b) keine Planstelle besitzen,
- c) Autor oder Koautor eines für Basel gemeldeten Vortrags oder Posters sind.

Formlose Anträge sind bis zum 1.3.1982 zu richten an:

Herrn Dr. H. Jacob  
Wacker Chemitronic  
Postfach 1140  
8263 Burghausen

Dem Antrag sind beizufügen:

- a) die Kurzfassung des Vortrags,
- b) eine Empfehlung des Institutsdirektors  
mit Bescheinigung des Beschäftigungsverhältnisses,
- c) eine Erklärung darüber, daß die Finanzierung der  
Reise von dritter Seite nicht zu erwarten ist.

Sollte die Zahl der Bewerber die vorhandenen Mittel übersteigen, so behält sich der Vorstand eine Auswahl vor.

## NEUE MITGLIEDER

Wir begrüßen folgende neue Mitglieder:

Herrn Prof. Dr. H. Follner  
Min. Krist. Institut der  
TU Clausthal  
Sägenmüllerstr. 4  
3392 Clausthal-Zellerfeld

Herrn Dr. D. Helmreich  
Heliotronic GmbH  
Postfach 1129  
8263 Burghausen/Obb.

Herrn Dr. F. Kuhn-Kuhnenfeld  
Wacker-Chemitronic  
Postfach 1140  
8263 Burghausen

Herrn Dr. Ing. G. Raabe  
Valvo, RHW der Philips GmbH  
Stresemann-Allee 101  
2000 Hamburg 54

## T A G U N G S B E R I C H T

V. International Conference on Vapor Growth and Epitaxy

V. American Conference on Crystal Growth

19. - 24. Juli 1981, Coronado, CA, USA

Berichterstatter: K.W. Benz, A.Räuber und E. Schönherr

### 1. Allgemeine Eindrücke

Beide Konferenzen wurden unter der Schirmherrschaft der "American Association for Crystal Growth" gemeinsam durchgeführt. Das Zusammenlegen dieser beiden Tagungen war eine sehr gute Idee, insbesondere auch im Sinne eines Beitrags zur Eindämmung der heutigen "Konferenzenexplosion". Die Teilnehmerzahl betrug über 450. Die Bundesrepublik war mit 8 Teilnehmern nur sehr gering vertreten.

Die Doppelkonferenz war vorbildlich organisiert. (Chairmen der Komitees: D.W. Shaw, ( A.F. Witt, A.L. Gentile, L.R. Rothrock, R. Burmeister, R.S. Feigelson und C.S. Sahagian).

Zu dem guten Eindruck trugen natürlich die äußeren Umstände kräftig bei: Der Tagungs-ort war das historische und berühmte Hotel Del Coronado am schönen Strand des Pazifik, das Wetter war - wie für die Gegend um San Diego nicht anders zu erwarten - gleich-bleibend schön.

Das außerordentlich attraktive Programm bestand aus 40 eingeladenen und 160 angemelde-ten Vorträgen. Diese umfaßten folgende Themenkreise:

- Epitaxie aus der Gasphase I - III (VPE)
- Chemischer Transport in der Gasphase
- Flüssigphasenepitaxie (LPE)
- Physikalischer Transport in der Gasphase
- Metallorganische Gasphasenepitaxie (MOVPE)
- Molekularstrahlepitaxie I und II (MBE)
- Kristallzüchtung aus der Schmelze und Lösung I-IV
- Theorie
- Prozeßkontrolle und Defekte
- Laseranwendungen
- Neuartige Wachstumsmethoden
- Elektrokristallisation und Kontrolle von Verunreinigungen
- Zukünftige Materialien
- Charakterisierung von Kristallen
- Konvektionseinflüsse und Gravitationseffekte

In allen Sitzungen standen die Herstellung und Eigenschaften elektronischer Materialien stark im Vordergrund. Dabei dominierten die III-V-Verbindungen in einem erstaunlichen Maß (etwa ein Drittel aller Vorträge). Bemerkenswert war, daß neben der Gasphasenepita-xie (Hauptthema der Konferenz) dieser Verbindungen die Flüssigphasenepitaxie sowie die Kristallzüchtung nach dem LEC-Verfahren weiterhin eine ebenso große Rolle spielen.

Heraushebenswert erscheinen uns die wachsende Bedeutung der Epitaxie mit Hilfe von metallorganischen Verbindungen, insbesondere bei Verwendung von Niederdruckreaktoren (sehr gute Ergebnisse z.B. von Duchemin, Thomson CSF, Frankreich) sowie die Entwicklung sehr spezieller Epitaxieverfahren:

- "Diataxie" bzw. "Graphoepitaxie" (Givargizov, Moskau und mehrere Vorträge aus Lincoln Laboratory/MIT);
- selektive Epitaxie und "lateral overgrowth" aus der Gasphase;
- Rekristallisation von amorphem Silizium auf  $\text{SiO}_2$ -Unterlage ("Inselverfahren", Biegelson, Xerox; "lateral growth" z.B. M. Teis et al., MIT)

Diese neuen Techniken gewinnen steigendes Interesse, da sie die Möglichkeiten für mehrlagige Bauelement-Integration eröffnen, der Halbleiterelektronik also die dritte Dimension voll zu erschließen versprechen.

## 2. Einzelberichte

Die Berichtersteller konnten wegen ihrer persönlichen Arbeitsgebiete nicht immer alle Parallelsitzungen besuchen. Die folgenden Einzelberichte über besonders interessante Vorträge geben deshalb sicher kein ganz ausgewogenes Bild.

### a. Wachstumsprozesse, Kinetik, Hydrodynamik

R.F. Sekerka (Carnegie Mellon Univ., Pittsburgh, USA) gab einen Zusammenhang zwischen den Instabilitäten der mobilen Phase (Schmelze mit gelöster Fremdphase) und der Wachstumsfront wieder. Als Phasenübergangsgebiet, d.h. Kopplungsbereich zwischen Hydrodynamik und Kristallisationsfront war die Nernst'sche Randschicht (stagnant layer) vorausgesetzt. Es wurde der Einfluß der temperatur- und konzentrationsabhängigen Konvektion sowie Wachstumsgeschwindigkeit auf die Stabilität der Wachstumsfront betrachtet.

Das schnelle Wachstum von weißen Phosphordendriten aus der Schmelze wurde thermometrisch (Auflösung  $10^{-4}$  °C) von P.W. Voorhees und M.E. Glicksman (Mat. Engineering Dept., Troy, New York) untersucht und damit isenthalpisches Wachstum experimentell bestätigt.

J.G. Broughton (Bell Labs, Murray Hill) gab einen Überblick über die Struktur und Dynamik des Phasenüberganges für einfache Kristallmodelle (FCC). Die Annahme eines Lennard-Jones Potentials führt zu einer periodischen Dichteverteilung in der Schmelze, die nach etwa 6 Perioden abgeklungen ist.

N. Kobayashi (Toyama Univ., Japan) gab numerische Lösungen der Navier-Stokes Gleichungen für verschiedene Konvektionsströmungen der Schmelze (natürliche, Marangoni, durch Kristallrotation und Tiegelrotation erzwungene) im Czochralski-Züchtungssystem wieder.

Mit der Berechnung der Form der Wachstumsfront und Ausscheidungsverteilung im vertikalen Bridgman-System, kältere Temperatur (Kristall) jedoch oben, höhere Temperatur (Schmelze) unten, beschäftigten sich C.J. Wang und R.A. Brown (MIT).

### b. Gasphasenepitaxie

In Übersichtsvorträgen wurden die Wachstumsmechanismen bei der Si-Epitaxie diskutiert (J. Bloem, Philips, Niederlande und J. Nishizawa, Tohoku Univ., Japan). Bei Temperaturen größer  $1000^\circ \text{C}$  ist der Transport der Reaktionspartner aus der Gasphase zum Substrat der

wachstumsbestimmende Prozeß. Dabei spielt die Bildung von Chlorsilanen eine wichtige Rolle. Wachstum bei Drucken kleiner 1 atm führt zu größeren Wachstumsraten. Bei Wachstumstemperaturen  $< 1000^{\circ} \text{C}$  wird das Schichtwachstum durch Oberflächenreaktionen bestimmt. Zum Studium von Strömungsbildern bei der Si-Epitaxie wurde eine Interferenz-Holographie entwickelt (L.J. Giling, Catholic Univ., Nijmegen, Niederlande). Dabei zeigte sich, daß bis zu Geschwindigkeiten von  $80 \text{ cm s}^{-1}$  bei  $\text{H}_2$  als Trägergas eine laminare Strömung auftritt. Für  $\text{N}_2$  und Ar waren die Flüsse nie stabil ( $< 4 \text{ cm s}^{-1}$ ). Bei höheren Strömungsgeschwindigkeiten bildet sich oberhalb des Suszeptors eine etwa 8 mm hohe laminare Strömung aus. Darüber ist das Trägergas mehr oder weniger turbulent. Mit Hilfe von Reynolds- und Rayleigh-Zahlen wurden diese Ergebnisse diskutiert.

Chernov, Moskau, gab einen sehr guten Überblick über die Arbeiten seiner Gruppe auf dem Gebiet der Grenzflächen-Prozesse bei der Epitaxie von Si, GaAs und InAs.

Bei der Gasphasenepitaxie der III-V-Halbleiter standen die Hydridverfahren im Vordergrund; dabei wurden deutliche Verbesserungen bei Ladungsträgerwerten und Beweglichkeiten erzielt. Beim GaAs wurden die Bestwerte des  $\text{AsCl}_3$ -Verfahrens nahezu erreicht. E.S. Johnson (Honeywell, Bloomington, Minn., USA) stellte nach dem Hydridverfahren GaAs-Schichten mit  $n = 2 \cdot 10^{13} \text{ cm}^{-3}$  und  $\mu_{77\text{K}} = 200\,000 \text{ cm}^2 \text{V}^{-1} \text{ s}^{-1}$  her. GaAs-Solarzellen auf Si-Substraten mit  $0,15 \mu\text{m}$  Ge-Zwischenschichten erreichten immerhin einen Wirkungsgrad von ca. 12%. Die GaAs-Schichten zeigten zwar Sprünge, die jedoch nicht elektrisch aktiv waren (R.P. Gale, MIT Lexington, Mass., USA).

Duchemin, Thomson CSF, Corbeville, Frankreich, zeigte Fortschritte auf für die Epitaxie von III-V-Halbleitern mit metallorganischen Verbindungen. Mit der Niederdruckepitaxie ließ man GaAs/GaAlAs Schichtenfolgen wachsen, aus denen dann Laserstrukturen mit folgenden Eigenschaften hergestellt wurden: cw-Operation,  $J_{\text{th}} = 80 \text{ mA}$ , Länge  $\times$  Breite =  $300 \times 5 \mu\text{m}$ , 5 mW bei  $\lambda = 0,83 \mu\text{m}$ . InGaAs/InP-Schichten wurden mit  $n = 1 \cdot 10^{16} \text{ cm}^{-3}$  und  $\mu_{300\text{K}} = 7000 \text{ cm}^2 \text{V}^{-1} \text{ s}^{-1}$  hergestellt. Diese Schichten haben somit die Bestwerte von LPE-Schichten noch nicht erreicht. Über nicht-legierte Ohmsche Kontakte mittels MOCVD auf GaAs ( $\rho = 8 \cdot 10^{-5} \Omega \text{cm}$ ) berichtete H. Kräutle (RWTH, Aachen). MOVPE-GaP-Schichten mit guter "Bauelementqualität" stellte R.M. Biefeld (Sandia Lab., Albuquerque, N.M., USA) her.

### c. Flüssigphasenepitaxie

Hier war die reproduzierbare Herstellung höchstreiner Schichten aus GaAs und InP ein wichtiger Themenkreis, daneben das Wachstum ternärer und quaternärer Schichten für spezielle Anwendungen. D.W. Woodard (Cornell University, Ithaca, NY, USA) zeigte, daß das reinste GaAs mit Hilfe der Flüssigphasenepitaxie hergestellt werden kann. Die restliche Konzentration flacher Störstellen liegt im Bereich  $10^{14} \text{ cm}^{-3}$ , das Material ist dabei frei von tiefen Elektronenfallen und besitzt zwei charakteristische Löcherfallen im  $10^{14} \text{ cm}^{-3}$  Bereich (abhängig von der Wachstumstemperatur). Die Herstellung höchstreiner InP-Schichten aus der flüssigen Phase ist durch eine vielseitige Prozeßführung vor und während des Wachstums gekennzeichnet. Hierzu zählt das Vorausheizen der In-Schmelze ( $700^{\circ} \text{C}$ , 30 - 100 h), die Stabilisierung der InP-Substratoberfläche während der Hochtemperaturschritte (Zugabe von  $\text{PH}_3$ , Abdecken mit Graphitplatten usw.), das insitu-Ätzen des Substrats vor dem Wachstum u.a.m.. Wie bei der InP-VPE stellte die "Urbana-Gruppe" um Prof. Stillman wieder ausgezeichnete Wachstumsergebnisse dar. L.W. Cook et al. (University of Illinois, Urbana, USA) berichtete über die Herstellung von InP-LPE-Schichten mit  $n = 1 \cdot 10^{15} \text{ cm}^{-3}$  und  $\mu_{77\text{K}}$  von 45 000 - 68 000  $\text{cm}^2 \text{V}^{-1} \text{ s}^{-1}$ .



N. Tamari et al. (Bell Labs., Holmdel, NJ, USA) stellte mit Hilfe der Flüssigphasen-epitaxie (vertikales System) InGaAsP/InP-Laser ( $\lambda = 1,3 \mu\text{m}$ ) mit besonders niedrigen Schwellstromwerten her:  $I_{\text{th}} = 1 \text{ K A cm}^{-2}$ ,  $d = 0,21 \mu\text{m}$ ,  $T = 22^\circ \text{C}$ .

#### d. Wachstum aus der Schmelze

H.M. Hobgood (Westinghouse, Pittsburgh, PA, USA) züchtete GaAs-LEC-Kristalle mit 90 mm  $\varnothing$  und einem Gewicht von 6 kg, typische Formen lagen jedoch bei 50 mm  $\varnothing$  und 3 kg Gewicht. Die Versetzungsdichte lag bei diesen Kristallen zwischen  $2 \cdot 10^4$  und  $6 \cdot 10^4 \text{ cm}^{-2}$ . Undotierte Kristalle, gezüchtet aus PBN-Tiegeln zeigten spezifische Widerstandswerte von  $10^7 - 10^8 \Omega\text{cm}$ . SIMS-Messungen ergaben Si-Restkonzentrationen  $< 10^{15} \text{ cm}^{-3}$  ( $10^{16} \text{ cm}^{-3}$  bei Verwendung von Quarztiegeln).

R.C. Puttbach (hp, Santa Rosa, USA) arbeitet mit niedrigen Drucken ( $\approx 2 \text{ atm}$ ) bei der GaAs-LEC-Züchtung ( $\varnothing 60 - 70 \text{ mm}$ , 2 - 3 kg Gewicht). Kristalle besonders hoher Qualität wurden erreicht, wenn die GaAs-Synthese direkt im Züchtungsgefäß vor dem Kristallwachstum erfolgte. EPD Werte waren  $< 3 \cdot 10^4 \text{ cm}^{-2}$  mit Bereichen um  $10^3 \text{ cm}^{-2}$ . Restverunreinigungen:  $\text{O} < 7 \cdot 10^{15} \text{ cm}^{-3}$ ,  $\text{Cr} < 4 \cdot 10^{14} \text{ cm}^{-3}$  und  $\text{Si} < 10^{15} \text{ cm}^{-3}$ . Sb-dotierte InP-LEC-Kristalle ergaben n-leitendes Material. Die elektrischen Daten waren ähnlich den von undotiertem InP, die Versetzungsdichte war jedoch bei den Sb-dotierten Kristallen etwas geringer (A. Balman et al., Bell Labs., Holmdel, NJ, USA).

#### e. Gasphasenverfahren

Der eigene Vortrag (E.S.) gab einen Überblick über den derzeitigen Stand der Züchtungstechniken für Kristalle aus der Gasphase. Insbesondere wurde auf den Einfluß von Fremdgasen, auf ihre Vermeidung, auf die Erzeugung eines einzelnen Anfangskeims, auf spezielle Ampullengeometrien (Leckampullen zur Entfernung von Fremdgasen), auf Fremdstoffzugaben zur Erhöhung der Wachstumsraten, auf eine neue Methode zur genauen Messung der Wachstumsrate (Relaxationsmethode: E. Hartmann und E. Schönherr, J. Crystal Growth 51 (1981) 140) und zur Optimierung der Züchtungsparameter, auf die Verknüpfung zwischen Ampullenverschiebungsgeschwindigkeit und Wachstumsgeschwindigkeit sowie auf die Bedingungen für stabiles Wachstum zur Auswahl der Verschiebungsgeschwindigkeit in Abhängigkeit von der Relaxationszeit eingegangen.

F. Rosenberger (University of Utah, Salt Lake City, USA) zeigte in einer theoretischen Studie, daß beim Wachstum in geschlossenen Ampullen Diskrepanzen zwischen Theorie und Experiment durch Beachtung der "solutal convection" erklärt werden können. Bei der Herstellung von  $\text{Hg}_{1-x}\text{Cd}_x\text{Te}$  wurden Unterschiede im Massentransport festgestellt, je nachdem die Ampulle während des Wachstums horizontal oder vertikal justiert war (H. Wiedemeier et al., Rensselaer Polytechn. Inst., Troy, NY, USA). Für Drucke  $> 0.2 \text{ atm}$  wird in der horizontalen Arbeitsweise der Massentransport sehr stark durch Konvektion beeinflusst und ist größer als unter den entsprechenden Bedingungen bei vertikaler Arbeitsweise. Kristalle, die unter diffusionskontrollierten Bedingungen gewachsen sind, zeigen jedoch eine bessere kristallographische Güte.

#### f. Spezielle Epitaxieverfahren

Givargizov, Inst. Kristallographie, Moskau, gab einen Überblick über die Arbeiten des Instituts auf dem Gebiet der "Diataxie". Bei diesem von den Amerikanern "Graphoepitaxie"

genannten Verfahren handelt es sich um gerichtetes Wachstum kristalliner Schichten auf amorphen Substraten, wobei die Ausrichtung des Wachstums durch eine Strukturierung der Oberfläche erfolgt. Smith, MIT Cambridge, stellte neuere Untersuchungen zur Graphoepitaxie aus der Lösung und aus der Gasphase dar und besprach ausführlich die Modelle für den Nukleationsprozeß. Tsaur und Geis, Lincoln Laboratory, Lexington, berichteten über die Graphoepitaxie von Ge auf Si.

Die laterale Epitaxie verschiedener Substanzen auf amorpher Unterlage war der Gegenstand einer ganzen Reihe von Vorträgen, wobei man unterscheiden muß zwischen dem Wachstum aus der Gasphase ("lateral overgrowth") und den Rekristallisationsverfahren amorpher Siliciumschichten ("lateral epitaxy"). Aus der Gasphase schieden Vohl et al., Lincoln Laboratory, InP auf Phosphorsilikatgläsern ab, McClelland et al., ebenfalls Lincoln Lab., berichteten über das Wachstum von GaAs auf  $\text{SiO}_2$ . Diese Schichten bilden die Grundlage für das CLEFT-Verfahren zur Herstellung von Solarzellen. Für die laterale Epitaxie von Si durch Rekristallisation sind wieder Arbeiten aus dem Lincoln Laboratory erwähnenswert (Geis et al.), aber auch eine Reihe von amerikanischen Industrielabors (Roth et al., Hughes Res. Labs.; Leamy, Bell Labs., Sedgwick, IBM San Jose; Biegelson, Xerox, Palo Alto).