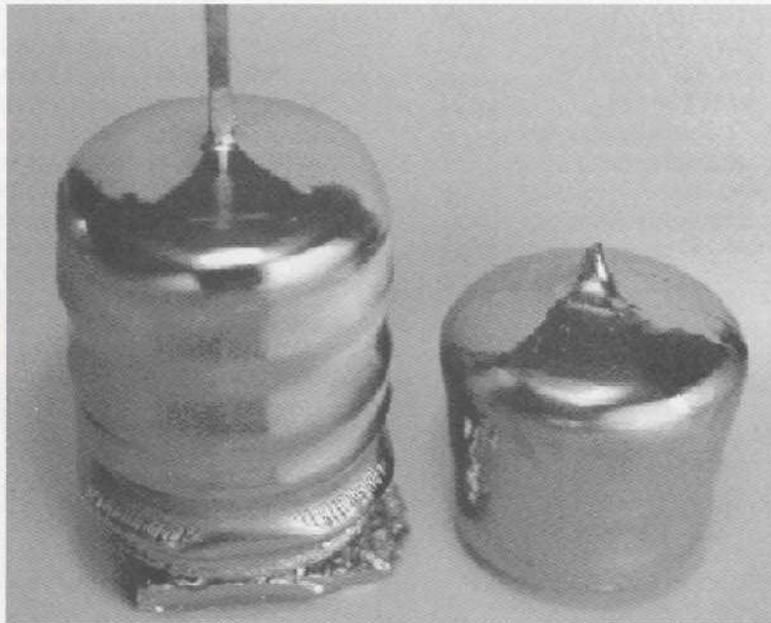


GaAs GaAs
VCz VCz



GaAs GaAs
VCz VCz

INHALT

Mitteilungen der DGKK

DGKK-Jahreshauptversammlung	4
Preis der DGKK	8
Die DGKK im Internet	8

Berichte aus den Arbeitskreisen

Epitaxie von III/V-Halbleitern	8
Kristalle für Laser und NLO	9

Kristallzüchtung in Deutschland

GaAs nach dem VCz-Verfahren	11
Kristalle und Kristalloptik aus Kiel	16

Konferenzberichte

Ferienschule ISSG 10 in Rimini	19
Drei Länder-Tagung BriDGe 99	21
Deutsch-Japanisch-Polnisches Kristallzüchertreffen	25

Berichte ausländischer Schwestergesellschaften

AACG	27
GFCC	27

Termine

Treffen der Arbeitskreise	27
Tagungskalender	28

Schwarzes Brett

Kristallsäge abzugeben	30
------------------------------	----

Schmunzelecke

Zukunft	30
---------------	----

Register

Frühere Artikel	31
-----------------------	----



GERO Hochtemperaturöfen GmbH
High Tec for Thermal Treatment

MONBACHSTRASSE 7
D-75242 Neuhausen
Tel 07234/9522-0 Fax 07234/5379

Unser Lieferprogramm:

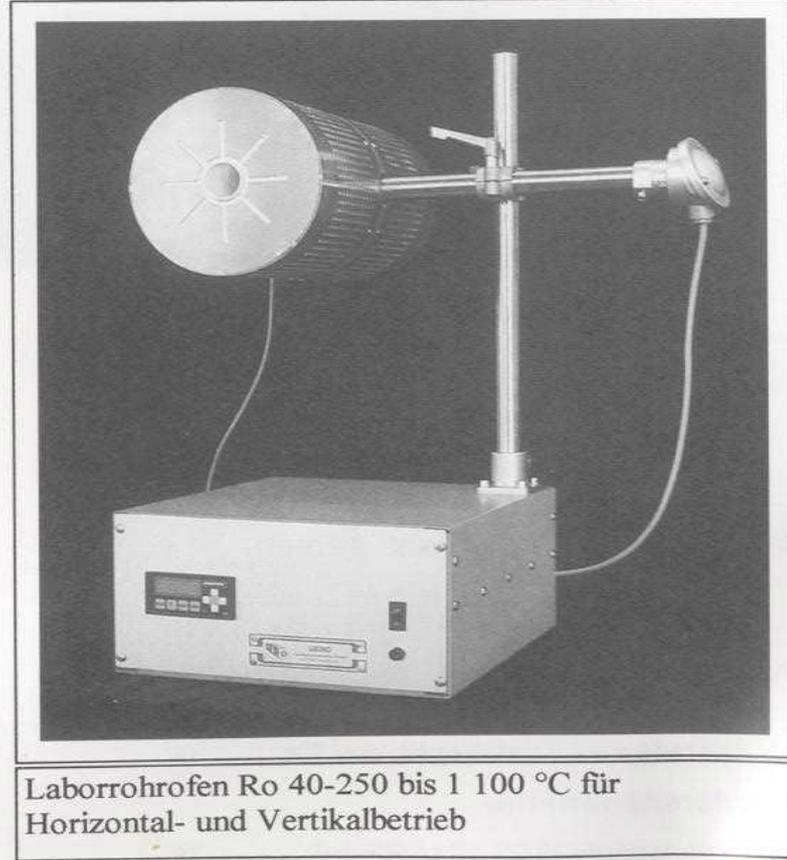
Rohröfen bis 1 800°C
Mehrzonenrohröfen bis 1 800°C
Zehnzonenöfen bis 1 500°C
Kammeröfen bis 1 800°C an Luft
Tiegelöfen bis 1 800°C
Kalibrieröfen für TC und Pyrometer
Zonenschmelzanlagen
Haubenöfen
Herdwagen- u. Durchlauföfen

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

In der Entwicklung immer etwas weiter als die modernste Technik



Hochtemperatur-Laborofen bis 2 200 °C



Laborrohröfen Ro 40-250 bis 1 100 °C für
Horizontal- und Vertikalbetrieb

Editorial

Liebe Leser,
das prägende Ereignis vor dem Erscheinen der Frühjahrsausgabe des dem Mitteilungsblatts ist für mich regelmäßig unsere Jahrestagung, diesmal umso mehr, als diese in Gestalt der "Drei Länder-Tagung" BriDGe in Holland abgehalten wurde. Die Beiträge unserer Britischen und Holländischen Kollegen bewirkten eine sehr interessante Erweiterung des typischen Themenspektrums unserer jährlichen Treffen. Insbesondere die fundamentalen Niederländischen Arbeiten zur Wachstumskinetik beeindruckten jedesmal aufs neue, was in einem entsprechenden Schwerpunkt der Tagungsberichte zum Ausdruck kommt. Diese sind insgesamt wieder sehr lesenswert geworden und versüßen die Arbeit des Zusammenstellens dieser Zeitung. Ein herzliches Dankeschön den Autoren, die sich immer wieder für andere soviel Mühe geben.

Auch von anderen großen Veranstaltungen liegen interessante Zusammenfassungen vor: Am weitesten zurück liegt die Sommerschule vom vorigen Sommer in Rimini, das jüngste große Ereignis war das Deutsch-Japanisch-Polnische Kristallzüchertreffen im Institut für Kristallzüchtung in Berlin.

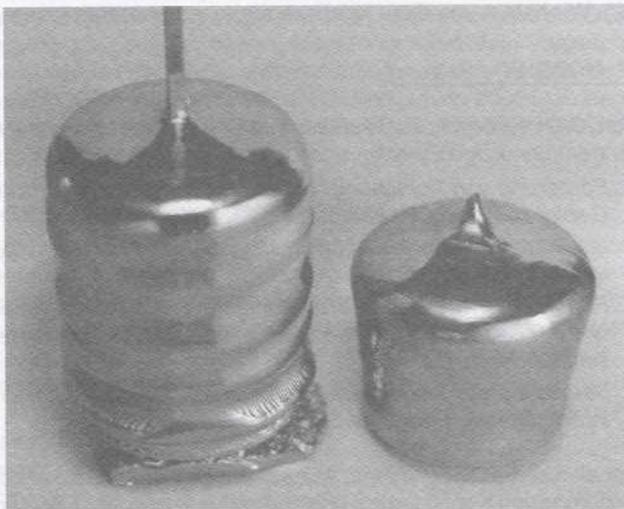
Beeindruckende Teilnehmerzahlen hatte auch das Treffen des Arbeitskreises zur Epitaxie von III/V-Halbleitern vorzuweisen, das im vergangenen Winter in Braunschweig stattfand.

Die GaAs-Züchtung besitzt hierzulande offenbar einen guten Stand. Davon zeugt der auch bei der BriDGe-Tagung in Zeist vorgestellte Übersichtsartikel der Herren Rudolph und Neubert aus Berlin, die mit dem VCz-Verfahren einen der beiden derzeit konkurrierenden Wege zur Weiterentwicklung der Züchtung großer GaAs-Kristalle beschreiben.

Einen schönen Einblick in die Technologie und den Markt für Kristalle, die in der Optik und für Detektoren Anwendung finden, bietet der Artikel der Herren Korth und Richter zur nun schon seit 50-Jahren betriebenen kommerziellen Kristallzüchtung in Kiel. Eine weiterhin erfolgreiche Zeit wünscht Ihnen

Ihr Franz Ritter

Zum Titelbild



Das Titelbild zeigt zwei semiisolierende GaAs-Kristalle, die nach dem VCz-Verfahren am Institut für Kristallzüchtung in Berlin gezogen wurden. Die spiegelnden Oberflächen sind der Beweis dafür, daß die gewachsenen Kristalle im thermodynamischen Gleichgewicht zwischen der festen Phase (Kristalloberfläche) und einer Arsen-gesättigten Inertgasphase abkühlen (siehe dazu den Beitrag auf den Seiten 11ff.).

Notizen des Vorsitzenden

Nach dem turbulenten Tagungssommer und -Herbst 1998 verliefen der Winter und das Frühjahr für die Kristallzüchter in Bezug auf Tagungen etwas ruhiger. Es tat wirklich gut, in einer ruhigen und idyllischen Atmosphäre eine schöne, interessante Jahrestagung (BriDGe) ohne Parallelsitzungen und mit vielen interessanten Vorträgen mitmachen zu können. Diese rundum gelungene Dreiländertagung sollte uns auch in Zukunft daran erinnern, daß wir neben Großereignissen auch die kleineren Tagungen benötigen, um nicht die Vertiefung der Beziehungen in unserer Nachbarschaft zu vernachlässigen. So konnte man von unseren ausländischen Kollegen sehr eindrucksvoll lernen, wieviel wissenschaftliche Substanz eine Beschäftigung mit der Wachstumskinetik auch heute noch hervorbringt. Haben wir auf diesem auch für die Technik so eminent wichtigen Gebiet, auf dem wir einst mit führend waren, noch genügend Aktivitäten? Wenn ja, würde ich dazu gerne mehr auf unseren DGKK-Tagungen hören. Oder wie wäre es mit einem Arbeitskreis „Wachstums-Kinetik“?

Ein anderes Thema, das wir in der DGKK zunehmend vermissen, ist die Epitaxie, die man ja doch wohl als ureigenstes DGKK-Thema bezeichnen kann. Bitte helfen Sie mit, die Mitglieder der Epitaxie-Arbeitsgruppen, die sich im Bereich der Festkörperphysik gebildet haben, stärker an die DGKK heranzuführen.

Dies sollte ja eigentlich gar nicht so schwierig sein, denn schließlich gibt es dazu einen mit über 100 Teilnehmern außerordentlich erfolgreichen DGKK-Arbeitskreis, mit Prof. Heime als Organisator und Kontaktperson.

Natürlich sollten wir auch unsere Kontakte zur Kristallographie weiter pflegen, wie zu Recht in der Jahreshauptversammlung angeregt wurde.

Hier muß man aber auch bedenken, daß die Kollegen sich in einer eigenen Gesellschaft (DGK) organisieren, die wesentlich mehr Mitglieder umfaßt als die DGKK.

Für die Vertiefung unserer Beziehungen zu den Kollegen in Polen und Japan hat ganz gewiß das hervorragend organisierte internationale Crystal Growth Meeting am IKZ in Berlin (19./20. 04. 99) beigetragen, wofür ich namens der DGKK auch an dieser Stelle nochmals den Berliner Kollegen meinen Dank aussprechen möchte. Mit solchen Veranstaltungen kann das IKZ durchaus dazu beitragen, seinen Ruf als ein europäisches Kompetenzzentrum der Kristallzüchtung aufzubauen.

Gerne möchte ich an dieser Stelle auch den von den Kristallzüchtungskollegen aus Polen an mich herangetragenen Vorschlag weitergeben, daß wir in naher Zukunft eine polnisch-deutsche Kristallzüchtungstagung durchführen sollten. Ich unterstütze diese Anregung sehr gern und würde mich über ein Zustandekommen sehr freuen.

Bedenken sollte man bei all diesen guten Anregungen allerdings immer: Kontakte werden von Menschen gepflegt; es wird also nur etwas daraus, wenn Sie als DGKK-Mitglieder auch selbst Ihre persönlichen Beziehungen in die genannten Richtungen pflegen und ausbauen. Laden Sie doch einfach Ihre Kollegen zu unseren Veranstaltungen ein und überreden Sie sie vielleicht sogar zu einem Beitrag!

Zum Schluß möchte ich mich im Namen des einhellig wiedergewählten alten/neuen DGKK-Vorstandes für das Vertrauen bedanken und Ihnen zusichern, daß ich mich auch gern weiterhin für die Belange der DGKK einsetzen möchte und Ihnen für jede Anregung dankbar bin.

Einen schönen und erfolgreichen Kristall-Sommer wünscht Ihnen

Ihr Georg Müller

2. Mitteilungen der DGKK

Protokoll der DGKK-Jahreshauptversammlung 1999

Ort: Woudschoten conference Centre Zeist
room 30
NL-Zeist

Zeit: Dienstag, 16. März 1999 ab 17.15 - 19.00 Uhr

Teilnehmer:

Aßmus, W.; Barz, R.; Behr, G.; Bitterlich, H.; Boschert, St.; Czupalla, M.; Dupre, K.; Fenzl, H.J.; Friedrich, J.; Ganschow, St.; Gille, P.; Grabmaier, Ch.; Graw, G.; Heime, K.; Hennig, C.; Hofmann, D.; Jakobs, K.; Jurisch, M.; Kießling, F.; Klapper, H.; Lauck, R.; Lommel, B.; Lüdge, A.; Meinhardt, J.; Mühlberg, M.; Müller, G.; Müller-Vogt, G.; Neubert, M.; Neumann, W.; Pankrath, R.; Ritter, F.; Rudolph, R.; Schätzle, P.; Seidl, A.; Schönherr, E.; Schweizer, M.; Teubner, Th.; Wolf, Th.; Walcher, H.; Wiedemann, B.; Woensdregt, C.; Wolf, Th..

Gäste:

Hendricks, Hintz, P.; St.; Stenzenberger, J. Tischer, B.; Wilk, H..

1. Begrüßung und Feststellung der Beschlußfähigkeit

Herr Müller begrüßt alle Teilnehmer der Versammlung und stellt fest, daß die Mitgliederversammlung mit 41 anwesenden Mitgliedern beschlußfähig ist. Er entschuldigt 3 Vorstandsmitglieder, die aus wichtigen Gründen nicht teilnehmen konnten: Herr Ackermann nimmt an der gleichzeitig stattfindenden Lasertagung teil, Herr von Ammon kann aus firmeninternen Gründen nicht kommen, und Herr Weinert nimmt an der Tagung Laser 2000 teil.

2. Bericht des Vorsitzenden

2.1. Einschätzung der Situation der Kristallzüchtung und des Kristallwachstums in D und weltweit

Auf *industriellem Gebiet* geht es der Kristallzüchtung, abgesehen von den einleitend erwähnten negativen Situation auf dem Silicium-Gebiet nicht schlechter als vor 1 Jahr. Wir sind auf dem besten Weg, neben Si auch bei GaAs (SI) mit FCM einen Weltmarktführer in Deutschland zu haben. Auch bei SiC gibt es eine positive Entwicklung, da 2 deutsche Firmen (Siemens, SiCrystal) massiv in den Weltmarkt einsteigen. Seitens der DGKK wird dieser Entwicklung Rechnung getragen. Der Arbeitskreis Verbindungshalbleiter wurde um das Material SiC erweitert. Auch auf dieser Tagung gibt es SiC-Beiträge. Wie von Herrn Ackermann gestern berichtet, gibt es bei den Oxyden einen Aufwärtstrend. FEE hat dabei auf Qualität und nicht auf Quantität gesetzt, was die richtige Entscheidung war, da sich die notwendigen Kristallmengen deutlich verringert haben. Bei den Fluoriden ist die Firma Schott dazugekommen.

Etwas zu kurz kommt die Epitaxie in der DGKK. Es gibt hier einen sehr aktiven Arbeitskreis unter Vorsitz von Herrn Heime, der bei der Jahreshauptversammlung dankenswerter Weise anwesend ist. Diesem Fachgebiet sollte sich die DGKK stärker widmen, zumal mit der Firma Aixtron auch ein Weltmarktführer in der DGKK vertreten ist.

Im Bereich der F + E Beteiligung der Forschungsinstitute und Universitäten ist die Situation nicht verbessert. Für erfolgreiche Projekte müssen Industriepartner vorhanden sein. Die geringe Unterstützung der Grundlagenforschung muß beklagt werden. Die DFG-Projekte sind zu stark (etwa im Verhältnis 3:1) überbucht. Die DGKK hat hier leider keine Lobby.

Im September 1998 fand die Einweihung des neuen IKZ Gebäudes in Berlin statt. Die DGKK gratuliert verbunden mit den besten Wünschen für Erfolge in der Zukunft.

2.2. Situation der DGKK

Die DGKK ist eine stabile Gesellschaft, unsere Mitgliederzahl ist stabil und sehr groß im Vergleich zu den Niederländern und Briten. Die Finanzsituation ist stabil im Plus. Die DGKK hat im Berichtszeitraum finanziell z.B. folgende Fachveranstaltungen unterstützt:

10th Int. School on Crystal Growth ISSCG 10, 1998, (Rimini)
DM 500

1st Int. School on Crystal Growth Technology ISCGT1, 1998, (Beatenberg)
DM 500

German-Japan-Poland Crystal Growth Meeting, 1999, (Berlin)
DM 1700

Symposium on Non-Stoichiometric III-V Compounds, 1998,
DM 500

Das *Mitteilungsblatt* erscheint zweimal jährlich, der Inhalt ist gleichbleibend gut. Dem Chefredakteur, Herrn Ritter, wird für seine Arbeit gedankt. An alle Mitglieder ergeht die Bitte, die Herausgeber mehr zu unterstützen und kleinere Pannen großzügiger zu betrachten.

Es gibt eine neue Homepage der DGKK. Diese soll zukünftig gegen Bezahlung gepflegt werden. Wir werden unser Mitgliederverzeichnis in die Homepage aufnehmen. Es sollen folgende Daten veröffentlicht werden:

Name
Arbeitsgebiet
Dienstanschrift
dienstliche Email Adresse
dienstliche Tel./Fax Nummer

Wer die Veröffentlichung dieser Daten nicht wünscht, kann dies durch Widerspruch erklären. Dieser muß schriftlich geäußert werden. Diese Position ist rechtlich gesichert durch die Satzung (§2). Wir haben uns dazu juristisch eingehend beraten lassen.

§2 der DGKK – Satzung:

Die DGKK verfolgt ausschließlich wissenschaftlich und unmittelbar gemeinnützige Zwecke, und zwar durch:

- 1) Förderung von Forschung, Lehre und Technologie auf dem Gebiet von Kristallwachstum und Kristallzüchtung
- 2) Informationen über Arbeiten und Ergebnisse durch Tagungen und Mitteilungen
- 3) Förderung wissenschaftlicher Kontakte unter den Mitgliedern und der Beziehungen zu anderen wissenschaftlichen Gesellschaften
- 4) Vertretung der Interessen der Mitglieder auf nationaler und internationaler Ebene im Sinne der Gemeinnützigkeit

Wer also in die DGKK eintritt, wünscht im Sinne der Satzung die Förderung von Kontakten mit geeigneten Maßnahmen, z.B. durch das veröffentlichte Mitgliederverzeichnis.

2.3. Tagungen mit DGKK-Beteiligung

BridGe 1999

Wir haben eine schöne Tagung zusammen mit den Niederländern und Großbritannien erlebt. Wir haben hier Themen gehört, die nicht so oft betrachtet werden. In den Niederlanden ist

die Massenkristallisation in der Kristallzüchtung verankert, bei uns in der Chemie. Auch die Beiträge über Wachstumskinetik waren sehr befruchtend. Herrn Müller-Vogt wurde als DGKK-Vertreter im Programmkomitee für seine Arbeit gedankt.

Crystal Growth Meeting Germany-Japan-Poland 19-20. April 1999 in Berlin

Hierzu ergeht nochmals die Einladung im Namen der Berliner Veranstalter.

Vorentscheidung für ICCG14 und ISSCG12 im Jahre 2004

Der IOCG lagen drei Bewerbungen vor: USA, D, F. Die Entscheidung mußte bei der Council Sitzung des IOCG im Juli 1998 in Jerusalem während der ICCG 12 getroffen werden. Die besten Aussichten hatten die USA, die nach der Reihenfolge EU – Asien – USA an der Reihe sein sollte. Einige Minuten vor der Abstimmung hat sich die DGKK-Delegation (W. Schröder, A. Lüdge, G. Müller) mit der Groupe Francais de Croissance Cristalline (GFCC) auf einen europäischen Vorschlag geeinigt. Dieser hat den Zuschlag mit 4:3 Stimmen erhalten. Nun mußten sich die Europäer einigen, wer die ICCG 14 ausrichtet und wer die ISSCG 12. Zunächst wollten weder Deutschland noch Frankreich auf die ICCG verzichten. Schließlich hat überzeugt, daß Frankreich seit ca. 30 Jahren keine ICCG mehr hatte. Damit gibt es nun folgende Entscheidung:

ICCG 14 2004 in Grenoble
ISSCG 12 2004 in Berlin

Dabei wurde zwischen den französischen und deutschen Repräsentanten vereinbart, daß die ICCG 14 in Grenoble und die ISSCG 12 in Berlin (Umgebung) im Sommer 2004 in unmittelbarer zeitlicher Folge veranstaltet werden sollten. Um den guten europäischen Geist – dem der Vorzug vor den amerikanischen Mitbewerbern (AACG) zu verdanken war – noch zu verstärken, wurde von beiden Teams vor Ort folgendes beschlossen: Bei beiden Veranstaltungen soll jeweils ein co-chairman bzw. Vizepräsident des jeweils anderen Landes mitwirken, also ein deutscher Kollege bei der ICCG 14, ein französischer bei der ISSCG 12.

Von der GFCC (B. Billia) wurde der Vorschlag gemacht, 2001/2002 eine gemeinsame Jahrestagung mit der GFCC in Deutschland durchzuführen, jedoch nicht zu weit von der französischen Grenze. Da Freiburg und Karlsruhe in jüngster Zeit die DGKK Tagung ausgerichtet haben, wurde Frankfurt/Main vorgeschlagen, was von der GFCC akzeptiert würde. Die Vorgespräche mit der GFCC könnten während der Jahrestagung 2000 in Erlangen durchgeführt werden. Dazu würden wir Dr. Billia und Dr. Duffar zu Vorträgen einladen.

DGKK-Jahrestagung 2000 in Erlangen

Erlangen ist bereit, die Tagung im März durchzuführen. G. Müller steht als chairman zur Verfügung. Im direkten Anschluß an die Tagung soll die Arbeitskreisveranstaltung "Herstellung und Charakterisierung von massiven Kristallen der Verbindungshalbleiter GaAs, InP und SiC" stattfinden.

Termin: 20. - 23. März 2000

Jahr 2001:

ICCG 13 in Kyoto
ISSCG 11 in Japan (Yokohama?)

Eine DGKK Jahrestagung in Deutschland wird vom Vorstand für März 2001 aus Kostengründen als sinnvoll erachtet, da die erforderliche Teilnehmerzahl wegen der DGKK Vorstandswahlen in Japan nicht erwartet werden kann. Diese Tagung könnte bereits zusammen mit den Franzosen durchgeführt werden, um die internationalen Tagungen langfristig vorzubereiten. Der Veranstaltungsort könnte, wie oben erwähnt, Frankfurt am Main sein.

Jahr 2002 / 2003:

Für die DGKK Jahrestagungen käme Freiberg in Frage, wo noch nie eine solche Tagung durchgeführt wurde, eventuell auch Idar-Oberstein.

Jahr 2004:

ICCG 14 in Grenoble, ISSCG-12 in Berlin

Jahr 2005:

Vorstandswahlen

Jahr 2007:

ICCG15 /ISSCG13 in den USA

2.4. DGKK – Preis

Der DGKK Preis kann alle 2 Jahre verliehen werden, er wurde jedoch bisher nur dreimal verliehen. Es ist schwer verständlich, daß es in Deutschland zum Thema "Kristallzüchtung und Kristallwachstum" keine Arbeiten geben soll, die für den DGKK Preis vorgeschlagen werden könnten! Es sollte auch eine hervorragende Promotion ausgezeichnet werden können.

Hiermit ergeht noch einmal der Aufruf, dem Preiskomitee (Jürgensen, Mühlberg, Wenzel) Vorschläge zur Preisverleihung einzu-reichen.

Weitere Preisvorschläge :

Prämierung des besten Posters auf DGKK-Tagungen

Prämierung des besten Vortrags von Vortragenden unter 30 Jahren

2.5. Kristallausstellung Deutsches Museum

Hier gab es einen Wasserschaden, der zur Beschädigung der Kristallausstellung geführt hat, wie von G. Müller-Vogt berichtet wurde. Vor 2 Monaten wurde von G. Müller mit dem Deutschen Museum Kontakt aufgenommen, es gab jedoch noch keine Antwort. Dieser Sache wird weiter nachgegangen.

2.6. Arbeitskreise

Zu Beginn der Amtszeit von G. Müller war der Arbeitskreis Oxidkristalle ein Sorgenkind. Dieser läuft nun aber sehr gut.

2.7. Schlußbemerkungen

Die Amtszeit des jetzigen DGKK Vorstandes endet am 31. 12. 1999. Der derzeitige Vorstand wird sich bemühen, zum Wohl der DGKK bis Jahresende weiter zu agieren.

Heute wird ein neuer Vorstand gewählt. Der jetzige Vorstand wird geschlossen für eine 2. Amtszeit kandidieren. Natürlich können auch andere Mitglieder vorgeschlagen werden. G. Müller bedankt sich bei dem Vorstand und den Mitgliedern für die gute Zusammenarbeit und erklärt, daß er die begonnenen Arbeiten gern in einer 2. Amtszeit fortführen würde.

Diskussion :

Es wurde gefragt, ob der DGKK Preis auf Mitglieder beschränkt wäre. Dies ist nicht der Fall, er soll bevorzugt an junge Wissenschaftler und Technologen verliehen werden.

3. Bericht des Schriftführers

Frau Lüdge berichtet über die Entwicklung der Mitgliederstärke im vergangenen Jahr, die relativ stabil ist.

Die DGKK hatte Ende 1998 417 Mitglieder, es gab im Jahr 1998 11 Neumitglieder und 13 Austritte.

4. Bericht des Schatzmeisters und der Rechnungsprüfer

Herr Müller-Vogt berichtet, daß die Finanzsituation der DGKK weiterhin stabil ist. Die Unterstützung einiger Tagungen und die Zuschüsse zur Tagungsteilnahme junger Mitglieder wurde durch den Überschuß der Tagung 1998 in Karlsruhe ausgeglichen. Die Kosten des Mitteilungsblattes konnten bei konstanten Werbeeinnahmen gesenkt werden. Die Situation bei der Zahlung der Mitgliedsbeiträge wird im kommenden Jahr wieder eine konzentrierte Aktion notwendig machen, um die Außenstände zu verringern. Herr Müller-Vogt erinnert die Mitglieder dringend an das Einzugsverfahren.

Die Kontostände zum Zeitpunkt der Kassenprüfung sind um die Einnahmen der Tagungsgebühren für die BriDGe-Tagung zu hoch, da diese erst nach dem Kassenprüfungstermin abgefließen sind. Daher sind zur Information in Klammern die um diese Summe verringerten Beträge aufgeführt, die den tatsächlichen Guthaben der DGKK entsprechen.

Frau Lommel hat im Namen der Kassenprüfer (Frau Bettina Lommel und Herr Dieter Hofmann) der Versammlung berichtet, daß die Kasse korrekt geführt wurde.

Kassenstand zum 25.2.99
(Beträge in Klammern abzüglich der Beiträge deutscher Teilnehmer der BriDGe-Tagung)

Postbankkonto:	16.901,15 DM
Sparkasse Karlsruhe:	47.749,43 DM (12.409,42 DM)
Festgeldeinlage:	46.000,00 DM
Gesamt:	110.650,58 DM (75.310,57 DM)

5. Entlastung des Vorstandes

Die Entlastung des Vorstandes erfolgt ohne Gegenstimmen.

6. Wahl des Vorstandes für die Zeit vom 1. 1. 2000 – 31. 12. 2001

Den Vorsitz zu diesem Tagesordnungspunkt übernahm M. Klapper. Jedes Vorstandsmitglied wird einzeln und geheim gewählt, die 3 Beisitzer im Block.

Ergebnis:

		Ja	Enth.	Nein	and. Vorsch.
Vorsitzender der DGKK	G. Müller	38	2	0	
Stellvertreter	L. Ackermann	35	4	0	H. Klapper
Schriftführer	A. Lüdge	39	1	0	
Schatzmeister	G. Müller-Vogt	36	1	0	2 H. Klapper 1 M. Mühlberg
Beisitzer	B. Weinert	30			
	H. Walcher	39			
	W. v. Ammon	31			
	H. Klapper	5			
	M. Mühlberg	4			
	W. Aßmus	2			
	R. Rudolph	2			
	K. Dupré	2			
	M. Jurisch	2			
	W. Neumann	1			
	F. Ritter	1			
	D. Hofmann	1			

Damit ist der "alte" Vorstand vollständig wiedergewählt. Alle gewählten Vorstandsmitglieder haben die Wahl angenommen.

7. Diskussion über Tagungen und Symposien

2000 Erlangen 20-23.3.2000
2001 Frankfurt DGKK + GFCC
2002 Freiberg
2003 Berlin DGKK + DGK (Humboldt-Uni + IKZ)
2004 Berlin ISSCG12

8. Entscheidung über die Mitgliederversammlung der DGKK 2000

Erlangen 20.-23.3.2000, danach Arbeitskreis GaAs, InP, SiC
Abstimmung: 40 Ja-Stimmen, keine Gegenstimme,
keine Enthaltung.

9. Diskussion über die DGKK-Arbeitskreise

Arbeitskreis Epitaxie von III-V Halbleitern (Prof. Heime) (siehe homepage Heime, auch ausführlichen Bericht in diesem Blatt):

Es gibt etwa 100 Mitglieder. Der Arbeitskreis tagt einmal jährlich (2 halbe Tage).

1998 fand der Arbeitskreis in Braunschweig mit 120 Teilnehmern, 51 Vorträgen und 21 Firmen-Ausstellern statt.

Themen waren: Metallorganische Kristallisation, Charakterisierung, Übergitter und alternative Quellen der MOVPE und Hetero-Epitaxie III-V auf Si.

Es war eine gelungene Tagung, es gab auch einen Empfang in Braunschweig. Der Arbeitskreis tagt wieder am 8/9.12 1999 in Stuttgart im MPI (siehe Internet-Informationen).

II-VI Halbleiter (Dr. G. Müller-Vogt)

Es hat im Juni 1998 ein Symposium im Rahmen der EMRS Tagung in Straßburg stattgefunden mit dem Titel: Growth, Characterisation, and Application of Bulk II-VIs. Die Proceedings sind im Journal of Crystal Growth veröffentlicht. Die Wissenschaftler, die sich mit diesem Thema beschäftigen, sind auch in der DGKK nicht zahlreich vertreten. Trotz der Tatsache, daß moderne Trends in der Materialwissenschaft sich dem Schichtwachstum, den Quantumwells, -drähten und -dots oder Nanostrukturen zuwenden, haben an diesem Symposium 60 Teilnehmer aus 17 Nationen mit 32 Vorträgen und 33 Postern teilgenommen. Quecksilber-Cadmium-Tellurid als Schmalbandmaterial hat seine Stellung in der Produktion und der erreichbaren Qualität ausgebaut. Die Breitbandvertreter haben wohl die Schlacht um die blaue Diode und den Festkörperlaser gegen die III-V-Verbindung GaN verloren, obwohl die Homoepitaxie auf Qualitätssubstraten von ZnSe noch erwartungsvoll mit ansprechenden Ergebnissen ankommt. CdTe gilt weiterhin erfolgversprechend als Gammadetektormaterial, besonders seit der Erfolge der Hochdruck- und der Gasphasenzüchtung. Die photorefractiven Eigenschaften dieser Verbindung sind besser verstanden und vielversprechend verglichen mit III-V-Verbindungen. Zu guter Letzt sind CdTe/CdS-Solarzellen auf dem Wege zur kommerziellen Produktion. In Europa soll ein Werk innerhalb der nächsten zwei Jahre entstehen mit einer Kapazität von 10 MW/Jahr zum Preis von etwa 1 Euro/Watt.

Die Forschung wendet sich von reiner Grundlagenforschung produktions- und qualitätsbegründeten Fragestellungen zu. Gesucht sind vor allem Methoden der Qualitätscharakterisierung. Allerdings ist die Anzahl der Wissenschaftler auf dem Gebiet der II-VI-Materialien in Deutschland nicht sehr groß. Dies Arbeitsfeld wird weitgehend von der Schichtherstellung in der Hand von meistens Physikern außerhalb der DGKK geprägt.

III-V Halbleiter (Prof. G. Müller)

Der Arbeitskreis tagt regelmäßig zweimal jährlich. Das Material SiC wurde neu aufgenommen. Am 20. März ist das nächste Meeting.

Röntgentopographie (Prof. H. Klapper): Der Arbeitskreis tagt in geraden Jahren. 1998 fand er in Durham (England) mit 110 Teilnehmern statt. 2000 wird er in Warschau stattfinden. Ankündigungen wird es im Mitteilungsblatt und im Internet geben. Der AK der DGK wird zusammen mit dem der DGKK im Schloß Smolinice tagen. Themen sind Röntgencharakterisierung von dünnen Schichten und Oberflächen. Die Organisation hat Prof. Pietsch in Potsdam übernommen.

Kristalle für Laser und Nichtlineare Optik. (Dr. K Dupré)

Dieser Arbeitskreis tagte seit 4 Jahren das erste Mal wieder am 24.9.98 in Bonn. Es gab 30 Teilnehmer (D, CH, A) zu den Themen Kristallzüchtung von Rubin, Konvektion in Schmelzen, Charakterisierung der Einkristalle (optisch, NLO) und Züchtung von YLF und LiSAF.

Das nächste Treffen findet Ende September 1999 in Köln statt, der Ansprechpartner ist M. Mühlberg.

Es ist negativ, daß es keine Förderung vom BMBF für die Einkristallzüchtung mehr geben wird. Förderungen können nur noch zusammen mit Lasergruppen erfolgen.

Intermetallische Systeme (Dr. G. Behr)

Im Oktober 1998 fand in Dresden das 2. Treffen des Arbeitskreises statt. Darüber wurde im Nov. 98 im Mitteilungsblatt berichtet. Themen waren: Übergangsmetalle, Konvektion in der Schmelze, Quasikristalle. Der Arbeitskreis vereinigt Gruppen vom IFW Dresden, Uni Frankfurt und MPI Dresden.

Das nächste Treffen soll im Oktober 1999 in Frankfurt/Main stattfinden.

10. Verschiedenes

Herr F. Ritter bemängelte, daß es bei den Mitgliedern keine Bereitschaft zur Berichterstattung von der BriDGe Tagung gegeben hat. Vielmehr haben sich einige regelrecht versteckt. Da nur ein kleiner Teil der Mitglieder an der Tagung teilgenommen hat, wäre eine Berichterstattung doch sehr wichtig. Herr G. Müller hat die anwesenden Mitglieder gefragt, ob sie derartige Berichte für wichtig halten. Da dies bejaht wurde, wurde noch einmal um freiwillige Übernahme solcher Arbeiten gebeten.

Herr M. Mühlberg hat den Vorschlag gemacht, darüber zu diskutieren, ob zukünftig die DGKK - Tagungen immer mit den DGK-Tagungen zusammen durchgeführt werden sollten. Diese Anregung soll zukünftig diskutiert werden.

Weiterhin kam die Anregung (von den Niederländern und den Franzosen), ob auch auf europäischer Ebene ein Dachverband für die Kristallzüchtung gebildet werden sollte. Man sollte einfach überlegen, ob ein solcher Verband wichtig sein könnte, wenn in Brüssel Materialaspekte besprochen werden. Die Diskussion soll fortgeführt werden.

Herr H. Klapper hat der Mitgliederversammlung Grüße von Herrn Lacmann, einem der dienstältesten Mitgliedern der DGKK überbracht. Herr Lacmann hat leider kürzlich einen Schlaganfall erlitten und kann im Moment nur noch eine Hand bewegen. Sein Schicksal hat die Mitglieder tief bewegt, wir wünschen ihm, daß sich die Auswirkungen des Schlaganfalls mildern mögen.

Schriftführerin der DGKK

Anke Lüdge

Für Forschung und Produktion

EINKRISTALLE

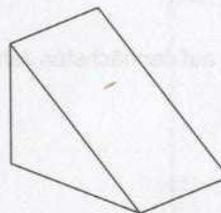
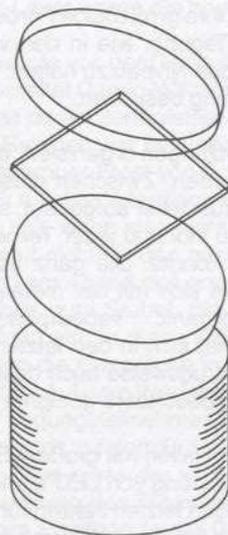
aus

METALL - LEGIERUNGEN - HALBLEITER
VERBINDUNGEN - OXIDE - HALOGENIDE

FENSTER - LINSEN - PRISMEN

SUBSTRATE - WAFER - STÄBE

Random - orientiert - präpariert



Präzisionskugeln
Halbzeug (blanks)
Rohkristalle (boules)

Sputtertargets
Seltene Erden

KRISTALLHANDEL KELPIN



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

Preis der DGKK

Leider hat der Aufruf im MB Nr. 68 (Nov. 1998), Vorschläge für die Verleihung des **Preises der DGKK** einzureichen, nur solch eine geringe Resonanz gefunden, daß das Preiskollegium keinen Preisvorschlag unterbreiten konnte.

Die Diskussion über den Preis der DGKK auf der letzten Jahreshauptversammlung in Zeist/NL hat aber gezeigt, daß viele hervorragende Arbeiten auf dem Gebiet der Kristallzüchtung und des Kristallwachstums geleistet werden. Es fehlt offenbar nur an der Aktivierungsenergie, entsprechende, begründete Vorschläge einzureichen.

Deshalb:

Wir rufen alle DGKK-Mitglieder nochmals und eindringlich auf, preiswürdige Vorschläge einzureichen, die entsprechend der Satzung der DGKK sich bevorzugt auf jüngere Wissenschaftler und Technologen beziehen. Besondere wissenschaftliche und technische Leistungen auf dem Gebiet des Kristallwachstums und der Kristallzüchtung sollen anerkannt werden. Durch die Preisvergabe soll noch stärker nach außen auf die Bedeutung dieses Wissenschaftsgebietes hingewiesen werden.

Die vollständigen Konditionen für die Preisvergabe sind im Pkt. VII (Anhang) der Satzung der DGKK enthalten, die sich im Mitgliederverzeichnis der DGKK befindet.

Die begründeten Vorschläge sollten bis zum 31. 10. 1999 an eines der aufgeführten Mitglieder des Preiskollegiums gerichtet werden.

Dr. Holger Jürgensen
AIXTRON AG
Kackertstr. 15-17
D-52072 Aachen
Tel.: 0241/89090; FAX: 0241/890940
E-mail: juer@aixtron.com

Prof. Dr. Manfred Mühlberg
Institut für Kristallographie
der Universität zu Köln
Zülpicher Str. 49b
D-50674 Köln
Tel.: 0221/470-4420; FAX: 0221/470-4963
E-mail: M.Muehlberg@kri.uni-koeln.de

Prof. Dr. Helmut Wenzl
Institut für Festkörperforschung
Forschungszentrum Jülich
D-52425 Jülich
Tel.: 02461/616664; FAX: 02461/613916
E-mail: h.wenzl@fz-juelich.de

Dem Preisträger wird ein Hauptvortrag auf der nächsten Jahrestagung eingeräumt.

Die DGKK im Internet

Die Präsentation der DGKK im Internet soll intensiviert werden und wird von Herrn H. Walcher aus Freiburg koordiniert.

Die WEB-Seite unserer Gesellschaft ist am IKZ in Berlin angesiedelt und wird dort von Frau S. Bergmann betreut.

Ein "Anklicken" und "Ausprobieren" dieser Seite wird dringend empfohlen. Das Medium Internet eignet sich besonders zur Versorgung unserer Mitglieder mit aktuellen Informationen.

Beispielsweise ist der Tagungskalender dort besonders angenehm zu bedienen, da er direkten Zugriff auf die den einzelnen Tagungen zugeordneten E-Mail-Adressen und WEB-Seiten bietet.

**Besuchen Sie die Internet-Seite der DGKK!
Dort finden Sie Links auf alle interessanten
Internet-Angebote unserer Gesellschaft.
Hier nochmals die Adresse:**

<http://www.ikz-berlin.de/~dgkk>

3. Berichte aus den Arbeitskreisen

"Epitaxie von III/V-Halbleitern"

Am 08. und 09. Dezember 1998 fand in Braunschweig der 13. Workshop des DGKK-Arbeitskreises zur Epitaxie von III/V-Halbleitern statt. Wie es bei dieser Veranstaltung bereits Tradition ist, wurde der Vormittag des ersten Tages zur Anreise verwendet, so daß der Nachmittag sowie in diesem Fall fast der gesamte zweite Tag bis um 15.00 Uhr für die Vorträge zur Verfügung standen. Diese gegenüber den Vorgängern etwas längere Tagung war notwendig geworden, weil insgesamt 120 Teilnehmer die Tagung besuchten und insgesamt 51 Beiträge geboten wurden. Es ist ebenfalls Tradition bei diesem Workshop, daß die Betonung auf einem Austausch an Informationen liegt, so daß auch genügend Platz für Diskussionen, sei es im Anschluß an die Beiträge, sei es auch informell, gegeben ist. Zudem boten viele Vorträge Detailinformationen, die für den Spezialisten außerordentlich wertvoll waren, auf sonstigen Tagungen aber meistens nicht mitgeteilt werden. Für jeden der Beiträge waren 15 Minuten vorgesehen. Es sei direkt zu Beginn festgehalten, daß in der Tat hinreichend Gelegenheit zu Diskussionen war. Es war weiterhin sehr erfreulich, daß sich insgesamt 21 Firmen mit Ständen an einer begleitenden Ausstellung beteiligten. Durch die Teilnahme der Firmen und insbesondere auch durch ihre großzügige Förderung war es möglich, den Beitrag zu der Tagung, wie in den vergangenen Jahren, auf einem sehr niedrigen Niveau zu halten. Damit konnten auch Studierende die Tagung besuchen.

Die Vorträge waren in zehn Sitzungen organisiert, die parallel in zwei Hörsälen abgehalten wurden. Zwischen diesen Hörsälen waren die Stände der Firmenaussteller aufgebaut, so daß schon beim Wechsel von Hörsaal zu Hörsaal jeder Teilnehmer einen Blick auf die Stände werfen konnte. Die ganz überwiegende Mehrzahl der Beiträge befaßte sich mit der metallorganischen Gasphasenepitaxie (metalorganic vapourphase epitaxy, MOVPE). Dieses Verfahren hat sich in den letzten Jahren auf breiter Front durchgesetzt, vorzugsweise auch deshalb, weil es für die industrielle Anwendung besonders geeignet ist.

In zwei Sitzungen wurden Materialien mit großem Bandabstand behandelt, die durch die Entwicklung von LED's und Lasern auf der Basis von Galliumnitrid in den letzten Jahren für besonderes Aufsehen gesorgt haben. Auch bei dieser Tagung standen Bauelemente und Zuarbeiten zu ihrer Realisierung im Vordergrund. Es wurden aber auch Substratfragen behandelt, wie etwa Silizium als Alternative zu dem weit verbreiteten Saphir oder auch die Anwendungen von breitbandigen Halbleitern in der Elektronik.

Von gleichem Umfang waren die Beiträge, die sich mit der Charakterisierung von epitaktischen Schichten befaßten. Hier wurde der Einfluß der Wachstumsbedingungen diskutiert, welche

Homogenität über den Wafer erreicht werden konnte oder auch welche optischen Verfahren zur Charakterisierung eingesetzt werden können.

Der dritte große Block schließlich widmete sich niederdimensionalen Systemen. Hier steht naturgemäß die Herstellung und Charakterisierung von Quantenpunkten im Vordergrund, die eine möglichst homogene Größenverteilung haben sollen. Hier ist das Ziel der Bau leistungsfähiger Laser. Es wurden aber auch die mehr traditionellen Übergitter diskutiert, z.T. mit dem Ziel von Quantenkaskadenlasern, die als Strahlungsquelle für das Infrarot- in letzter Zeit in besonderem Maße Beachtung gefunden haben.

Eine weitere Sitzung war den alternativen Quellen für die MOVPE gewidmet. Der Hauptantrieb, nach neuen Quellenmaterialien zu suchen, liegt darin, daß die gemeinhin bei der MOVPE genutzten Gase ein erhebliches Gefahrenpotential bieten. Dieses möchte man reduzieren.

Schon seit vielen Jahren sind Bestrebungen im Gange, Optoelektronik und Elektronik durch die Heteroepitaxie sehr ungleicher Materialien zu verbinden, beispielsweise III/V-Halbleiter auf Silizium. Auch diesem Thema wurden einige Beiträge in einer weiteren Sitzung gewidmet, wobei thematisch relativ eng damit verbunden das Ordnungsverhalten der Epitaxie von Legierungen des Typs InGaP vorgestellt wurde.

Wenn man an Anwendungen von Halbleitern denkt, dann ist die Frage der Dotierung eine Problematik, die von höchstem Interesse ist. Erst durch geeignete Dotierungsverfahren konnten ja die blauen Lichtquellen überhaupt realisiert werden. Daher waren bei diesem Workshop auch die Frage der Dotierung von epitaktischen Schichten, die Optimierung von Dotierstoffprofilen oder der Einfluß von Dotierstoffen auf die Anpassung von Substrat und darauf gewachsener epitaktischer Schicht der Gegenstand einer Reihe von Vorträgen.

Schließlich wurden Bauelemente in einer weiteren Sitzung vorgestellt. Hochleistungslaser in Barrenform sowie oberflächenemittierende Laser waren die herausragenden Komponenten.

Die Tagung wurde von dem Institut für Halbleitertechnik der Technischen Universität Carolo-Wilhelmina, Braunschweig, in Zusammenarbeit mit deren Zentralstelle für Weiterbildung organisiert. Der äußere Rahmen war einerseits sehr attraktiv, weil die Stadt im ersten Dezember-Frost von Schnee bedeckt einen einladenden Eindruck machte. Allerdings war es andererseits manchmal ungemütlich kalt, wenn man nicht die rechte Winterkleidung anhatte. Dies galt nicht für den gesellschaftlichen Höhepunkt der Tagung, denn am Abend des ersten Tages lud die Stadt Braunschweig in ihre „gute Stube“, die Dornse im Altstadtrathaus, zu einem Empfang ein. In diesem Saal mit mittelalterlichem Charakter konnten die Gespräche in ungezwungener Form weitergeführt werden. Auf dem Weg von der Tagungsstätte zur Dornse konnten die Tagungsteilnehmer den größten Weihnachtsmarkt Norddeutschlands auf dem Burgplatz besuchen, der vor der verschneiten Kulisse eines der schönsten deutschen Plätze stattfand. Zum Ausklang des Tages trafen sich viele Tagungsteilnehmer nach dem Empfang in der Dornse schließlich noch in den Gewölben der Gaststätte „Stechinelli“, die seit 1351 Schankrecht besitzt. So konnten die Teilnehmer nicht nur Erinnerungen an Schnee und Frost, sondern auch an gemütliche Plätze einer traditionsreichen Stadt mit nach Hause nehmen.

A. Schlachetzki

Im Namen des DGKK-Arbeitskreises möchte ich Herrn Prof. Dr. Schlachetzki und allen seinen Mitarbeitern, vor allem Herrn Dr. Wehmann, sehr herzlich danken für die ausgezeichnete Vorbereitung der Tagung (nicht zuletzt die hervorragende Präsentation im Internet) und ihre Durchführung. Es war eine rundum gelungene Veranstaltung, wie es die große Zahl an Teilnehmern und Beiträgen auch gezeigt hat.

Die diesjährige Tagung wird dankenswerterweise von Herrn Dr. F. Scholz, Universität Stuttgart (Email: f.scholz@physik.uni-stuttgart.de) ausgerichtet. Termin wird wieder Anfang Dezember 1999 sein. Der Ort wird noch bekannt gegeben.

K. Heime

“Kristalle für Laser und Nichtlineare Optik”

Die nächste Arbeitskreistagung ist für den 30. 09. / 01. 10. 1999 in Köln geplant.

Alle Interessenten sind herzlich eingeladen.

Vorträge und Diskussionsbeiträge sind erwünscht und können ab sofort (bis Ende Juli 99) angemeldet werden.

Ansprechpartner: Prof. Dr. Manfred Mühlberg
Universität zu Köln
Institut für Kristallographie
Zülpicher Str. 49b
50674 Köln
Tel.: 0221/470-4420
FAX: 0221/470-4963
E-Mail: M. Muehlberg@kri.uni-koeln.de

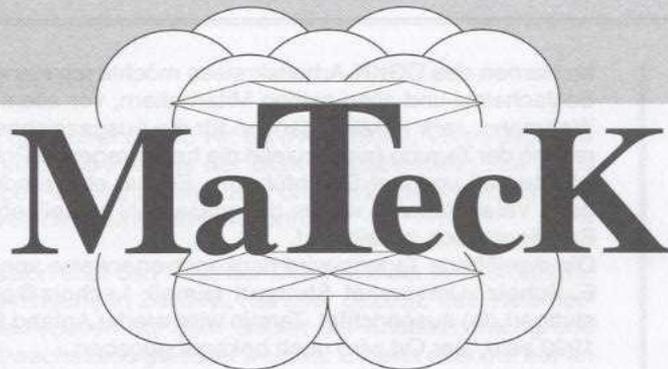
Hotelreservierung: <http://www.koeln.de/hrs.html>
<http://www.koeln.de/amttourismus.html>

Nähere Informationen sind ab Anfang Mai unter http://www.uni-koeln.de/math-nat-fak/kristall/ak_oxid99.html bzw. auf der Homepage der DGKK zu erhalten.

Ihre Teilnahme sollten Sie bis zum 31.08.1999 bestätigen.

gez. Dr. L. Ackermann
Prof. Dr. M. Mühlberg





MaTecK

Im Langenbroich 20
D-52428 Jülich

Telefon: 02461 - 9352 0
Telefax: 02461 - 9352 11

e-mail: Mateck.Schlich @ T-Online.De
<http://www.mateck.de>

Unser Leistungsangebot:

- Kristallzüchtungen von Metallen und deren Legierungen
- Kristallpräparation (Formgebung, Polieren und Orientieren)
- Reinstmaterialien (99,9 - 99,9999 %)
- Substrate, Wafer, Targets (SrTiO₃, MgO, YSZ, NdGaO₃, Al₂O₃, etc)
- Auftragsforschung für Werkstoffe und Kristalle

Material-Technologie



Kristalle

für **FORSCHUNG, ENTWICKLUNG und PRODUKTION**

Wir sind weltweit am internationalen Markt als OEM-Zulieferer der Laser-, Präzisionsoptik, Beleuchtungs- und Lichttechnik tätig.

- Plan- und Keilplatten
- Prismen, Linsen
- Laserstäbe, Laseroptik
- Laserkeramik, tech. Keramik
- Laserkristalle, Kristalloptik
- Saphir-, Quarzoptik
- Coatings, Filter, Spiegel
- Glastechnik
- Materialien

Internet <http://www.keramik.de/frank-optic-products>

consulting

FRANK OPTIC PRODUCTS

Materials
Components
Systems

FRANK OPTIC PRODUCTS

Lange Lemppen 9

D-89075 Ulm

Phone +49 (0)7 31/55 49-75

Fax +49 (0)7 31/55 49-77

Wir stellen aus: Laser 99 München, Halle B 1, Stand B 1.344

4. Kristallzüchtung in Deutschland

DAS VCZ-VERFAHREN – eine Technologie zum Ziehen defektarmer GaAs- und anderer III-V-Kristalle großen Durchmessers

M. Neubert, P. Rudolph
Institut für Kristallzüchtung Berlin, Rudower Chaussee 6,
12489 Berlin

1. Einleitung

Von 1995 bis 1998 führte die Arbeitsgruppe Czochralski-Halbleiter des IKZ Berlin im Rahmen eines BMBF-Förderprojektes (01 BM 501) Untersuchungen zur Züchtung versetzungsreduzierter semisolierender (SI) Czochralski-GaAs-Kristalle mit Durchmessern bis zu 100 mm (4 Zoll) durch. Die Kristalle wurden mit einem modifizierten LEC-Verfahren (Liquid-Encapsulated-Czochralski), dem sogenannten Vapour-Pressure-Controlled-Czochralski (VCz) durchgeführt. Die Arbeiten dazu erfolgten an zwei, auch im Industriemaßstab eingesetzten, Czochralski-Hochdruckanlagen: LPA Mark 3 (La Physique Appliquee Industries, France) für 3-Zoll- sowie CI 358 (Cambridge Instruments, UK) für 4-Zoll-Kristalle.

Bekanntlich wird beim konventionellen LEC-Verfahren der Kristall (je nach Durchmesser) in relativ hohen axialen und radialen Temperaturgradienten gezogen. Dabei auftretende Nichtlinearitäten des Temperaturfeldes führen zu thermisch induzierten Spannungen im Kristall. Dadurch wiederum werden relativ hohe Versetzungsdichten erzeugt. Für Kristalldurchmesser von 4-Zoll liegen diese typischerweise um $5-7 \times 10^4$, für 6-Zoll-Kristalle um $1-2 \times 10^5 \text{ cm}^{-2}$. Außerdem sind sie durch eine inhomogene radiale Verteilung (W-Form) gekennzeichnet [1]. Eine Reduzierung der Versetzungsdichte ist an eine Linearisierung des Temperaturfeldes gekoppelt [2], was in „nullter“ Näherung durch eine Verringerung der Temperaturgradienten erreicht werden kann. Gedanklich liegt es nahe, einen solchen Zustand beim Czochralski-Verfahren durch das Anbringen eines Nachheizers um den wachsenden Kristall zu erzeugen. In praxi jedoch würde eine solche Maßnahme bei Verbindungshalbleitern zur Dissoziation der heißen Kristalloberfläche und Abdampfung der flüchtigen V-Komponente (z.B. Arsen) führen (ein GaAs-Kristall, der in einem Temperaturgradienten von 25 K cm^{-1} gezogen wird, hat oberhalb einer 15 mm-dicken Abdeckschmelze noch eine Temperatur von ca. 1200 °C und das Arsen einen Partialdampfdruck von ca. 0,3 bar. Beim konventionellen LEC-Verfahren würde das zu massiven Rückschmelzerscheinungen an der Kristalloberfläche führen, bei geringeren Dampfdrücken noch zu versetzungsinduzierenden Ga-Tröpfchen, die zudem durch einen travelling-solvent-Mechanismus in den Kristall eindringen und ihn unverwertbar machen [3].

Hier setzt die VCz-Methode [4] an. Seit Ende der 80-er Jahre wird vor allem von zwei japanischen Firmen daran gearbeitet: Sumitomo Electric Industries Co. [5] und Japan Energy Co. [6]. Beide Produzenten beherrschen heute die Züchtung von VCz-GaAs-Kristallen mit Durchmessern bis zu 6-Zoll (Sumitomo) sowie die von VCz-InP-Kristallen bis zu 3-Zoll (Japan Energy und Sumitomo). Letztere werden bereits auf dem Markt angeboten.

2. Das VCz - Prinzip und dessen Umsetzung im IKZ

Um die heiße Kristalloberfläche vor oben beschriebener Dissoziation zu schützen, wird der Kristall innerhalb eines zusätzlichen, nahezu dichten, Gefäßes gezogen. Über die Temperatur einer Quelle aus reinem Arsen kann nun in diesem Gefäß ein bestimmter Arsenpartialdruck eingestellt werden. Damit erreicht man, daß

der Kristall (feste Phase) im Gleichgewicht mit der ihn umgebenden Gasphase wächst und das Ausdampfen des Arsens unterbleibt. Begünstigend wirkt sich hier noch aus, daß der, einer bestimmten Temperatur zugeordnete, Arsenpartialdruck um bis zu zwei Größenordnungen variieren kann (vgl. typische p-T-Phasendiagramme von Verbindungshalbleitern). Das Prinzip des LEC-Verfahrens wie Abdeckung der Schmelze mit B_2O_3 und Inertgasgedruck wird also beibehalten. Beim VCz-Verfahren geht es nur um die Stabilisierung der festen Phase. Schematisch ist eine solche VCz-Apparatur in Abb. 1 dargestellt.

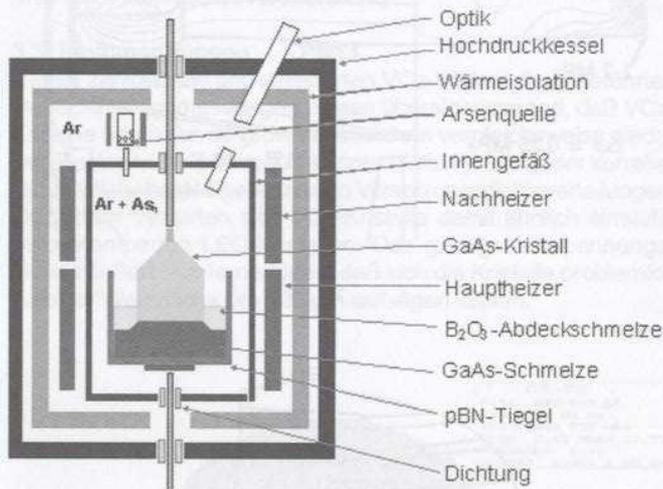


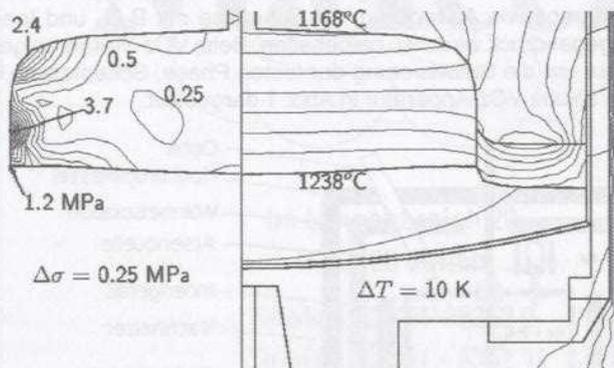
Bild 1: Prinzipskizze des VCz-Verfahrens

Besonders anspruchsvoll sind, wie leicht einzusehen ist, Konstruktion und Ausführung der Durchführungen für Translations- und Rotationsbewegungen sowie der Kristallwägung in das VCz-Gefäß. Erprobt wurden sowohl Flüssig- (B_2O_3) als auch mechanische Dichtungen wobei sich letztere als vorteilhafter erwiesen. Ein speziell am IKZ entwickelter Verschluss (Patenterteilung DE 196 04 027 C1) ermöglichte zusätzlich einen Inertgas-Druckausgleich während des Aufheiz- und Abkühlvorganges.

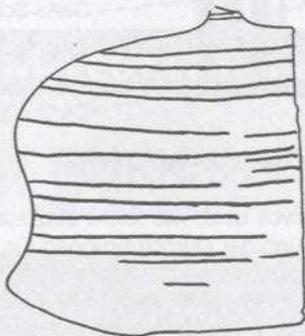
Die Forderung nach der Linearisierung des Temperaturfeldes im wachsenden Kristall ist gleichbedeutend mit der Erzielung eines möglichst axialen Wärmetransportes im Kristall sowie dem gesamten Ofen. Als entscheidender Schritt in diese Richtung erwies sich die Wahl der Wärmeisolation in der Apparatur. Mit der Verwendung sog. CBCF Hartfilze gelang es, den radialen Wärmetransport sowie den zum Boden hin gerichteten axialen nahezu zu unterbinden. Dadurch wird die Wärme hauptsächlich unterhalb des Kristalls über Tiegelboden und Schmelze eingekoppelt und nach oben über den Kristall und die Gasphase abgeführt. Sowohl die radiale Durchbiegung der Isothermen im Kristall, als auch die Durchbiegung der Phasengrenze konnten drastisch reduziert, konkave Anteile weitestgehend eliminiert werden.

Unterstützt wurden diese Arbeiten durch die globale Simulation des Temperaturfeldes in der Anlage. Verwendung fand das an der Universität Erlangen in der Gruppe von Prof. G. Müller entwickelte Programm CrysVUN++ [7]. Abb. 2a zeigt als ein Endergebnis der Optimierungsarbeiten die simulierte Form der Phasengrenze, die Verläufe der Isothermen sowie daraus berechnete von-Mises-Spannungen in einem 4-Zoll VCz-GaAs-Kristall. Der Kristall ist im größten Teil seines Volumens sehr homogen verspannt. Die axialen und radialen Spannungswerte liegen an der Phasengrenze um bis zu ca. eine Größenordnung unter denen, die für typische LEC-Kristalle berechnet werden. Der berechnete Verlauf der Phasengrenze konnte mit striation-Analysen experimentell bestätigt werden (Abb. 2b). Aus Abb. 2a liest man weiterhin ab, daß der Temperaturgradient in der Kristallachse auf

ca. 20 K cm^{-1} reduziert worden und annähernd konstant ist. Aus diesem Grunde mußten die Ziehgeschwindigkeiten gegenüber dem LEC-Verfahren vermindert werden (auf ca. 5 mm/h), um der Gefahr einer konstituellen Unterkühlung bei nichtstöchiometrischer Schmelze bzw. Dotierung derselben vorzubeugen.



a



b

Bild 2: Modellierter Isothermen- und von-Mises-Spannungsverläufe in einem 4-Zoll VCz-Kristall (a) und experimentell durch Striationstechnik (Te-Dotierung) sichtbar gemachter Verlauf der Phasengrenze (b)

Die theoretisch gewonnenen Erkenntnisse prägten sich nach ihrer praktischen Umsetzung erwartungsgemäß in deutlich verringerten Versetzungsdichten der VCz-Kristalle sowie homogenerer Verteilung vieler ihrer Eigenschaften wieder.

3. Charakterisierung von semiisolierenden VCz-GaAs-Kristallen

3.1. Äußeres Erscheinungsbild

VCz-Kristalle sind äußerlich dadurch zu erkennen, daß ihre Oberfläche spiegelnd ist (vgl. Abb. 3 sowie Titelbild).

Dies ist ein Beweis dafür, daß während des gesamten Wachstumsvorganges das thermodynamische Gleichgewicht zwischen Kristallobersfläche und umgebender Gasphase durch die As-Zusatzquelle aufrechterhalten wurde. Die Kristalle weisen keinerlei Spuren von Ga-reichen Tröpfchen auf dem Mantel bzw. unter der Oberfläche auf. Eine solche Qualität führt zu einer höheren Ausbeute pro Wafer gegenüber konventionellen LEC-Kristallen.

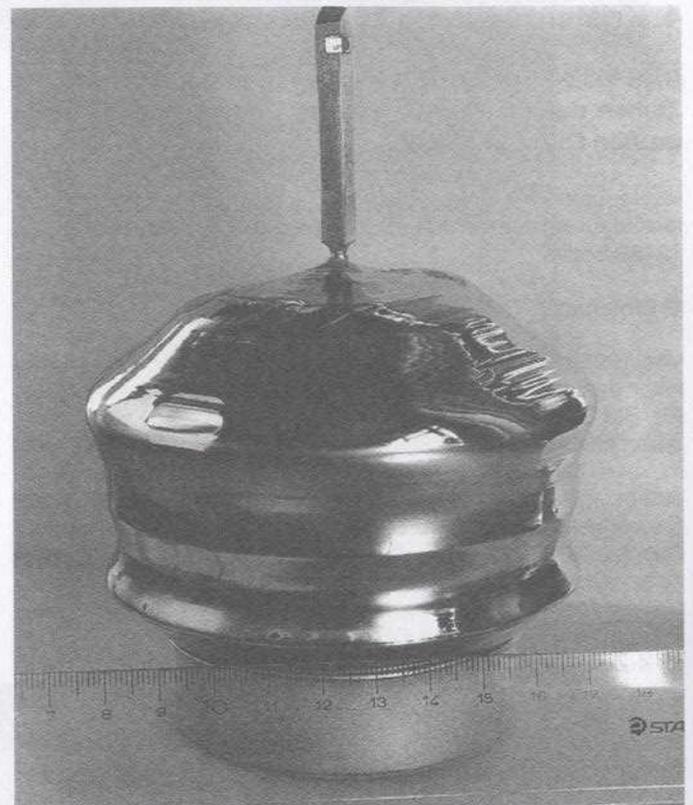


Bild 3: 4-Zoll VCz-Kristall mit glänzender Oberfläche

3.2. Versetzungsanalyse

In Abb. 4 sind einige typische radiale EPD-Verläufe für 4-Zoll (SI) VCz-GaAs-Kristalle dargestellt. Im Gegensatz zu Darstellung der Versetzungsdichteverteilung (Abb. 5).

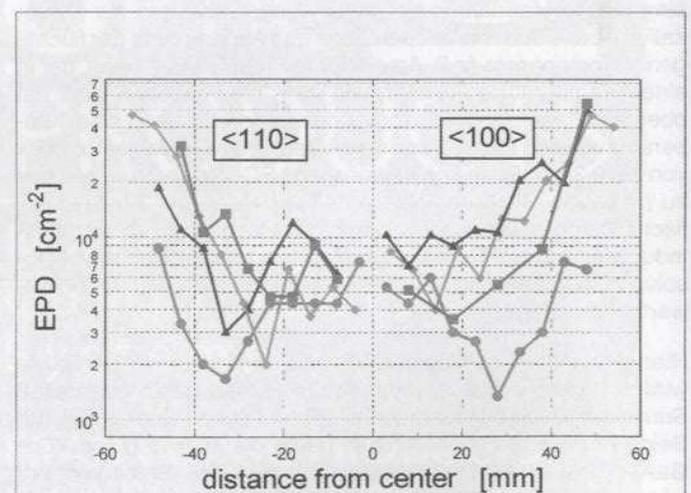


Bild 4: Radiale EPD-Verteilung in 4-Zoll VCz-Kristallen

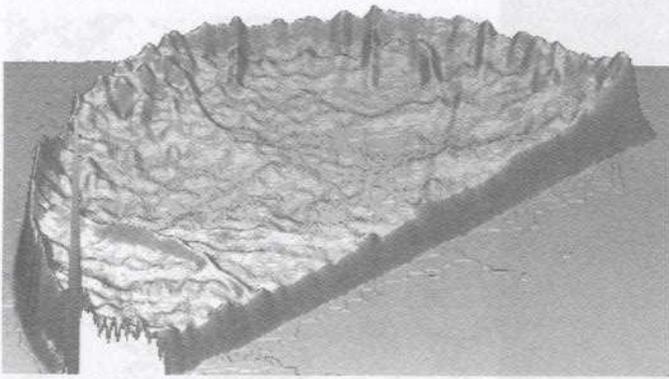


Bild 5: Optisches Mapping der Versetzungsdichte an spiegelnd reflektierenden Ätzgruben nach [8]

Über die meiste Waferfläche ist die Versetzungsdichte sehr homogen verteilt, nur im Randgebiet steigt sie steil an. Im Kerngebiet beträgt die mittlere Versetzungsdichte um $5 \cdot 10^3 \text{ cm}^{-2}$, was einer Senkung um ca. eine Größenordnung gegenüber konventionellen LEC-Kristallen entspricht.

In einem „borkenähnlichen“ Randbereich erhöht sich die Versetzungsdichte noch deutlich, hervorgerufen durch vermehrte Polygonisation, vor allem aber durch Gleitlinien. Vermutlich werden diese durch das lokale Spannungsmaximum an der Boroxidoberfläche erzeugt (vgl. von-Mises-Spannungen in Abb. 2a; hier beträgt der Wert 3,7 MPa). Begünstigend für die Gleitlinienbildung wirken noch die sehr hohen Temperaturen, bei denen das Maximum liegt (ca. 1220°C) und die höhere Beweglichkeit der Versetzungen auf Grund ihrer geringen Ausgangsdichte gegenüber LEC. (vgl. dynamische Mapping Versetzungstheorie [9]).

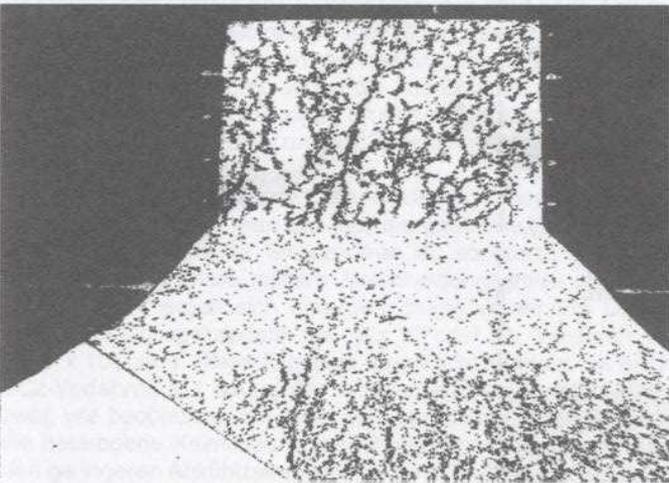


Bild 6: Angeätzter Längsschliff eines 3-Zoll VCz-Kristalls im Keimbereich. Der Übergang zwischen Keim und gezogenem Kristall ist durch eine drastische Reduzierung der Versetzungsdichte zu erkennen (links ein Wachstumszwilling)

Abb. 6 zeigt die EPD-Verteilung im Schultergebiet eines Kristalls. Wie zu sehen ist, nimmt an der Nahtstelle zum Keimkristall die Versetzungsdichte zunächst drastisch ab (bis auf etwa 10^2 cm^{-2}). Ein solches Erscheinungsbild deutet darauf hin, daß ein Teils der Versetzungen des Keimes durch Versetzungszusammenschluß (looping) annihiliert. Nach ca. 1 cm Ziehweg nimmt die Versetzungsdichte jedoch wieder merklich zu und erreicht die typischen VCz-Werte von $\leq 10^4 \text{ cm}^{-2}$. Geht man davon aus, daß

die thermomechanischen Spannungen im Kristallvolumen nicht mehr hoch genug sind, um Versetzungen zu vervielfältigen, so verbleibt als Versetzungsquelle die Kristalloberfläche. Neben den erhöhten Spannungswerten am Übergang zur Boroxidschicht dürften Versetzungen auch an den Nahtstellen zwischen Schulterfacetten und gerundeten Oberflächenbereichen sowie an Makrostufen entstehen. Zur Zeit wird insbesondere der Einfluß der B_2O_3 -Schichtdicke analysiert. Erste Ergebnisse zeigen, daß die thermomechanischen Spannungen (bzw. Versetzungsdichten) beim VCz-Verfahren mit der Dicke der Abdeckschmelze abnehmen (wird demnächst veröffentlicht).

3.3. Restspannungen

Die an zahlreichen ungetemperten VCz-Wafern durchgeführten Restspannungsmessungen zeigen übereinstimmend, daß VCz-Kristalle bereits im as-grown Zustand ein vergleichsweise niedriges Restspannungsniveau besitzen (Abb. 7). Die Bilder korrelieren qualitativ befriedigend mit den Versetzungsdichteverteilungen. Quantitativ verhalten sich VCz-Kristalle damit ähnlich einstufig stabgetemperten LEC-Kristallen. Das geringe Verspannungsniveau äußert sich ferner darin, daß sich die Kristalle problemlos zu einer Waferdicke um 500 µm aufsägen lassen.

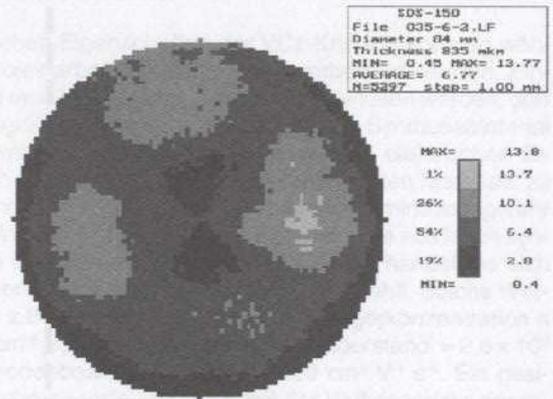


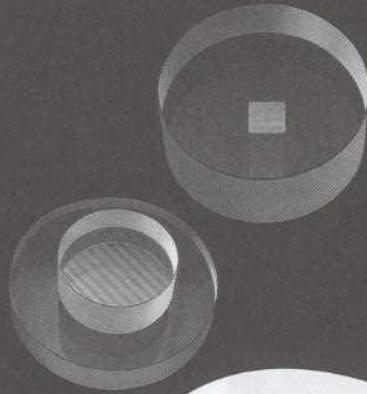
Bild 7: Restspannungstopogramm eines as-grown VCz-Wafers, bestimmt mittels Doppelbrechung. 99% der Scheibe zeigen Restspannungen $\leq 10 \text{ kp/mm}^2$

3.4. Substruktur

Bekanntlich ist die Kleinwinkelkorngrenzstruktur charakteristisch für GaAs LEC-Kristalle. Sie bildet sich im wachsenden Kristall hinter der Phasengrenze durch Polygonisation der Versetzungen [10]. Im Ergebnis wird der Kristall von einer globularen Zellstruktur durchzogen.

Die globulare Struktur der Zellen bestätigt auch, daß es sich bei ihrer Entstehung nicht um Effekte der konstitutionellen Unterkühlung handelt, wie oft angenommen wird. In diesem Falle wäre eine kolumnare Struktur in Wachstumsrichtung zu erwarten gewesen. Die Zellwände werden von den Versetzungen gebildet und sind zudem von As-Präzipitaten dekoriert [11]. Die Zellgröße hängt von der vorhandenen Versetzungsdichte (und damit der Größe der thermomechanischen Spannungen) ab. In LEC-Kristallen findet man ausschließlich geschlossene Zellen mit einem mittleren Durchmesser von 300 µm.

Sind Sie auf unserer Wellenlänge?



- › Bei der Durchführung Ihrer Polituren
- › beim Grad Ihrer Automatisierung
- › bei der Güte Ihrer Oberflächen
- › bei der Reproduzierbarkeit in der Probenpräparation
- › bei der Reflektivität Ihrer Oberflächen
- › bei der Flexibilität Ihrer Anwendung
- › bezogen auf „high-end“ Polituren bei optischen und faseroptischen Bauteilen

LOGITECH's Läpp- und Poliersysteme helfen Ihnen in Forschung und Entwicklung, endlich die „richtige“ Wellenlänge zu haben.

Interesse?

Wir führen Ihnen die Geräte gern in unserem Applikationslabor vor. Bitte vereinbaren Sie einen Termin mit uns.



STRUERS GMBH
Produktgruppe LOGITECH
Linsellesstrasse 142
47877 Willich
Tel. (02154) 818-0
Fax (02154) 818-134
E-mail: infostru@struers.de
www.struers.de

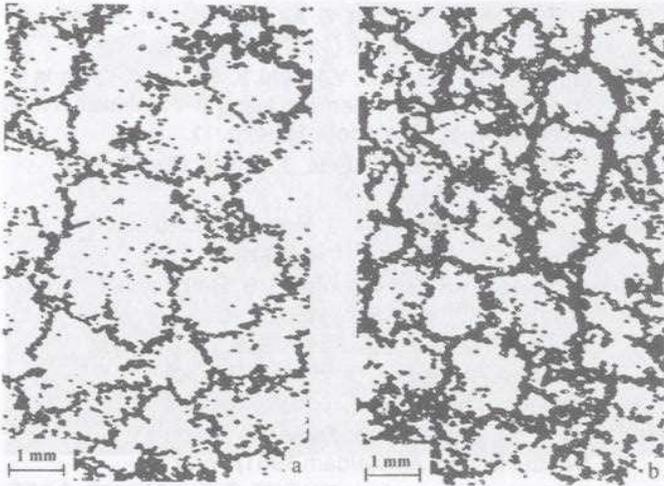


Bild 8: Subkorngrenzenstruktur in (a) VCz- und (b) LEC-Kristallen, sichtbar gemacht durch Anätzen der in den Zellwänden der Körner angehäuften Versetzungen

Abb. 8 vergleicht typische Ätzbilder von VCz- und LEC-Kristallen. Wie zu erkennen ist, sind die Substrukturzellen in den VCz-Proben signifikant größer (≤ 1 mm) und oftmals nicht mehr geschlossen. Über einen Waferdurchmesser werden auch Abschnitte gefunden (meistens bei R/2), in denen eine Zellenbildung ausbleibt und eine nahezu statistische EPD-Verteilung vorliegt.

3.5. As-Präzipitate

Der kongruente Schmelzpunkt von GaAs befindet sich auf der As-reichen Seite bei einem As-Überschuß von ca. $1,2 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$. Aufgrund dessen asymmetrischer Lage kommt es auch bei einem Wachstum aus leicht Ga-reichen Schmelzen (bis ca. 3 at-%) zum Einbau eines As-Überschußes in den GaAs-Kristall [12]. Der retrograde Verlauf des Existenzgebietes führt beim Abkühlen des Kristalls zur Sekundärphasenbildung, d.h. Ausscheidung von As-Präzipitaten. Wegen der immer noch vergleichsweise hohen Versetzungsdichte erfolgt die Ausscheidungsbildung unter VCz-typischen Bedingungen grundsätzlich durch heterogen Keimbildung an den Versetzungen. Sogenannte Matrixpräzipitate werden nicht gefunden.

Die As-Präzipitate werden mit Laser-Scattering-Topographie sichtbar gemacht. Nimmt man an, daß die gestreute Intensität ein Maß für die Größe der Streuzentren ist, so besitzt das VCz-Material eine kleinere mittlere Ausscheidungsgröße als LEC-GaAs. Ferner ergab sich eine geringfügig verringerte Dichte der Dekorationspräzipitate (ca. $2 \times 10^8 \text{ cm}^{-3}$ im Vergleich zu ca. $8 \times 10^8 \text{ cm}^{-3}$). Diese Ergebnis überrascht insofern, da beim VCz-Verfahren auf Grund der reduzierten Versetzungszahlen zwar, wie beobachtet, mit einer geringeren Zahl an Zentren für die heterogene Keimbildung gerechnet werden muß, aber bei den geringeren Abkühlzeiten eine längere Reifungszeit und damit größere Ausscheidungen zu erwarten waren. So muß angenommen werden, daß der Gehalt an interstitiellem Arsen beim VCz leicht reduziert ist. Eine befriedigende Erklärung dieses Befundes kann zur Zeit nicht gegeben werden.

3.6. EL 2° - Konzentration und - Verteilung

Konzentration und Verteilung des intrinsischen Punktdefektes EL 2° (tiefer Donator) spielen eine wichtige Rolle für das SI-Verhalten von GaAs. Zur atomistischen Struktur dieses Defektes steht bisher fest, daß es sich um das Antisite As_{Ga} handelt [13], vermutlich im Komplex mit einem weiteren Eigenpunktdefekt. Die Struktur des ganzen Komplexes ist allerdings bis heute nicht zweifelsfrei geklärt. LEC-Kristalle werden in der Regel aus einer leicht As-reichen Schmelze gezogen, damit sich im Kristall eine EL 2° -

Konzentration um $(1-2) \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ einstellt, die dann im Anschluß durch Stabtempern auf einen definierten Wert von $1,2 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ gebracht wird.

Die Messung der EL 2° - Konzentration an zahlreichen VCz-Wafern ergab im Mittel eine etwas geringere as-grown - Konzentration als in LEC-Kristallen. Besonders in Kristallen mit geringen Versetzungsdichten wurden EL 2° -Konzentrationen bis hin zu $5 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$ gemessen. Tatsächlich ist auch bei VCz-Scheiben die radiale Verteilung der EL 2° - Konzentration qualitativ mit der radialen Versetzungsdichteverteilung korreliert. Alle Versuche, diese Beziehung auch zu quantifizieren, mißlingen allerdings, es kann lediglich festgestellt werden, daß die Streuung der EL 2° - Konzentration zu niedrigen Werten mit sinkender Versetzungsdichte beträchtlich zunimmt.

Durch das mehrstufige Stabtempern wird auch bei VCz-Kristallen die mesoskopische EL 2° - Verteilung drastisch homogenisiert. So betrug die relative Standardabweichung in einem VCz-Wafer nach der Wärmebehandlung nur noch 2,5 %, der angestrebte Zielwert konnte mit $1,2 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ sehr genau getroffen werden. Damit steht das VCz- dem LEC-Material in nichts nach.

3.7. Elektrische Parameter

Die elektrischen Eigenschaften der VCz-Kristalle konnten während der Projektarbeiten kontinuierlich verbessert werden. Einschränkung muß hier allerdings darauf hingewiesen werden, daß aus Kostengründen nur sehr selten frisches Synthesematerial eingesetzt werden konnte. Aussagen über die elektrischen Eigenschaften des, in der Regel wiederverwendeten Materials zu machen, sind auf Grund der permanenten Kontaminationsgefahr nicht sehr sinnvoll. Bei den wenigen Kristallen, die aus frisch synthetisiertem Einsatzmaterial gezüchtet wurden handelt es sich um Einzelwerte, bei denen die nötige Statistik fehlt. Solche Werte betragen z.B in einem Kristall: Ladungsträgerkonzentration $n = 3,6 \times 10^7 \text{ cm}^{-3}$, spezifischer elektrischer Widerstand $= 2,8 \times 10^7 \Omega \text{ cm}$, Elektronenbeweglichkeit $\mu_n = 7020 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$. Ein gesichertes Ergebnis wurde allerdings bei der Verbesserung der radialen Homogenität der Eigenschaften erzielt. So gelang es an vielen Kristallen durch Einebnung der Phasengrenze (und damit homogenen radialen Verteilung des Kohlenstoffs) sowie Homogenisierung der Versetzungsdichteverteilung (und damit der Verteilung der EL 2° bzw. freien Ladungsträger) die geforderte laterale Streuung des spezifischen Widerstandes bereits in as-grown (ungetemperten) Kristallen auf bzw. unter die geforderten 10% zu bringen. Insgesamt konnte festgestellt werden, daß die Homogenität der elektrischen Parameter von as-grown VCz-Kristallen besser als die von as-grown LEC-Kristallen ist. Außerdem konnte gezeigt werden, daß die mesoskopische Homogenität (Eigenschaftsschwankungen in Verbindung mit der Zellstruktur) durch die mehrstufige Standard-Stabtemperung wesentlich verbessert werden kann und VCz-Kristalle in dieser Hinsicht LEC-Kristallen völlig gleichen.

4. Zusammenfassung und Ausblick

Im Rahmen des BMBF-Förderprojektes O1 BM 501 wurde in den vergangenen drei Jahren am IKZ die Czochralskizüchtung versetzungsreduzierter 3- und 4-Zoll SI GaAs-Einkristalle nach dem VCz-Verfahren untersucht. Dazu war es erforderlich, ein gasdichtes Innengefäß zu entwickeln, in dem neben der Inertgasatmosphäre ein Arsen-Partialdruck aufrecht erhalten werden kann, um einer Zersetzung der heißen Kristalloberfläche entgegenzuwirken. Konstruktion und Optimierung wurden durch globale Computersimulation der Temperaturfelder in der gesamten Anlage sowie der Spannungsfelder im Kristall gestützt. Das VCz-Verfahren stellt für den europäischen Raum einen wesentli-

chen technologischen Schritt dar, da das Verfahren bisher nur in Japan erfolgreich angewendet wird.

Die Eignung des VCz-Verfahrens für das Züchten defektarmer Kristalle konnte erfolgreich nachgewiesen werden. Die Kristalloberflächen sind im as-grown Zustand spiegelnd und ohne jegliche Anzeichen von Ga-reichen Tröpfchen und Rinnen. Die erzielten Versetzungsdichten liegen $\leq 10^4 \text{ cm}^{-2}$ und sind im Kristallkern nahezu homogen verteilt. Die Restspannungen liegen in VCz-Kristallen deutlich unter denen von LEC-Kristallen. Bezüglich der Homogenität der elektrischen Parameter wurde den Anforderungen entsprochen.

In einem gemeinsamen Testprogramm mit FCM und dem FBH Berlin wurden auf VCz-Wafern Bauelemente (HBT's) epitaktisch aufgebracht, getestet und für voll funktionstüchtig befunden.

Damit stellt das VCz-Verfahren gemeinsam mit dem konkurrierenden VGF-Verfahren eine zukunftsträchtige Technologie zur Züchtung strukturell verbesserter GaAs- und anderer III-V-Kristalle dar. Es könnte erfolgreich zur Züchtung insbesondere von Kristallen größerer Durchmesser (150 mm) mit homogenen strukturellen und elektrischen Parametern eingesetzt werden.

5. Danksagung

An erster Stelle sei dem BMBF für die finanzielle Förderung des Projektes gedankt. Des weiteren muß die umfangreiche Mitarbeit zahlreicher Kolleginnen und Kollegen des IKZ Berlin hervor gehoben werden, die wesentlich zur Erzielung der vorgelegten Ergebnisse beigetragen haben: Frau M. Seifert als ehemalige Projektleiterin (heute im Ruhestand), die Herren M. Pietsch, K. Bournot, M. Arendt, J. Fischer (Kristallzüchtung), Herr K. Trompa und Frau P. Krause (Konstruktion), Herr Dr. S. Rossolenko (Automatisierung), Herr Dr. K. Böttcher (Computersimulation), Frau K. Jacob (Kohlenstoffkontrolle), Frau S. Bergmann (EPD-Analysen), Frau G. Hempel und Herr Dr. K. Irmischer (elektrische Messungen), Herr J. Kluge (Photolumineszenz), Dr. N. Abrosimov (Restspannungen), die Gruppen der Kristallpräparation (Ltr. B. Lux), -charakterisierung (Ltr. J. Donecker) und Anlagenentwicklung (Ltr. J. Weissenburg). Der besondere Dank gilt auch den zahlreichen Kooperationspartnern, wie Freiburger Compound Materials (Dr. T. Flade, Dr. B. Weinert, Dr. M. Jurisch), Universität Erlangen (Prof. G. Müller), IFF der KFA Jülich (Prof. H. Wenzl), TU BA Freiberg (Prof. E. Buhrig, Prof. W. Siegel), PDI Berlin (Prof. W. Ulrici), FBH Berlin (Dr. A. Knauer), IAF der FhG Freiburg (Prof. G. Weimann, Dr. W. Jantz, Dr. R. Diehl) und GTT Technologies (Dr. J. Korb) für zahlreiche hilfreiche Diskussionen, Rechnungen und Kristallanalysen. Schließlich seien die vielen fruchtbringenden Anregungen erwähnt, die wir dem DGKK-Arbeitskreis "Herstellung und Charakterisierung von massiven GaAs, InP und SiC-Einkristallen" verdanken.

Für nähere Auskünfte stehen zur Verfügung:

Dr. M. Neubert und Prof. Dr. P. Rudolph
 Institut für Kristallzüchtung
 Rudower Chaussee 6
 12489 Berlin
 Tel: (30)-6392-3030 bzw. -34
 Fax: (30)-6392-3003
 e-mail: neubert@ikz-berlin.de oder pr@ikz-berlin.de

6. Verwendete Literaturquellen:

- [1] R. N. Thomas, H. M. Hobgood, P. S. Ravishankar, T. T. Braggins, Prog. Crystal Growth and Charact. 26 (1993) 219.
- [2] V. L. Indenbom, Kristall u. Technik 14 (1979) 493.
- [3] A. G. Elliot, A. Flat, D. A. Vanderwater, J. Crystal Growth 121 (1992) 349.

- [4] P. Rudolph, M. Neubert, S. Arulkumaran, M. Seifert, Cryst. Res. Technol. 32 (1997) 35.
- [5] M. Tatsumi, T. Kawase, Y. Iguchi, K. Fujita, M. Yamada in: M. Godlewski (ed.), Semiinsulating III-V Materials (World Scientific Publ., Singapore 1994) p. 11.
- [6] K. Kohiro, M. Ohta, O. Oda, J. Crystal Growth 158 (1996) 197.
- [7] M. Kurz, A. Pusztai, Int. J. Numerical Methods for Heat and Fluid Flow 8 (1998) 304.
- [8] J. Donecker, S. Rautenstrauch, S. Bergmann, Inst. of Physics, Vol. 160 (1997) 169.
- [9] H. Alexander, P. Haasen in: F. Seitz, D. Turnbull, H. Ehrenreich (eds.), Solid State Physics (Academic Press, New York 1968), p. 27.K.
- [10] H. G. van Bueren, Imperfection in Crystals (North-Holland, Amsterdam 1961) p.221.
- [11] S. Kuma, Y. Otoki, Inst. Phys. Conf. Ser. No 135: Chapter 4 (IOP Publishing 1994) p.117.
- [12] M. Shibata, Y. Sasaki, T. Inada, S. Kuma, J. Crystal Growth 102 (1990) 557.
- [13] M. Kaminska, E.R. Weber in: R.K. Willardson, A.C. Beer, E.R. Weber (eds.), Semiconductors and Semimetals, Vol. 38, Imperfections in III/V Materials (Academic Press, Boston 1993) p. 59.

50 JAHRE KRISTALLE UND KRISTALLOPTIK AUS KIEL

Jörg U. Korth, Frank Richter
 Korth Kristalle GmbH
 Am Jägersberg 3
 24161 Altenholz (Kiel)

1. Die Gründerzeit

Im Jahre 1949 gründete Dr. Karl Korth unter dem Namen „Dr. Karl Korth, Physikalisches Labor“ eine der ersten Firmen, die sich in Deutschland kommerziell mit der Kristallzüchtung beschäftigten. In den Anfängen des Unternehmens wurden zunächst Salzkristalle aus Natriumchlorid, Kaliumchlorid, Kaliumbromid und Kaliumjodid gezüchtet. Für die Herstellung der Kristalle verwendete Dr. Korth das von Nacken und Kyropoulos in Göttingen entwickelte Verfahren.

Die Abbildung 9 zeigt die Züchtungsöfen, wie sie seit dem Jahr 1949 bis heute für die Herstellung der Salzkristalle verwendet werden. Die mit diesen Öfen erreichten Kristalldurchmesser betragen damals 120 mm, wobei die Kristalle eine durchschnittliche Masse von 4 kg hatten. Heute werden in ähnlichen Anlagen Kristalle mit einem Durchmesser von 180 mm und einer Masse von 7 kg bis 8 kg gezüchtet. Im Jahr 1951 wurden die Kristalle aus Natriumbromid, Natriumfluorid (für die ersten in Deutschland hergestellten Pyrometer) und Lithiumfluorid mit in das Lieferprogramm aufgenommen, zu denen im darauffolgenden Jahr 1952 noch das mit Thallium dotierte Natriumjodid (Szintillatorkristall) hinzukam.

Bis zum Jahr 1952 wurden die Kristalle entweder unbearbeitet, gespalten oder geschliffen verkauft. Für die Politur von Kristallen fehlten noch die dazu notwendigen Kenntnisse und die technischen Voraussetzungen. Die ersten grundsätzlichen Versuche für die Entwicklung von Polituren auf Kristalloberflächen wurden in Zusammenarbeit mit dem Feinoptikermeister Konrad Fleige in Wedel bei Hamburg, dem Gründer der Firma „Fleige-Optik“, an NaCl, KCl, KBr und AgCl durchgeführt. Ab dem Jahre 1955 wurde basierend auf diesen Ergebnissen eine eigene Polierwerkstatt für Kristalle aufgebaut. In dieser Zeit beschränkte sich allerdings die Oberflächenbearbeitung noch in erster Linie auf das Schleifen und Polieren von Einzelfenstern in Handarbeit.

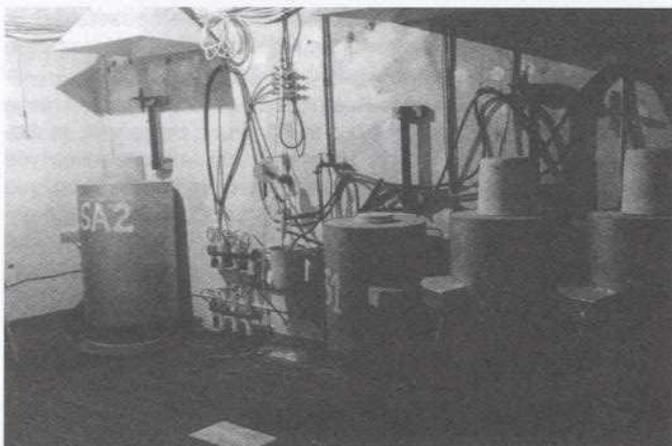


Bild 9: Öfen für die Salzzüchtung

2. Kristalle für die Kernphysik

Durch die rasche Entwicklung der Kernphysik in den 50-er Jahren verlagerte sich der Schwerpunkt der Kristallproduktion auf die Züchtung von Szintillatorkristallen (NaJ:TI). Für die Verarbeitung der feuchtigkeitsempfindlichen Kristalle wurde eigens ein Raum mit selbstentworfenen und in der eigenen mechanischen Werkstatt gebauten Handschuhboxen ausgerüstet.

Zu Beginn der 60-er Jahre erwarb das Unternehmen ein vor den Toren von Kiel gelegenes Grundstück in der Nachbargemeinde Altenholz und errichtete ein neues Gebäude, in das die Firma am Ende des Jahres 1962 einzog.

Eine Wende für die Firma brachte das Jahr 1972. In diesem Jahr wurde die Firma von dem Chemiekonzern „Merck“ übernommen. Ein Jahr nach der Übernahme wurde das Betriebsgebäude um klimatisierte Polierräume für die Endbearbeitung von wasserlöslichen Salzoptiken erweitert. 1975 wurden von der Firma „Dr. Hugo Anders KG“ drei Vakuumzüchtungsöfen für die Herstellung von Fluoridkristallen (CaF_2 , MgF_2 , LiF , BaF_2 , SrF_2 , NaF) übernommen. Diese Öfen arbeiteten nach dem von Bridgman und Stockbarger entwickelten Prinzip. Die in diesen Öfen gezüchteten Kristalle hatten einen Durchmesser von 145 mm und eine typische Masse von 5 kg. Üblicherweise wurden diese Kristalle in den eigenen Optikwerkstätten zu Rohlingen für Mikroskoplinsen und Polarisationsoptiken und zu IR-Komponenten wie Fenster, Linsen und Prismen verarbeitet.

Mit den so in den nachfolgenden Jahren gewonnenen Kenntnissen in der Fluoridzüchtung und ihrer mechanischen Bearbeitung wurde es dann möglich, im Jahre 1983 den Zuschlag für das erste große Projekt in der Firmengeschichte zu erhalten.

Im Rahmen des sogenannten „4- π Bariumfluorid -Detektor“-Projektes des Kernforschungszentrums in Karlsruhe sollten hexagonale und pentagonale Pyramidenstümpfe aus Bariumfluorid mit einem Basisdurchmesser von 140 mm gefertigt werden. Das Projekt sah es vor, daß 42 dieser speziell geformten Kristalle zu einem innen hohlen Ball zusammengesetzt werden sollen (siehe Spektrum der Wissenschaft, September 1988, Seite 25 ff). Inhalt des Projektes war die Untersuchung der physikalischen Bedingungen für die Synthese von schweren Elementen in Sternen durch Neutroneneinfangreaktionen. Für die Herstellung dieses Detektors mußten circa 1.000 kg Kristallmaterial aus Bariumfluorid gezüchtet und verarbeitet werden. Um die Detektorkristalle fristgerecht liefern zu können, wurden weitere Vakuumzüchtungsöfen benötigt.

Da die Räumlichkeiten im bisherigen Firmengebäude für eine solche Erweiterung nicht ausreichten, wurde daher ein weiteres Gebäude in unmittelbarer Nachbarschaft angekauft und sämtliche bestehenden Züchtungseinrichtungen und die neuen Öfen dort aufgebaut.

Nach Beendigung des ersten Bariumfluorid-Großprojektes folgte 1989 unmittelbar ein weiteres Großprojekt aus der Nuklearforschung. Für dieses „Two Arm Photon Spectrometer“ kurz „TAPS“ genannte Projekt wurden etwa 400 Bariumfluoridkristalle mit einer Länge von mindestens 270 mm und einem Durchmesser von 70 mm benötigt. Bei einer Einzelmasse von 6,5 kg pro Rohkristall betrug so die für dieses Projekt benötigte Gesamtmasse über 2.600 kg.

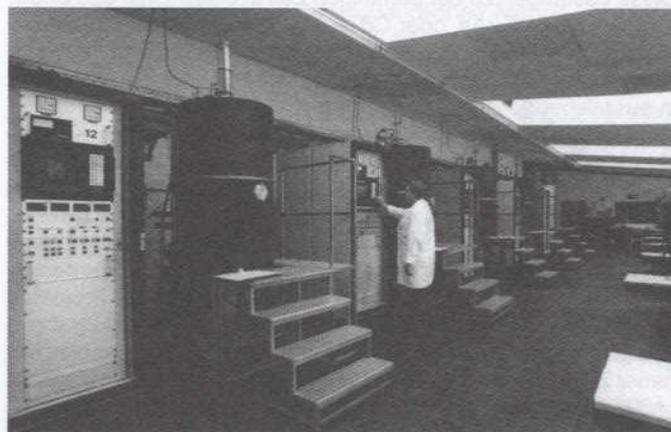


Bild 10: Bridgmanöfen für die Züchtung von Fluoridkristallen (Quelle: Versorgung und Verkehr Kiel GmbH, H. Langhagen, 1998)

Durch die anschließende Bearbeitung bekamen die Kristalle eine hexagonale, allseitig polierte Mantelfläche. Die fertigen Detektorkristalle hatten eine Länge von 250 mm, und der Abstand zweier sich gegenüberliegenden Hexagonflächen betrug 59 mm. Da bei dieser Kristallmasse die kurz zuvor erweiterte Züchtungskapazität nicht ausreichte, wurden wieder fünf weitere Öfen aufgebaut. Diese Maschinen zeichneten sich durch ein völlig neues, moderneres Konzept hinsichtlich der Dimensionierung und Steuerungstechnik aus. Abbildung 10 zeigt die im Rahmen dieses Projektes entstandenen Vakuumöfen.

Bariumfluorid als Neutronendetektormaterial

Bei der Absorption eines Neutrons durch einen Atomkern wird ein Gammaquant, ein hochenergetisches Photon, emittiert. Für den Nachweis von solchen Ereignissen sind die oben genannten NaJ-Kristalle wenig sinnvoll, da das Material selbst sehr stark Neutronen absorbiert. BaF_2 hingegen hat eine wesentlich geringere Tendenz, gestreute Neutronen einzufangen. Das Verhältnis zwischen Signal und Untergrund ist daher 100-mal größer als das bei NaJ. Ein weiterer Vorteil ist die Tatsache, daß das BaF_2 beim Auftreffen von Gamma-Quanten einerseits Photonen im Ultraviolettbereich emittiert, zudem aber wird gleichzeitig eine zweite Emissionskomponente bei 220 nm beobachtet, die eine Lebensdauer von nur 0,6 ns aufweist. Detektiert man diese Komponente mit einem entsprechend schnellen und empfindlichen Photomultiplier, dann kann der Zeitpunkt eines Ereignisses mit einer sonst unerreichten Genauigkeit gemessen werden.

3. Salze für die Lasertechnik

Aber nicht nur in der Fluoridzüchtung gab es im Laufe der Firmengeschichte Innovationen, angetrieben durch öffentlich geförderte Forschungsaufträge, sondern auch in der Salzzüchtung. Als wichtigstes Forschungsprojekt ist hierzu das Verbundvorhaben „Grundlagenuntersuchung zur Laser-Urananreicherung“ zu nennen. Inhalt dieses Projekts war die Entwicklung eines in Deutschland industriell verwertbaren Verfahrens für die Isotopenanreicherung von natürlichem Uran 235 auf einen für Leichtwassereaktoren benötigten prozentualen Anteil. Neben dem damals üblichen Zentrifugenverfahren gab es noch die bis dahin zunächst nur im Labor erprobte Methode der Uranisotopentrennung mit Hilfe von CO₂-Lasern. Ein Problem bei dieser Methode waren zu diesem Zeitpunkt die Laseroptiken.

Diese bestanden zu der damaligen Zeit in erster Linie aus ZnSe, aber auch aus GaAs, oder CdTe. Die Komponenten aus diesen Materialien waren jedoch entweder viel zu teuer (GaAs), auf dem internationalen Markt nur sehr schwer erhältlich (ZnSe), oder nicht in ausreichender Größe verfügbar (CdTe). Eine Lösung für dieses Problem schien der Einsatz von Salzoptiken aus Kaliumchlorid und Natriumchlorid. Diese zeigten jedoch eine Reihe von Qualitätsmängeln, die im Zuge des Projektes verbessert werden sollten. Im einzelnen waren dies zu niedrige Laserschädigungsschwellen, Wellenfrontdeformationen durch Kristallinhomogenitäten und inhomogen polierte Oberflächen. Für eine Verbesserung der Kristallqualität wurden im Rahmen dieses Projektes vorhandene Rohstoffe hinsichtlich ihrer Restverunreinigungen analysiert, verbesserte Rohstoffe entwickelt und eingesetzt, ein neuer Züchtungs-ofen (Nacken-Kypououlos-Verfahren) aufgebaut und in Betrieb genommen, neue Salzpoliervorverfahren entwickelt und die bestehenden auf ihre Verwendbarkeit überprüft (Zerstörungsschwellenmessungen, Rauigkeitsanalysen, usw.). Trotz der Verbesserung der Kristallqualität konnten sich aber die Salze wegen ihrer vergleichsweise geringeren Standzeiten bis zum Ende des Projektes im Jahr 1992 nicht gegen das auch heute noch vergleichsweise teurere ZnSe durchsetzen. Heute werden Salzoptiken bevorzugt als Schutzfenster in der CO₂-Laser gestützten Schneid- und Schweißindustrie eingesetzt, da ihre Herstellung immer noch wesentlich billiger ist, und unbrauchbar gewordene Fenster ohne größere ökologische Schwierigkeiten entsorgt werden können.

4. Neubeginn als Familienunternehmen

Das Jahr 1993 brachte für das Unternehmen wieder eine Wende mit sich: Merck trennte sich aus geschäftspolitischen Gründen (zurückgehende Umsätze wegen fehlender Großprojekte aus der Kernphysik und gleichzeitiger Reduktion auf die Kernkompetenzen des Konzerns) von einigen seiner Tochterfirmen, unter anderem auch von der Firma Korth am Standort Altenholz/Kiel. Die Familie Korth nutzte die Gelegenheit und erwarb das bestehende Unternehmen. Seitdem arbeitet die Firma unter dem Namen KORTH KRISTALLE GMBH wieder als selbständiges Familienunternehmen.

Auch bei der Kristallzüchtung und optischen Fertigung gab es eine Verschiebung. Die Salze, vor allem KBr und NaCl, waren inzwischen für den Einsatz im CO₂-Laserbereich ziemlich unbedeutend geworden, sind jedoch für die IR- und FIR-Spektroskopie weiterhin noch die wichtigsten Materialien für die Herstellung von Fenstern und Prismen. Durch Verschiebungen in der internationalen Forschungspolitik ging die Nachfrage nach Bariumfluorid als Szintillatormaterial stark zurück. Die dadurch freigegebenen Kapazitäten wurden nun für andere Fluoride, vornehmlich für Calciumfluorid genutzt.

Üblicherweise werden nun in Bridgman-Stockbarger-Anlagen CaF₂ Kristalle mit einem typischen Durchmesser von 200mm gezüchtet. Wegen des großen Durchlässigkeitsbereiches von etwa 130 nm bis 12 µm wird CaF₂ als Optikumaterial sowohl für

den UV- als auch für den IR-Spektralbereich eingesetzt (z. B. Teleskoplinsen in der Astronomie, Prismen für Spektrometer, Fenster für Kryostaten oder Druckbehälter).

Ab 1994 wurde im Bereich Kristallzüchtung eine neue Anlage mit Züchtungsöfen für die Ampullen-Züchtung aufgebaut. In dieser Anlage werden für die Infrarotoptik Kristallmaterialien wie Silberchlorid und Silberbromid, ein Mischkristall-System aus Thalliumbromid und Thalliumjodid (KRS-5) und Cäsiumjodid gezüchtet. Diese Materialien werden vornehmlich in der analytischen Infrarotspektroskopie verwendet. Mit Thallium dotiertes CsJ ist jedoch auch ein hervorragender Szintillatorkristall und wird beispielsweise in Gepäckscannern und in der Medizintechnik eingesetzt.

5. Jenseits der 200nm-Grenze

Durch die Entwicklung leistungsstarker Laserlichtquellen im ultravioletten Spektralbereich und der damit verbundenen Spektroskopie, verschob sich der spektrale Einsatzbereich der Fluoridkristalle, insbesondere bei CaF₂ und MgF₂, in zunehmender Weise in Richtung UV und VUV. Damit war gleichzeitig eine Steigerung der geforderten Kristallqualität hinsichtlich der Transmission und Homogenität (Korngrenzenfreiheit) und der Stabilität gegenüber einer Farbzentrenbildung während der Bestrahlung mit Laserlicht hoher Energiedichten verbunden. Die „Korth Kristalle GmbH“ stellte sich dieser Herausforderung und begann die Züchtung der Fluoridkristalle weiter zu optimieren. In den letzten drei Jahren wurden die Forderungen nach besseren VUV-Qualitäten und größeren Mengen bei CaF₂ noch verstärkt, nachdem die Halbleiterindustrie sich dafür entschieden hatte, die Mikrochips der nächsten Generation mit Hilfe der optischen Lithographie bei 193nm herzustellen (s. Kasten).

Chipherstellung mit Hilfe der optischen Lithographie

Bei diesem Verfahren wird ähnlich wie bei einem Diaprojektor die in Form einer Maske vorhandene Chipstruktur über ein Beleuchtungs- und Belichtungssystem auf einen mit einem photoempfindlichen Lack beschichteten Silizium-Wafer abgebildet. Anschliessend werden die unbelichteten Bereiche des Wafers trocken- oder naßchemisch abgeätzt. Am Ende bleibt die Struktur des Mikrochips übrig. Zu Beginn des Verfahrens im Jahre 1970 erreichte man eine Linienbreite von 5µm. Für die Optiken verwendete man bis 1995 spezielle Glassorten (G-Line, I-Line-Glas) und zur Lichterzeugung Weißlichtquellen wie zum Beispiel Quecksilberdampflampen (für 365nm). Die Strukturbreite verkleinerte sich bis dahin auf ca. 0,3µm.

Ab 1996 wurden statt der Weißlichtquelle erstmalig ein Excimerlaser mit der Emissionswellenlänge bei 248nm eingesetzt. Statt Glas, das bei dieser Wellenlänge nicht mehr transparent ist, wird Quarzglas als Optikumaterial verwendet. Mit Hilfe dieses Systems soll versucht werden, Strukturbreiten von nur 0,18µm zu generieren. Der nächste Entwicklungsschritt sieht den Einsatz (ab etwa 2000) von Laserlicht der Wellenlänge 193nm vor. Die physikalischen Eigenschaften von Quarzglas erlauben nicht mehr den ausschließlichen Einsatz von Quarzglas. Statt dessen werden in Zukunft auch noch Optiken aus Calciumfluorid mit in das System integriert. Nach Meinung der Experten soll es in absehbarer Zeit möglich sein, mit dem Einsatz von 193nm-Laserlicht Strukturen mit einer Breite von 0,1µm zu erzeugen. Doch dies soll noch nicht das Ende des technisch Machbaren sein. Durch die Verwendung von Laserlicht der Wellenlänge 157nm will man versuchen, Mikrochips mit Linienstrukturen von weniger als 0,07µm Breite zu produzieren. Bei dieser Wellenlänge ist jedoch Quarzglas nicht mehr transparent, so daß man als Optikumaterial ausschließlich Calciumfluorid oder Magnesiumfluorid verwenden wird.

6. Quo Vadis Kristallzüchtung?

Heute, im Jahre 1999, in dem die Firma Korth ihr 50-jähriges Bestehen feiert, arbeitet das Unternehmen bereits an der Lösung neuer Aufgaben. Nachdem die prinzipielle Machbarkeit der Mikrolithographieprozesse bei 193nm bewiesen war, faßt die Halbleiterindustrie schon den nächsten Schritt ins Auge. Mit Hilfe des neuentwickelten Fluorid-Lasers kann Laserlicht mit einer Wellenlänge von 157nm erzeugt werden, so daß eine Lichtquelle mit noch kürzerer Wellenlänge zur Verfügung steht.

Noch bevor die Belichtungsmaschinen bei 193nm ihre serienmäßige Arbeit aufgenommen haben, arbeitet die Korth Kristalle GmbH an einem CaF_2 - und MgF_2 -Material, das hinsichtlich Homogenität und Spannungsdoppelbrechung für den Einsatz bei dieser Wellenlänge geeignet ist.

4. Konferenzberichte

Sommerschule ISSCG 10 in Rimini

Bericht von B. Birkmann, U. Sahr, J. Stenzenberger, Institut für Materialwissenschaften, Universität Erlangen

Von der IOCG wurde 1998 wieder die 3-jährig stattfindende "International Summer School on Crystal Growth" veranstaltet. Die Sommerschule konnte diesmal 10 jähriges Jubiläum feiern. Tagungsort war Rimini in Italien. Die Organisation der Tagung lag bei Roberto Fornari vom CNR-MASPEC Institut in Parma.

Die vom 31. Mai bis zum 6. Juni stattfindende Schule hatte 52 Teilnehmer, jeder Kontinent war unter Ihnen vertreten. Sogar

Australier hatte es nach Rimini gezogen, was auf den guten Ruf und den hohen Anspruch dieser Sommerschule hinweist. Was für die Teilnehmer gilt, traf natürlich auch auf die Referenten zu: International anerkannte europäische und amerikanische Wissenschaftler vermittelten ihr Wissen in ihren Vorträgen.

Lehrer und Schüler waren in einem Hotel direkt an der Adriaküste untergebracht, in dem auch die Unterrichtsveranstaltungen stattfanden. Zum hoteleigenen Strand war nur eine Straße zu überqueren, was einige Wasserratten bereits vor dem Frühstück zu einem Badeausflug verleitete. Zu einer intensiveren Nutzung dieses feuchten Vergnügens blieb allerdings aufgrund des dichten Lehrprogramms nur wenig Zeit.

Die Versorgung im Hotel war vorbildlich und es ist nicht davon auszugehen, daß einer der Teilnehmer während der Schule an Gewicht verlor. Hier sind die allabendlichen Menüs zu erwähnen, die einen kleinen Einblick in die reichhaltige italienische Küche erlaubten.

Ähnlich bunt wie die Küche war auch das Tagungsprogramm, das sich keineswegs auf die Massivkristallzüchtung beschränkte. Es gab Beiträge zu den unterschiedlichsten Aspekten der Kristallzüchtung, vom ganz kleinen (mikroskopische Betrachtung des Wachstums) bis zum ganz großen (Silizium).

Den Vorlesungsaufakt machte P. Rudolph vom IKZ in Berlin. Er konnte vermitteln, daß die Thermodynamik von wesentlicher praktischer Bedeutung für die Kristallzüchtung ist, insbesondere da diese die möglichen Phasenübergänge und die Existenzbereiche der untersuchten Spezies beschreibt. Die Abweichung vom Gleichgewicht bildet dann die Triebkraft für die Kristallisation.



Bild 11: Die Teilnehmer der Sommerschule in Rimini

Cyberstar

SCIENTIFIC & INDUSTRIAL INSTRUMENTS

■ CZOCHRALSKI OXIDE PULLERS

- From the micro-puller (capability: 300 g) up to the industrial puller (capability: 100 kg).
- Operating pressure: from vacuum up to 2 bars (absolute pressure).
- Full automation with automatic diameter control (Windows 95 version)

■ BRIDGMAN - STOCKBARGER FURNACES

■ IMAGE FURNACES

(Xenon, halogen and laser heating).

■ CRYSTAL GROWTH EQUIPMENTS

BUILDING ELEMENTS :

- Pulling head (translation, rotation, weighing units and software).
- Direct drive, vibration free translation/rotation units.
- Torque mode motors and electronics.
- Weighing device and rotation unit.
- Vacuum tight, water cooled chambers, water cooled pulling rod, seed orientation device, magnetic rotating seal, glass to metal coaxial feedthrough.

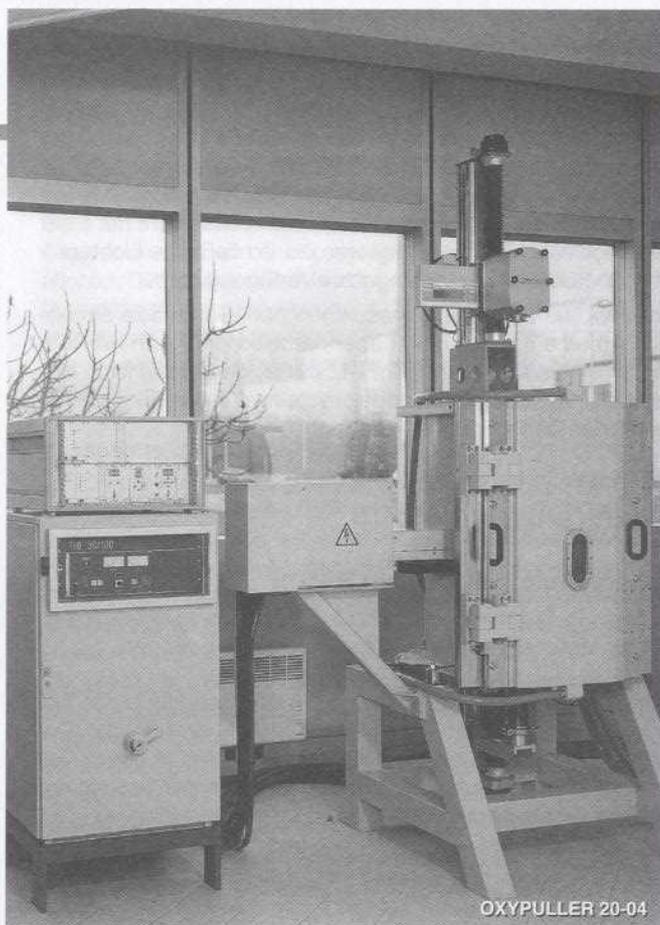
■ MAIN CUSTOMERS OVER THE WORLD

USA, Europe, Asia.

Call for more information

Cyberstar

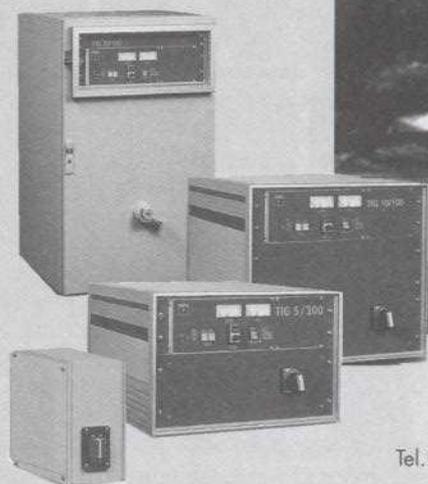
Parc Sud Galaxie - BP 344 - 38435 Echirolles Cedex - France
Tel. (33) 4 76 40 35 91 - Fax (33) 4 76 40 39 26
E-mail : Cyberstar@wanadoo.fr



OXPULLER 20-04

Generatoren für die Induktionserwärmung

Mit verschiedenen Baureihen von MF- und HF-Generatoren bietet **HÜTTINGER** das ganze Anwendungsspektrum der Induktionserwärmung.



Anwendungsbeispiele:

Kristallziehen



Glühen



Schmieden

Qualität hat einen Namen:

Hüttinger Elektronik GmbH + Co. KG
Elsässer Str. 8, D-79110 Freiburg, Germany
Tel.: +49-761-8971-0, Fax: +49-761-8971-150
email: info-ec@huettinger.com
Internet: <http://www.huettinger.com>



TRUMPF-Gruppe

Fortgesetzt wurde die Vorlesungsreihe von D.T.J. Hurlé und A. Chernov. Während Chernovs Schwerpunkte auf mikroskopischen Phänomenen wie Keimbildung und Oberflächenstrukturen lagen, stellte Hurlé die strömungsmechanischen Grundlagen für die Kristallzüchtung vor. In diesem Zusammenhang diskutierte er auch Effekte wie die konstitutionelle Unterkühlung und die morphologische Stabilität der Phasengrenze.

Er schuf damit die Grundlagen für den Vortrag von G. Müller, der das breite Feld der Halbleiterkristallzüchtung aus Schmelzen behandelte. Diese Techniken sind von besonderer Relevanz, da die gesamte Halbleiterindustrie von diesen Kristallen lebt. Ein besonderer Schwerpunkt lag auf den Varianten des Czochralski- und des Bridgmanverfahrens, die essentiell in der Silizium- und Galliumarsenidherstellung sind. Als er die Problematik, daß anspruchsvollere Segregationsmodelle auch neue Schwierigkeiten durch zusätzliche Parameter aufwerfen, mit den Worten "You have to pay" charakterisierte, schuf er damit das ungeschriebene Tagungsmotto, mit dem er fortwährend zitiert wurde.

Mit der Schmelzzüchtung von Kristallen im Weltraum setzte K.W. Benz die Vorlesungsreihe fort. Er stellte klar, daß erst die Raumfahrt Bedingungen ermöglicht, die die Ausschaltung schweregetriebener Effekte in der Kristallzüchtung ermöglicht.

Die Schmelzzüchtung wurde von J.J. Derby mit der Diskussion ihrer numerischen Simulation abgeschlossen. Durch seinen schwingvollen Vortragstil verstand es Derby, sein Publikum förmlich mitzureißen.

Neben der Schmelzzüchtung wurden auch die unterschiedlichsten Varianten von Epitaxieverfahren vorgestellt: LPE (H. J. Scheel), VPE und MOVPE (N. Lovergine), MBE (S. Franchi). Daß auch hier eine numerische Modellierung möglich ist, zeigte S. Carra.

Abschließend behandelte H. Klapper die Defektbildung in Kristallen sowie die zugehörigen Untersuchungsmethoden. Insbesondere erklärte er die Grundlagen der Röntgentopographie, die ein großes Anwendungspotential bietet.

Vor allem durch die interessante Meßtechnik fielen die Ergebnisse von S.U. Campisano auf, der die schnelle Erstarrung von Silizium untersuchte.

Wahre Schnäppchen waren die Vorlesungen von F. Rosenberger u. A. Baronnet. Rosenberger untersucht die Kristallisation von Proteinen und findet dabei die gleichen Kristallisationsmechanismen wie bei anorganischem Material. Mit einem Unterschied: Die Zeitskalen sind wesentlich länger, wodurch sich zum Beispiel die Wachstumskinetik in Echtzeit beobachten läßt.

Baronnet ging auf die Kristallisation unter natürlichen Bedingungen ein. Es war überwältigend zu sehen, welche Fülle von Kristallen, zum Teil nur unter dem Mikroskop zu sehen, in der Natur zu finden ist.

Die zwei unstrittigen Höhepunkte der Sommerschule waren ein Ausflug nach Ravenna und die sogenannte "Ramp session". Bei letzterer hatte jeder Teilnehmer Gelegenheit die eigene Arbeit kurz vorzustellen. Hier war die Themenfülle noch überwältigender als bei den Vorlesungen, und sogar die Dozenten zeigten sich vom Engagement und Elan der Teilnehmer beeindruckt.

Der Ausflug nach Ravenna führte in eine Stadt, von der kaum bekannt ist, daß sie eine Zeitlang Hauptstadt des römischen Reiches war. Entsprechend ist die Stadt mit Sehenswürdigkeiten ausgestattet. Stellvertretend sei hier nur das Grabmal der Kaiserin Placidia genannt. Dieser Tag fand seinen Abschluß mit einem rustikalen italienischen Abendessen in einem kleinen Ort namens Veruccio.

Faßt man zusammen, so läßt sich feststellen, daß das reichhaltige Programm sowohl in fachlicher als auch nichtfachlicher Hinsicht für jeden etwas zu bieten hatte. Enttäuscht durfte jedenfalls keiner nach Hause gefahren sein.

Drei Länder-Tagung BriDGe 99 in Zeist vom 15. bis zum 17. 3. 1999

Denkanstöße zur Kinetik des Kristallwachstums

von Peter Rudolph
Institut für Kristallzüchtung, Berlin

Blickt man auf den derzeitigen Stand der Kristallzüchtung in Deutschland, so waren von vornherein keine grundlegenden deutschen Beiträge zur Wachstumskinetik zu erwarten. In unseren Zentren der bulk-Züchtung wird dieses Gebiet faktisch nicht bearbeitet. Natürlich werden in zahlreichen Gruppen unseres Landes, die sich mit Epitaxieprozessen beschäftigen, Fragen zur Wachstumskinetik zwangsläufig mitbehandelt, aber diese Fachkollegen waren nicht erschienen und leider auch nicht gezielt eingeladen worden. Man hätte sich darüber hinaus auch ein, zwei Einladungsvorträge z.B. aus der traditionellen Hallenser Schule zur Elektronenmikroskopie, dem heutigen Max Planck Institut für Mikrostrukturphysik oder aus dem Institut für Festkörperforschung in Jülich (Prof. H. Müller-Krumbhaar) sehr gut auf diesem Meeting vorstellen können. So jedoch hatte die deutsche Delegation nichts an Kinetik einzubringen, was mit der "Hohen Holländischen Schule" und auch mit den wohlausgewählten Vorträgen der britischen Kollegen zur GaN-MBE und zu AFM in-situ-Studien epitaktischer Wachstumsmoden hätte mithalten können. Am nächsten kamen da vielleicht noch der Vortrag von W. Neumann (Humboldt-Universität-Berlin) zur TEM-Untersuchung von "quantum dots" in epitaktischen II-VI- und III-V-Strukturen (CdSe-Pyramiden mit nm-Abmessungen, bestehend aus ca. 15 000 Atomen, eingebettet in eine ZnSe-Matrix), ein Poster von Th. Teubner et al. (IKZ Berlin) über die Transportvorgänge in VLS-Si-Tröpfchen auf Glas und ein Poster von K. Jacobs et al. (IKZ Berlin) zur wahrscheinlichen kolloidalen Struktur des H_3PO_4 -haltigen Lösungsmittels bei der GaOP₄-Kristallisation mit vermutlichen Konsequenzen auch für die Wachstumskinetik. Vielleicht sollte man auch die kinetischen Ansätze von D. Hofmann et al. (Universität Erlangen-Nürnberg) zur Interpretation des negativen Wachstums in PVT-gezüchteten SiC-Kristallen dazuzählen, wonach es bei einem Miniatursublimationsvorgang in Mikrohöhlräumen bei Anwesenheit eines Temperaturgradienten und durch die unterschiedlichen kinetischen Koeffizienten für Sublimation und Wachstum zu einer Lochwanderung und -formveränderung kommt.

Gezielte Grundlagenuntersuchungen zur Kinetik wurden jedoch nur, wie eingangs erwähnt, von niederländischen und britischen Teilnehmern präsentiert. Hervorzuheben ist der Vortrag von W.J.P. van Enckevort et al. (University of Nijmegen/NL) zur hochauflösenden AFM-Analyse von Stufenwachstum auf vizinalen Flächen anorganischer (mit Diamantstruktur) und organischer (Paraffin) Materialien. Obwohl die PBC-Theorie nur für die {111}-Flächen Stufenwachstum voraussagt, werden auch an {100}-kink-Flächen Stufen gefunden, die bei genauerer Analyse auf das "atomistische Glätten" durch Sauerstoff-Adsorption und Rekonstruktion der freien Bindungen der Oberflächenatome zurückzuführen sind. Sehr informativ waren auch die Bilder zur Stufen-generation an gleitenden Versetzungen und zur Stufenblockierung durch Verunreinigungen. J.W.M. Frenken (FOM Institute Amsterdam/NL) untersuchte im STM den Übergang von atomar glatten zu rauhem Wachstum mit steigender Kondensations-temperatur an (115) Ag-Flächen. Die Aufrauhung der Stufen setzt bei 465 +/- 25 K, bei leicht höheren Werten als theoretisch vorausgerechnet (427 K), ein. Man ist immer wieder darüber erstaunt, mit welcher faszinierender Übereinstimmung die modernen in-situ-Untersuchungsmethoden die bereits vor über vierzig Jahren theoretisch vorausgesagten atomistischen Wachstumsmoden bestätigen.

J. N. Sherwood (University of Strathclyde in Glasgow/GB) zeigte die Kontrollierbarkeit des Habitus von Mikrokristallen ("particles") durch den Übersättigungs- und Dotierungsgrad von Lösungen. Dies ist z.B. von technischer Relevanz für die Massenkristallisation und Herstellung von Arzneimitteln. Offensichtlich spielt hier der Assoziationsgrad, also die Morphologie der "Kristallisationsbausteine" in der Nährphase eine Rolle, der mit steigender Übersättigung zunimmt. Während sich bei geringen Übersättigungen ein polyedrischer (meist säulenförmiger) Habitus einstellt, führen hohe Übersättigungen zum Plättchenwachstum.

Von H. E. A. Huitema (University of Utrecht/NL) wurden numerische Simulationsergebnisse zur Kinetik unter Nutzung des Lennard-Jones-Modells, was die zwischenatomaren Wechselwirkungen in flüdrer und fester Phase einbezieht, vorgestellt. Allerdings ist für eine solche molekulardynamische (MD) Modellierung ein sehr leistungsfähiger Computer erforderlich. Bei Kristallisationsvorgängen aus Lösungen läßt sich bekanntlich die Temperatur als variabler Parameter zur Ermittlung des Übergangskriteriums von glattem zu rauhem Wachstum $\alpha = L/kT$ verwenden. Es wird ein α -Wert von 2,2, also nahe an dem von Jackson (2,0) unter Verwendung des einschichtigen SOS-Modells ermittelten Kriteriums gefunden. Dies überrascht insofern, da zeitweilig durch Gilmer und Bennema für das realistisch erscheinende Temkin-Modell einer Aufräuhung über mehrere Atomlagen, allerdings unter Nutzung der konventionellen Gittermodelle, höhere Werte um 2,9 - 3,2 berechnet wurden. Gesichert ist auch die Existenz einer diffusen Zwischenschicht zwischen flüdrer und fester Phase, die aus zwei bis drei Atomlagen besteht - ein intermediärer Phasenzustand (?). Damit ist das Schicksal der Gittermodelle mit abrupten solid-fluid Übergängen wohl endgültig besiegelt.

Eine Kollegin aus unserem Institut fragte mich während eines einschlägigen Vortrages, ob man denn als bulk-Züchter aus Schmelzen diese kinetischen Phänomene beherrschen muß. Ich mußte schon ein wenig nachdenken, um eine bejahende Antwort zu geben. Am bekanntesten dürfte wohl die unterschiedliche Einbaukinetik von Dotierungs- und Verunreinigungsatomen an atomar rauhen und glatten Wachstumsflächen sein, insbesondere wenn sie zugleich auftreten, wie an konvexen Phasengrenzen von Halbleiterkristallen. Aber eine weit modernere offene Fragestellung ist die Wechselwirkung der Einbaukinetik an der Phasengrenze mit der Stöchiometrieabweichung in Verbindungen. Ganz sicher wird der Verteilungskoeffizient dadurch beeinflusst, ob das Fremdatom eine Austauschreaktion mit einem Matrixatom der Verbindung durchführen muß oder ob es eine durch Nichtstöchiometrie vorhandene Vakanz besetzt - beide Vorgänge sind energetisch unterschiedlich. Würden wir dies berechnen können, so könnte man vielleicht das Anwachsen der Kohlenstoffkonzentration mit Zunahme des Gehaltes von Arsenvakanz im GaAs erklären. Wohl noch spektakulärer wäre eine exakte kinetische Beschreibung des neuerlich wieder massiv aufgegriffenen Modells einer Versetzungsgeneration an Kristalloberflächen (S. Brochard, Phil. Mag. A 77 (1998) 911), insbesondere an Stoßnähten zwischen facettierten und gerundeten Regionen eines wachsenden Kristalls. Schließlich zeigte ein weiterer Vortrag von E. van Veenendaal (University of Nijmegen/NL), daß bezüglich der kinetischen Aufräuhung von {111} Si-Flächen ein Unterschied zwischen Wachstum und Ätzen besteht. So geht bei gleich hoher Triebkraft $\Delta\mu/kT$ (Übersättigung) das Wachstum über Flächenkeimbildung eher in den rauhen Modus über als das Ätzen, welches beim "layer-by-layer"-Mechanismus verweilt. Solche Studien sind wichtig für ein kontrolliertes Strukturätzen in der Mikroelektronik und Mikromechanik.

Somit zeigte mir diese Tagung wieder einmal, daß die deutschen bulk-Züchter schlecht beraten sind, wenn sie die kinetischen Fra-

gen allzusehr vernachlässigen (es gibt nach meinem Wissen auch kein zentrales Schwerpunkt-Förderprogramm zur Kristallisationskinetik mehr). Da kann der Anschluß schnell verschlafen werden.

Tagungsbericht zu "Kinetik und Morphologie"

von Rudolf Lauck,
Max-Planck Institut für Festkörperforschung, Stuttgart

Was Wachstumskinetik und Morphologie von Kristallen anbelangt, so befindet man sich bei einer Tagung in den Niederlanden sozusagen in der Höhle des Löwen. Bei den Vorträgen und Postern über diese Thematik dominierten erwartungsgemäß die holländischen Beiträge. Die hierzu am häufigsten verwendeten Untersuchungsmethoden waren das Rasterkraftmikroskop für die reale und die Monte Carlo Simulation für die virtuelle Welt des Kristallwachstums.

Der Kristallhabitus kann in vielen Fällen durch die klassische Hartman-Perdok-Theorie beschrieben werden. Doch es gibt Ausnahmen. **F. Hollander et al.** (Universität Nijmegen) zeigt in seinem Vortrag: *MORPHOLOGY OF β -MONOACID TRIACYLGLYCEROL CRYSTALS: REVISED INTERPRETATION BASED ON MULTIPLE NETS*, daß es für einige Flächen einer Modifizierung unter Einbeziehung der Freien Energie von Stufen bedarf. Von den möglichen Flächen werden diejenigen mit der höchsten Ising-Temperatur experimentell beobachtet.

Eine andere Auseinandersetzung mit dem Thema Morphologie stellt der Abendvortrag *SNOW CRYSTALS: THOUSAND FORMS AND ONE SYMMETRY* von **A. Janner** (Univ. Nijmegen) dar. Der Vortragende versteht es, seine Begeisterung für das faszinierende Phänomen auf die Zuhörer zu übertragen. In der bis auf Kepler zurück reichenden Tradition demonstriert er die Formenvielfalt (>2000) der Schneekristalle, die alle einer Struktur zuzuordnen sind. Ohne die Physik berücksichtigen zu müssen, genügt ihm ein auf einer Punktgruppe basierender kristallographischer Ansatz, um über Transformationen und geometrische Konstruktionen die bekannten makroskopischen Formen herzuleiten.

A MONTE CARLO STUDY OF ETCHING OF THE KOSSEL (100) AND THE SILICON (111) SURFACE:

E. van Veenendaal et al. (Universität Nijmegen) untersucht das Abtragen der (100)-Fläche eines idealen Kossel-Kristalls und vergleicht es mit Wachstums-Simulationen. Die wesentliche Asymmetrie der Vorgänge besteht darin, daß eine glatte Fläche mit zunehmender Übersättigung kinetisch rau werden kann, wohingegen diese Fläche bei zunehmender Untersättigung weiterhin schichtweise abgetragen wird. Von praktischem Interesse ist das chemische Ätzen von Silizium in KOH. Analytische Theorie und Simulation liefern für diesen irreversiblen Prozeß übereinstimmende Ätzraten in Abhängigkeit von der Orientierung, d.h. für die (111)-Fläche und die benachbarten V zinalflächen.

Ergänzungen zu diesem Vortrag stellen folgende Poster dar:

ORIENTATION-DEPENDENT CRYSTAL GROWTH AND ETCH RATE FUNCTIONS, von **J. van Suchtelen** (Univ. Twente) et al. (Univ. Nijmegen), mit der Entwicklung von analytischen Wachstums- und Ätzratenfunktionen über elektronische Ersatzschaltbilder, und

THE ORIENTATION DEPENDENCE OF THE SURFACE MORPHOLOGY OF SILICON ETCHED IN KOH, von **E. van Veenendaal et al.** (Univ. Nijmegen und Nagoya), mit Ätzexperimenten und der überzeugenden Simulation einer gesamten Siliziumkristall-Hemisphäre.

CRYSTAL GROWTH AND DEFECT FORMATION: NUMERICAL SIMULATION STUDIES:

H. E. A. Huitema und J. P. van der Eerden (Univ. Utrecht) behandeln das Wachstum aus der Lösung auf der Basis des Lennard-Jones Potentials, womit auch die Wechselwirkungen in der Flüssigkeit erfaßt werden. Der Übergang von glatten zu rauen Flächen wird mit Kossel-Modell-Ergebnissen verglichen. Darüber hinaus müßte die rechnerisch aufwendigere Methode eine realistischere Beschreibung der Struktur der Phasengrenzfläche liefern. Unter Vorgabe verschiedener Löslichkeiten erhält man auf einer glatten Fläche eine bewegliche quasi-flüssige Adsorptionsschicht, wohingegen die Versorgung einer rauen Fläche durch eine hochviskose glasartige Schicht stark begrenzt wird. Demnach hätte man bei der Lösungszüchtung keinen Vorteil von einer solchen Aufrauung (?). Eine weitere Simulation errechnet im Falle einer nicht-reinen Schmelze den Verteilungskoeffizienten als Funktion der Mischungsrate.

HIGH RESOLUTION IMAGING OF STEP PATTERNS ON CRYSTAL SURFACES:

W. van Enckevort et al. (Univ. Nijmegen) demonstriert sehr eindrucksvoll, daß das Rasterkraftmikroskop ein unverzichtbares Werkzeug zur detaillierten Untersuchung von Wachstumsstufen ist. Die gezeigten Stufenmuster, darunter 2D-Keime, Einzel- und Mehrfach-Wachstumsspiralen, stammen von anorganischen ($\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$, $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, Diamant) und organischen Kristallen (Fette, Paraffin, Insulin). Theoretische Aspekte und Interpretationen werden durch eine Parallelprojektion gegenübergestellt. Die Auswirkungen von Verunreinigungen wie Stufenblockaden werden sichtbar. Unter hoher Übersättigung können über Stufenbündelung und Makrostufen schließlich Überhänge und Einschlüsse entstehen. Durch eine Sauerstoffbehandlung von Diamant bei 800°C wird aus der (100) K-Fläche eine F-Fläche mit Stufen, was sich durch eine "Sauerstoffbrücken-Rekonstruktion" erklären läßt. Neben diesen ex-situ Untersuchungen ist es auch gelungen, in-situ Beobachtungen durchzuführen: Ätzen von $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ im Wasser-Alkohol-Gemisch, und von der Sondenspitze verursachter Schmelzprozeß und Wachstum von $\text{C}_{23}\text{H}_{48}$.

Eine weitere in-situ Untersuchung von komplexen Stufenquellen wie z.B. Mehrfach-Spiralen präsentiert **P. J. Halpenny et al.** (Univ. of Strathclyde, Glasgow) mit *AN IN-SITU AFM STUDY OF THE BEHAVIOUR OF GROWTH SPIRALS ON CRYSTALS OF LYSOZYME*.

C. F. Woensdregt und J. D. Meeldijk (Univ. Utrecht) können mit *AFM IMAGING OF GROWTH SPIRALS AND DISSOLUTION PHENOMENA ON CRYSTALLINE INTERFACES OF MINERALS* zwei verschiedene durch die Hartman-Perdok Theorie vorhergesagte {110}-Flächen von Melanit nachweisen. Außerdem werden Flächen von hydrothermal gewachsenem Spessartin abgerastert.

L. I. van Steensel et al. (Univ. Utrecht) berichtet über *CRYSTALLIZATION IN THIN FILMS OF OXIME MOLECULES: AFM OBSERVATION* unter Anwendung der "Fliehkraftbeschichtungsmethode".

Ein Hochgeschwindigkeits-Rastertunnelmikroskop wird von **J. W. M. Frenken** (FOM-Institut, Amsterdam) eingesetzt, um die Struktur der (115)-Fläche von Silber in Abhängigkeit von der Temperatur zu untersuchen. Es wird eine "Aufrauungs-Temperatur" von $465 \pm 25^\circ\text{K}$ bestimmt.

Es sollten auch noch folgende Posterbeiträge herausgestellt werden:

ATOMIC FORCE MICROSCOPY OF MONOMOLECULAR STEP PATTERNS ON ORGANIC CRYSTALS, von **M. Plomp et al.**,

SURFACE STRUCTURE OF TWINNED $\gamma\text{-Al}(\text{OH})_3$ CRYSTALS IMAGED WITH AFM, von **C. Sweegers et al.**,

SIMULATION OF MASS TRANSPORT VERSUS KINETICS USING A MIXED MONTE CARLO AND MULTIPLE DIFFUSION LIMITED AGGREGATION MODELL, von **F. Hollander et al.**,

FROM CRYSTAL STRUCTURE TO MORPHOLOGY. THE IMPLICATION OF MULTIPLE CONNECTED NETS, von **H. Meekes et al.**,

A MONTE CARLO STUDY OF DISLOCATION GROWTH AND ETCHING, von **H. Cuppen et al.** (alle Univ. Nijmegen), und

COMPUTER MODELLING OF CRYSTAL MORPHOLOGY (Calcit), von **A. L. Braybrook et al.** (Univ. Keele /GB).

Halbleiter-/Massivkristallzüchtung

Bericht von Josef Stenzenberger und Bernd Fischer, Institut für Materialwissenschaften, Universität Erlangen

Das BriDGe Meeting on Crystal Growth vom 15. bis 17. März 1999 in Zeist, Niederlande, bot dem "klassischen" Kristallzüchter Gelegenheit, einmal etwas über den Tellerrand hinauszublicken, sei es im Bereich der Wachstumskinetik oder bei unterhaltsamen wie informativen Beiträgen zur Struktur von Seeigelstacheln oder Schneeflocken.

Aber auch der vielleicht etwas weniger exotische Halbleitersektor war gut vertreten.

Auf dem Feld der industrienahen Massivkristallzüchtung von GaAs berichteten Prof. Rudolph vom IKZ Berlin und J. Stenzenberger vom Kristalllabor der Universität Erlangen über den Stand der Arbeiten zu zwei unterschiedlichen Züchtungsmethoden, die jedoch die gleiche Zielstellung verfolgen.

Prof. Rudolph behandelte in seinem Vortrag das Vapor Pressure Controlled Czochralski Verfahren (VCZ-Verfahren), das eine Variante des derzeit in der industriellen Produktion hauptsächlich verwendeten Liquid Encapsulated Czochralski Verfahrens (LEC-Verfahren) darstellt, die das Ziel verfolgt, die während der Züchtung auftretenden Temperaturgradienten zu reduzieren. Dadurch wird die Voraussetzung zur Reduzierung der thermischen Spannungen und somit der Versetzungsdichte geschaffen. Prof. Rudolph zeigte anhand von Züchtungsergebnissen auf, daß es mit diesem Verfahren möglich ist, Kristalle mit einer im Vergleich zum herkömmlichen Czochralski-Verfahren bis um eine Größenordnung reduzierten Versetzungsdichte herzustellen. Der Durchmesser der gezüchteten Kristalle liegt derzeit bei 4 Zoll. Durch geeignetes Tempern der Kristalle ist es möglich, ähnlich dem Vorgehen beim Czochralski-Verfahren, Substrate mit sehr guter Homogenität der elektrischen Eigenschaften bei reduzierter Versetzungsdichte herzustellen.

Im Vergleich zum herkömmlichen Czochralski-Verfahren muß allerdings ein höherer technischer Aufwand betrieben werden. Prof. Rudolph stellte in seinem Vortrag auch anhand eines Beispiels den Einsatz der numerischen Modellierung zur Anlagen- und Prozeßverbesserung dar.

Die gleichen Ziele, nämlich Reduzierung der Temperaturgradienten während des Züchtungsprozesses, werden auch beim Vertical Gradient Freeze (VGF) Verfahren verfolgt, auf das Herr Stenzenberger vom Kristalllabor der Universität Erlangen einging. Hierbei handelt es sich jedoch um ein zum Czochralski-Prozeß verschiedenes Verfahren, bei dem die Züchtungsanordnung umgekehrt ist, d.h. die Schmelze befindet sich über dem Keim in einem Tiegel und wird während des Züchtungsprozesses gerichtet erstarrt. Da dieses Verfahren ohne Translation und Rotation des Tiegels auskommt, können die nötigen Züchtungsanlagen günstiger hergestellt werden.

Auch hier werden Kristalle mit einem Durchmesser bis zu 4 Zoll gezüchtet. Herr Stenzenberger stellte jedoch sowohl n-leitendes siliziumdotiertes Material, das in der Optoelektronik eingesetzt wird, als auch semiisolierendes Material vor.

Auch in diesem Vortrag wurde die Bedeutung der numerischen Simulation zur Prozeß- und Anlagenentwicklung herausgestellt. M. Schweizer vom Kristallographischen Institut der Universität Freiburg berichtete über die Studie einer Silizium Floating Zone Konfiguration zur Ermittlung des Zusammenhangs von Temperaturfluktuationen und Wachstumsgeschwindigkeit mit Dotierstoffstreifen im Kristall. Bei einer Züchtung unter Mikrogravitation wurden Temperaturschwankungen aufgrund von thermokapillarer Konvektion sowie die mikroskopische Wachstumsrate gemessen. Die Striations im Kristall wurden u.a. mit Hilfe von Widerstandsmessungen untersucht. Die experimentellen Ergebnisse wurden mit dreidimensionalen numerischen Simulationsrechnungen verglichen und bestätigt. Bei der durchgeführten Züchtung schwankt die Wachstumsgeschwindigkeit zwischen 4mm/min und Rückschmelzen bei einem Mittelwert von 1mm/min. Die ermittelten Frequenzen für Wachstumsgeschwindigkeit und Dotierstoffstreifen liegen in ähnlichen Bereichen, jedoch können die erwähnten Schwankungen nicht mit Sicherheit als alleinige Ursache der Striations gesehen werden.

Die Floating Zone Methode findet auch bei ganz anderen Materialien Verwendung wie im Vortrag von H. Bitterlich (IFW Dresden) am Beispiel des pseudoquaternären $Tb_xY_{(1-x)}Ni_2B_2$ zu sehen war. Die Supraleitfähigkeit des YNi_2B_2 verbindet sich hier mit den magnetischen Eigenschaften der Tb-Ionen. Ab einem Tb-Anteil von $x > 0,4$ bricht die Supraleitfähigkeit zusammen. Für die Untersuchung von magnetischen Ordnungsphänomenen durch z.B. Neutronenstreuexperimente wurden Einkristalle für ausgewählte Zusammensetzungen nach der Floating Zone Methode gezüchtet.

Bei einer Züchtungsgeschwindigkeit von 1,5mm/h und asymmetrischer Rotation von Keim und Vorratsstab ergeben sich für einen beträchtlichen Teil des Kristalls konstante physikalische Eigenschaften.

Strömungsmuster und Instabilitäten in einer Czochralski-Schmelze wurden von P. Hintz (Physikalisches Institut, Universität Gießen) einer Grundlagenuntersuchung unterzogen.

Die modellierte Anordnung entsprach dabei den Gegebenheiten der Züchtung von Oxiden oder Fluoriden. Als Modellfluid wurde Silikonöl ($Pr=7$) in einem transparenten Saphir-Tiegel (40 mm Durchmesser, 40 mm Höhe) verwendet. Durch eine zwischen dem isotherm gehaltenen Tiegel und einem als Kristallersatz dienenden Kupferstab (14 mm Durchmesser) angelegte Temperaturdifferenz wurde thermische Konvektion angeregt, die mit erzwungener Konvektion durch Kristallrotation überlagert wurde.

Es wurden Temperaturmessungen durchgeführt sowie die Strömung visualisiert. Die Variation verschiedener Parameter wie Temperaturdifferenz, Schmelzhöhe, Meniskus oder Kristallrotation gab Aufschluß über Strömungsmuster und Übergänge, z.B. zu zeitabhängiger oder oszillierender Strömung (bei Kristallrotation).

Wichtige Elemente der Strömungsmuster waren dabei meist eine oberflächenspannungsgetriebene Rolle an der freien Oberfläche sowie ein "cold jet" unter dem Kristall.

Über die Züchtung von SiC aus Gasphase und Lösung berichtete D. Hofmann (Institut für Werkstoffwissenschaften 6, Universität Erlangen).

Die Entwicklung dieses Halbleitermaterials hat mittlerweile die Voraussetzungen zur industriellen Produktion von innovativer Hochleistungs-, Hochtemperatur- und Hochfrequenzelektronik geschaffen, jedoch steht dem die beschränkte Verfügbarkeit von hochqualitativem Einkristallmaterial gegenüber. Die mit Durchmessern bis 2 Zoll produzierten Wafer haben mit spezifischen Defekten wie Micropipes zu kämpfen.

Im ersten Teil des Vortrags wurde ein Überblick über den augenblicklichen Stand bei der Züchtung aus der Gasphase gegeben (Physical Vapor Transport Method). Dabei wurden experimentelle Resultate zu Micropipe- und Versetzungsdichte von 4H- und 6H-SiC-Kristallen mit Durchmessern bis 1,5 Zoll präsentiert und die Bildung von Micropipes in Korrelation gesetzt mit den PVT-Prozeßparametern.

Numerische Simulationen unterstützen die Analyse von thermischen Feldern und Zusammensetzung der Gasphase.

Die Lösungszüchtung von SiC, die lange als nicht machbar galt (zu kleine Kristalle, kleine Kristallisationsraten, Defekte aufgrund von morphologischen Instabilitäten), kann in letzter Zeit deutliche Fortschritte aufweisen. Von Vorteil sind hier die bessere Kontrolle der Keimbildung und die reduzierte Ausbildung von Micropipes; letztere können während der Lösungszüchtung sogar geschlossen werden.

Schließlich wurden aus der Lösung bei erhöhtem Druck (100 - 150 bar) gezüchtete SiC-Kristalle mit Durchmessern bis 1,4 Zoll gezeigt.

L. Ackermann von FEE Idar-Oberstein gab einen Überblick über den Stand der Dinge bei der kommerziellen Züchtung von Laserkristallen.

Als Materialien sind hier der "klassische" Nd:YAG aber auch konkurrierende Kombinationen wie Yb:YAG oder Nd:YVO₄ zu nennen.

Die Entwicklung von Hochleistungslaserdioden mit Lebenszeiten bis zu 10000h hat eine gravierende Umwälzung im Bereich der Festkörperlaser vom lampengepumpten zu diodengepumpten Systemen zur Folge. Das hat auch weitreichende Auswirkung auf die Laserkristallindustrie. Das nötige Volumen an Kristallen beträgt bei den diodengepumpten Lasern nur einen Bruchteil dessen, was vorher für die lampengepumpten Systeme gebraucht wurde.

Auf der anderen Seite wächst der Bedarf an Laserkristallen mit hoher optischer Qualität und chemischer Reinheit, eben aufgrund der kleinen Volumina, die im Spiel sind. Um diesen Anforderungen gerecht zu werden, ist eine Weiterentwicklung des Züchtungsequipments sowie der Charakterisierungsmethoden erforderlich.

Tagungsbericht zur Thematik

Oxidkristalle

von Herrn Dupré,
FEE Idar-Oberstein

Dr. Ackermann vom FEE in Idar-Oberstein sprach nach einem Ausflug in die Entwicklung der kommerziellen Züchtung von synthetischen Granaten und Rubinen über den aktuellen Stand der Züchtung von oxidischen Kristallen für die Laser-Technik. Der kommerziell bedeutendste Laser-Kristall, der Nd:YAG, wird z.Z. von Firmen in USA mit Durchmessern bis zu 100 mm gezüchtet. Durch die zunehmende Miniaturisierung der Laser und den Über-

gang von lampen- auf diodengepumpte Systeme wird sich in den nächsten 5 Jahren der Bedarf an großen Laserstäben drastisch verringern, da für diodengepumpte Laser bei gleicher Leistung nur noch ca. 20% des bisherigen Kristallvolumens, bei Scheibchenlasern nur noch ca. 1% des bisher nötigen Materials benötigt werden. Daraus folgt, daß dann nur noch ca. 20% der 1999 vorhandenen Züchtungskapazitäten benötigt werden. Mit dieser Veränderung wird auch eine Steigerung in der benötigten Kristallqualität (z.B. Züchtung von flat-interface -Kristallen) notwendig werden und andere Kristalle oder andere Dotierungen (z.B. Nd:YVO₄, Nd:LSB oder Yb:YAG) werden an Bedeutung gewinnen.

Poster zu Laser/NLO

Burkhalter et al. von der Universität Bern berichteten über Techniken zur Herstellung von Wellenleitern in YLF (YLiF₃). Mit Eigen-Flux-LPE, chemischem Polieren, verschiedenen Ätzmitteln, Laser-Abtragung und Ionenimplantation wurden auf YLF-Substraten Wellenleiter mit 5x3µm Querschnitt und bis zu 15 mm Länge hergestellt.

Ganschow et al. vom IKZ in Berlin stellten nach der micro-pulling-down-Technik Fasern von TAG (Tb₃Al₅O₁₂, Granat-Struktur) aus unstöchiometrischen Schmelzen her. Durch seine hohe Verdet-Konstante kann es den TGG in miniaturisierten Faraday-Isolatoren ersetzen, wenn es gelingt, es in vergleichbar guter Kristallqualität herzustellen.

Über die Züchtung von Fasern aus Y₂O₃ mit der Laser Heated Pedestal Technique berichteten Becker et al. von der Universität Stuttgart, die Fasern hoher Qualität mit 0,5 mm Durchmesser und bis zu 100 mm Länge mit Dotierungen von Nd, Ho, Er, Tm und Yb herstellten. Mit Seltenen Erden dotiertes Y₂O₃ bietet sich wegen seiner hohen Wärmeleitfähigkeit als Material für Festkörperlaser an, ist jedoch mit dem Czochralski-Verfahren wegen seines hohen Schmelzpunktes von 2440°C z.Z. nur unter großen Schwierigkeiten zu züchten.

Von Mendricks et al. aus Osnabrück wurde ein Poster über Züchtung und Charakterisierung des photorefraktiven Bleigermanats (Pb₅Ge₃O₁₁) präsentiert. Die Kristalle wurden nach dem Czochralski-Verfahren gezüchtet und mit Ba, P, Co, Yb oder Ni dotiert. Es wurden zwei Typen holographischer Gitter gefunden, wobei insbesondere in den Ni-dotierten Kristallen die Eigenschaften des langsameren Gitters durch oxidierende Nachbehandlung verbessert werden konnten.

Wilke et al. simulierten mit FEM sehr realistisch die Durchbiegung der Interface von LiNbO₃ in Abhängigkeit von Ziehgeschwindigkeit und Kristallrotation bei Züchtungen nach dem Czochralski-Verfahren. Mit Hilfe der Simulationen wurden Züchtungsparameter festgelegt, die anschließend in Züchtungsexperimenten erfolgreich verifiziert wurden.

**Internationales Kristallzüchertreffen
Deutschland-Japan-Polen in Berlin**

am 19. und 20 April 1999

Bericht von T. Boeck,
Institut für Kristallzüchtung, Berlin

Das Institut für Kristallzüchtung (IKZ) führte vom 19. - 20. April 1999 eine internationale Tagung durch, bei der das Vortragsprogramm vorrangig von führenden Spezialisten der drei Veranstaltungsländer Japan, Polen und Deutschland getragen wurde.

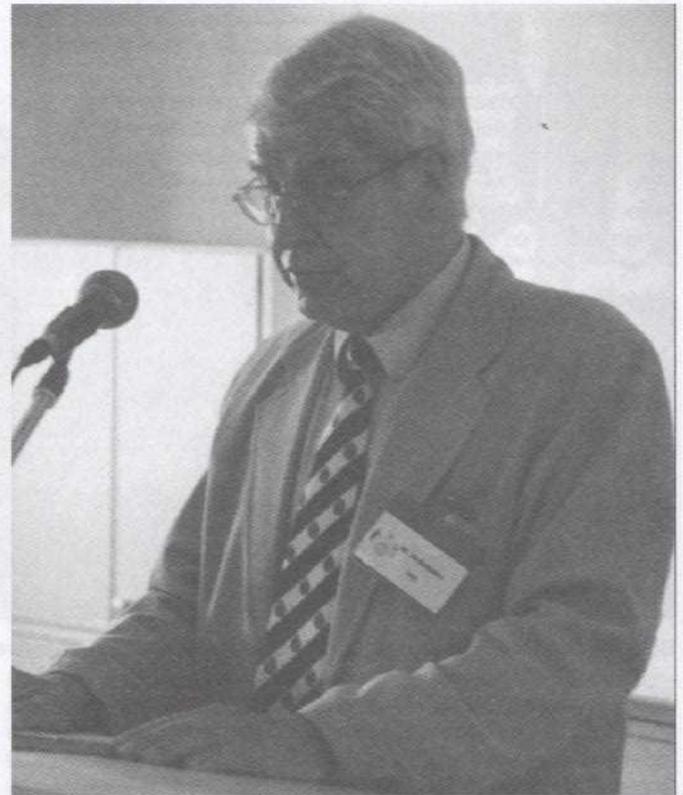


Bild 12: Begrüßung durch Prof. Schröder

Die Idee einer solchen Tagung, so betonte der Direktor des IKZ, Prof. W. Schröder in seiner Einführung, erwuchs aus der langjährigen Kooperation mit dem japanischen Partnerlabor an der Tohoku Universität in Sendai unter Leitung von Prof. T. Fukuda sowie mit der polnischen Gesellschaft für Kristallwachstum unter Leitung von Frau Prof. A. Pajaczkowska.



Bild 13: Prof. Pajaczkowska von der Polnischen Gesellschaft für Kristallwachstum



Bild 14: Die Teilnehmer des Internationalen Kristallzüchertreffens in Berlin

Hervorzuheben ist, daß es bei dieser Tagung gelang, mehr als 100 hervorragende Kristallzüchter aus Grundlagenforschung und Industrie zusammenzuführen. Gäste konnten außerdem aus China, Südkorea, Indien und den USA begrüßt werden.

Neben der DGKK, der DFG und einer Reihe von Firmen, die die Veranstaltung gleichzeitig durch Präsentationen bereicherten, beteiligte sich die Japan Society for Promotion of Science (JSPS) wesentlich an der Finanzierung.

Die Tagungsschwerpunkte wurden nach modernen Anforderungen der Mikro- und Optoelektronik sowie der Lasertechnik ausgewählt. So berichteten die beiden international führenden Unternehmen zur Silicium-Kristallzüchtung, Shin Etsu (Japan) und Wacker Siltronic (Deutschland) über Entwicklungstrends und zukünftige Anforderungen an die Kristallzüchtungsforschung.

Einen weiteren Schwerpunkt bildeten die für die Entwicklung blauer Halbleiterlaser und -dioden wichtigen Kristallmaterialien SiC, GaN und ZnSe. Vertreten waren der bedeutende japanische SiC-Hersteller Nippon Steel und das auf dem Gebiet der GaN-Kristallsynthese Pionierarbeit leistende Labor des High Pressure Research Centre in Warschau. Zum Entwicklungsstand der GaAs-Kristallzüchtung, dem für die Optoelektronik und Nachrichtenübertragung wichtigsten Material, informierten u.a. die internationalen Spitzenfirmen Sumitomo Electric Inc. (Japan) und Freiburger Compound Materials GmbH (Deutschland).

Einen zentralen Platz nahm auch die Züchtung neuartiger oxidischer Materialien für die Lasertechnik und für Anwendungen in der nichtlinearen Optik ein. Es wurden Übersichtsvorträge über den Entwicklungsstand auf diesen Gebieten in Japan, China und Südkorea gegeben. Die Industrie war hier mit einem deutschen Beitrag der FEE GmbH für Laserkristallzucht in Idar-Oberstein vertreten.

Großes Interesse erweckte der Beitrag aus dem Entwicklungslabor der Firma Canon Inc. Vorgestellt wurden Ergebnisse zur Herstellung kristalliner Silicium-Schichten auf amorphen Substraten wie Glas. Eine wichtige Anwendung hierfür ist u.a. die Photovoltaik.

Um die interessanten Beiträge einem erweiterten Interessentenkreis zugänglich zu machen, werden die Abstracts dieser Tagung demnächst im Internet im WEB-Angebot des IKZ erscheinen. Sie finden dieses unter:

<http://www.ikz-berlin.de>

Im unmittelbaren Anschluß an die Tagung bestand für die ausländischen Gäste und interessierte deutsche Kollegen die Mög-

lichkeit, sich an einer der beiden dreitägigen Post-Konferenz-Rundreisen durch einschlägige Forschungsinstitute und Firmen in Deutschland oder Polen zu beteiligen.

Die "Deutschland-Tour" führte zunächst zur Freiburger Compound Materials GmbH. Anschließend lud Prof. G. Müller zu einem "Workshop on growth of semiconductors" und zu einer Besichtigung von Labors der Universität Erlangen/Nürnberg ein. Ein Besuch der Wacker Siltronic AG in Burghausen bildete den Abschluß der Rundreise.

In Polen standen das High Pressure Research Centre sowie das Institute of Electronic Materials Technology (ITME) und das Institute for Physics of the Polish Academy of Science (IFPAN) in Warschau auf dem Programm.



Bild 15: Prof. Fukuda und Prof. Rudolph bei der Diskussion

Die Tagung stellt ein wichtiges wissenschaftliches Ereignis im Leben des IKZ dar und zeigt auch, wie sich die DGKK mit Erfolg um die Vermittlung neuer Impulse für die zukünftige Forschungstätigkeit und deren Industrierelevanz bemüht. Hierfür gilt der Dank den Leitern des Organisationskomitees, Prof. W. Schröder und Prof. T. Fukuda sowie Frau Prof. Pajaczkowska, Prof. T. Sasaki, Prof. G. Müller und insbesondere dem großen Engagement von Prof. P. Rudolph.



Bild 16: Altberliner Hofffest

Die Tatsache, daß die Tagung wohl allen Beteiligten in angenehmer Erinnerung bleiben dürfte liegt sicher auch darin begründet, daß es dem IKZ gelang, mit Stadtrundfahrt und zünftigem Altberliner Hoffest einen gelungenen Rahmen zu gestalten. Ließen das dichte Vortragsprogramm und die kurze Posterdiskussion Fragen offen, so war an und in Berliner Sehenswürdigkeiten und bei abendlichem Bier und Schusterjungen Gelegenheit zu entspannten Gesprächen und zum persönlichen Kennenlernen.

Ihren schönen Abschluß fand die Tagung im Berliner Schauspielhaus mit einem Konzert der berühmten Philharmonie der Nationen unter Leitung von Justus Frantz.

6. Berichte ausländischer Schwestergesellschaften

American Association for Crystal Growth AACG

Das Novemberheft der amerikanischen Schwestergesellschaft enthält in der Kolumne des Präsidenten Vince Fratello unter anderem eine Betrachtung über die möglichen Ursachen eines langsamen Rückgangs der Mitgliederzahl, der seit 1990 zu beobachten ist. Als hauptsächlichlicher Grund wird die zunehmende Zersplitterung der Kristallzüchtergemeinschaft in speziellen Themen zugeordnete Gruppen ausgemacht. Über gemeinsame Veranstaltungen soll versucht werden, die wegdriftenden Einzelgemeinschaften wieder näher an die AACG heranzuführen.

Als besonderen Vorzug der Kristallzüchtergesellschaft AACG empfindet Herr Fratello die überschaubare Größe und die so er-

möglichte familiäre und unkomplizierte Atmosphäre. (Damit spricht er bestimmt auch manchen von uns "aus der Seele".)

Sehr hat mir im amerikanischen Heft eine wissenschaftliche Biographie zu Professor Jan Czocharski gefallen, die von Herrn Pavel Tomaszewski aus Wroclaw, Polen, zusammengestellt wurde. Ich denke, dieser Artikel könnte für die meisten von uns sehr lesenswert sein und ich will versuchen, die Erlaubnis für eine Publikation in der Internet-Version unseres MB zu bekommen.

Groupe Francaise de Croissance Cristalline GFCC

Zur Auswertung lagen mir die Hefte für Oktober 1998 und für Februar 1999 vor. Im ersten dieser Hefte wird die französische Kristallzüchtergemeinschaft über die erfolgreiche europäische Initiative zur Organisation der internationalen Kristallzüchtertagung ICCG14 und der internationalen Schule zur Kristallzüchtung ISSCG12 in Grenoble bzw. Berlin unterrichtet. Neben diversen Tagungsberichten findet sich im 98er Heft eine Beschreibung der Kristallzüchtungsaktivitäten in Lille, die dort von der Ecole Nationale und der Université des Sciences et Technologies getragen werden.

Das vom Februar dieses Jahres enthält eine für mich sehr interessante Geschichte der vielfältigen Nutzung von Asbest, welcher seit Menschengedenken für den Menschen einen wichtigen Rohstoff darstellt und erst in jüngster Zeit in Verruf geriet. So war ich erstaunt, zu lesen, daß Tücher aus Asbest traditionellerweise zum Filtern von Wein verwendet wurden, ohne daß die Menschen diesen dann weniger gern getrunken hätten.

Schließlich werden in den französischen Mitteilungsblättern wieder eine ganze Reihe von Dissertationen zur Kristallzüchtung vorgestellt, ein Brauch, den ich auch in unserem Heft gerne in vermehrtem Maße einführen würde.

F. Ritter

7. Termine

Nächste Treffen der Arbeitskreise

Arbeitskreis
"Herstellung und Charakterisierung von massiven GaAs-, InP- und SiC-Kristallen"

Nächstes Treffen voraussichtlich im Oktober 1999

Kontakt über
Prof. Dr. G. Müller
Institute for Materials Science Dept. 6
University Erlangen-Nuremberg, Martensstr. 7, D-91058
Crystal Growth Laboratory Erlangen Germany
Phone: +49-9131-857636,
Fax: +49-9131-858495
E-mail: georgmueller@ww.uni-erlangen.de

Arbeitskreis
"Intermetallische Verbindungen"

Nächstes Treffen am 4./5.10.1999 in Frankfurt/Main

Kontakt über
Prof. Dr. W. Aßmus
Uni Frankfurt am Main
Tel.: 069/798-23144
Fax.: -28520
E-Mail: assmus@physik.uni-frankfurt.de

Arbeitskreis

"Kristalle für Laser und Nichtlineare Optik"

Nächstes Treffen am 30. 9./1.10.1999 in Köln.

Kontakt über

Prof. Dr. Manfred Mühlberg

Institut für Kristallographie

der Universität zu Köln

Zülpicher Str. 49b

D-50674 Köln

Tel.: 0221/470-4420;

FAX: 0221/470-4963

E-mail: M.Muehlberg@kri.uni-koeln.de

Arbeitskreis

"II-VI – Halbleiter"

Termin für nächstes Treffen bei Redaktionsschluß nicht bekannt

Kontakt über

Dr. German Müller-Vogt

Kristall- und Materiallabor der

Fakultät für Physik

Kaiserstr. 12

76131 Karlsruhe

Tel.: 0721/608-3470

Fax.: 0721/697-7031

E-mail: German.Mueller-Vogt@phys.uni-karlsruhe.de

Arbeitskreis

"Epitaxie von III-V-Halbleitern"

Nächstes Treffen Anfang Dezember 1999 an der TU Braunschweig.

Kontakt über

Dr. F. Scholz

Universität Stuttgart

E-mail: f.scholz@physik.uni-stuttgart.de

Anmerkung der Redaktion:

Diese Rubrik gibt es auch in der Internet-Version des Mitteilungsblatts, zu finden über die Homepage der DGKK oder direkt unter

<http://www.rz.uni-frankfurt.de/~faritter>

Dort finden Sie dann die aktuellen Termine und Informationen, die bei Redaktionsschluß dieser Ausgabe des MB noch nicht bekannt waren.

Tagungen**16 - 20 May 1999**

IPRM'99, 11th Int. Conf. on InP and Related Materials

Davos, Switzerland

Contact: H. Melchior, Swiss federal Inst. of Technology

CH-8093

Zurich, Switzerland

Fax: 0041+16331109

e-mail: h.melchior@iqe.phys.ethz.ch

16 - 20 May 1999

9th Biennial Workshop on Organometallic Vapor Phase Epitaxy

Ponte Vedra Beach, FL.,

Customer Service Dept., TMS, 420 Commonwealth Dr.,

Warrendale, PA 15086

Tel: +7247769000

Fax: +7247763770

e-mail: csc@tms.org

23 - 28 May 1999

Int. Workshop on MBE Growth Physics and Technology in Warsaw, Poland,

Contact: Prof. Marian Herman

Tel: 0048+228315154

Fax: 0048+228312160

e-mail: itp@warman.com.pl

27 - 30 May 1999

PR'99, Photorefractive Materials, Effects and Devices

Elsinore, Denmark

Contact: PR 99 Secretary

Optics and Fluid Dynamics dept.

Riso national Laboratory,

PO Box 49, DK-4000

Roskilde, Denmark

Fax: 0045+46774565

e-mail: prm99@risoe.dk

31 May - 04 June 1999

E-MRS Spring Meeting

Strasbourg, France

u.a. advanced Si substrates, defects in semiconductors,

magnetic oxides, nanocrystalline semiconductors, chalcogenide

semiconductors, strain in materials etc.

Contact: e-MRS, BP 20

67037 Strasbourg Cedex 2, France

Tel: 0033+388106543

Fax: 0033+388106293

e-mail: emrs@phase.c-strasbourg.fr

16 - 18 June 1999

50. Berg- und Hüttenmännischer Tag In Freiberg/Sa.

Kolloquium 6: Kristallisation un Technik

Contact: Prof. H. Holldorf

Inst. für Technische Chemie

Leipziger Str. 29

D-09599 Freiberg

Tel: +3731 392384

Fax: + 3731 392324

e-mail: horota@server.compch.tu-freiberg.de

21 - 25 June 1999

Seventh Int. Symp. on Nanostructures: Physics and Technology
St. Petersburg, Russia
Contact: B. Egorov, Ioffe Inst.
Polytechnicheskaya st. 26, 194021 St. Petersburg, Russia
Fax: +7 812247117
e-mail: boris.egorovqpop.ioffe.rssi.ru
<http://www.ioffe.rssi.ru/NANO-99/>

30 June - 02 July 1999

41st Electronic Materials Conference (EMC)
University of California, Santa Barbara
Contact: TMS
Tel: 001+7247769000
Fax: 001+7247763770
e-mail: csc@tms.org

5 - 9 July 1999

3rd Int. Conf. on Nitride Semiconductors
Montpellier, France,
Contact: P. Lefebvre, Secretary ICNS3,
Univ. de Montpellier II, Case Courrier 074,
34095 Montpellier Cedex 5, France,
Tel: 0033+0467143756
Fax: 0033+04671437
e-mail: lefebvre@ges.univ-montp2.fr

18 - 23 July 1999

International School on Crystal Growth and
Advanced Materials in Campinas/Brazil
Zahlreiche internationale Teilnehmer erwünscht
Contact: Prof. Rubens Caram
UNICAMP/FEM C.P. 6122
Campinas SP 13083-970 Brasil
Tel: 0055+197883309
Fax: 0055+192893722
e-mail: iscg@fem.unicamp.br
<http://www.fem.unicamp.br/iscg/>

26 - 30 July 1999

The 20th Int. Conference on Defects in Semiconductors
(ICDS-20) in Berkeley, CA, USA
University of California, Berkeley, CA 94720
<http://www.lbl.gov/msd/icds-20>

27 - 30 July

7th Int. Conference on Chemical Beam Epitaxy
(ICBE-7) in Tsukuba, Japan
Contact: OSA
Tel: 0081+357342554
Fax: 0081+357342897
e-mail: konagai@pe.titech.ac.jp

1 - 6 August 1999

Eleventh American Conference on Crystal Growth & Epitaxy
Tucson, Arizona
all aspects of crystal growth, characterization and application
Contact: T. Gentile, ACCGE-11 Secretariat
P.O. Box 3233
Thousand Oaks, CA 91359-0233 USA
Tel: 001+8054927047
Fax: 001+8054924062
e-mail: aacg@lafn.org

22 - 26 August 1999

Int. Symposium on Compound Semiconductors
(ISCS '99) in Berlin, Germany
Contact: ISCS'99 Secretary,
Paul-Drude-Institute
Tel: +30 20377352
Fax: +30 20377201
e-mail: ISCS99@pdi-berlin.de

29 August - 03 September 1999

FLC 99. Seventh Int. Conf. on Ferroelectric Liquid Crystals
Darmstadt, Germany
Contact: W. Haase, Inst. of Physical Chemistry
Darmstadt University of Technology
Petersenstr. 20
D-64287 Darmstadt
Fax: 0049+6151164924
e-mail: flc99@tu-darmstadt.de

September 5 - 7 1999

ICSSS - International Conference on Solid State
Spectroscopy
Schwäbisch Gmünd, Germany
Contact: Sabine Birtel
Fax: +7116891712
e-mail: icsss@cardix.mpi-stuttgart.mpg.de

September 6 - 8 1999

6th Int. Conf. on Interfacial Phenomena in Composite Materials
in Berlin, Germany
Contact: A. Hampe, BAM, Berlin,
Tel: +30 8104 1600
Fax: + 30 8104 1607
e-mail: andreas.hampe@bam.de

4 - 8 October 1999

European GaAs and Related III-V Compounds Application
Symposium (GAAS) in Munich, Germany
Contact: H. Hartnagel
Technische Hochschule Darmstadt
Tel: +6151 162162
Fax: + 6151 164367
e-mail: hfmwe001@hrz.tu-darmstadt.de

25 - 29 October 1999

Third Int. Symp. on Control of Semiconductor Interfaces
Karuzawa, Japan
Contact: T. Katoda, Dpt. Electronic and Photonic System Eng.
Kochi Univ. Tech.
Tosayamada, Kochi 782-0003, Japan
Tel: 0081+887531010
Fax: 0081+887572120
e-mail: katouda@ete.kochi-tech.ac.jp

27 - 30 October 1999

European Conf. on Advanced Materials and Processes
Munich, Germany, EUROMAT Congress Office, c/o
Deutsche Gesellschaft für Materialkunde,
Hamburger Allee 26, D-60486 Frankfurt, Germany
Tel: +69 7917750
Fax: +69 7917733

1 - 5 November 1999

Int. Conference on II-VI Compounds (II-VI '99)
in Kyoto, Japan
Contact: Prof. S. Fujita
Kyoto University
Tel: 0081+75753 5364
Fax: 0081+75753 5898
fujitasz@kuee.kyoto-u.ac.jp

29 November - 3 December 1999

MRS Fall Meeting in Boston, USA,
MA. Materials Research Society,
506 Keystone Drive, Warrendale, PA 15086-7573
Fax: +724 7798313
<http://www.mrs.org>

7. Das "Schwarze Brett"

Betriebsfähige Innenlochsäge mit Ersatzteilen ab sofort kostenlos abzugeben.

Typ: CAPCO SVA 100

Innenlochdurchmesser: ca. 200 mm

Stellfläche 3 m x 2 m

Anfragen: Prof. Dr. G. Müller

Kristalllabor am

Institut für Werkstoffwissenschaften

Universität Erlangen-Nürnberg

e-mail: georg.mueller@ww.uni-erlangen.de

Die Schmunzelecke

Weises zur Zukunft

„Ich kann freilich nicht sagen, ob es besser werden wird, wenn es anders wird; aber soviel kann ich sagen, es muß anders werden, wenn es gut werden soll“.

(Hans-Georg Lichtenberg, Naturwissenschaftler und Literat, 18. Jahrh.)

„Wir sollten uns um unsere Zukunft sorgen, denn wir werden den Rest unseres Lebens dort verbringen“.

(Charles Kettering, amerik. Industrieller)

In diesem Sinne:

Ein Institut/Unternehmen wird nur alt, wenn es jung bleibt.

Für Ihre Zukunftssicherung ein guter Rat:

Treffen Sie im Zweifelsfall die richtige Entscheidung.

Es sollte nicht nur die kantigen Typen geben

Unser Kopf ist rund,
damit das Denken die Richtung wechseln kann.

(Francis Picabia)

(Autor unbekannt)

Tröstliches für Unvorbereitete

Je sorgfältiger man plant,
desto wirkungsvoller trifft einen
der Zufall.

Nicht immer wird alles gebührend gewürdigt



8. Register bereits erschienener Artikel

Beschreibung von Kristallzuchtungsstandorten

Titel	MB-Nr.
Berlin, Kristallzuchtung am Hahn-Meitner-Institut	55
Berlin, Institut für Kristallzuchtung (IKZ)	56
Braunschweig, Forschung zum Kristallwachstum seitens der ansässigen Institute	42
Dresden, Kristallzuchtung und Kristallwachstum am ZFW (bis 1990)	54
Erlangen-Nürnberg, Kristalllabor am Lehrstuhl f. Werkstoffe der Elektrotechnik der Univ.	60
Frankfurt am Main, Kristall- und Mat.-Labor am Physikalischen Institut der Universität	50
Freiburg, Forschungsschwerp. "Kristallz. unter Red. Schwerkraftbedingungen" (KURS)	53
Freiburg, Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme	47
Freiburger Materialforschungszentrum (FMF)	61
Gießen, Kristallzuchtung am I. Physikalischen Institut der Universität	52
Karlsruhe, Kristall- und Materiallabor der Fakultät für Physik an der Universität	46
Kristallzuchtung in Polen (engl.)	64
Kristallzuchtung in Süd-Korea	66
Schulen, Projekt zur Kristallzuchtung in Berlin	51
Schulen, Projekt zur Kristallzuchtung in Bochum	47
Schulen, Projekt zur Kristallzuchtung in Hannover	46

Züchtungsverfahren, Züchtungsprojekte

Titel	MB-Nr.
Flüssigphasenelektroepitaxie	55
Kristallzuchtung für die Photovoltaik	59
Gedanken zu Gegenwart und Zukunft der Photovoltaik	68
Kristallzuchtung mit der Skull-Schmelz-Technik	67
Kristallzuchtung unter reduzierten Schwerkraftbedingungen	49
Liquid Encapsulated Cz.-Grown Semi-Insulating GaAs, Quality Status	54
Lithium-Niobat, Herstellung großer Einkristalle	42
Optical Heating for Zone Methods	65
Vertical Bridgman and Gradient Freeze Growth of III-V-Compound Semiconductors	53

Charakterisierung, mikroskopische Untersuchungen, Grundlagen

Titel	MB-Nr.
Characterization of Crystal Defects	56
ESRF (European Synchrotron Radiation Facility), X-Ray Diffraction Topography	60
ESRF (Kurzinformation)	62
Kristalldefekte und ihre Rolle in elektronischen Bauelementen	46
Lichtmikroskopie für die Kristallzuchtung -Kontrastverfahren und Spannungsoptik-	63
Marangoni-Effekte	37
Rasterkraftmikroskopische in-situ Kristallisationsuntersuchungen an der TU-Braunsch.	65

Technisches

Titel	MB-Nr.
Edelmetalle als Tiegelmateriale	49
Thyristorsteller zum Betreiben von Kristallzuchtungsöfen, Probleme bei induktiver Last	52

Historisches

Titel	MB-Nr.
Einkristallzuchtung vor 35 Jahren: Herstellung von GaAs mit dem Gremmelmeier-Verf.	57
Kristallzuchtung in der DDR	51
Kristallzuchtung unter Obhut der Arbeitsgruppe "Kristallisation" der VfK (DDR)	63
Iwan N. Stranski	66
The Various Institutions of Crystal Growth (How did they all start?)	44
Walter Schottky, Anmerkungen zum 100. Geburtstag	44

Forschungsorganisation, Politik

Titel	MB-Nr.
DFG-Schwerpunktprogramm "Kristallkeimbildung und -wachstum ..." (1988-93)	62
Fächerübergreifende Arbeitsgemeinschaft Halbleiterforschung Leipzig	64

Redaktion

Chefredakteur	F. Ritter Physikalisches Institut der Uni Frankfurt am Main Robert Mayer Str. 2 - 4 60054 Frankfurt /Main Tel.: 069/798-28053 Fax.: -28520 E-Mail: F.Ritter@Physik.uni-frankfurt.de
Übersichtsartikel, Kristallzüchtung in Deutschland	T. Boeck IKZ Berlin Tel.: 030/6392 -3051 Fax.: -3003 E-Mail: boeck@ikz-berlin.de
Tagungsberichte	W. Aßmus Uni Frankfurt am Main Tel.: 069/798-23144 Fax.: -28520 E-Mail: assmus@physik.uni-frankfurt.de
Mitteilungen der DGKK Stellenangebote/ Stellengesuche	A. Lüdge IKZ-Berlin Tel.: 030/6392 -3076 Fax.: -3003 E-Mail: luedge@ikz-berlin.de
Mitteilungen ausländischer Schwestergesellschaften	F. Ritter Anschrift siehe oben
Tagungskalender	P. Rudolph IKZ-Berlin Tel.: 030/6392 -3034 Fax.: -3003 E-Mail: pr@ikz-berlin.de
Bücherecke Schmunzelecke	R. Diehl IAF Freiburg Tel.: 0761/5159-416 Fax.: -400
Anzeigenwerbung	G. Müller-Vogt Uni Karlsruhe Tel.: 0721/608 -3470 Fax.: /697 -7031 E-mail: kml@phys.uni-karlsruhe.de

Internet-Redaktion

Redaktionsleitung	Dr. H. Walcher (Anschrift s. rechte Spalte)
Gestaltung der WEB-Seite	S. Bergmann IKZ-Berlin Tel.: 030/6392 -3093 Fax.: -3003 E-Mail: bergma@ikz-berlin.de WWW: http://www.ikz-berlin.de

Hinweise für Beiträge**Redaktionsschluß MB 70:
15. Oktober 1999**

Bitte senden Sie Ihre Beiträge möglichst auf Diskette (Format sekundär) oder per E-Mail als angehängte Dateien.
Willkommen sind jederzeit interessante Bilder für den Titel.

Besten Dank
Die Redaktion

SATZ, DRUCK & WEITERVERARBEITUNG

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

Vorstand der DGKK**Vorsitzender**

Dr. G. Müller
Institut für Werkstoffwissenschaften VI
Universität Erlangen
Martensstraße 7
91058 Erlangen
Tel.: 09131/85 -7636
Fax.: -8495
E-Mail: georgmueller@ww.uni-erlangen.de

Stellvertretender Vorsitzender

Dr. L. Ackermann
Forschungsinstitut für mineralische und metallische
Werkstoffe
Struthstraße 2
55743 Idar-Oberstein
Tel.: 06781 -21191
Fax.: -70353
E-Mail: FEE-IO@t-online.de

Schriftführerin

Dr. A. Lüdge
Institut für Kristallzüchtung
12489 Berlin
Tel.: 030/6392 -3076
Fax.: -3003
E-Mail: luedge@ikz-berlin.de

Schatzmeister

Dr. German Müller-Vogt
Kristall- und Materiallabor der
Fakultät für Physik
Kaiserstr. 12
76131 Karlsruhe
Tel.: 0721/608 -3470
Fax.: 0721/697 -7031
Email: German.Mueller-Vogt@phys.uni-karlsruhe.de

Beisitzer

Dr. H. Walcher
Fraunhofer-Institut für
Angewandte Festkörperphysik
Tullastr. 72
79108 Freiburg
Tel.: 0761/5159-347 oder 597
Fax.: 0761/5159-219
E-Mail: Walcher @ iaf. fhg. de

Dr. W. v. Ammon
Wacker Siltronic AG
Wacker Straße
84489 Burghausen
Tel.: 08677/83 -2008

Dr. B. Weinert
Freiberger Compound Materials GmbH
Am Junger Loewe Schacht 5
09599 Freiberg / Sachsen
Tel.: 03731/280-200
Fax.: -106

BANKVERBINDUNGEN

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

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

DGKK - STICHWORTLISTE

KRISTALLHERSTELLUNG

ZÜCHTUNGSMETHODEN

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

MATERIALZUSAMMENSETZUNG

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

WACHSTUMSFORMEN

- 311 Massivkristalle
- 312 dünne Schichten, Membranen
- 313 Fasern
- 314 Massenkristallinat
- 321 Einkristalle
- 322 Polykristalle
- 323 amorphe Materialien, Gläser
- 324 Multischicht - Strukturen
- 325 Keramik, Verbundwerkstoffe
- 326 Biokristallinat
- 327 Flüssigkristalle
- 328 Polymere
- 329 andere Materialtypen

KRISTALLBEARBEITUNG

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

KRISTALLCHARAKTERISIERUNG

KRISTALLEIGENSCHAFTEN

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

MESSMETHODEN

- 610 chemische Analytik
 - 611 chemischer Aufschluß
 - 612 Atzmethoden
 - 613 AAS, MS
 - 614 thermische Analyse
- 620 Mikroskopie
 - 621 lichtoptische Mikroskopie
 - 622 Elektronenmikroskopie
 - 623 Rastertunnel-Mikroskopie
 - 624 Lumineszenz-Topographie
- 630 Beugungsmethoden
 - 631 Röntgendiffraktometrie
 - 632 Röntgentopographie
 - 633 Gammadiff raktometrie
 - 634 Elektronenbeugung
 - 635 Neutronenbeugung
- 640 Spektroskopie, Spektrometrie
 - 641 UV-, VIS-, IR-, Fourier-
 - 642 Raman-, Brillouin-
 - 643 Kurzzeit-Spektroskopie
 - 644 NMR, ESR, ODMR
 - 645 RBS, Channeling
 - 646 SIMS, SNMS
- 650 Oberflächenanalyse
 - 651 LEED, AUGER
 - 652 UPS, XPS
- 660 Elektrische Charakterisierung
- 670 Andere Meßmethoden

MATHEMATISCHE BEHANDLUNG

- 710 Kristallwachstum
 - 711 Keimbildung
 - 712 Wachstumsvorgänge
 - 713 Transportvorgänge
 - 714 Rekristallisation
 - 715 Symmetrieaspekte
 - 716 Kristallmorphologie
 - 717 Phasendiagramme

- 730 Materialeigenschaften
 - 731 thermodyn. Berechnungen
 - 732 elektrochem. Berechnungen
 - 733 Bandgap-Engineering (physik.)
 - 734 Crystal-Engineering (biolog.)
 - 735 Defect-Engineering

- 750 Prozessparameter
 - 751 Temperaturverteilung
 - 752 Konvektion

ENTWICKLUNG / VERTRIEB / SERVICE

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

Die Schriftführerin bittet darum, bei Antrag auf Mitgliedschaft nur diese Code-Nr. zu verwenden.

6392-3003

Dr. A. Lüdge

DGKK-Schriftführerin
Institut für Kristallzüchtung
Rudower Chaussee 6
D-12489 Berlin

Telefax: 030 / 6392-3003

Betr.: Verwendung der persönlichen Daten im Internet

- Ich bin damit einverstanden, daß meine persönlichen Daten vollständig (sh. Mitgliedsverzeichnis) im Rahmen der DGKK Homepage veröffentlicht werden.
 Ich möchte, daß nur mein Namen im Rahmen der DGKK Homepage veröffentlicht wird.
 Ich wünsche nicht, daß meine Daten im Rahmen der DGKK Homepage veröffentlicht werden.
(zutreffendes bitte ankreuzen)

Datum

Unterschrift

Name bitte in Druckschrift wiederholen

Seit Erstellung des Mitgliederverzeichnisses 1995 haben sich folgende Änderungen ergeben:

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

werden Sie Mitglied der DGKK!

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

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

Dr. A. Lüdge

DGKK-Schriftführerin
Institut für Kristallzüchtung
Rudower Chaussee 6
D-12489 Berlin

Telefax: 030 / 6392-3003

Antrag auf Mitgliedschaft / Änderung

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

- Art der Mitgliedschaft: ordentliches Mitglied
 studentisches Mitglied
 korporatives Mitglied

Gewünschter Beginn der Mitgliedschaft:

Dienstanschrift

(Name)

(Vorname)

(Titel)

(Beruf)

(Firma, Institut, etc.)

(Straße, Haus-Nr.)

(PLZ, Ort)

(Telefon)

(FAX)

E-mail

Privatanschrift: (bitte nur in Ausnahmefällen für den Schriftwechsel wählen)

(Straße, Haus-Nr.)

(PLZ, Ort)

(Telefon)

(FAX)

E-mail

Wissenschaftliche Interessen- und Erfahrungsgebiete (Stichworte):

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

1.:

2.:

3.:

4.:

5.:

6.:

7.:

8.:

9.:

10.:

Verwendung der persönlichen Daten im Internet?

- Ich bin damit einverstanden, daß meine persönlichen Daten vollständig im Rahmen der DGKK Homepage veröffentlicht werden.
 Ich möchte, daß nur mein Namen im Rahmen der DGKK Homepage veröffentlicht wird.
 Ich wünsche nicht, daß meine Daten im Rahmen der DGKK Homepage veröffentlicht werden. (zutreffendes bitte ankreuzen)

den

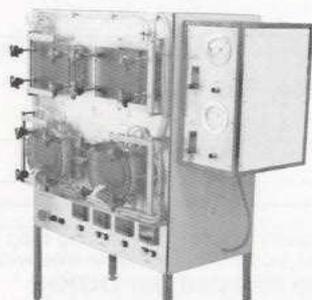
(Unterschrift)

VORSPRUNG DURCH MODERNSTE TECHNIK



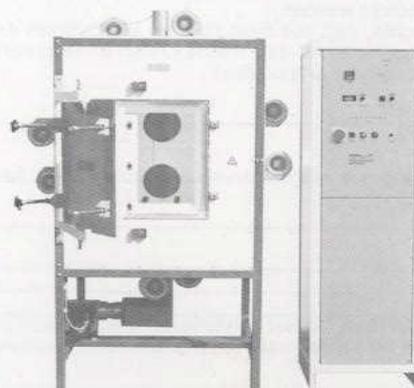
Hochdruckofen

Rubistar
FKH-100 x 100/170/1820-10
Für Edelsteinwarmbehandlung,
Sonderkeramiken usw.
Für Betrieb an Luft und Schutzgas mit
erhöhtem Sauerstoffdruck. 10 bar
Überdruck. Max. Temperatur 1820 °C.
Nutzraum max. 1,5 l. Betrieb an Argon
und Stickstoff mit reduzierter
Temperatur.
Wasserstoff bis 5 % möglich.
Keine Wasserkühlung.



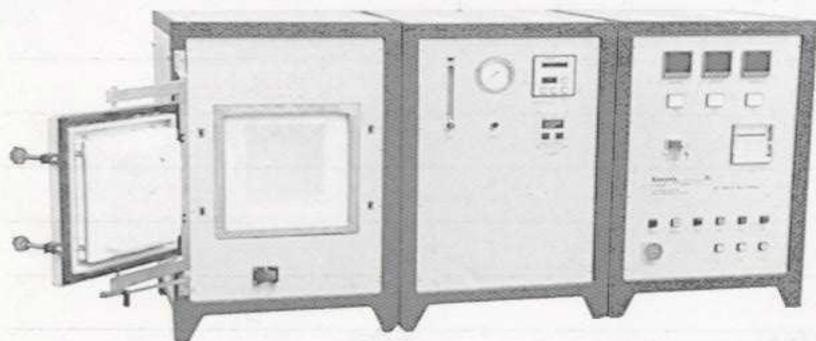
4-Kammer-Laboröfen

für Wärmebehandlung, z. B.
thermischen Ätzen, Tempern,
Diffundieren. Für Halbleiter und
Mikrostrukturtechnik.
Schutzgasbetrieb.
2 Rechteckkammern, Inconel
2 zylindrische Kammern, Quarz.
Für höchstreine Prozesse.
Reinraumbetrieb.
Tmax 1050 °C.



Mikrowellen Hybridofen

MKST-2,45/6,4
zum Erwärmen / Entbindern.
6,4 kW Mikrowellenleistung.
Suszeptorheizung. Anzahl der
Suszeptoren variabel. Heißluft-
gebläse 10 kW mit
Vorwahltemperatur; max. 550 °C.
Umluftgebläse im Heizraum.



Hochtemperaturöfen

HT 1400 G Vac 3-zonig
Für alle Erwärmungsprozesse. Vakuum- und
schutzgasdicht. Kammervolumen 4 – 52,5 l, optional
200 l. Temperaturbereich 1400 – 1900 °C (2800 °C).
Vakuum 10⁻² mbar. Kurze Aufheiz- und Abkühlzeiten.
Keramikfaser- oder Graphitfilzisolierung.

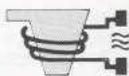


Rohröfen

für Kristallziehprozesse.
Verfahrbar: 2 – 200 mm/h.
Ein- oder mehrzonig.
Temperaturbereich - 1750 °C. 100 % Faserisolierung.
Verschiedene Gerätegrößen.

Sonderanlagen
nach
Kundenspezifikationen!

linn
High Therm



ISO 9001

Heinrich-Hertz-Platz 1
D-92275 Eschenfelden
Tel. 096 65-91 40-0
Fax 096 65-17 20

Internet: <http://www.linn.de>
e-mail: info@linn.de