

## Inhalt

### Mitteilungen der DGKK

DGKK-Jahrestagung 2002.....	4
Kristallzüchtungsschule ISSCG12.....	8
DGKK – Nachwuchsförderung.....	9

### Aus den DGKK-Arbeitskreisen

Intermetallische Systeme.....	10
Kristalle für Laser und Nichtlin. Optik....	11
Kinetik.....	12

### Tagungsberichte

ICCG13 in Kyoto.....	14
ICNS-4 on Nitride Semicond. in Denver...	22

### Aktuelle Entwicklungen

GaAs auf Silizium – eine Revolution?.....	24
---	----

### Verschiedenes

Bücherecke.....	28
Aufruf zum Geojahr.....	28
Stellenangebot.....	29

### Termine und Ankündigungen

Termine der Arbeitskreise.....	30
Tagungskalender.....	31

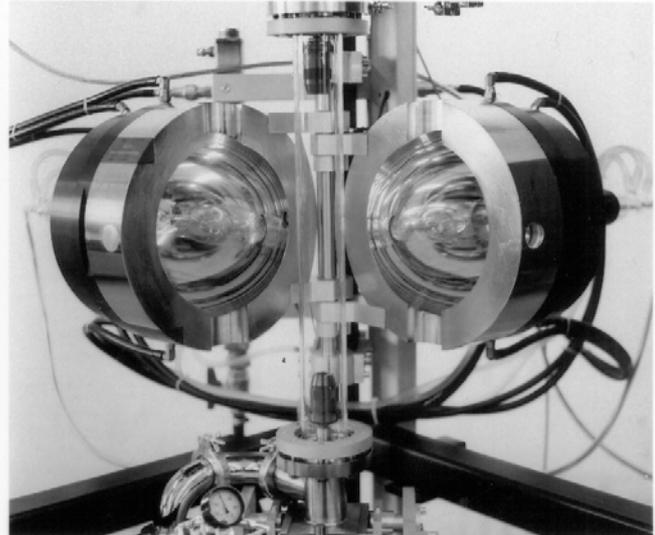
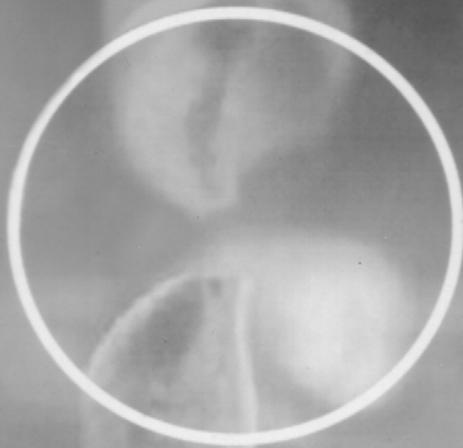
### Neumitglieder

Schmunzelecke.....	34
--------------------	----

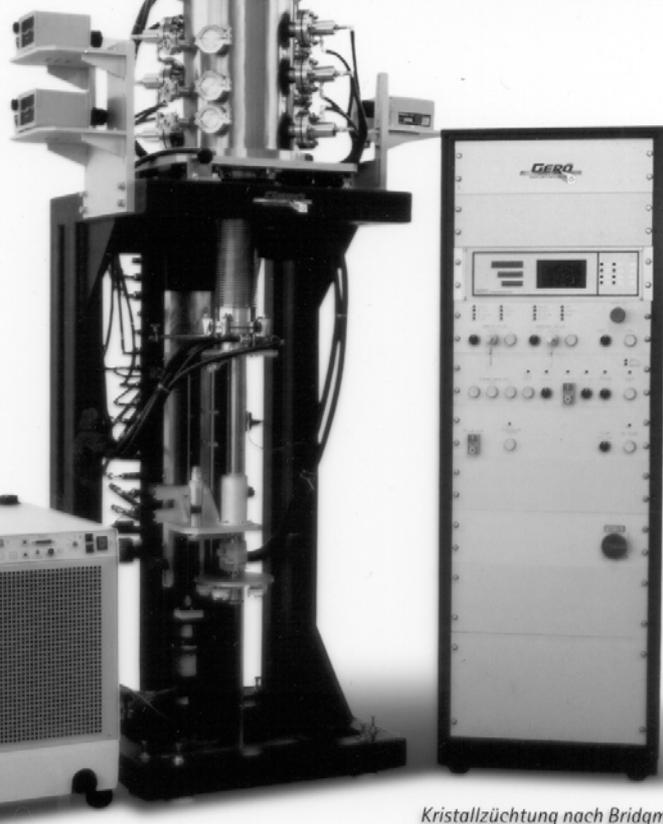
Inserenten des Hefts.....	35
---------------------------	----

Frühere Artikel.....	36
----------------------	----

# Hochtemperatur-Öfen für die Kristallzuchtung



Zonenschmelzen in Spiegelöfen



Kristallzuchtung nach Bridgman

## DAS GERO-PROGRAMM:

Entbinderungsöfen (katalytisch, thermisch)	180 – 1100 °C
Öfen für Hochtemperatur-Brennstoffzellen	1000 °C
Retortenöfen	1100 °C
Pyrolyseöfen	1200 °C
Silizierungsöfen, Hoch- und Ultrahochvakuumöfen	1600 °C
Rohröfen	1800 °C
Spiegelöfen	2000 °C
Bridgman-Kristallziehanlagen	2200 °C
Heißwandsinteröfen, Haubenöfen, Drucksinteröfen	2200 °C
Kammeröfen, Laboröfen, Graphitierungsöfen	3000 °C

SYSTEMLÖSUNGEN DURCH INNOVATION UND KOMPETENZ

GERO HOCHTEMPERATURÖFEN GMBH · Monbachstr. 5-7 · D-75242 Neuhausen

Tel.: ++49-(0)72 34-95 22-0 · Fax: ++49-(0)72 34-53 79 · e-Mail: info@gero-gmbh.de · www.gero-gmbh.de

**GERO**<sup>GMBH</sup>  
HOT SOLUTIONS

## Editorial

Liebe Kristallfachleute,

nicht ohne die eine der andere Nachtschicht kommt unser Dezemberheft wieder mal gerade rechtzeitig zu Ihnen ins Haus und mir aus dem Haus.

Weshalb könnte das Heftchen diesmal unter die Weihnachtsfreuden eingereiht werden?

Zum einen haben wir natürlich wieder die Einladung und das Anmeldeformular für die bevorstehende Jahrestagung mitgeschickt, diesmal zum Ausschneiden, wegen des einfacheren Versands. Weiterhin wirft auch schon die im Jahr 2004 in Europa stattfindende Internationale Kristallzüchterkonferenz ihre Schatten oder Lichtstrahlen (je nach Sicht) voraus in Gestalt der Ankündigung der daran angekoppelten internationalen Kristallzüchterschule.

Die Vorgängerin dieser Konferenz, die ICCG-13 in Kyoto, war ja das grosse Ereignis dieses Jahres und einige Kollegen waren wieder bereit, sehr informative Berichte darüber zu schreiben. Ihnen allen vielen Dank.

In diesem Jahr gab es mit der funktionierenden Abscheidung von GaAs auf Silizium eine nach Einschätzung vieler Fachleute sehr bedeutsame technologische Entwicklung, über die es aber gegenwärtig sicher den meisten von uns noch an richtig verlässlicher Information mangelt. Umso mehr freue ich mich darüber, dass Herr Jakobs aus Berlin sich die Zeit genommen hat, in einem sehr lesenswerten Aufsatz die Informationen bereitzustellen, die gegenwärtig verfügbar sind, und darüberhinaus eine Einschätzung der kommenden neuen Entwicklungen zu versuchen. Dazu braucht es Mut und gerade Herrn Jakobs' Beitrag macht das MB74 in meinen Augen zum Weihnachtsheftchen.

Generell ist den an dieser Zeitung beteiligten Berliner Kollegen aus dem Institut für Kristallzüchtung wieder herzlich zu danken, auf die letztlich wieder Verlass war.

Man kann hier nicht über Verlässlichkeit schreiben, ohne herzlich Herrn Müller zu danken, der sein Vorstandsamt mit Ablauf dieses Jahres an Herrn Heuken übergeben wird. Herr Müller hat mit seiner Tatkraft so auf die von Ihm aufgebaute Erlanger Gruppe abgefärbt, dass ich dort auf der Suche nach guten Beiträgen für diese Zeitung stets fündig geworden bin.

Einen Einschnitt für die Redaktionsarbeit stellt auch der Wechsel von Herrn Müller-Vogt vom Amt des Schatzmeisters auf einen der Beisitzerplätze innerhalb des Vorstands dar. Herr Müller-Vogt betreut nicht nur seit Menschengedenken die DGKK-Kasse, sondern auch die Anzeigenredaktion dieses Mitteilungsblattes. Für die lange Zusammenarbeit danke ich Ihn und auch Frau Hügler aus dem Karlsruher Kristall-Labor. Die beiden DGKK-Funktionen werden bei Herrn Mühlberg zu Köln sicherlich in ebenso guten Händen sein und ich freue mich auf die Zusammenarbeit.

Ihnen allen wünsche ich schöne Feiertage und einen guten Rutsch in das erste EURO-Jahr

Ihr Franz Ritter

## NOTIZEN DES VORSITZENDEN

Liebe DGKK-Mitglieder,

aus der Sicht der Kristallzüchtung waren in diesem Sommer sicherlich die beiden internationalen Veranstaltungen in Japan ein Höhepunkt. Zunächst wurde Ende Juli die Int. Summerschool on Crystal Growth (ISSCG 11) am Biwa-See in der Nähe von Kyoto veranstaltet. Man kann den 3 japanischen Chairmen Kiyotaka Sato, Yoshinori Furukawa und Kazuo Nakajima und ihren Helfern auf jeden Fall ein großes Kompliment aussprechen. Bei der ISSCG 11 gab es

eine ausgezeichnete Mischung von anspruchsvollen Lectures, reibungsloser Organisation und gleichzeitig eine sehr entspannte, angenehme Atmosphäre, die viel Raum für persönliche Kontakte zuließ. Die Meßlatte für die DGKK als nächsten Veranstalter der ISSCG 12 wurde hoch angelegt, aber ich bin optimistisch, daß wir diesen Ansprüchen genügen werden.

Während die ISSCG 11 mit ca. 120 Teilnehmern trotz einiger Parallelsitzungen (!?) eher beschaulich verlief, ging es in der darauffolgenden Woche bei der ICCG 13 im Zentrum von Kyoto wesentlich hektischer zu. Es kann sicherlich für die Organisatoren als Auszeichnung gewertet werden, daß es sich um die bisher größte Tagung dieser Art handelte. Andererseits mußte man es oft als sehr bedauerlich empfinden, daß man äußerst interessante Vorträge aufgrund der vielfachen Parallelsitzungen verpaßt hat. Als sehr gut gelungen empfand ich das Experiment, jedem Posterbeitrag eine mündliche Präsentation von 5 Minuten zuzugestehen – was in den von mir besuchten Sitzungen auch bestens klappte.

Aus Sicht der DGKK freue ich mich besonders, daß die deutsche Teilnehmerdelegation mit zu den größten außerhalb des Gastgeberlandes zählte. Ich denke, daß hier nicht nur die touristische Attraktion Kyotos, sondern auch die Vielzahl international anerkannter Arbeiten deutscher Arbeitsgruppen den Ausschlag gegeben hat. Apropos Attraktion Kyoto – es war auch wieder einmal gut als Mitteleuropäer zu verspüren, daß ein pazifischer Sommer nicht unbedingt besser ist als ein mitteleuropäischer. Auch eine noch so gute japanische Organisation ist halt beim Wetter machtlos.

Unbedingt erwähnen möchte ich natürlich noch den tollen Auftritt, den die erweiterte Berliner Show Truppe mit der Vorstellung der nächsten Summer School of Crystal Growth 2004 beim Conference Dinner hatte. Namens der DGKK möchte ich nochmals vielen Dank aussprechen für die gute Vorbereitung am IKZ und die gelungene Präsentation in Kyoto. Das macht eben „die Berliner Luft, Luft, Luft!“

Mit Ende diesen Jahres endet auch meine Amtszeit als 1. Vorsitzender der DGKK. Dies gibt mir Anlaß, mich rückblickend für die gute und reibungslose Zusammenarbeit im DGKK-Vorstand zu bedanken und meinem Nachfolger, Herrn Heuken, alles Gute für die neue Aufgabe zu wünschen. Neben der Weiterentwicklung und Eingliederung zukunftsreicher moderner Arbeitsgebiete, wie z.B. Dünnschichttechnologien, nanokristalline Werkstoffe, Biokristalle, gehören dazu auch eine Verstärkung der Nachwuchsförderung. Am Geld sollten diese Aufgaben bei der Kassenlage der DGKK eigentlich nicht scheitern, vielmehr ist ein breites Engagement möglichst vieler Mitglieder gefordert. Eine Nagelprobe dafür wird bereits die Aufstellung einer aktiven Mannschaft für die Vorbereitung der ICCG 14 in Grenoble sein, wo ja die DGKK in eine gemeinschaftliche Organisation mit den französischen Kollegen von der GFCC eingebunden sein soll. Ich hoffe, daß sich unsere Fachleute in der DGKK für die vielfältigen Aufgaben, vor allem auf dem Gebiet der wissenschaftlichen Programmgestaltung, zur Verfügung stellen.

Ich freue mich jedenfalls darauf, ab 2002 wieder als normales DGKK-Mitglied bei unseren Aktivitäten dabeisein zu dürfen.

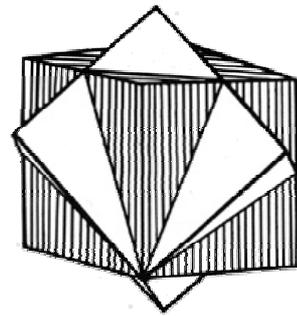
Ihr Georg Müller

### Hinweis:

Die Erläuterung zum Titelbild finden Sie diesmal auf S. 33

## MITTEILUNGEN DER DGKK

# Einladung zur DGKK-Jahrestagung 2002 in Idar-Oberstein



Die DGKK Jahrestagung 2002 findet vom Mittwoch, den 20. bis Freitag, den 22. März 2002 in Idar-Oberstein statt. Tagungsbeginn ist Mittwoch 13:00 Uhr, das Tagungsende Freitag gegen Mittag. Tagungsstätte ist die Göttenbach-Aula nahe der Stadtverwaltung im Stadtteil Oberstein.

Die Tagungsstätte ist vom Bahnhof Idar-Oberstein in ca. 10 Min. zu Fuß zu erreichen. In unmittelbarer Nähe des Tagungsortes steht tagsüber leider nur eine sehr begrenzte Zahl von Parkplätzen (mit Parkscheinautomat) zur Verfügung. Parkmöglichkeiten gibt es im Karstadt-Parkhaus (10 Min. zu Fuß), für den 21.3.02 besteht die Möglichkeit, dort für ca. 10 DM den ganzen Tag zu parken (bitte auf dem Anmeldeformular ankreuzen)

Wir bitten um zahlreiche Anmeldungen für Vorträge und Poster. Diese sollten unter Angabe von Titel und Autoren bis **21.12.2001** erfolgen, die Kurzfassungen sollten bis **25.01.2002** bei der Tagungsorganisation eingegangen sein. Format der Kurzfassungen: Eine Seite A4, Ränder 2 cm, möglichst in elektronischer Form im Format Word 2000.

Weitere Details und aktuelle Informationen zur Tagung gibt es auf der Homepage:  
**[www.fee-io.de/tagung](http://www.fee-io.de/tagung)**

Anmeldungen bitte bis  
spätestens **22.02.2002** an :

FEE GmbH  
Tagungsorganisation  
Struthstr. 2  
55743 Idar-Oberstein  
Tel 06781/2163234  
Fax 06781/70353  
email [tagung@fee-io.de](mailto:tagung@fee-io.de)

Zimmerreservierungen über die  
Tourist-Information:

Tourist-Information  
Georg-Maus-Str. 2  
55743 Idar-Oberstein  
Tel 06781/64421  
Fax 06781/64425  
email [info-idar-oberstein@t-online.de](mailto:info-idar-oberstein@t-online.de)

Die Tagungsgebühren betragen EUR 40, für studentische Teilnehmer EUR 25. Für verspätete Anmeldungen wird ein Zuschlag von EUR 5 erhoben.

Wir bitten, die Tagungsgebühren bis spätestens zum Anmeldeschluss am 22.02.2002 auf folgendes Konto zu überweisen:  
Kreissparkasse Birkenfeld, BLZ 562 500 30, Kontonummer 374 474

Mit freundlichen Grüßen

Dr. Lothar Ackermann, Dr. Klaus Dupré  
Tagungsorganisation

### Hinweis der Redaktion:

Das **Anmeldeformular** können Sie bequem über die WEB-site zur Tagung herunterladen und dann gleich über den Rechner ausfüllen.

Alternativ können Sie natürlich auch das auf der folgenden Seite abgedruckte Formular ausschneiden.

### Generell sei empfohlen:

Besuchen Sie die Internet-Seiten der DGKK!

Dort finden Sie Links auf alle interessanten Internet-Angebote unserer Gesellschaft.

Hier die sehr leicht zu merkende Adresse:

**<http://www.dgkk.de>**

## Anmeldung zur Tagung / Anmeldung eines Beitrags zur DGKK-Jahrestagung 2002

FEE GmbH  
Tagungsorganisation  
Struthstr. 2  
D 55743 Idar-Oberstein

fax ++49 (0) 67 81 / 7 03 53

Name:

Vorname:

Institut/Firma:

Abteilung:

Straße:

Land:

Postleitzahl:

Stadt:

Tel.:

Fax.:

E-Mail:

Ich möchte einen Beitrag leisten, möglichst als  Vortrag  Poster

Titel

Autoren

Die Tagungsgebühr in Höhe von EUR 40 Teilnehmer(in)  
EUR 25 studentische(r) Teilnehmer(in)

werde ich auf Kto. 374 474, BLZ 562 500 30 bei der KSK Birkenfeld überweisen. Als Verwendungszweck bitte den Namen angeben.

Ich benötige eine Parkkarte für den 21.3.2002 (ca. 10 DM, zahlbar im Tagungsbüro)

Bemerkungen:

---

**Datum / Unterschrift**

**An alle Mitglieder**

Schriftführerin  
Dr. Anke Lüdge  
Institut für Kristallzüchtung  
Max-Born-Str.2  
D-12489 Berlin  
Telefon (030) 6392 3076  
Telefax (030) 6392 3003  
EMAIL luedge@ikz-berlin.de

**23.11.01**

**Jahreshauptversammlung 2002 in Idar-Oberstein**

Liebe Mitglieder,

der Vorstand lädt Sie herzlich zur Jahreshauptversammlung 2002 ein, die anlässlich der DGKK - Jahrestagung in Idar-Oberstein stattfindet.

Ort:                   Göttenbach-Aula in Oberstein  
                          Georg-Maus-Str.2  
                          55743 Idar-Oberstein

Zeit:   Mittwoch, 20.3.2001, 18:30

weitere Informationen : <http://www.fee-io.de/tagung>

Vorläufige Tagesordnung:

1. Begrüßung und Feststellung der Beschlussfähigkeit
2. Bericht des Vorsitzenden
3. Bericht des Schriftführers
4. Bericht des Schatzmeisters und der Rechnungsprüfer
5. Entlastung des Vorstandes
6. Diskussionen über Tagungen und Symposien:  
                          DGKK Jahrestagung 2003  
                          DGKK Jahrestagung 2004  
                          DGKK Jahrestagung 2005  
                          ICCG – 14 und ISSCG-12 in Grenoble / Berlin
7. Abschließende Diskussion und Beschluss über die Jahrestagung 2003
8. Diskussion über DGKK - Arbeitskreise
9. Verschiedenes

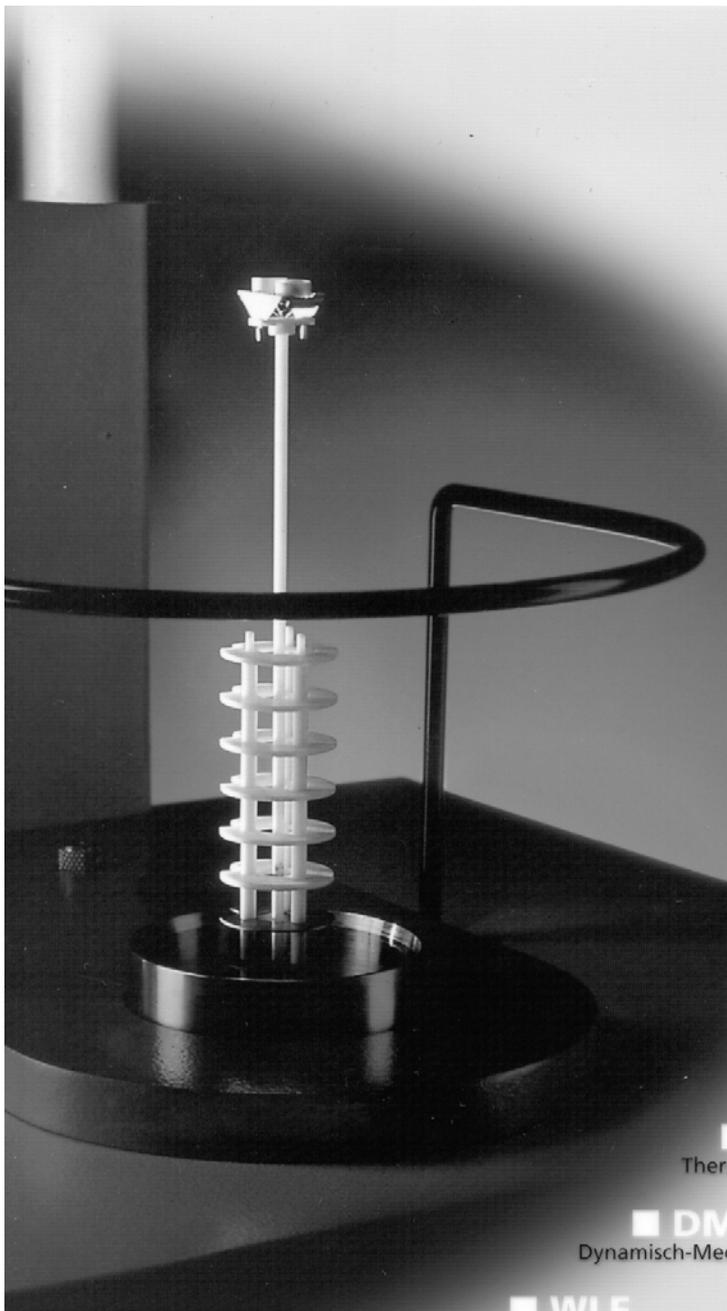
Anträge auf Erweiterung der Tagesordnung sind dem Vorstand rechtzeitig mitzuteilen. Siehe hierzu IV § 12 und VII §§ 6 und 7 der Satzung.

Wir möchten Sie bitten, Ihre Teilnahme an der Jahreshauptversammlung 2001 möglich zu machen.

Mit freundlichen Grüßen



Anke Lüdge  
Schriftführerin DGKK



# NETZSCH

Wir entwickeln und produzieren thermoanalytische Geräte von höchster Präzision. Unsere Technologieführung und der kompromißlose Qualitätsanspruch machen uns zu einem weltweit führenden Hersteller in der Thermischen Analyse.

Die umfassende Produktpalette bietet für jeden Anwendungsfall eine optimale Lösung.

■ **STA**  
Simultane Thermische Analyse

■ **DSC**  
Dynamische Differenz-Kalorimetrie

■ **TG**  
Thermogravimetrie

■ **EGA**  
Kopplungen zur Gasanalyse

■ **DTA**  
Dynamische Differenz-Kalorimetrie

■ **DIL**  
Dilatometer

■ **TMA**  
Thermomechanische Analyse

■ **DMA**  
Dynamisch-Mechanische Analyse

■ **WLF**  
Temperatur- und Wärmeleitfähigkeitsmessungen

■ **SW**  
Advanced Software, Kinetik, spezifische Wärme

■ **DEA**  
Dielektrische Analyse

NETZSCH-Gerätebau GmbH  
Wittelsbacherstraße 42  
D-95100 Selb/Bayern  
Telefon: 09287 881-0  
Telefax: 09287 881-44  
at@ngb.netzsch.com  
www.ngb.netzsch.com

# -260°...2800°C

# Thermische Analyse

## Announcement of ISSCG 12 in 2004 in Berlin (Germany)

The 12th International School of Crystal Growth (ISSCG-12) will be held in Berlin (Germany) from August 1 - 7, 2001, the week before the 14th International Conference of Crystal Growth (ICCG 14) in Grenoble, France. ISSCG 12 will be jointly organized by the German Association of Crystal Growth (DGKK) and the French Association of Crystal Growth (GFCC). The School will be chaired by Georg Mueller (University Erlangen-Nuernberg), Jean-Jaques Metois (CNRS Grenoble) and Peter Rudolph (IKZ Berlin). The local organization will be carried out by Torsten Boeck, Anke Luedge and Juergen Warnecke of the IKZ Berlin. ISSCG 12 will take place in an elegant 19th-century mansion ("Herrenhaus") at Lake Wernsdorf about 20 km from the center of Berlin. It can accommodate about 120 participants.

ISSCG 12 will be held in the tradition of previous schools, in an informal style with close personal contacts among the students, lecturers and other participants. The program will contain both introductory, tutorial lectures for beginners as well as advanced ones for participants with experience in crystal growth. The topics will cover, among others, experimental and theoretical aspects of interface kinetics, thin film growth, bulk growth and characterization. Social activities will include a boat excursion from the school location to the center of Berlin, with a visit of the new German parliament ("Reichstag"). If there is enough interest, a two-day sight-seeing tour by bus will be organized to bring participants from Berlin to the ICCG 14 in Grenoble.




**Announcement**

# ISSCG-12

**The Twelfth International Summer School  
on Crystal Growth  
1 - 7 August 2004 in Berlin**

*School Location*  
an elegant 19<sup>th</sup>- century man-  
sion and grounds on Lake  
Wernsdorfer on the outskirts  
of Berlin



*Chairpersons*  
G. Müller University Erlangen  
J.-J. Metois CNRS Marseille  
P. Rudolph IKZ Berlin

*Local Organization by IKZ*  
T. Boeck, A. Lüdge, J. Warnecke



GRUPE FRANCAIS DE  
CROISSANCE CRISTALLINE



Deutsche Gesellschaft  
für Kristallzucht und  
Kristallwachstum

<http://www.dgkk.de/ISSCG12>

## Nachwuchsförderung

Beitrag von **Torsten Boeck**  
Institut für Kristallzüchtung IKZ, Berlin

Auf der DGKK-Jahreshauptversammlung 2001 in Seeheim/Jugendheim ist u.a. das Problem der Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses diskutiert worden. Hierbei wurde festgestellt, daß es bundesweit zu wenig naturwissenschaftlichen Nachwuchs gibt, so daß man sich die Frage stellen muß, wie junge Leute an die Kristallographie und Materialwissenschaften herangeführt werden können. Überlegt wurde, was insbesondere die DGKK unternehmen kann, um das Studium dieser Fachgebiete attraktiver zu machen.

Der Vorschlag des Vorstandes, das gute Finanzpolster der DGKK zur Förderung begabter Studenten zu nutzen, ist einhellig begrüßt worden. Studierende, die gute Arbeiten mit Bezug zu den Kristallwissenschaften betreiben, können bei der Teilnahme an internationalen Konferenzen mit einem beachtlichen Reisekostenzuschuß ausgezeichnet werden.

Das Angebot galt zunächst für 5 Flugtickets zur „Gordon-Konferenz“ im Juli 2001.

Leider konnte der DGKK-Vorstand nur eine Studienarbeit über die „Epitaxie des Photovoltaikmaterials  $\text{CuInSe}_2$ “ positiv bewerten. Der Grund für die äußerst geringe Auszeichnungsquote lag nicht etwa in übertrieben hohen Bewertungskriterien oder in einer komplizierten Antragsprozedur sondern allein die Tatsache, dass außer dem Lehrstuhl für Werkstoffwissenschaften der Uni Erlangen keine andere Institution um Förderung nachgesucht hatte. Wie sollen sich da die Fördermöglichkeiten der DGKK unter den Studenten herumsprechen und zu einer Attraktivitätserhöhung unserer Fachrichtung beitragen?

Daher der Aufruf an alle DGKK-Mitglieder: Schlagen Sie dem Vorstand junge Leute, die im Studium bzw. in der Promotionsphase gute Leistungen erbracht haben, für die Auszeichnung mit einer Reisekostenbeteiligung vor. Die Bedingungen, die auf der letzten Jahreshauptversammlung beschlossen wurden, bleiben erhalten; d.h., der Student sollte sich mindestens mit einem Poster an der Tagung beteiligen. Die Antragstellung bleibt einfach (max. zwei formlose Seiten und Empfehlungsschreiben).

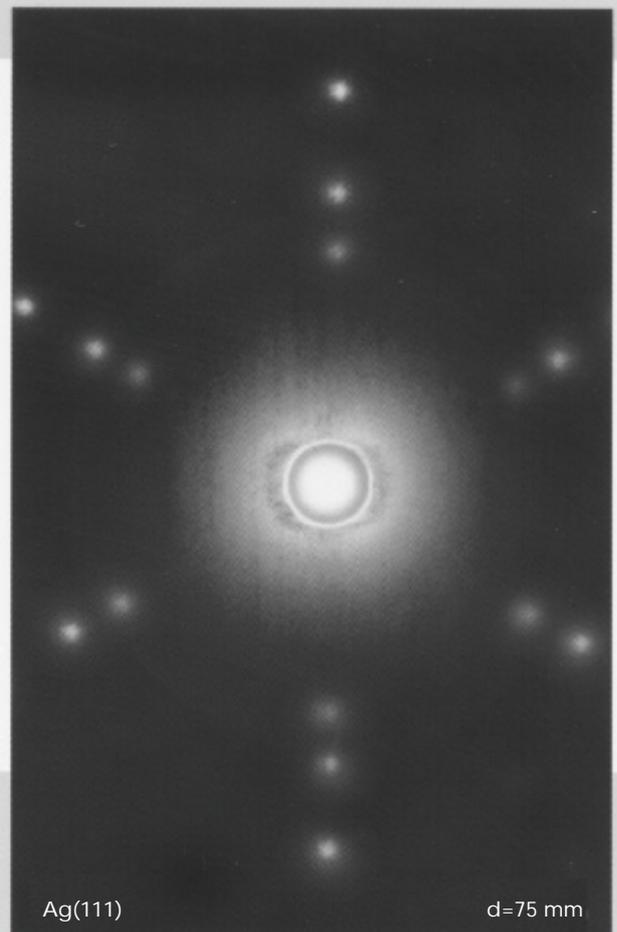
Nutzen Sie also diese Möglichkeit, damit auch künftig nicht nur Kristalle sondern auch Wissenschaftler (nach)wachsen!

## Material-Technologie & Kristalle GmbH für Forschung, Entwicklung und Produktion

- ▲ **Kristallzüchtungen von Metallen und deren Legierungen**
- ▲ **Kristallpräparation (Formgebung, Polieren und Orientieren)**
- ▲ **Reinstmaterialien (99,9 – 99,99999 %)**
- ▲ **Substrate (SrTiO<sub>3</sub>, MgO, YSZ, NdGaO<sub>3</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, etc.)**
- ▲ **Wafer (Si, Ge, ZnTe, GaAs und andere HL)**
- ▲ **Sputtertargets**
- ▲ **Auftragsforschung für Werkstoffe und Kristalle**



Im Langenbroich 20  
D-52428 Jülich  
Tel.: 02461/9352-0, Fax – 11  
e-mail: service@mateck.de  
<http://www.mateck.de>  
(inkl. Online-Katalog)



## BERICHTE UND MITTEILUNGEN AUS DEN DGKK-ARBEITSKREISEN

### AK Intermetallische Verbindungen

#### Arbeitskreistreffen am 27. und 28. September am IFW in Dresden

##### Bericht von Günther Behr, IFW Dresden

Am 27. und 28.09.2001 fand in Dresden das 5. Treffen des Arbeitskreises „Intermetallische Verbindungen“ der DGKK statt. An dem Treffen nahmen 18 Spezialisten aus verschiedenen Institutionen teil, die auf dem Gebiet der Einkristallzüchtung intermetallischer Verbindungen tätig sind. Nach einer kurzen Einführung startete das mit 10 Beiträgen recht umfangreiche Vortragsprogramm.

Im ersten Vortrag referierte W. Löser vom IFW Dresden über die „Neubestimmung von Ni-Al Phasendiagramm Daten“ und konnte zeigen, dass selbst für ein so intensiv untersuchtes binäres System vorhandene Daten z.T. erheblich von neu bestimmten Schmelztemperaturen abweichen. Im Anschluss berichtete Herr A. Prokofiev von der Universität Frankfurt/M. über „Crystal growth and characterization of the  $V^{+4}$  and  $Cu^{2+}$  S=1/2 1D spin systems“. Dabei wurde deutlich, dass die Probleme bei der Züchtung oxidischer Systeme denen intermetallischer Systeme stark ähneln.

Dem Vortrag schlossen sich vier Beiträge aus dem MPI für Chemische Physik Fester Stoffe (CPfS) Dresden an. Herr Z. Hossain berichtete über „Crystal Growth and Magnetic Properties of  $EuCu_2X_2$  (X = Si, Ge)“,

Herr M. Deppe über „Einkristallzüchtung der Seltenerd-Verbindung  $CeCu_2(Si_{1-x}Ge_x)_2$ “, Frau J. Ferstl über „Einkristallzucht von  $YbFe_2Ge_2$ “ und Herr Y. Singh: Crystal growth of  $Lu_5Ir_4Si_{10}$ . Auf Grund der hohen Komponentendampfdrücke wird hier vor allem die Flussmittelzüchtung in geschlossenen Ta-Ampullen zur Kristallzüchtung genutzt.

Anschließend gab Herr G. Behr einen Kurzbericht über die Thematik Intermetallischer Verbindungen auf der ICCG 13 in Kyoto und über Eindrücke von der Einkristallzüchtung im NIMS Tsukuba, Japan. Von den über 1000 Beiträgen auf der Tagung sind 15 der Thematik intermetallischer Systeme zuzuordnen. Damit wird diese Substanzklasse im Forum der Kristallzüchter nicht ausreichend repräsentiert. Sichtbar ist gleichzeitig, dass über die Einkristallzüchtung intermetallischer Systeme bevorzugt auf Spezialtagungen der physikalischen und chemischen Community vorgetragen wird. Das National Institute for Materials Science Tsukuba entstand aus dem Zusammenschluss des National Research Institute for Metals und des National Research Institute for Inorganic Materials. Auf dem Gebiet der Einkristallzüchtung verfügt es in mehreren Laboratorien über eine hervorragende Ausstattung mit Anlagen, die zur Züchtung intermetallischer und oxidischer Systeme geeignet sind. Dazu zählen neben Czochralski-Anlagen mit Tiegel insbesondere eine Vielzahl von Zonenfloating-Anlagen mit induktiver und Strahlungsheizung. Bei den Strahlungsheizungen werden Mono- Doppel- und Quadro-Ellipsoide sowohl von NEC als auch CSI (bzw. des Vorgängers) mit Gesamtlampenleistungen bis 14 kW verwendet. Darüber hinaus werden Tetra-Arc- und Kalttiegel-Czochralski-Anlagen (Crystallox) zu Kristallzüchtung eingesetzt. Die Laborausstattungen werden durch Gloveboxen, Lichtbogenöfen und eine gut ausgestattete Metallografie

abgerundet. Außerdem sind im Institut Hochleistungsgeräte für TEM und für die physikalische Charakterisierung vorhanden.

Frau L. Ivanenko zeigte in ihrem Vortrag über „Herstellung und Eigenschaften von  $ReSi_{1.75}$  und  $Ru_2Si_3$ - Einkristallen“ die Besonderheiten bei der Herstellung dieser halbleitenden Silizide durch Züchtung mit dem Floating Zone Verfahren mit Strahlungsheizung unter Schutzgasdruck bis 30 bar. Danach berichtete Frau R. Hermann über „Einfluss von Züchtungsparametern und Schmelzkonvektion auf die fest/flüssig Phasengrenze bei der induktiven Floating Zone Einkristallzüchtung intermetallischer Verbindungen“. Sie konnte hier zeigen, in welchem starkem Maße die Form der Phasengrenzfläche von der Generatorfrequenz, dem Spulendesign und der Verwendung eines Nachheizers abhängt.

Die Vorträge wurden mit einem Beitrag von Herrn G. Behr zur „Einkristallzüchtung von Seltenerd-Übergangsmetall-Verbindungen“ abgeschlossen. In diesem Übersichtsvortrag, der wesentliche Ergebnisse der Arbeiten der letzten Jahre am IFW Dresden zusammenfasste, wurde die gesamte Palette der Herausforderungen an den Kristallzüchter bei der Herstellung mehrkomponentiger hochschmelzender intermetallischer Verbindungen mit reaktiven Komponenten verdeutlicht.

Der Arbeitskreis beschloss eine Erweiterung seines Betätigungsfeldes und dokumentiert dies mit der Umbenennung in „Intermetallische und oxidische Systeme mit Spin- und Ladungskorrelation“. Er richtet sich damit noch stärker als bisher auch an Physikerkollegen, die sich mit der Herstellung derartiger Systeme in einkristalliner Form beschäftigen.

Der erste Abend in Dresden klang in mit einem Stadtrundgang durch das alte Dresden mit anschließendem Besuch der Gaststätte „Ayers Rock“ im Herzen des alten Dresden angenehm aus. Am 28.09. wurde die Veranstaltung mit dem Besuch von Laboratorien im IFW Dresden und im MPI für CPfS fortgesetzt.

Das nächste Treffen soll Ende September 2002 in Frankfurt/M. stattfinden. Dabei wäre eine Teilnahme weiterer Fachkollegen zu wünschen.

Kontaktadresse: Dr. Günter Behr, IFW Dresden, Tel.: 0351-4659404, Fax: 0351-4659480, e-mail: behr@ifw-dresden.de

## AK Kristalle für Laser und Nichtlineare Optik

### Arbeitskreistreffen am

27. und 28. September an der Universität zu Köln

Bericht von **Manfred Mühlberg, Universität zu Köln**

Die Tagung des Arbeitskreises **Kristalle für Laser und Nichtlineare Optik** fand am 27. und 28. September 2001 turnusgemäß am Institut für Kristallographie der Universität zu Köln statt. Erneut fand diese Tagung mit 36 Teilnehmern seit Jahren eine erfreulich hohe und stabile Resonanz.

Die Teilnehmer im Überblick:

V. Peters (Uni Hamburg), Ch. Bäumer, R. Pankrath, M. Ulex, H. Vogt (Uni Osnabrück), R. Bertram, M. Brützmann, N. Crnocrac, St. Ganschow, P. Hofmann, D. Klimm, M. Rabe, P. Reiche, H. Wilke (IKZ Berlin), P. Becker, L. Bohatý, M. Burianek, R. Emmerich, M. Esser, S. Haussühl, P. Held, B. Hinrichsen, N. Machianova, M. Mühlberg, S. Podlojenov, M. Reuß, J. Stade (Uni Köln), V. Wirth (wkl-Lasertechnik), B. Hildmann (DLR Köln-Porz), F. Wallrafen (Uni Bonn), B.-G. Wang (Caesar Bonn), M. Schröder (RWTH Aachen), R.R. Sumathi, M. Udhayasankar (Uni Giessen), H. Paus (Uni Stuttgart), M. Grassl (Uni München), I. Dohnke (Uni Bern)

Folgende Vorträge wurden auf der Arbeitstagung gehalten (Abstracts liegen demnächst im Internet vor):

M. Schröder (RWTH Aachen)

Kristalle mit Fehlern – die Rolle von Gitterdefekten in der Phaschemie kristalliner Feststoffe

B.O. Hildmann (DLR Köln Porz)

Mischkristallbildung und strukturelle (Un-)Ordnung im Mullit – ihr Einfluß auf die elastischen Eigenschaften

M. Grassl (Uni München)

Hydrothermale Kristallzüchtung von  $\text{GaPO}_4$  - Löslichkeit und Kristallmorphologie

Bu-Guo Wang, A. Voigt (CAESAR Bonn)

Simulation and control of  $\text{BaF}_2$  crystal growth by the Bridgman method

L. Bohatý, P. Becker (Uni Köln)

Phasen Anpassung und effektive nichtlinear optische Suszeptibilität in monoklinen und triklinen Kristallen

I. Dohnke, B. Trusch, T. Armbruster, P. Berlepsch, J. Hulliger (Uni Bern)

Untersuchungen zur Defektstruktur undotierter und  $\text{Yb}^{3+}$  dotierter  $\text{LiNbO}_3$  Kristalle

R.R. Sumathi, D. Schwabe (Uni Giesen), H. Wilke (IKZ Berlin), K. Dupré, L. Ackermann (FEE Idar-Oberstein)

A new approach to analyse the problem of the crystal-melt interface shape-control in oxide and fluoride Czochralski growth

H. Wilke (IKZ Berlin), K. Dupré (FEE Idar-Oberstein), A. Polity, D. Schwabe (Uni Giessen)

Einfluss der inneren Strahlung bei der Züchtung semitransparenter Kristalle

M. Mühlberg (Uni Köln)

(Kurz-)Bericht über die ICCG-13 in Kyoto

Die nächste AK-Tagung wird im September 2002 vereinbarungsgemäß wieder in Bonn stattfinden (s. MB Mai 2002 bzw. homepage der DGKK).

# 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 version)

### ■ CZOCHRALSKI II - VI AND III - V CRYSTALS

- Up to 4 inches in diameter.
- Operating pressure up to 100 bars.
- Full automation of the process.

### BRIDGMAN - STOCKBARGER FURNACES

### ■ IMAGES 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.

**Cyberstar**

Call for more information

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@dial.oleane.com - Website: www.cyberstar.fr



## AK Kinetik

### Vorankündigung zum 3. Kinetikseminar der DGKK

Do 14. 02. - Fr 15. 02. 2002  
am Max-Planck-Institut in Dresden

Nachdem die ersten beiden Kinetikseminare so erfolgreich waren und bei der Deutschen Gesellschaft für Kristallwachstum und Kristallzuechtung (DGKK) ein eigener Arbeitskreis gegründet wurde, soll auch im Jahr 2002 wieder eine Zusammenkunft stattfinden. Auf der letzten Tagung in Erlangen wurde als Tagungsort Dresden vorgeschlagen. Als Veranstalter hat sich das Max-Planck-Institut für Physik komplexer Systeme bereiterklärt. Frau Dr. H. Emmerich übernimmt die lokale Organization. Für etwa 30 Teilnehmer kann die Unterkunft inklusive Mittagessen und Frühstück im Gästehaus des MPI durch das Max-Planck-Institut übernommen werden. Rechtzeitige Anmeldungen können dafür berücksichtigt werden. Zusätzliche Teilnehmer, die genauso herzlich willkommen sind, müssten sich wieder selbständig um eine Übernachtung außerhalb des Gästehauses kümmern.

Viele Seminarteilnehmer sprachen sich dafür aus, einen Termin nahe an einem darauffolgenden Wochenende auszuwählen, um einen evt. Aufenthalt mit Familienangehörigen oder Bekannten im schönen Dresden anzuschließen. Deshalb sind als Seminartage Donnerstag (Beginn 12.00 mit gemeinsamen Mittagessen) und Freitag (bis Mittag) ausgewählt wurden. Am Donnerstag Abend, dem 14. 02., findet wieder ein geselliges Beisammensein statt.

Inhaltlich soll wieder ein besonderes Anliegen die Zusammenführung von Physikern und Kristallzüchtern sein. Folgende bewährte Schwerpunkte sind erneut vorgesehen:

- \* Theorie des Kristallwachstums aus atomistischer Sicht
- \* in-situ-Studium kinetischer Prozesse
- \* Wachstumsmoden bei der Epitaxie
- \* kinetische Vorgänge bei der Züchtung von Volumenkristallen.

Neben Metallen, Halbleitern und Dielektrika sind besonders auch Beiträge zum Wachstum biologischer und organischer Kristallmaterialien willkommen. Die Veranstalter würden sich freuen, wenn alle Interessenten teilnehmen und wieder viele Studenten und Nachwuchswissenschaftler aktivieren würden.

Für die Anmeldung ist wieder ein on-line-Formular unter [www.dgkk.de](http://www.dgkk.de), s. Arbeitskreise, Kinetik, empfehlenswert. Einsendeschluß für einen Vortragsvorschlag ist der 18. Januar 2002.

Die Anmeldung für einen Platz im Gästehaus der MPG kann auch ab sofort bei Frau Dr. H. Emmerich (Adresse s.u.) erfolgen.

#### *Lokale Organisation und Veranstaltungsort:*

Frau Dr. H. Emmerich  
Max-Planck-Institut für Physik komplexer Systeme  
Nöthnitzer Straße 38  
01187 Dresden  
E-mail: [emmerich@mpipks-dresden.mpg.de](mailto:emmerich@mpipks-dresden.mpg.de)  
Tel: 0351-871 1208

#### *Arbeitskreissprecher:*

Prof. Dr. Peter Rudolph  
Institut für Kristallzüchtung  
Max-Born-Straße 2  
D-12 489 Berlin  
E-mail: [rudolph@ikz-berlin.de](mailto:rudolph@ikz-berlin.de)  
Tel. 030 - 6392 3034

#### *weitere Kontaktkollegen:*

Prof. Dr. Heiner Mueller-Krumbhaar  
IFKF Theorie 3 der KFA Jülich  
52425 Jülich  
E-mail: [h.mueller-krumbhaar@fz-juelich.de](mailto:h.mueller-krumbhaar@fz-juelich.de)  
Tel: 02461 - 61 3428

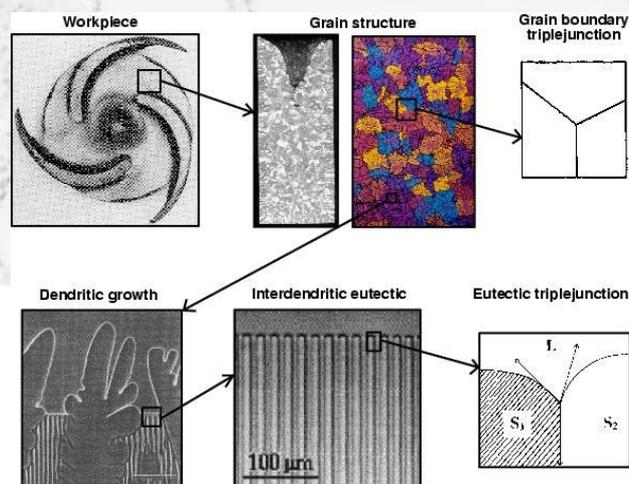
Prof. Dr. H. Strunk  
Lehrstuhl für Mikrocharakterisierung  
Friedrich-Alexander-Univ. Erlangen-Nürnberg.  
Cauerstr. 6  
91058 Erlangen  
E-mail: [strunk@ww.uni-erlangen.de](mailto:strunk@ww.uni-erlangen.de)  
Tel: 09131 - 85 8601

## UND NACH DER KINETIK ...

Das diesjährige Treffen des Arbeitskreises Kinetik der DGKK am Max Planck Insitut für die Physik komplexer Systeme in Dresden wird gefolgt von einer dreiwöchigen Veranstaltung, die sich unter dem Titel "Computational physics of transport and interface dynamics" weiter mit der Modellierung der Mikrostrukturentwicklung in erstarrenden Materialien befaßt. Die erste Woche dieser Veranstaltung (18.2.2002 - 22.2.2002) ist einer Ferienschule zu diesem Thema gewidmet und spricht Studenten höherer Semester bis hin zu Doktoranden an, die sich auf einführendem Niveau mit Möglichkeiten der modellhaften Abstraktion des Wachstums vertraut machen wollen. Eine detailliertere Beschreibung der Vorlesungsinhalte findet sich unter

<http://www.mpipks-dresden.mpg.de/comphy2>  
(Button: Scientific Program).

Die Gesamtveranstaltung mündet in eine Woche Konferenz (4.3.2002 - 8.3.2002) mit bekannten nationalen und internationalen Sprechern, e.g. Bob Sekerka und Jeff Derby (weitere Sprecher ebenfalls auf der Homepage). Für weitere Fragen steht das Konferenz-Sekretariat unter ++ 49 351 871 2107 zur Verfügung. Anmeldungen sind elektronisch über die Konferenzwebpage möglich.



## Tagungsberichte

### ICCG-13 / ICVGE-11

#### International Conference on Crystal Growth / International Conference on Vapor Growth and Epitaxy

30.7.-4.8.2001, Kyoto, Japan

#### ICCG-13 - Das war Kyoto 2001, eine persönliche kritische Sicht

**Winfried Schröder,  
Institut für Kristallzüchtung, Berlin**

Gemeinsam mit den französischen Kollegen hat die deutsche Kristallzüchtergemeinschaft die Ausrichtung der ISSCG-12 bzw. der ICCG-14 in Europa (Berlin/Grenoble) übernommen. Die vorbereitenden Arbeiten haben begonnen und jeder weiß oder ahnt, wie immens die Anstrengungen sein werden, Schule und Konferenz zu organisieren.

Die Durchführung einer so großen Tagung und die Gestaltung des Ablaufs der Fachvorträge sind sicher grundsätzlich kompliziert.

Hier muss man unseren japanischen Kollegen, die mit Gründlichkeit und Präzision die Kyoter Tagung organisiert haben, alle Anerkennung aussprechen und man sollte Ihnen herzlich danken für die Gastfreundschaft, die immer wieder zum Ausdruck kam. Gerade wir Deutschen wissen die Liebesswürdigkeit, die der Präsident der Tagung, Professor Nishinaga, sowie auch die anderen Mitglieder des Organisationskomitees uns gegenüber zum Ausdruck brachten, zu schätzen.

Die Veranstaltung einer Tagung, bei der nach Möglichkeit alle Facetten der Kristallzüchtung berücksichtigt werden sollen, wird immer differenziert und kritisch zu sehen sein, da sie in zunehmender Konkurrenz zu den Spezial- bzw. Regionaltagungen steht, insbesondere dann, wenn deren Termine unmittelbar nachgelagert sind. In Kyoto war dies durch das Fehlen der Mehrzahl der SiC-Züchter sowie der US-amerikanischen Kollegen zu spüren. Trotzdem sollte man ein deutliches Plädoyer für eine ICCG-Tagung aussprechen. Die ICCG hat Wesentliches für Anerkennung und Fortschritt der Wissenschaft Kristallzüchtung geleistet und die Konferenzen sind das deutliche Abbild und auch der Fokus für Kollegen aus anderen Disziplinen. Bleibt also nur noch das „Wie“ der Organisation der Konferenz.

Durch Befragungen und Einholen von eingeladenen Vorträgen war deutlich zu spüren, dass man von Seiten der Veranstalter bemüht war, auch mit Hilfe dieser Informationen die Tagung zu gestalten. Leider war dann in vielen Fällen von diesen Bemühungen wenig zu spüren. Vorträge zum Silicium, Silicium-Germanium und m. E. zur A<sub>III</sub> B<sub>V</sub>-Züchtung wurden von den „alten Routiniers“ gehalten, obwohl mittlerweile eine neue Generation mit akzeptablen und akzeptierten Forschungsergebnissen herangewachsen ist, die aktuellere und damit gehaltvollere Darstellungen gegeben hätte.

Ein weiteres Problem sind die Fünfminuten-Vorträge in Verbindung mit den Posterdarstellungen. Die Vorträge erfüllen dabei bestenfalls die Funktion, in knappster Form das wissenschaftliche Anliegen und die Persönlichkeit der

Vortragenden sowie ein Konzentrat des Inhalts vorzustellen. Leider gilt hier wohl „wer vieles bringt, wird manchem etwas bringen“. Das Motiv für diese Art der Tagungsorganisation ist verständlich und gut gemeint – nur bei der Vielzahl von Parallelsituationen geht viel Zeit verloren, die fehlt, um andere Sitzungen zu besuchen – vielleicht bedenkenswert für die Organisatoren der Veranstaltungen in Europa.

Trotzdem muss ausdrücklich auf die Wertschätzung hingewiesen werden, die gerade die deutsche Kristallzüchtergemeinschaft in Kyoto erfuhr.

Der vorrangig eingeordnete Vortrag von Herrn Prof. Benz (Freiburg) und die Auszeichnung von Herrn Prof. Müller (Erlangen) mit dem Laudise-Preis müssen hier genannt werden. Die Auszeichnung von Prof. Müller ist eine Anerkennung und Krönung seiner bisherigen Arbeiten und war eigentlich so lang erwartet wie überfällig.

Herzlichen Glückwunsch dazu noch einmal im Namen aller Kollegen und auch zum 60. Geburtstag am 3. Dezember, der also in die Zeit der Drucklegung dieses Heftes fällt.

### Reisebericht mit Schwerpunkt III/V - Massivkristalle

**Bernhard Birkmann  
Institut für Werkstoffwissenschaften VI, Friedrich-  
Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg**

Die alle 3 Jahre stattfindende International Conference on Crystal Growth (ICCG) ist das zentrale internationale Forum der Kristallzüchtung, bei dem alle wesentlichen Aspekte der Kristallzüchtung thematisiert werden. Sie fand in diesem Jahr in der alten japanischen Kaiserstadt Kyoto an der dortigen Doshisha Universität statt. An der Tagung nahmen ca. 1000 Wissenschaftler mit etwa ebenso vielen Beiträgen teil. Die Themen der Fachsitzungen reichten dabei von Theorie, Modellierung, Schmelzzüchtung bis hin zu Charakterisierung und neuartige Materialien. Es war eine große Leistung der Veranstalter für eine Konferenz dieser Größenordnung einen reibungslosen Ablauf sowohl des wissenschaftlichen als auch des Begleitprogramms zu gewährleisten.

Besonders erwähnt werden soll die Konferenzexkursion, die zu einer buddistischen Tempelanlage (Enryakuji Tempel) am Mt. Hiei führte. Dieser am See Biwa gelegene Berg bildet zusammen mit dem See eines der Naherholungsgebiete Kyotos. Gerade beim Besuch der religiösen Stätten wird deutlich, wie fremdartig die „westliche“ Industrienation Japan auch sein kann. Das abschließende gemeinsame Abendessen auf Tatami-Matten in einem japanischen Fischrestaurant ist mit Sicherheit ein bleibendes Erlebnis.

Im Rahmen dieser Konferenz werden auch die höchsten internationalen Kristallzüchtungspreise vergeben. Der Frank-Prize ging diesmal an D.T.J. Hurlle (UK) und S.R. Coriell (USA). Mit dem Laudise-Prize wurde G. Müller (Erlangen) ausgezeichnet.

Im folgenden soll noch ein kurzer Überblick über die Inhalte der Konferenz gegeben werden. Dieser muß aufgrund der Anzahl der Beiträge einseitig sein und ist aus der Sicht der Massivkristallzüchtung von III/V-Materialien abgefaßt. Von diesem Standpunkt aus betrachtet, ist es auch schade, daß von industrieller Seite keine Beiträge zu diesem Thema geliefert wurden.

**1851 – 2001**

**Seit 150 Jahren Ihr Partner  
rund um das Edelmetall**



Die industrielle Anwendung von Edelmetallen und Edelmetall-Legierungen bildet die Kernkompetenz der Produktlinie Precious Metals Technology. Durch die gute chemische Beständigkeit, gerade bei hohen Temperaturen, sind insbesondere Platin und Platinlegierungen zu unverzichtbaren Werkstoffen für Laborgeräte geworden.

Unser Produktprogramm umfasst:

**Tiegel für die Kristallzucht**

- aus Platin, Iridium, Gold oder Rhenium
- nahtlos gezogen
- geschweißte Ausführung
  - mit gezogenem Boden
  - mit flach eingeschweißtem Boden

**Spezielle Produkte nach Kundenwünschen**

Nachheizer, Deckel, Halterungen, etc.

**Tiegel, Schalen und Elektroden** für das analytische Labor aus unserem Standardprogramm

**Spezielle Tiegel- und Abgießschalen** für die Herstellung von Schmelztabletten in der Röntgenfluoreszenz-Analyse (RFA)

**Halbzeuge aus Edelmetallen und Edelmetall-Legierungen**

Bleche, Folien, Rohre, Kapillare, Drähte

Nutzen Sie unsere langjährige Erfahrung auf dem Edelmetallsektor! Rufen Sie uns an und lassen Sie sich von unseren qualifizierten Mitarbeitern beraten.

**Heraeus**

W. C. Heraeus GmbH & Co. KG  
Engineered Materials Division  
**Product Line**

**Precious Metals Technology**

Heraeusstr. 12 – 14

63450 Hanau, DEUTSCHLAND

Telefon (0 61 81) 35-45 50

Telefax (0 61 81) 35-86 20

E-Mail:

[precious-metals-technology@heraeus.com](mailto:precious-metals-technology@heraeus.com)

[http://www.wc-heraeus.com/  
precious-metals-technology](http://www.wc-heraeus.com/precious-metals-technology)

Eine hervorragende Übersicht über die Züchtung von III/V-Halbleitern und die dabei auftretenden Probleme gab J.B. Mullin. In seinem Vortrag gab er einen historischen Rückblick über die Entwicklung der III/V-Kristallzüchtung aus der Sicht eines über Jahrzehnte unmittelbar an der Entwicklung beteiligten. Er diskutierte die verschiedenen Züchtungsverfahren im Hinblick auf die Kristallparameter und wies darauf hin, daß der Preis der Substrate ebenso wichtig ist wie die Materialeigenschaften. Er stellte heraus, daß die Probleme eines III/V-Materials bei Züchtung unmittelbar mit dem Dampfdruck korrelieren. So gibt es einkristallines versetzungsloses Indiumantimonid bereits seit einigen Jahrzehnten, während dies für Galliumarsenid und Indiumphosphid immer noch aussteht. Als zentrale Probleme bei der III/V-Kristallzüchtung nannte Mullin den Verlust der V-Komponente, die Zwillingbildung, die zelluläre Versetzungsstruktur, das Auftreten von Lineage und Gleitlinien sowie die konstitutionelle Unterkühlung. Ausdrücklich wies er darauf hin, daß Facetten zwar eine wesentliche Rolle bei der Zwillingsbildung spielen, daß Temperaturfluktuationen aber keinesfalls unterschätzt werden dürfen. Beim VGF seien neben der Zwillingsbildung der Kontakt des Kristalls mit der Tiegelwand und die konkave Aufbiegung der Phasengrenze am Kristallrand zusätzliche Probleme. Das Kontaktproblem mit der Tiegelwand sei durch eine entsprechende Tiegelpräparation zu lösen, zur Verminderung der Randaufbiegung regte er den Einsatz von elektromagnetischem Rühren an, das bisher beim VGF von III/V-Verbindungen anscheinend noch nie eingesetzt wurde.

Die Rolle von Punktdefekten in Galliumarsenid untersuchte D.T.J. Hurle in seinem Preisvortrag. Die III/V-Halbleiter weisen deutlich höhere Konzentration an Eigendefekten auf als z.B. Silizium oder Germanium. Galliumarsenid ist nahe dem Schmelzpunkt auch nicht intrinsisch, sondern die Lage des Fermi-niveaus wird von den Eigendefekten bestimmt. Beim Abkühlen von  $n^+$ -dotierten Kristallen kommt es zu einer Untersättigung an Ga-Leerstellen, was den Einbau von Dotierstoffen wie z.B. die maximal erreichbare Ladungsträgerkonzentration bestimmt.

In den letzten Jahren hat das sogenannte „Detached Growth“ vermehrt Interesse auf sich gezogen. Gemeint ist damit, daß sich die Schmelze in Phasengrenznähe unter bestimmten Züchtungsbedingungen von der Tiegelwand löst und der Kristall ohne Wandkontakt erstarrt. Mit diesem „detachment“ tritt in der Regel eine abrupte Verbesserung der strukturellen Qualität der Kristalle auf. Entdeckt wurde dieses Phänomen bei Weltraumexperimenten. Nachdem es theoretisch mittlerweile ausreichend gut verstanden ist, versuchen zunehmend mehr Gruppen auch unter irdischen Bedingungen dieses „detachment“ bei der Kristallzüchtung zu erreichen. Im Moment wird als Modellsubstanz hauptsächlich Germanium mit geringem Durchmesser untersucht. Sollte es möglich werden dieses „detachment“ reproduzierbar zu erreichen, liegt hier sicher ein großes Potential für zahlreiche weitere Materialien.

Erwähnt werden soll auch der Reviewvortrag von Akasaki (Japan) über die Entwicklung der Epitaxie von GaN, bei der er selbst den Durchbruch mit der ersten Leuchtdiode auf GaN-Basis geschafft hat. Er diskutierte den Zusammenhang der anfänglichen Probleme eine p-Dotierung herzustellen und eine gute Qualität der epitaktischen Schichten zu erhalten. Mit einer verbesserten Schichtqualität verminderte sich die Anzahl an verformungsinduzierten Ladungsträgern und damit wurde eine p-Dotierung möglich. In der weiteren Verbesserung der Qualität der GaN-Schichten sieht er eine der Hauptaufgaben für die Zukunft des GaN.

Abschließend sei noch der Vortrag von Kloc (USA) erwähnt, da er vertiefte Einsichten zu organischen Halbleitern gab. Organische Halbleiter werden üblicherweise mit

Drucktechniken oder Spin-Coating verarbeitet. Die Ladungsträger weisen in solchen polymeren Schichten nur geringe Beweglichkeiten auf. Deshalb wurden Einkristalle (einige Millimeter groß) aus verschiedenen organischen Verbindungen gezüchtet, um zu untersuchen, ob die niedrigen Beweglichkeiten ein materialintrinsic Problem dieser Substanzen sind, oder nur aus der schlechten kristallinen Qualität der Schichten resultieren. In der Tat konnte Kloc zeigen, daß die Beweglichkeit der Ladungsträger in seinen Kristallen um mehrere Größenordnungen gegenüber dem Polymer erhöht ist. Auf der Basis solcher organischer Einkristalle konnten Prototypen einer Vielzahl von Bauelementen realisiert werden.

Insgesamt bot die Konferenz Einblicke in nahezu alle Felder der Kristallzüchtung und war sicherlich einen Besuch wert.

## Reisebericht mit Schwerpunkt SiC

**Dietmar Siche**

**Institut für Kristallzüchtung IKZ, Berlin**

An der Doshisha Universität in Kyoto fand vom 31.07.-04.08.01 die ICCG-13/ICVGE-11 statt. Von den ca. 1320 eingereichten Abstracts aus 42 Nationen wurden 1026 Beiträge aus allen Bereichen der Kristallzüchtung präsentiert. Eine gewisse Zurückhaltung war bei den II-VI Verbindungen (Internat. Tagung im September in Bremen) und beim SiC (Internat. Tagung in Tsukuba, Japan, im Oktober/November) festzustellen. Trotzdem waren beim SiC insbesondere die japanischen Gruppen zahlreich vertreten. Insgesamt waren dabei aus Japan 814, Rußland 85, USA 64 und Deutschland 61 Teilnehmer.

Da bis zu 9 Parallelsitzungen stattfanden und mehrere Kollegen aus dem IKZ auf der Tagung waren, wurden die Sitzungen zum SiC, zur Gasphasenzüchtung anderer Verbindungen, zur Massivkristallzüchtung und Charakterisierung besucht.

Herr **Hobgood** von Cree eröffnete den SiC – Teil mit einem eingeladenen Vortrag zur industriellen Sicht auf das Wachstum und die Charakterisierung großer SiC – Kristalle. Er zeigte das Foto eines 4" – 6H – Wafers mit einer mittleren  $\mu\text{PD}$  von 35-50  $\text{cm}^{-2}$ . Der 4H-Polytyp wird für diesen Durchmesser noch entwickelt. Der beste 4H-Kristall erreicht bei einem Durchmesser von 2" eine Mikroröhrendichte ( $\mu\text{PD}$ ) von 0,9  $\text{cm}^{-2}$ , für 3" konnten 31  $\text{cm}^{-2}$  nicht unterboten werden. Die Dotanden N und B kompensieren sich und stabilisieren das Fermi-niveau. Es wurde hochreines HPSi (High Purity semi-insulating) Material hergestellt. Mit einer Stickstoffkonzentration  $[\text{N}] = 5 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$  und  $[\text{B}] = 1,5 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$  sowie anschließender Vanadiumdotierung ( $E_a = 1,45 \text{ eV}$ ) wurde auf über 80% der Waferfläche ein spezifischer Widerstand  $> 3 \times 10^{11} \Omega\text{cm}$  erreicht. Die thermische Leitfähigkeit wurde mit Laserflash – Messungen zwischen RT und 600 K bestimmt und lag zwischen 5 und 1,5  $\text{Wcm}^{-1}\text{K}^{-1}$ . TEM – Bilder zeigten, dass Mikropipes von Stapelfehlern umgeben sind. Bei der Züchtung wächst der 4H – Polytyp stabil für Substrattemperaturen unter einem kritischen Wert und für Temperaturgradienten über einem kritischen Wert. Der 4H Polytyp wurde bei Temperaturen zwischen 2030 und 2200 °C gezüchtet und die Arbeit des Herrn Straubinger zum Einfluss des T – Gradienten wurde zitiert.

Anschließend wurde der eigene Kurzvortrag zur Entwicklung von Domänenwänden in 6H- und 4H- SiC Einkristallen

gehalten. Das zugehörige Poster fand reges Interesse bei den SiC – züchtenden Kollegen.

Es folgte Herr **Nakayama** aus der Entwicklungsabteilung der Fa. Sixon mit dem Beitrag „SiC Polytype Control and the Development of 4H Type 2inch Wafer with Low Resistivity“. Er stellte zunächst heraus, dass das Prozessparameterfenster für das 4H – Wachstum besonders schmal ist. Gezeigt wurden Wafer, die aus einem Kristall stammen, der bei relativ geringer Temperatur auf der C – Seite eines 6H – Keimes gewachsen ist und dessen Polytyp während des Wachstums nach 4H wechselte. Dabei nahm der 4H – Flächenanteil auf den Wafern zum Kristallende hin zu, bis homogen der 4H Polytyp vorlag. Ohne das Topogramm zu zeigen wurde eine FWHM der Rockingkurve von 48 arcsec angegeben. Die  $\mu\text{PD}$  lag bei  $87 \text{ cm}^{-2}$ , die Ladungsträgerkonzentration (RT - Hall-Effektmessung) bei  $n = 6 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ .

Zwar wird erwähnt, dass der Polytypübergang über eine Art Mischform (15R an der Grenze nachgewiesen) abläuft, aber es werden keine erhöhten Defektdichten beobachtet. Als treibende Kraft für den Übergang nach 4H wird die bei geringerer Substrattemperatur kleinere freie Energie  $F = H - TS$  genannt, wobei H und S aus den Stapelfolgen abgeschätzt wurden.

Herr **Sasaki** aus der Nishino – Gruppe (KIT) sprach über die Charakterisierung von Defekten in sublimationsgezüchteten SiC - Wafern. Schwerpunkt waren das KOH – Ätzen und die Rocking – Topographie. Die 2" Wafer enthielten Korngrenzen und Plateletdefekte.

Herr **Prasad** aus der Chen – Gruppe (State University of New York at Stony Brook) sprach über physikalische Erscheinungen und das Wachstumsverhalten von SiC – Kristallen. Es ging um die Modellierung zur Vorhersage der Wachstumsrate unter Einbeziehung eines Wärmetransfer – Modells. Alle Ergebnisse waren bereits publiziert.

Aus dem IKZ hat dann Herr **Böttcher** zur Simulation der SiC – Sublimationszüchtung gesprochen. Die Ergebnisse entstanden in enger Zusammenarbeit mit unserer Gruppe und Herr Schulz tritt als Mitautor auf. Es wird gezeigt, dass die mittels FIDAP errechneten Wachstumsraten sehr gut mit unseren experimentellen Werten übereinstimmen.

Der letzte Beitrag dieser Sitzung von Herrn **Tanaka** behandelte die Lösungszüchtung von SiC bei Temperaturen unter  $1000 \text{ }^\circ\text{C}$ . Dabei wird Ga als Lösungsmittel für Si verwendet, dem Al als Katalysator zugegeben wird. Der Kohlenstoff wird über Propan geliefert. Bei  $950 \text{ }^\circ\text{C}$  entsteht ein feines Pulver aus 3C-SiC.

Die zweite SiC – Sitzung eröffnete Herr **Ohtani** von Nippon Steel mit einem eingeladenen Vortrag zum Wachstum großer SiC – Einkristalle hoher Qualität. Neben den kürzlich publizierten Ergebnissen zum Stufenmodell der  $\mu\text{P}$  – Entstehung gab es einige zusätzliche Informationen.

In einem Züchtungsgang ist eine Durchmessererweiterung von 10 mm möglich, wenn 3" – Substrate verwendet werden. Beim Wachstum auf der c – Fläche liegt die lineare EPD (Stapelfehlerdichte) bei  $10^4 - 5 \text{ cm}^{-1}$ . Sie wird in der Tabelle abhängig vom Polytyp und der Wachstumsrichtung angegeben.

# Generatoren für die Induktionserwärmung

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



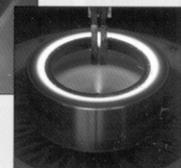
Qualität hat einen Namen:

## Anwendungsbeispiele:

Kristallziehen

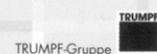


Glühen



Schmieden

Hüttlinger Elektronik GmbH + Co. KG  
Elsässer Str. 8, D-79110 Freiburg, Germany  
Tel.: +49-761-89 71-0, Fax: +49-761-89 71-150  
email: info-ec@huettinger.com  
Internet: http://www.huettinger.com



Stapelfehlerdichte [ $\text{cm}^{-1}$ ]:

Wachstumsrichtung	6H	4H
1-100	$\geq 10^4$	$10^2$ - $10^3$
11-20	$10^2$ - $10^3$	$10^2$ - $10^3$
000-1	$\leq 10$	$\leq 10$

Beispielsweise soll sich die MOSFET – Kanalleitfähigkeit beim Wachstum auf der (11-20) – Fläche drastisch erhöhen.

Die Stapelfehleregeneration wird auf die Oberflächenkinetik zurückgeführt (Dualität der Oberflächenbindung) und ist in Acheson- oder Lely – Plättchen wegen der fast isothermen, chemisch stabileren Umgebung geringer. D. h., nicht die geringe Stapelfehlerenergie des SiC, sondern Kinetik und Wachstumsrichtung sind für die Stapelfehlerentstehung verantwortlich.

Herr **Naitoh** von der DENSO CORPORATION sprach über den Mechanismus des N – Einbaus bei der SiC – Züchtung. An 6H-Kristallen, die auf der Si - oder der C – Seite gewachsen waren, wurden PL – Untersuchungen durchgeführt. Bei letzteren Kristallen wurden mehr Spektrallinien aus der deep level - Emission gefunden. Sie werden der leichter entstehenden C – Vakanz zugeordnet. Aus first principles – Rechnungen wurde die kohäsive Energie  $N_C = 6,84$  und  $N_{Si} = 6,78$  eV/Atom bestimmt (Jpn. J. Appl. Phys. 35 (1996) 1231), woraus folgt, dass N auf C - Platz stabiler ist.

Herr **Lilov** aus der Nishino - Gruppe (ursprünglich Universität Sofia, Bulgarien) berichtete über die Erhöhung der Wachstumsraten bei der Sublimationsepitaxie in Wasserstoffumgebung. Beim Übergang vom SiC-C – System zum SiC-H<sub>2</sub> steigt die Rate von 50 auf 77  $\mu\text{m}^{-1}$ , die FWHM sinkt von 21 auf 18 arcsec (Perfektionsverbesserung der Schichten) und die Hintergrunddotierung sinkt von  $1 \times 10^{17}$  auf  $5,2 \times 10^{16}$   $\text{cm}^{-3}$ .

Herr **Syvjärvi** (Linköping Universität, Schweden) studierte den Einbau von N, Al und B in Sublimations - Epitaxieschichten. Die mit SIMS gemessene Verunreinigungskonzentration wuchs mit der Züchtungstemperatur (1650 – 1800 °C). Die Aktivierungsenergien für den N – und Al – Einbau wurden zu 43 bzw. 32 kcalmol<sup>-1</sup> bestimmt. Die PL zeigte ein breites Band bei 420 nm, das durch N-Al Donator-Akzeptor – Paarlumineszenz verursacht wird. Die eingebaute Borkonzentration [B] sinkt mit der Züchtungszeit, wenn diese in der Quelle [B] =  $10^{18}$   $\text{cm}^{-3}$  beträgt. Bei niedriger B - Konzentration in der Quelle ([B] =  $3 \times 10^{15}$   $\text{cm}^{-3}$ ) bleibt sie konstant. Der Transferkoeffizient (Übergang des B aus der Quelle in die Schicht) sinkt mit steigender Quellkonzentration von 1 auf 0,25. Bei Wachstumsraten bis zu 100  $\mu\text{m}^{-1}$  werden in undotierten Schichten  $N_D - N_A \sim 5 \times 10^{15}$   $\text{cm}^{-3}$  erreicht.

Herr **Tsuchida** vom Central Research Institute of Electric Power Industry (criepi.denken), Japan, berichtete über das epitaxiale Wachstum dicker 4H-SiC – Schichten in einem vertikalen strahlungsbeheizten CVD – Reaktor. Bei 1530 °C wurden mit einer Rate von 15  $\mu\text{m}^{-1}$  bis zu 250  $\mu\text{m}$  dicke Schichten gezüchtet. Oberflächenrauigkeit, Krümmungsradius, FWHM, Defektdichte und Hintergrunddotierung wurden in Abhängigkeit der Schichtdicke und der Prozessparameter angegeben. Während z.B. eine 63  $\mu\text{m}$  dicke Schicht eine Hintergrunddotierung von  $n = 1,7 \times 10^{13}$   $\text{cm}^{-3}$  aufwies, war diese in einer 202  $\mu\text{m}$  dicken Schicht auf  $n = 6,7 \times 10^{14}$   $\text{cm}^{-3}$  erhöht. Wegen der

Kontaktprobleme wurden die Konzentrationen mit CV – Messungen bestimmt.

**Ein Highlight** der Tagung war der Bericht von Herrn **Nagasawa** von der Hoya Corporation über das 3C-SiC hetero-epitaxiale Wachstum auf welligen Si(001) – Substraten.

Bisher war der Hauptnachteil der Heteroepitaxie die hohe Dichte von Planardefekten an der Heterogrenze, wo 60° Rotationszwillinge (um die <111> - Richtung) Bänder bilden. Da die Oberflächenenergie der C – terminierten (111) SiC – Oberfläche geringer ist, wächst die C – Fläche schneller. Auf off-orientiertem (110) Silicium können Antiphasengrenzen (APB) vermieden werden, Zwillingsgrenzen (TB) nicht. Dies gelang auf welligen, in <110> - Richtung zerkratzten (001) Si – Substraten. Mit einer Kaltwand – CVD wurde bei 1350 °C und 0,1 Torr mit 50  $\mu\text{m}^{-1}$  200  $\mu\text{m}$  dicke 3C – SiC Schichten abgeschieden, die nach dem Ätzen keine EPD oder Zwillingsgrenzen zeigten. Von einem Raman - Spezialisten aus dem KIT war aber zu erfahren, dass die Schichten stark verspannt sind.

Herr **Nishino** sprach zum lateralen Überwachsen von 3C-SiC auf strukturierten Si(111) Substraten, die vorher karbonisiert wurden. Statt Silan wurde Dimethylsilan gewählt und bei 700 °C wuchsen in hexagonalen Öffnungen einer SiO<sub>2</sub> – Schicht geschlossene SiC – Schichten.

Die folgenden Vorträge zur Epitaxy behandelten die Oberflächenstruktur dünner 3C-SiC – Schichten, die Wachstumskinetik in Plasma-CVD – Anlagen, die vertikale Hot – Wall – CVD, die SiC – Homoepitaxie auf Al – implantierten Schichten, die Herstellung von 15R – CVD – Schichten und die Benutzung Kohlenstoff – maskierter Substrate.

Weitere aus der Gasphase züchtbare aktuelle Materialien sind ZnO u.a. II-VI-Verbindungen, wie CdTe. Auch GaAs war von Interesse, da es im IKZ eine bedeutende Rolle spielt.

Herr **Cantwell** von Eagle Picher, USA, sprach über die Homoepitaxie von ZnO auf SCVT – ZnO – Substraten. Seine Firma züchtet die Substratkristalle mit 2“ Durchmesser über den Wasserstofftransport aus der Gasphase.

Herr **Palosz**, NASA-Marshall Space Flight Center, züchtete CdTe nach der Markov – Methode, einer PVT ohne Wandkontakt, die zu hoher Kristallperfektion führt.

Herr **Birkmann** aus der Uni Erlangen stellte sein Kompensationsmodell zum Si – Einbau in VGF – GaAs vor.

Herr **Verma** vom KIT charakterisierte GaInAs mit dem Raman – Spektrometer. Geplant sind Kosmos - Versuche zur Untersuchung der Möglichkeiten, die Homogenität zu verbessern.

Die **Industrieausstellung** war, wie die Konferenz insgesamt, japanisch dominiert. Einige Firmen hatten nicht einmal englische Prospekte. Analysegeräte – Firmen und Hersteller von Züchtungsanlagen dominierten. Es gab neue software – Entwicklungen für Forschung und Lehre und Verlage stellten ihr fachspezifisches Buchsortiment aus. SiC - Waferhersteller traten nicht auf.

## Bericht zur Situation bei den Intermetallischen Systemen

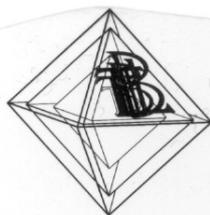
Günter Behr

Institut für Festkörper- und Werkstoff-Forschung IFW, Dresden

Traditionell spielen die intermetallischen Systeme auf Kristallzüchtungstagungen eine untergeordnete Rolle. Von den über 1000 tatsächlich vorgestellten Beiträgen auf der Tagung in Kyoto waren 15 der Thematik intermetallischer Systeme zuzuordnen. Damit wird diese Substanzklasse im Forum der Kristallzüchter nicht ausreichend repräsentiert. Sichtbar ist gleichzeitig, dass über die Einkristallzüchtung intermetallischer Systeme bevorzugt auf Spezialtagungen der physikalischen und chemischen Community vorgetragen wird. Von den vorgestellten Beiträge betrafen 7 die Züchtung aus der Schmelze (S. Otani, Floating zone growth of  $ZrB_2$  single crystals, G. Behr et al.: Single crystal growth of binary and ternary RE silicides, H. Minagawa: Unidirectional solidification of  $TbFe_2$  alloy using magnetic field in microgravity, P. Gille et al.: Growth, morphology and characterization of decagonal  $AlCoNi$  and  $AlCoCu$  quasicrystals, A.T. Dutra et al.: Effects of the growth parameters on the  $Ni-Ni_3Si$  eutectic microstructures, E. Talik et al.: Growth and magnetic properties of  $Ho_3Rh$  single crystals, M. Kulpa et al.: Growth and characterization of  $ErMn_2$  intermetallic compound).

Weitere 4 Beiträge beschäftigten sich mit der Hochtemperaturlösungszüchtung (H. Udono et al.: Growth of  $\beta$ - $FeSi_2$  crystals by temperature gradient solution growth method using Zn solvent, M. Kurumoto et al.: Growth of bulk  $\beta$ - $FeSi_2$  single crystals using Sb solvent, I. Higashi et al.: Crystal growth of  $-AlB_{12}$  from high-temperature Al solution, S. Okada et al.: Crystal growth of  $REMn_2Si_2$  ( $RE=Y, Er$ ) by Pb flux method, I. Higashi et al.: Growth of  $B_{12}$  icosahedral crystals of Al-Mg-B system) und ein Beitrag mit Kristallzüchtung nach dem Strain-Annealing Verfahren (K. Mizuno et al.: Ultra-purity aluminum single crystals with a low dislocation density grown by strain-annealing method). Die restlichen 2 Beiträge behandeln schwerpunktmäßig Fragen der Kristallstruktur (O.L. Sologub et al.: Structural study of the  $Nd(Cd,Si)_2$  single crystal, P.S. Salamakha et al.: Structural investigation of the  $NdNi_4B$  single crystal: New structural type of intermetallic borides).

Allgemeine Trends sind aus den Beiträgen nicht ableitbar. Jedoch wird bei der Züchtung aus der Schmelze der verstärkte Einsatz von Schwebenschmelzverfahren zur Vermeidung von Kontaminationen entweder zur Züchtung selbst oder zur Präparation des Ausgangsmaterials sichtbar.



# T B L - Kelpin

Dr. Gerd Lamprecht

former Kristallhandel Kelpin

Single Crystals for Research and Industry



TBL.Lamprecht@t-online.de :

### single crystals

metals, alloys, semiconductors (III-V, II-VI),-oxides, halides and all kind of compounds

### sputter targets and evaporation sources

(elements and compounds)

### optical compounds:

windows, lenses, prisms, rods  
blanks:  $CaF_2$ ,  $MgF_2$ ,  $BaF_2$ ,  $LiF$ ,  $KBr$ ,  $CsBr$ ,  $CsI$ ,  $Ge$ ,  $Si$ ,  $KRS-5/6$ ,  $LaF_3$ ,  $CeF_3$  and others

single crystal surface preparation and high precision crystallographic orientation ( $<0,1^\circ$ )

high purity metals & materials, rare earth metals and compounds, wire, rods, foils, isotopes, superconducting materials

### single crystal substrates

Si, Ge, III-V and II-VI compounds  
 $SrTiO_3$ ,  $MgO$ ,  $Al_2O_3$ ,  $ZrO_2$ ,  $LaAlO_3$ ,  $NdGaO_3$ ,  $YAlO_3$ ,  $SrLaAlO_3$ ,  $MgAl_2O_4$ ,  $SiO_2$ ,  $LiNbO_3$ ,  $SiC$ ,  $ZnO$ ,  $NiO$ ,  $MnO$ ,  $CoO$ ,  $Fe_3O_4$ ,  $Cr_2O_3$ ,  $BaTiO_3$ ,  $CaF_2$ ,  $MgF_2$  and others

TBL - Kelpin, Lehninger Str. 10-12 D 75242 Neuhausen

Tel. 0049 (0)7234 1007 Fax 0049 (0)7234 5716 e-mail: TBL.Lamprecht@t-online.de

www.tbl-kelpin.de

## Laudise-Preis an Gerhard Müller

Aus Sicht der DGKK war natürlich die Verleihung des Laudise-Preises der IOCG an Herrn Prof. Gerhard Müller ein besonderes Ereignis der Kristallzüchtungs-Konferenz in Kyoto. Diese Auszeichnung wurde Herrn Müller verliehen für seine herausragenden Arbeiten zur Modellierung und technologischen Weiterentwicklung von Kristallzüchtungsprozessen. Es gehört zur Tradition dieses Mitteilungsblatts, dass in dieser Zeitschrift von Zeit zu Zeit Gesichtspunkte der Kristallzüchtung oder des Kristallwachstums, zu denen innerhalb der DGKK besondere Expertise vorliegt, in Form von gut verständlichen Übersichtsartikeln der Mitgliederschaft nähergebracht werden. Im Falle der von Herrn Müller vertretenen und von der IOCG prämierten Thematik böte sich ein entsprechender Aufsatz natürlich an und die Redaktion wird sich für eines der folgenden Hefte darum bemühen. Bis dahin besteht natürlich auch für die Kristallzüchter, die nicht in Kyoto sein konnten, die Möglichkeit, den dort von Herrn Müller gehaltenen Vortrag in den Publikationen des Elsevier-Verlags einzusehen. Die entsprechende WEB-Adresse lautet:

<http://www.elsevier.com/homepage/sak/cmw/prize.htm>

Einen Einblick in die von Herrn Müller behandelte Thematik kann der nachfolgend abgedruckten Kurzzusammenfassung entnommen werden.

Ich selbst war nicht bei der Konferenz in Kyoto, den übermittelten Bildern zufolge schien aber am Abend der Preisverleihung die Stimmung nicht schlecht gewesen zu sein.

F. Ritter

## Experimental Analysis and Modeling of Melt Growth Processes

Georg Müller, Erlangen

### Abstract

Melt growth processes provide the basic crystalline materials for many applications. The research and development of crystal growth processes is therefore driven by the demands which arise from these specific applications; however, common goals include an increased uniformity of the relevant crystal properties at the micro- and macroscale, a decrease of deleterious crystal defects, and an increase of crystal dimensions.

As melt growth equipment and experimentation becomes more and more expensive, little room remains for improvements by trial and error procedures. A more successful strategy is to optimize the crystal growth process by a combined use of experimental process analysis and computer modeling.

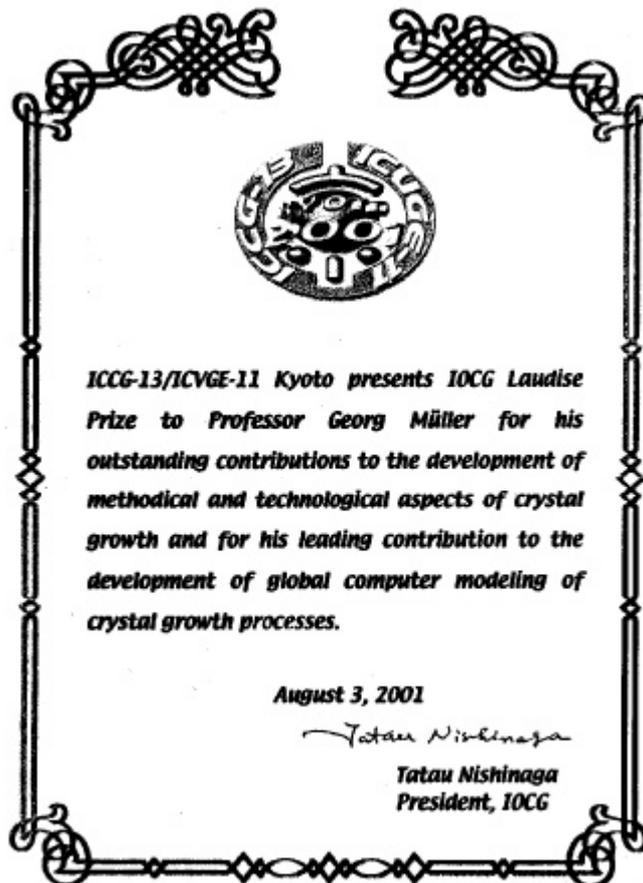
This will be demonstrated in this article by several examples from the bulk growth of silicon (Si), gallium arsenide (GaAs), indium phosphide (InP), and calcium fluoride (CaF<sub>2</sub>). These examples also involve the most important melt growth techniques, crystal pulling (Czochralski methods) and vertical gradient freeze (Bridgman-type methods).

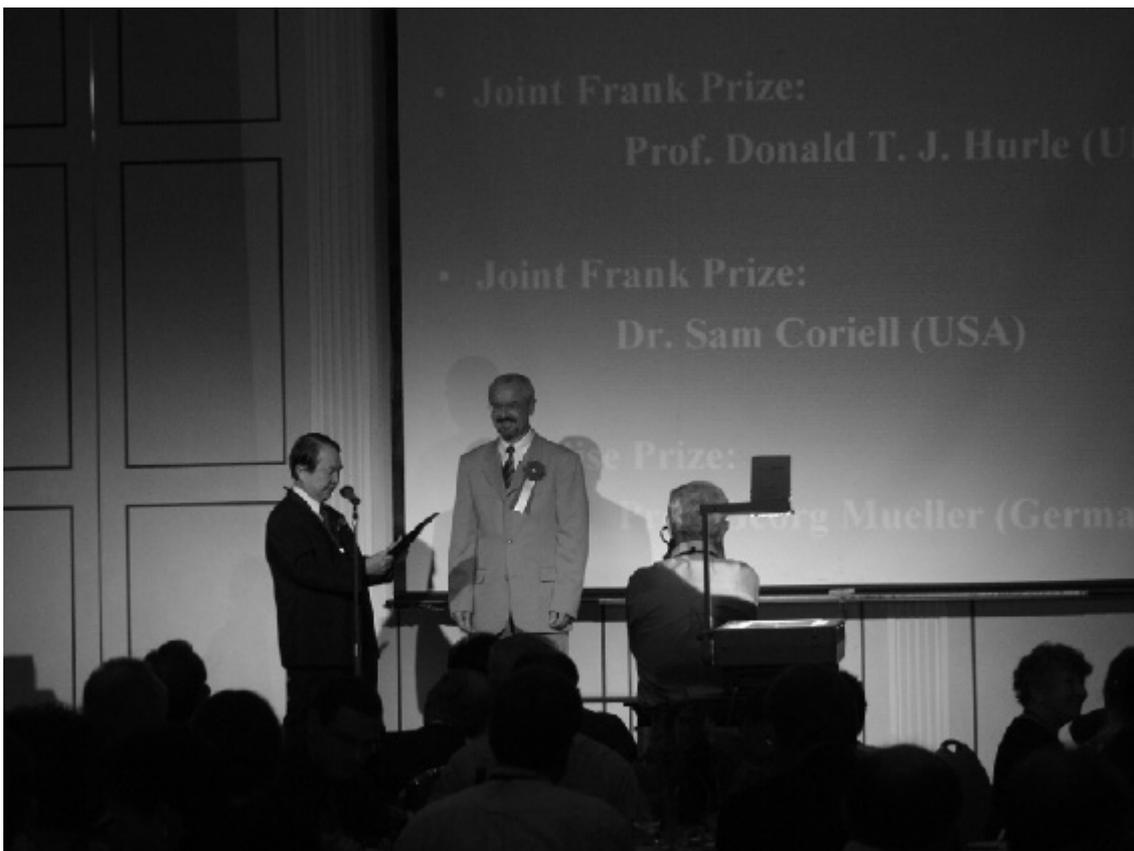
The power and success of the above optimization strategy, however, is not limited only to the given examples but can be generalized and applied to many types of bulk crystal growth.

Melt growth plays an important role for the production of the starting materials for many applications, especially for the fabrication of most electronic and photonic devices. Semiconductor crystals like Si, GaAs, InP, as well as many optical crystals like oxides and fluorides, are grown from the melt either by crystal pulling (Czochralski methods) or

gradient freezing (Bridgman-type methods). The author's laboratory has had the opportunity and privilege to collaborate over the past 15 years with world-leading crystal growth companies, institutes, and laboratories in the experimental analysis and modeling of these melt growth processes.

This article gives a few examples of contributions of the author and his co-workers to these research and development (R+D) activities. As such, it is not meant as a comprehensive review of melt growth, rather it is a personal and incomplete account from the author's point of view.





Prof. Nishinaga überreicht den Laudise-Preis an Prof. Georg Müller



Gelungene Einstimmung der Konferenzteilnehmer auf Berlin als den Veranstaltungsort der nächsten Internationalen Kristallzuchtungschule ISSCG12. Man sieht: Nach Übertragung in die englische Sprache haben selbst traditionelle Lieder das Zeug zum Welthit.

## 4th International Conference on Nitride Semiconductors (ICNS-4) in Denver (16.-20.07.2001)

Reisebericht von **Bertram Kuhn\***,

**4. Physikalisches Institut der Universität Stuttgart,  
70550 Stuttgart**

\*inzwischen bei Robert Bosch GmbH, Reutlingen

Die 4th International Conference on Nitride Semiconductors (ICNS-4) befaßte sich mit aktuellen Entwicklungen und Forschungsergebnissen im Zusammenhang mit dem Verbindungshalbleiter GaN und seinen Legierungen AlGaInN. Dabei wurden sämtliche Aspekte der derzeitigen Forschung wie Wachstum und Materialcharakterisierung, Prozessierung sowie Eigenschaften von optoelektronischen (LEDs, LDs) und elektronischen Bauteilen (FETs) beleuchtet. Damit führt diese Tagung die Tradition der vorigen Veranstaltungen in Montpellier (1999), Tokushima (1997) sowie Boston und Nagoya (1995) fort.

Die große Zahl der Teilnehmer (585) und angemeldeten Beiträge (167 Vorträge in zwei Parallel-Sitzungen, ca. 305 Poster) zeigte einmal mehr das nach wie vor riesige Interesse an dieser Materialklasse. Die Hauptaktivitäten in der GaN-Forschung spielen sich in Labors in Japan und in den USA ab. Es ist deshalb nicht überraschend, daß die meisten Beiträge dieser Tagung auf das Konto dieser Nationen gingen, wobei die USA (28%) gegenüber Japan (23%) den Standortvorteil ausnutzte. Weiterhin verteilen sich die Beiträge auf folgende Nationen: Deutschland (13%), Großbritannien (8%), Korea (7%), Frankreich (6%), Rußland (4%) und Taiwan (3%).

Die treibenden Kräfte für die GaN-Forschung stellen nach wie vor die Bauelemente dar. Gegenüber früheren Veranstaltungen haben sich hier jedoch die Schwerpunkte etwas verschoben. Während in den Anfangszeiten der Nitrid-Forschung die sichtbare LED - später dann die Laserdiode - die meisten Aktivitäten motivierte, waren bei dieser Tagung zu verzeichnen, daß drei Anwendungen etwa gleichberechtigt nebeneinander stehen: Die UV-LED (als Pumpquelle für weiße LEDs), die Laserdiode, und der Feldeffekttransistor (für Anwendungen bei hohen Temperaturen und Leistungen). Obwohl Bauelemente auf GaN-Basis schon seit einiger Zeit kommerziell erhältlich sind, war die Materialqualität des GaN als Funktion des verwendeten Fremdsubstrates sowie der speziellen Wachstumsbedingungen Thema vieler Beiträge.

### Laserdioden

Der überragende Beitrag dieser Tagung kam einmal mehr von der japanischen Firma Nichia Chemicals. Deren Vertreter T. Mukai stellte bisher unveröffentlichte Daten zu Lasern vor, die das Spektrum vom Ultraviolett (366 nm) bis zum sichtbaren Blau (460 nm) abdecken. Die Schwellstromdichte der UV-Laser liegt mit  $3,5 \text{ kA/cm}^2$  nur um etwa einen Faktor vier höher als bei den besten Dioden (410 nm, Lebensdauer 15000 h bei 30 mW und  $60^\circ\text{C}$ ). Die aktive Zone der UV-Dioden kann laut Mukai auf zwei Arten realisiert werden, zum einen durch GaN, zum anderen durch  $\text{Al}_{0,03}\text{Ga}_{0,94}\text{In}_{0,03}\text{N}$ , wobei die quaternäre Verbindung zu einer besseren Lebensdauer im Gleichstrombetrieb führt (2000h). Die schon erwähnten langlebigen Dioden bei 410 nm erfüllen inzwischen zwar die Spezifikationen für DVD, jedoch wird ein relativ aufwendiger Puffer verwendet, der aus HVPE- und MOVPE-GaN besteht und zweimal die Technik des ELOG verwendet und damit sicher für den hohen Preis der Bauteile verantwortlich ist.

M. Kneissl (Xerox PARC) stellte ebenfalls sehr beachtliche Ergebnisse zu 400nm-Laserdioden vor. Xerox verwendet eine Methode, bei der das Saphir-Substrat durch hochenergetische Laserpulse abgelöst wird. Danach wird der Laser auf ein Kupfer-Substrat gebracht. Der Aufwand dieser Methode lohnt sich wegen der guten elektrischen und Wärmeleitfähigkeit von Kupfer. Außerdem ist eine rückseitige Kontaktierung des Lasers möglich und der Laserstrahl ist einmodig im Gegensatz zur Verwendung von Saphir-Substrat.

Auffällig bei dieser Tagung war, daß vergleichsweise wenige Forschungsgruppen über ihre aktuellen Lasergegebnisse berichteten. Während etwa 20 Gruppen weltweit bekannt sind, die Lasertätigkeit erzielen, nahmen bei dieser Tagung außer den oben genannten noch Sony, NTT, UCSB (University of California Santa Barbara) und Toyoda Gosei teil.

### LED

Zur Realisierung stabiler weißer LEDs mittels Lumineszenz-Konversion müssen hochwertige UV-LEDs verfügbar sein. Im Gegensatz zur sichtbaren LED spielt hier die Defektdichte wegen der energiereicheren Emission eine wichtige qualitätsmindernde Rolle. Zur Defektreduzierung stellte M. Iwaya (Mejo Universität, Nagoya, Japan) ein Konzept vor, bei dem Gräben in einen GaN-Puffer geätzt werden und danach mit defektärmeren AlGaIn überwachsen werden. Dieser Puffer dient als Basis für eine LED, die bei 350 nm emittiert. K. Tadatomo von der Firma Mitsubishi Cable Industries stellte eine ähnliche Methode vor, bei der allerdings das Saphir-Substrat strukturiert wird, um das nachfolgende GaN defektärmer zu machen. Die vorgestellte LED wies bei 20 mA eine Ausgangsleistung von 15 mW auf.

M. Asif Khan (Columbia Univ. of South Carolina) berichtete von einer neuartigen Methode, genannt PALE (Pulsed Atomic Layer Epitaxy), die es erlaubt quaternäres AlGaInN hoher Qualität abzuscheiden. Die Energielücke des Materials kann mittels dieser Methode praktisch ohne Qualitätsverlust erhöht werden. Probleme wie die massive Reißbildung im AlGaIn können ebenfalls umgangen werden. Überraschend sind diese Resultate insofern, als die Wachstumstemperatur mit  $775^\circ\text{C}$  sehr niedrig liegt.

Die Firma LumiLeds spezialisiert sich auf Leistungs-LEDs. Deren Vertreter W. Götz berichtete im letzter Vortrag der Tagung über Leuchtdioden mit Ausgangsleistungen von bis zu 1 W (!) (430 nm, 25 % wall-plug efficiency). Faszinierend, daß damit nur wenige LEDs ausreichen, um beispielsweise eine Verkehrsampel zu versorgen. Götz zeigte entsprechende Demonstratoren. Bei 500 nm liegt die Ausgangsleistung immerhin noch bei 350 mW, (8 % wall-plug efficiency). Interessant aus Sicht der Kristallzucht ist, daß die LEDs von LumiLEDs auf einer In-haltigen Nukleationsschicht (Substrat: Saphir) basieren.

### Feldeffekttransistor

Während für die optoelektronischen Bauelemente wie Laserdiode oder LED die MOVPE die geeignetere Wachstumsmethode zu sein scheint, konzentriert sich die MBE inzwischen auf das Wachstum von AlGaIn/GaN-Heterostrukturen. Bei den zweidimensionalen Elektronengasen, die sowohl für Grundlagenuntersuchungen als auch für Feldeffekttransistoranwendungen interessant sind, war bei dieser Tagung ein Boom zu verzeichnen. Im Gegensatz zur bislang gängigen Meinung, zeigten einige MBE-Wachstumsexperten, daß sie in der Lage sind, hochqualitative Heterostrukturen herzustellen auch ohne die Verwendung von MOVPE oder HVPE-Puffern. F. Semond (CRHEA-CNRS, Valbonne) und seinen Mitarbeitern gelang es Raumtemperaturbeweglichkeiten von  $1620 \text{ cm}^2/\text{Vs}$  ( $n_s=4 \cdot 10^{12}/\text{cm}^2$ ) auf (111)-Si-Substraten zu erzielen. Der

Schlüssel zu diesem Erfolg liegt in der Verwendung von AlN-Zwischenschichten innerhalb des GaN-Puffers. Erstaunlich auch die Daten von T. Kitamura (Kooperation verschiedener japanischer Gruppen), der kubisches GaN auf SiC-Substrat herstellte und an einer AlN/GaN-Grenzfläche Raumtemperaturbeweglichkeiten von  $1300 \text{ cm}^2/\text{Vs}$  bei  $n_s=1 \cdot 10^{14}/\text{cm}^2$  (!) beobachtete. M. Manfra (zusammen mit H. Störmer et al., Lucent Technologies) berichtete über Rekordbeweglichkeiten von  $75000 \text{ cm}^2/\text{Vs}$  bei tiefer Temperatur (Probe mittels MBE auf HVPE-Puffer hergestellt). Er wies an diesen Proben erstmals den fraktionalen Quantenhalleffekt nach. Insgesamt war der Trend zu beobachten, daß versucht wird, durch die Verwendung höherer Al-Gehalte höhere Flächenladungsträgerdichten zu generieren, möglichst ohne allzu große Einbußen in der Beweglichkeit. Perfekt gelang dies Y. Smorchkova (UCSB). Durch Verwendung einer dünnen AlN-Schicht (1 nm) erzielte sie Ladungsträgerdichten  $n_s=2,2 \cdot 10^{13}/\text{cm}^2$  bei Beweglichkeiten von  $1500 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ . Die weltweit wohl besten Hochleistungsfeldeffekttransistoren mit Ausgangsleistungen von 21 W demonstrierte M. Micovic (HRL-Labs). Auch diese Gruppe bedient sich der MBE.

#### Kristallqualität

Nach wie vor sind fast alle Forschergruppen bei der Epitaxie von GaN auf Fremdsubstrate angewiesen. Deshalb ist die Prozessführung insbesondere bei der Abscheidung der Nukleationsschicht entscheidend für die Materialqualität des GaN. Auch hier zeigte die Tagung, auf welchem hohem Niveau die Forschung angelangt ist.

Neben den schon erwähnten Resultaten auf Si-Substrat wird auch die Epitaxie auf SiC inzwischen sehr gut beherrscht (z.B. D. Koleske, Naval Research Lab; M. Takeuchi, Riken). Einklang herrschte über die Wichtigkeit der Substratpräparation. Auch unser eigener Beitrag über die Entwicklung einer Sauerstoff-dotierten AlN-Nukleationsschicht stieß auf großes Interesse. Damit gelang es uns, GaN auf Saphir mit extrem schmalen Linienbreiten ( $TT\text{-}PL < 2 \text{ meV}$ ) abzuscheiden.

Die Kristallqualität des GaN kann offenbar durch das isoelektronische Dotieren mittels In gesteigert werden. Experimentelle Daten zeigten S. Keller (UCSB) und H. Cho (Chonbuk, Korea), die theoretische Begründung der Surfactant-Funktion des In lieferte J. Neugebauer (Fritz-Haber-Institut, Berlin).

Trotz der Vielzahl der Tagungen der Nitrid-Gemeinde stellt die ICNS die größte und wichtigste Veranstaltung ihrer Art dar, bei der fast ausnahmslos alle wichtigen Forscher präsent sind. Wenn man bei der Tagung auch sicherlich nicht „den“ Höhepunkt finden konnte, war die Zusammenstellung der vielen teilweise signifikanten Fortschritte auf den unterschiedlichsten Gebieten sehr beeindruckend und demonstrierte die große Dynamik, die nach wie vor die Nitrid-Halbleiterforschung vorantreibt.

## CrysoTAX<sup>®</sup>

EDXRD CRYSTAL ORIENTATION

Das erste energiedispersive  
Röntgendiffraktometer  
zur Orientierungsbestimmung  
von Einkristallen

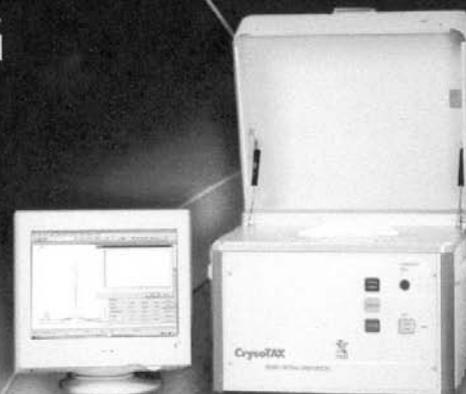
- › kompaktes Tischgerät
- › automatische Messung und Auswertung
- › Messung auch großer Proben



intax GmbH  
Schwarzschildstraße 10  
D-12489 Berlin

Tel: +49/30/63 92 52 20  
Fax: +49/30/63 92 52 22  
e-mail: sales@intax-berlin.de  
http://www.intax-berlin.de

Ein Unternehmen der  
RÖNTEC Holding AG



DGKK Jahrestagung 20.-22.3.2002 – wir stellen aus

## AKTUELLE ENTWICKLUNGEN DER KRISTALLZÜCHTUNG

### GaAs auf Si – Revolution oder nur Reanimation?

**Prof. Dr. K. Jacobs**  
**Institut für Kristallzüchtung, Berlin**  
 Phone: (030) 6392-3047  
 e-mail: jacobs@ikz-berlin.de

In der ersten Septemberwoche des Jahres 2001 wurde von der Firma Motorola mitgeteilt, dass Wissenschaftlern in den Physical Science Research Laboratories der Firma in Tempe, Arizona, ein Durchbruch bei der Epitaxie von GaAs auf Si gelungen sei. Sollte es tatsächlich gelungen sein, GaAs in brauchbarer Qualität dauerhaft stabil auf großen Si-Substraten abzuscheiden, so könnte diese Entdeckung von beträchtlicher Tragweite sein. Im Augenblick des Abfassens dieser Zeilen, gibt es noch keine Publikation dazu in einer wissenschaftlichen Fachzeitschrift, nur Präsentationen auf Pressekonferenzen oder am Rande von Tagungen. Im Internet finden sich aber bereits eine beträchtliche Anzahl von Wort- und Bild-Dokumenten. So zeigen zwei führende Motorola-Wissenschaftler stolz einen 12-Zoll-Wafer von GaAs auf Si. – Wenn man bedenkt, dass gegenwärtig die größten kommerziellen GaAs-Massivkristalle Durchmesser von 6 Zoll aufweisen, und wenn man weiter an die Möglichkeiten denkt, die eine Integration von Si und GaAs in einem Schaltkreis böten, dann wäre die erfolgreiche Epitaxie von GaAs auf Si tatsächlich als ein Durchbruch anzusehen, der sehr weit reichende Folgen nach sich ziehen könnte und Sorgen bei den GaAs-Kristall-Herstellern auslöst... Aber schon früher, etwa Mitte der achtziger bis Anfang/Mitte der neunziger Jahre, wurde intensiv daran gearbeitet, GaAs direkt auf Si abzuscheiden. Jedoch konnte sich trotz des Nachweises der Funktionsfähigkeit einzelner Bauelementestrukturen diese Heteroepitaxie bisher nicht durchsetzen. Die GaAs-Schichten wiesen zu viele Defekte, sogar Risse auf und die Scheiben waren durchgebogen. Nun sollen diese Probleme mit einem neuartigen Ansatz gelöst worden sein.

Die erste Pressemitteilung am 4. September 2001 erfolgte, nachdem, nach Motorola-Angaben, die neue Technologie bereits in über 270 Patent-Anmeldungen, darunter auch für andere Materialkombinationen, abgesichert worden ist. Dem Verfasser kommen beim Lesen dieser Zeilen unwillkürlich Ausführungen von H. Manasevit, dem Vaters der MOCVD, in den Sinn. In seinen "Recollections and Reflections of MOCVD" [1] erinnert er sich an die Arbeiten von Ruehrwein bei Monsanto in den Jahren 1965 - 1968: "... He described almost every chemical reaction under the sun – from halides to halo-alkyls to hydrides to the elements – and a growth temperature span of from 400-1500 oC. Careful scrutiny will indicate to those versed in epitaxy that some of the examples given really will not work with current technology, mainly because the substrates and sometimes the films will not survive the indicated film growth temperatures. ... And growing GaAs on Ge at 1000 °C would be difficult, to say the least, since Ge melts at 941 °C..."

Liegt hier ein ähnlicher Fall vor? Wie ernst sind die Motorola-Mitteilungen zu nehmen, oder soll damit vor allem der kränkelnden Motorola-Aktie geholfen werden? (Nach einigen Presseberichten soll von diesem Durchbruch sogar die weitere Existenz des Motorola-Bauelemente-Sektors abhängen.)

Als Hauptproblem für die direkte Epitaxie von GaAs auf Si wurde in den früheren Untersuchungen die Bildung von

"Antiphasen-Domänen" angesehen, siehe z.B. [2]. Diese entstehen dadurch, daß die Si-Oberfläche eine gewisse Rauigkeit im atomaren Bereich aufweist und das Aufwachsen von GaAs auf Si immer in der Weise erfolgt, daß eine Si-As-Bindung (aber keine Si-Ga-Bindung) ausgebildet wird. Beträgt nun die Stufenhöhe auf einer Si-Oberfläche nur eine Netzebene (oder eine ungeradzahlige Anzahl), so wachsen auf benachbarten, sich jedoch um eine Stufenhöhe unterscheidenden Si-Plateaus GaAs-Domänen auf, an deren Grenze lateral ein Fehler im GaAs-Gitter auftritt: Eine Ga-Ebene auf dem einen Plateau wird in gleicher Höhe im GaAs mit einer As-Ebene auf dem anderen Plateau fortgesetzt. Auf der Oberfläche, bzw. im Ätzbild machen sich dem entsprechend Domänen bemerkbar, die (111)A- oder (111)B-Flächen erkennen lassen. Dieses allgemeine Problem der Heteroepitaxie von polaren Verbindungen auf nicht-polaren Substraten schien mit einer Art "Kochrezept" gelöst, welches fehlorientierte Substrate und eine geeignete thermische Behandlung der Si-Oberfläche umfaßt. Damit werden nur Plateaus erzeugt, die einen Höhenunterschied von zwei Atomlagen aufweisen. Jedoch treten bei jeder Heteroepitaxie weitere Probleme auf:

Ausschlaggebende Faktoren für die erfolgreiche Heteroepitaxie sind

- ❖ die Struktur der beteiligten Partner,
- ❖ die thermischen Ausdehnungskoeffizienten, (eventuell ihre Temperaturabhängigkeiten),
- ❖ die chemische Verwandschaft der Partner,
- ❖ die Dicken der Epitaxieschicht und des Substrates,
- ❖ die elastischen Eigenschaften der beiden Materialien und
- ❖ die Wärmeleitfähigkeiten.

Von ganz besonderem Gewicht sind die thermischen Ausdehnungskoeffizienten. Denn bei den Epitaxietemperaturen sowie in den anfänglich dünnen Schichten ist eine erhebliche elastische Deformation der Gitter möglich, so daß zunächst gitterangepaßte, wenn auch in den Elementarmaschen deformierte Materialien miteinander verwachsen können. Unter Umständen führen die unterschiedlichen thermischen Ausdehnungskoeffizienten zweier Materialien sogar dazu, daß bei der Epitaxietemperatur die Gitterkonstanten besser übereinstimmen als bei Raumtemperatur („klassisches“ Beispiel: GaAlAs auf GaAs). Differieren die thermischen Ausdehnungskoeffizienten von Schicht und Substrat jedoch, so vergrößern sich bei der Abkühlung die Unterschiede in den Gitterkonstanten, so daß erhebliche Spannungen in den Strukturen entstehen. Diese führen zunächst zur Deformation, häufig auch zur Symmetrieänderung der Elementarzellen, zur Durchbiegung der "Bimetall-Streifen", dann zur plastischen Verformung im Gitter (Versetzungsbildung) und schließlich zu makroskopischen Rissen sowie zum Abplatzen der Schichten. Diese Erscheinungen waren auch ausschlaggebend für den vor dieser Entdeckung fehlenden Erfolg der GaAs-Epitaxie auf Si, obwohl die Ausbildung von Antiphasen-Domänen vermeidbar schien.

Worin besteht nun die bei Motorola gefundene Lösung für die erfolgreiche Heteroepitaxie von GaAs auf Si?

Der von den Motorola-Wissenschaftlern gefundene „Trick“ besteht darin, dass zwischen die Si-Unterlage und die GaAs-Epitaxieschicht eine sehr dünne SrTiO<sub>3</sub>-Zwischenschicht eingeschoben wird. In der Fachliteratur der letzten Jahre findet man Arbeiten der für diese Entdeckung maßgeblichen Motorola-Mitarbeiter R. Droopad und J. Ramdani zur Molekularstrahlepitaxie von BaTiO<sub>3</sub> und SrTiO<sub>3</sub>- (manchmal mit BTO bzw. STO abgekürzt) oder Sr<sub>x</sub>Ba<sub>1-x</sub>TiO<sub>3</sub>-Mischkristallschichten auf Silicium. Diese Perovskit-artigen

Verbindungen wurden als Kandidat für die Substitution von SiO<sub>2</sub> als Gate-Isolatorschicht in MOSFET-Strukturen untersucht. Da die Molekularstrahlepitaxie ausgezeichnete Voraussetzungen für die in-situ-Analyse des Wachstums bietet, wurde beobachtet [3], daß "after the Sr de-oxidation of the Si surface, the surface displays a well ordered (2×1) surface reconstruction. X-ray photoelectron spectroscopic analyses of the Si 2p peak on such a surface indicate no evidence of silicon oxide or silicide formation although there was some excess free Sr metal suggesting that the Sr-oxidation mechanism involves the conversion of SiO<sub>2</sub> to volatile sub-oxides and the subsequent desorption of Sr. During oxide deposition the growth front remained two-dimensional as evidenced by the streaky diffraction patterns. ... the RHEED pattern after the growth of approximately 120 Å of STO on Si(001) along [010] azimuth ... clearly indicate the epitaxial nature and high degree of crystallinity of the STO film. The STO surface appears extremely smooth and no spotty features associated with structural defects are present in the RHEED images". Aber "by modifying the growth conditions, substrate temperature and oxygen partial pressure, we can controllably grow an amorphous interfacial layer. It is interesting to note that observations of the RHEED patterns during the growth of the oxide layer indicate that the growth front remained two-dimensional with no evidence for the formation of an amorphous layer. Possible explanation for the formation of such an amorphous layer includes the diffusion of oxygen during the growth of the oxide layer reacting with the interfacial Si atoms. This would suggest that the interface layer is some form of silicon oxide, SiO<sub>x</sub> (x ≤ 2). In fact, high resolution electron loss spectroscopy across the interface, a probe with spot size of 10 Å, revealed that the amorphous layer is purely SiO<sub>2</sub>, also confirmed by electrical measurements..."

Diese amorphe Zwischenschicht aus SiO<sub>2</sub> (oder einer in der Stöchiometrie etwas abweichenden Zusammensetzung) wirkt offenbar ausgleichend gegen die 1.7 % Gitterfehlpassung zwischen STO und Si. Es ist gut denkbar, daß eine solche sehr dünne Zwischenschicht den Übergang zwischen zwei völlig artfremden Materialien vermittelt. Auch bei der GaN-Heteroepitaxie wird nur von extrem dünnen amorphen Zwischenschichten berichtet (s.u.). Der obere Teil der STO-Schicht ist, wie oben zitiert, kristallin. Den Motorola-Wissenschaftlern gelang es dann auch, auf dieser relaxierten STO-Zwischenschicht GaAs mittels Molekularstrahlepitaxie abzuschneiden. Im Gegensatz zur Fehlpassung von ca. 4 % zwischen GaAs und Si, beträgt die Gitter-Fehlpassung zwischen GaAs und STO nur noch 2.3 %. Unklar ist momentan, wie der Übergang SrTiO<sub>3</sub>/GaAs aussieht. Vielleicht gibt es auch hier eine amorphe Übergangsschicht. Jedenfalls kann der Verbund Si-STO-GaAs dann als Substrat für nachfolgende GaAs-Schichten verwendet werden.

Es gibt hier offenbar Parallelen zu anderen prominenten Heteroepitaxie-Systemen:

Beispielsweise werden bekanntlich alle heute in Millionen Stückzahlen hergestellten "blauen" und "weißen" LED's auf Nitridbasis auf Saphir (Nichia Chem. Co., Toyoda Gosei) oder SiC (Cree Inc.) abgeschieden. Weitere Produzenten sind meist Lizenznehmer bei einer dieser Firmen. In diesen Systemen treten enorme Unterschiede in den Gitterkonstanten und den thermischen Ausdehnungskoeffizienten zwischen Schicht und Substrat auf. In der folgenden Tabelle sind einige für die Heteroepitaxie wesentliche Eigenschaften von Si und einigen anderen hier betrachteten Substanzen zusammengestellt.

Gitterkonstante(n) [pm]	linearer thermischer Ausdehnungskoeff. ×10 <sup>6</sup> [K <sup>-1</sup> ]	Wärmeleitfähigkeit [W/(cm×K)]
a = 318.9 c = 518.5	5.59 3.17	1.3
a = 308.9 c = 1512.0 a = 475.8 c = 1299.0	4.2 4.68 7.5 8.5	4.9 0.5
565.3 543.1 390.5	6.86 / 5.73 2.59 / 2.3 9	0.46 / 0.55 1.3 0.12
586.9	4.60	0.68

Um zunächst auf die GaN-Epitaxie zurückzukommen: Man erkennt aus der Tabelle, daß enorme Unterschiede in den Eigenschaften von GaN zu den beiden verwendeten Substraten bestehen: Die Gitter-Fehlpassung beträgt zum SiC -3.4 %, zum Saphir -13.9 %. Der Unterschied in den thermischen Ausdehnungskoeffizienten beläuft sich auf -25 % (SiC), bzw. sogar 34 % (Saphir). Trotzdem werden damit erfolgreich Bauelemente in riesigen Stückzahlen hergestellt. (Allerdings darf man nicht übersehen, daß die GaN-Schichten üblicherweise Versetzungsdichten in der Größenordnung von einigen 10<sup>7</sup> cm<sup>-2</sup> bis einigen 10<sup>9</sup> cm<sup>-2</sup> aufweisen!)

Der "Trick" für die erfolgreiche Heteroepitaxie der Nitride auf Saphir war das Einbringen einer Pufferschicht, vorwiegend aus AlN oder einer Mischkristallschicht aus (Ga,Al)N. Darüber wurde bereits 1986 zum ersten Mal berichtet[4]. Die Pufferschicht wird unter relativ ungünstigen Bedingungen für deren einkristallines Wachstum aufgebracht, so daß ihr eine amorphe (oder nahezu amorphe) Struktur zugeschrieben wird. Ähnliche Überlegungen spielen eine Rolle für die jetzt publizierte Motorola-GaAs-auf-Si-Variante. Zumindest liegen diese Überlegungen jetzt (im Nachhinein) zur Erklärung der gefundenen Lösung nahe, und vielleicht hat man auch aus solchen Überlegungen den Optimismus abgeleitet, an der exotischen Materialkombination Si-STO-GaAs weiter zu arbeiten. Das Prinzip " Substrat-amorphe Pufferschicht-Epitaxieschicht" hat sich vorher bei den Nitriden auf völlig artfremdem Substrat als brauchbar erwiesen. In der Literatur werden zur Zeit verschiedene Modelle für die vermittelnde Wirkung und die Struktur einer geeigneten Zwischenschicht diskutiert. Im Jahre 1991 wurde von Lo [5] der Begriff des "compliant substrate" eingeführt, mit dem er eine dünne Zwischenschicht bezeichnete, welche in gewissem Maße vom mechanisch tragenden Unterbau entkoppelt ist und damit weniger Versetzungsdichte in der Schicht induziert, als sie bei starren Gittern infolge des Unterschiedes in den Gitterkonstanten von Schicht und Substrat entstünden. Inzwischen ist das "compliant substrate" Konzept allgemeiner angewandt worden, wobei zahlreiche Varianten von solchen Zwischen- oder Ausgleichsschichten in der Literatur beschrieben sind. Diese reichen von Schichten aus chemisch völlig artfremden Materialien bis zu Brückenpfeiler-ähnlichen Strukturen, die eine Art Membrane auf dem Substrat tragen. Einen aktuellen Überblick über solche Substrat-Modifikationen, mit denen heteroepitaktische Strukturen möglich wurden, findet man z.B. bei Vanhollebeke et al. [6].

Sowohl die SrTiO<sub>3</sub>- als auch die GaAs-Schichten der von Motorola gezeigten Strukturen wurden mittels MBE abgeschieden. Als Quellmaterialien dienten die Elemente Sr, (Ba) und Ti sowie O<sub>2</sub>. Neben der MBE kommt zweifelsfrei die

MOCVD als Methode zur Abscheidung der SrTiO<sub>3</sub>-Schicht (trotz teurer MO-Precursor-Materialien) auch in Betracht. Da hierfür inzwischen sehr produktive Reaktoren zur Verfügung stehen und nur sehr dünne Schichten benötigt werden, könnte diese Methode sogar den Vorzug erhalten. Vielleicht ist es kein Zufall, daß die Fa. AIXTRON am 06.09.2001 (die erste Motorola-Mitteilung datiert vom 04.09.2001!) eine Pressemitteilung publizierte, in der sie "the successful development of III-V Compound Semiconductor Transistor Material Technology on Silicon Wafers" bekannt gibt. In dieser Mitteilung wird auch – mehr indirekt - erwähnt, daß dieses Ergebnis aus der Kooperation von AIXTRON mit Bauelemente-Entwicklern als Anwendern von Aixtron-Anlagen resultiert und Ergebnis einer fünfjährigen Entwicklung ist. In dieser Mitteilung wird auch, wiederum eher versteckt und etwas abgekoppelt von der GaAs/Si-Heteroepitaxie, darauf hingewiesen, daß eine 200/300-mm-Anlage "... also available for STO (strontium titanium oxide) and other multicomponent oxides" verfügbar sei. - Motorola ist seit vielen Jahren Kunde bei AIXTRON.

Inwieweit noch einfachere, eher physikalische Methoden [PVD, Sputtern] für die Abscheidung von STO einsetzbar sind, ist gegenwärtig nicht exakt zu sagen. Prinzipiell scheint das nicht ausgeschlossen, jedoch sind längere Entwicklungszeiten dafür zu erwarten, weil in sauerstoffhaltigen Systemen Stöchiometrie-Probleme schwierig zu beherrschen sind.

Was lässt sich zur Zeit über die Schichteigenschaften sagen? Bekanntlich gibt es im wesentlichen zwei große Einsatzfelder für GaAs, die recht unterschiedliche Anforderungen an die Materialeigenschaften stellen, nämlich die Optoelektronik und die Höchstfrequenz-Elektronik.

Für letzteres Einsatzgebiet sind die halbisolierenden Eigenschaften von GaAs entscheidend (spezifische Widerstände um Mitte 10<sup>7</sup> bis Mitte 10<sup>8</sup> Ωcm). Diese werden durch eine sorgfältig bei der Kristallzüchtung einzustellende Balance zwischen den Konzentrationen von Eigenpunktdefekten („EL2“ – Fehlbesetzung As<sub>Ga</sub>) und Untergrund-Fremd-Dotanten (C, Si) erzielt. Nach aktuellem (sehr begrenztem) Wissen, zeigen die GaAs-Schichten auf Si Widerstände im Bereich um 100 Ωcm. Allerdings sollen sich GaAs-Schichten bei deutlich tieferen Temperaturen als üblich abscheiden lassen, die spezifische Widerstände im Bereich von einigen 10<sup>6</sup> bis 10<sup>7</sup> Ωcm aufweisen.

Für den Einsatz in der Optoelektronik werden dagegen relativ hoch dotierte, gut leitende GaAs-Schichten benötigt. Deren Herstellung scheint kein Problem zu sein. Dafür wird auch die gezielte Dotierung der STO-Schicht in Betracht gezogen.

Jetzt, beim Schreiben dieses Beitrages, konnten noch keine Angaben zur Art und Dichte der dominierenden strukturellen Defekte gefunden werden. Zumindest hohe Versetzungsdichten sind sehr wahrscheinlich zu erwarten. Es ist aber nicht auszuschließen, dass es gelingt, durch nachfolgende Epitaxieschritte zu akzeptabler Perfektion zu kommen.

Bei Motorola wurden bereits Muster einer ganzen Reihe unterschiedlicher Bauelemente mit diesen Si/STO/GaAs-Wafern hergestellt, welche sich als funktionstüchtig und in ihren Eigenschaften weitestgehend vergleichbar mit konventionell hergestellten erwiesen.

Zusammenfassend lässt sich momentan feststellen, dass die bisher bekannten Ergebnisse und Einschätzungen als seriös und vielversprechend anzusehen sind. Tatsächlich wurde ein prinzipiell neuer Ansatz für das Problem der Heteroepitaxie von GaAs auf Si gefunden, der wahrscheinlich

verallgemeinerbare Erkenntnisse auch für andere Materialkombinationen in sich birgt. Sollte sich die Technologie als geeignet für die Massenproduktion von Bauelementen erweisen, so könnte dies sehr weitreichende Folgen haben:

- a) Es stünden relativ bald GaAs-Substrate mit großen Durchmessern zur Verfügung, an die heute für konventionell gezüchtete Gas-Kristalle noch nicht zu denken ist.
- b) Diese wären darüber hinaus deutlich kostengünstiger.
- c) Es eröffnen sich Möglichkeiten zur monolithischen Integration von Si- und GaAs-Bauelementen.
- d) Auch andere Materialkombinationen werden zugänglich; schon jetzt wird über Kombination Si/InP berichtet.
- e) Si-Fabs, in denen Wafer mit „kleinen“ Durchmessern (z.B. 8“) verarbeitet werden, können länger betrieben werden, da sie Kostenvorteile für 8“-GaAs auf Si gegenüber neu einzurichtenden 6“-GaAs-Strecken besäßen.
- f) Eventuell könnten Heteroübergänge zwischen GaAs und Si genutzt werden, die neue Bauelementestrukturen und -funktionen ermöglichen.

Eine realistische Einschätzung kann aber momentan auch nicht zu optimistisch sein. Auf kristallographische Strukturdefekte wurde bereits hingewiesen. Und natürlich ist die Eignung, Belastbarkeit und Langzeitstabilität der neuen Strukturen noch zuverlässig nachzuweisen. Weitere Probleme betreffen die Akzeptanz solcher Strukturen durch die Anwender der Bauelemente. Auch die Zusammenführung von Si- und III-V-Technologien (CVD, MBE, Ätzprozesse, Metallisierung, ...) dürfte noch einige Schwierigkeiten bereiten. Und sicher wird es auch weitere, bisher noch nicht erkannte Probleme bei der Etablierung der neuen Technologie geben.

Die nächste Zukunft wird zeigen, ob die neuen Forschungsergebnisse wirklich einen Durchbruch zu neuen Ufern darstellen. Persönlich glaube ich, dass hier ein Weg gefunden wurde, der Erfolg versprechend ist. Zugleich rechne ich damit, dass bis zur industriellen Einführung der neuen Technologie noch einige Jahre vergehen werden. Auch glaube ich nicht daran, dass, selbst im Erfolgsfall, damit eine komplette Ablösung von GaAs-Massivkristallen möglich sein wird.

#### Literatur:

- [1] H. Manasevit, J. Crystal Growth 55 (1981) 1-9
- [2] P. Demeester, A. Ackaert, G. Coudenys et al., Progr. Crystal Growth and Character. 22 (1991) 53-141
- [3] R. Droopad, Zh. Yu, J. Ramdani et al., J. Crystal Growth 227-228 (2001) 936-943
- [4] H. Amano, N. Sawaki, I. Akasaki et al., Appl. Phys. Lett. 48 (1986) 353-356
- [5] Y. H. Lo, Appl. Phys. Lett. 59 (1991) 2311-2313
- [6] K. Vanhollebeke, I. Moerman, P. Van Daele and P. Demeester, Progr. Cryst. Growth and Character. 41 (2000) 1-55.



## The Wafer Technology Product Range

### ✓ Gallium Arsenide

Semi-insulating : Undoped

n-type : Si or Te doped

p-type : Zn doped

Polycrystalline ingots, slices or granules

### ✓ Indium Phosphide

Semi-insulating : Fe doped

n-type : S, Sn or undoped

p-type: Zn doped

Polycrystalline ingots, slices or granules

### ✓ Indium Antimonide

n-type : Te or undoped

p-type : Ge doped

Polycrystalline ingots, slices or granules

### ✓ Gallium Antimonide

n-type : Te doped

p-type : Zn or undoped

Polycrystalline ingots, slices or granules

### ✓ Indium Arsenide

n-type : S or undoped

p-type : Zn doped

Polycrystalline ingots, slices or granules

### ✓ Gallium Phosphide

Polycrystalline ingots, slices or granules

### ✓ Zinc Germanium Diphosphide

Polycrystalline ingots for non-linear optical applications

### ✓ High purity MBE source material

### ✓ High purity indium metal

### ✓ High purity gallium metal

### ✓ SiC wafers

## "The Universal Choice"

For more information on any of the products visit the  
Wafer Technology web site at <http://www.wafertech.co.uk>.

Wafer Technology's quality system is approved to BS EN ISO9002:1994

## Bücherecke

Holger Bitterlich

### „Züchtung und physikalische Eigenschaften von Seltenerd-Übergangsmetall-Einkristallen“

Shaker Verlag, Aachen 2001, 114 Seiten, 79 DM

Der Titel dieser Neuerscheinung ist lang und klingt recht speziell, nicht so, als sei er mit dem Ziel gewählt worden, ein möglichst breites Publikum anzusprechen. Dieses ist kein Zufall, denn bei dieser Publikation handelt es sich um die Veröffentlichung einer Doktorarbeit. Bei einer solchen Arbeit besitzt natürlich wissenschaftliche Seriosität höchste Priorität. Gute Lesbarkeit wird zwar auch noch angestrebt, weitgehende Allgemeinverständlichkeit ist aber meistens nicht die Sorge der Autoren. Insofern macht diese Arbeit keine Ausnahme. Daher gilt die Sorge des Verfassers dieser Buchbesprechung der Frage, ob dieses Buch für ein breiteres Publikum interessant sein könnte, oder etwas anders ausgedrückt, wem man die Lektüre oder gar den Kauf dieser Neuerscheinung empfehlen könnte.

Dabei gibt es keine Probleme mit dem wissenschaftlichen Wert der zugrundeliegenden Untersuchung: Den wissenschaftlichen Rahmen bildet die für die Physik spannende Frage nach den Bedingungen für die Koexistenz von Supraleitung und Magnetismus in einer Substanz. Die hier ausgewählten SE-Nickelborokarbide und SE-Palladiumsilizide bieten gute Möglichkeiten zur Untersuchung dieser Fragestellung. Zur erfolgreichen Präparation von Einkristallen werden zahlreiche interessante Problemstellungen materialwissenschaftlicher und verfahrenstechnischer Art bearbeitet und gelöst. Die Arbeit findet ihre Abrundung in der Charakterisierung der Proben hinsichtlich der als Ausgangsmotivation dienenden Frage nach der Koexistenz supraleitender und magnetischer Eigenschaften. In der Arbeit spiegelt sich wider, dass an ihrem Entstehungsort, dem Institut für Werkstoffwissenschaften in Dresden, eine eindrucksvolle Palette an Verfahren zur Materialpräparation und Charakterisierung aufgebaut werden konnte, wie beispielsweise raffinierte, auf der Schwebeschmelztechnik beruhenden Apparaturen zur tiegelfreien Herstellung der Nährstäbe für das letztlich angewandte Zonenschmelzverfahren.

Die Stärke dieser Arbeit, die Vielfalt der bearbeiteten Fragestellungen und der angewandten Methoden sehe ich gleichzeitig als Ihre Schwäche in Bezug auf Ihre Veröffentlichung als Buch: Keiner dieser Aspekte ist so ausführlich behandelt, dass er für sich alleine dessen Erwerb rechtfertigt. Das Buch ist wirklich für diejenigen interessant, die die sich für die gesamte Untersuchungspalette interessieren, die also folglich auf dem gleichen, oder einem eng benachbarten Gebiet wie der Verfasser arbeiten.

Damit handelt es sich aber, wie eingangs befürchtet, tatsächlich um einen recht kleinen Kreis potentieller Leser, welche die Arbeitsgruppe, in der die Untersuchungen entstanden sind, den Autor selbst und möglicherweise auch dessen Arbeit von gemeinsamen Treffen der entsprechenden wissenschaftlichen „Community“ bereits recht gut kennen.

Ich vermute also, dass auch nach einiger Zeit ein Großteil der Exemplare dieses Buches ausserhalb der Buchhandlungen sich bei Mitgliedern der Dresdner Arbeitsgruppe oder anderen Mitgliedern des hier zuständigen DGKK-Arbeitskreises „Intermetallische Systeme“ zu finden sein wird.

F. Ritter

## Aufruf

von **Prof. Dr. Gregor Markl**,  
**Institut fuer Mineralogie, Petrologie und Geochemie**  
**Universitaet Tuebingen**

zur Mitarbeit am **“Tag der Erde”**

Liebe Kolleginnen und Kollegen,

ich wende mich an Sie, um erste Planungen für das Geojahr 2002 zu beginnen.

Meine Aufgabe dabei ist es, Freiwillige zu finden, die bereit sind, am "Tag der Erde", dem 22. April 2002, Vortraege mit geowissenschaftlichen Inhalten in Schulen zu halten. Diese Aktion soll bundesweit durchgeführt werden und hat zum Ziel, unsere Präsenz in den Schulen zumindest punktuell einmal zu erhöhen und dadurch vielleicht Aufmerksamkeit und Interesse bei Schuelern, insbesondere aber auch bei Lehrern zu wecken.

Diese Email schicke ich an alle in der Alfred-Wegener-Stiftung zusammengefaßten Verbände und Gesellschaften zur Weiterleitung an deren Mitglieder.

Ich bitte Sie, mir eine kurze Email zu schreiben

(meine Adresse: markl@uni-tuebingen.de),

wenn Sie bereit wären, in Ihrer Region einen geowissenschaftlichen Vortrag zu halten. Diese Email sollte unbedingt enthalten:

- Ihren Namen und vollständige Adresse samt email,
- die Region, in der Sie bereit wären, einen Vortrag zu halten,
- den Titel dieses Vortrages (der sollte so sein, daß Lehrer und Schueler wissen, worauf sie sich einlassen, wenn sie Interesse daran aeussern).
- die grobe Einordnung des Vortragsthemas zur Information. Ist der Vortrag geeignet fuer Unterricht in Geographie, Chemie, Physik oder Biologie; für Unterricht in Hauptschulen, Realschulen oder Gymnasien; fuer Unterricht in Unterstufe, Mittelstufe oder Oberstufe.
- eventuelle zeitliche Einschraenkungen (z. B. nur vormittags oder nur abends; ich gehe davon aus, daß es sowohl Vortraege waehrend des Unterrichts als auch Abendvortraege geben wird).

Bitte versuchen Sie, sonst nichts Erklärendes oder Fragendes dazuzusetzen, denn ich erwarte (und hoffe!), dass eine ziemliche Flut von Emails auf mich zukommt, auf die ich sicher kaum mehr einzeln antworten kann. Die Information, ob, wann und wo Ihr Vortrag gewuenscht wird, wird vermutlich relativ kurzfristig, d. h. Ende Maerz/Anfang April, an Sie geschickt werden.

- bitte haben Sie also dementsprechend Geduld und halten Sie sich ausnahmsweise diesen Termin auf Verdacht frei - wir haben solch ein Geojahr ja nur einmal im Jahrhundert!

Mit bestem Dank fuer Ihre Muehe und Mitarbeit im Voraus

Ihr Gregor Markl

# Centre Interdisciplinaire de Recherche Ions Lasers

## Full-time CNRS researcher position

Applications are invited for the above permanent position to develop the search and the fabrication of inorganic crystals in the form of bulk materials and thin films doped with rare-earth or transition metal ions for various optical applications including solid-state lasers.

The applicant should have got a PhD in physics or chemistry . He should have a good expertise in material science and some experience in crystal growth and structural characterization. He should be aged under 31 and speak french.

The successful candidate will join a research group (Matériaux et Instrumentation Laser) of 13 research scientists, including technicians, spectroscopists and laser physicists, and will be responsible for the fabrication of crystals by using different techniques such as Czochralski, Bridgman-Stockbarger, liquid-phase epitaxy, laser pulsed deposition, ...

Candidates should send urgently a detailed CV, together with a list of publications and the names of two referees to Pr. Dr. R. Moncorgé.

Closing date : 21 december 2001



Contact : Professeur R. Moncorgé

Centre Interdisciplinaire de Recherche Ions Lasers

UMR 6637 CNRS-CEA- ISMRA

Université de Caen

6, Boulevard Maréchal Juin F-14050 CAEN Cedex

téléphone : 33 2 31 45 25 58 (or 01) fax : 33 2 31 45 25 57

Email : [moncorg@spalp255.ismra.fr](mailto:moncorg@spalp255.ismra.fr)

Web site : [www.ganil.fr/ciril/](http://www.ganil.fr/ciril/)

## TERMINE UND ANKÜNDIGUNGEN

### Arbeitskreise, Adressen und Termine

#### Arbeitskreis

##### „Herstellung und Charakterisierung von massiven GaAs-, InP- und SiC-Kristallen“

Nächstes Treffen bei Redaktionsschluß noch nicht bekannt.

Kontakt über  
Prof. Dr. G. Müller  
Kristall-Labor  
Institut für Werkstoffwissenschaften VI  
Universität Erlangen-Nürnberg  
Martensstr. 7  
91058 Erlangen  
Tel.: 09131/852 7636  
Fax: 8495  
E-mail: georgmueller@ww.uni-erlangen.de

#### Arbeitskreis

##### „Intermetallische und oxidische Systeme mit Spin- und Ladungskorrelationen“

Nächstes Treffen Ende September 2002 in Frankfurt am Main  
Bekanntgabe des genauen Termins in der Frühjahresausgabe dieses Hefts und über die Internet-Seiten der DGKK.

Kontakt über  
Dr. Günter Behr  
IFW Dresden  
Tel.: 0351/4659 404  
Fax.: 480  
E-Mail: behr@ifw-dresden.de

#### Arbeitskreis

##### „Kristalle für Laser und Nichtlineare Optik“

Nächstes Treffen Ende September 2002 in Bonn  
Bekanntgabe des genauen Termins in der Frühjahresausgabe dieses Hefts und über die Internet-Seiten der DGKK.

Kontakt über  
Prof. Dr. Manfred Mühlberg  
Institut für Kristallographie  
der Universität zu Köln  
Zülpicher Str. 49b  
D-50674 Köln  
Tel.: 0221/470- 4420;  
FAX: 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.: 7031  
Email: German.Mueller-Vogt@phys.uni-karlsruhe.de

#### Arbeitskreis

##### „Epitaxie von III-V-Halbleitern“

Nächstes Treffen bei Redaktionsschluß noch nicht bekannt.

Kontakt über  
Dr. Michael Heuken  
Aixtron AG  
Kackertstr. 15-17  
52072 Aachen  
Tel.: 0241/ 8909154  
E-Mail: heu@aixtron.com

#### Arbeitskreis

##### „Kinetik“

Nächstes Treffen am 14. und 15. Februar 2002 in Dresden

Kontakt über  
Frau Dr. Heike Emmerich  
Max-Planck-Institut für Physik komplexer Systeme  
Nöthnitzer Str. 38  
01187 Dresden, Germany  
Tel.: 0351/871-1208  
Fax.:0351/871-1999  
E-Mail:emmerich@mpipks-dresden.mpg.de

#### Workshop

##### „Angewandte Simulation in der Kristallzüchtung“

Nächstes Treffen bei Redaktionsschluß noch nicht bekannt.

Kontakt über  
Dr. Albrecht Seidl  
R&D Crystal Growth  
Freiberger Compound Materials GmbH  
Am Junger Löwe Schacht 5  
09599 Freiberg, Germany  
Tel: (+49) 3731 280-211  
Fax: (+49) 3731 280 106  
E-mail: seidl@fcm-germany.com

**TAGUNGSKALENDER****28 October – 02 November 2001**

Int. Conference on Silicon Carbide  
and Related Materials  
in Tsukuba, Japan  
<http://www.icscrm2001.gr.jp>

**26 – 30 November 2001**

MRS Fall Meeting  
In Boston, USA  
<http://www.mrs.org/meetings>

**06 – 07 December 2001**

DGKK-AK-Treffen  
Epitaxie von III-V-Halbleitern  
im Ludwig-Erhard-Haus Berlin  
e-mail: [grote@hhi.de](mailto:grote@hhi.de) oder [kuenzel@hhi.de](mailto:kuenzel@hhi.de)

**06 – 11 January 2002**

13<sup>th</sup> Int. Conf. on Ternary and Multinary  
Compounds  
in Dead Sea, Israel  
<http://www.weizmann.ac.il/material/>

**14 –15 or 15 – 16 February 2002**

**DGKK-AK-Treffen zur Kinetik**  
in Dresden  
e-mail: [rudolph@ikz-berlin.de](mailto:rudolph@ikz-berlin.de)

**11 – 15 March 2002**

ISBILLED 2002: Int. Symp. on Blue Laser  
and Light Emitting Diodes  
in Cordoba, Spain  
<http://www.die.upm.es/research/isbilled2002.htm>

**20 – 23 March 2002**

Jahrestagung der DGKK  
in Idar-Oberstein  
<http://www.dgkk.de>

**23 – 28 March 2002**

9<sup>th</sup> Int. Conf. on the Crystallization of  
Biological Macromolecules (ICCBM 9)  
in Jena, Germany  
<http://www.conventus.de/iccbm9>

**01 – 05 April 2002**

MRS Spring Meeting  
in San Francisco, CA, USA  
<http://www.acs.org>

**10 –14 June 2002**

8<sup>th</sup> Int. Conf. on Electronic Materials  
in Xian, China  
<http://www.c-mrs.org.cn/icem2002/>

**14 – 18 July 2002**

13<sup>th</sup> Int. Symp. on Transport Phenomena  
in Victoria, BC, Canada  
<http://www.istp13.uvic.ca>

**14 – 19 July 2002**

Computational Modelling and Simulation  
of Materials  
in Florence, Italy  
<http://www.dinamica.it/cimtec>

**04 – 08 August**

14<sup>th</sup> American Conf. on Crystal Growth  
and Epitaxy (ACCG-14)  
in Seattle, USA  
<http://www.crystalgrowth.org>

**06 – 15 August 2002**

XIX Congress and General Assembly of  
the International Union of Crystallography  
in Geneva, Switzerland  
e-mail: [iucr@kenes.com](mailto:iucr@kenes.com)

**28 – 31 August 2002**

The 2<sup>nd</sup> Asian Conference on Crystal Growth  
and Crystal Technology,  
Si, III-V, II-VI, Oxides, Fluorides, Metals,  
Organic Compounds, Simulation  
in Seoul, South-Korea  
e-mail: [kbshim@hanyang.ac.kr](mailto:kbshim@hanyang.ac.kr)  
<http://society.kordic.re.kr/~kacg/>

**15 – 18 September 2002**

15<sup>th</sup> Int. Symp. on Industrial Crystallization  
in Sorrento, Italy  
<http://www.aidic.it>

**NEUMITGLIEDER**

Dr. Petra Becker  
 Institut für Kristallographie  
 Universität zu Köln  
 Zülpicher Str. 49b  
 D-50674 Köln  
 Tel:02214706104 Mitgliedsnummer: 805 M  
 Fax: 0221 470 4963 Edat.: 01.01.2000  
 E-Mail: beckerp@kri.uni-koeln.de  
 Schmelz/FluxZüchtung hochviskose Schmelzen  
 Oxide,Laserkristalle  
 S1:114 S2:131 S3:134 S4:234 S5:321  
 S6:516 S7:541 S8:560 S9:614 S10 621

Dr. Dirk Ebling  
 Freiburger Materialforschungszentrum  
 Universität Freiburg  
 Stefan-Meier-Str.21  
 D-79104 Freiburg  
 Tel: 0761-203-4772 Mitgliedsnummer: 809 M  
 Fax: 0761-203-4772 Edat.: 01.04.2000  
 E-Mail: ebling@mf.uni-freiburg.de  
 MBE-Wachstum von Nitriden, Defektuntersuchungen,  
 elektrische und optische Oberflächenuntersuchung mit  
 TM/AFM, elektrochemische Charakterisierung  
 Fertigung von UV-Detektoren  
 S1: 124 S2:312 S3:712 S4:522 S5:521  
 S6:733 S7:232 S8:423 S9:623 S10 660

Dr. Boris Epelbaum  
 Institut für Werkstoffwissenschaften 6 Universität Erlangen  
 Martenstr. 7  
 D-91058 Erlangen  
 Tel: 09131 8528157 Mitgliedsnummer: 808 M  
 Fax: 09131 8528495 Edat.: 15.03.2000  
 E-Mail: boris.epelbaum@ww.uni-erlangen.de  
 Kristallherstellung  
 S1:111 S2:135 S3:119 S4:213 S5:234  
 S6:311 S7:313 S8:325 S9:811 S10 831

Dr. Gerhard Frank  
 Universität Erlangen-Nürnberg  
 Inst.für Werkstoffwissenschaften  
 Cauerstr.6  
 D-91058 Erlangen  
 Tel: 0913185 28606 Mitgliedsnummer: 812 M  
 Fax: 0913185 28606 Edat.: 01.01.2001  
 E-Mail: fank@ww.uni-erlangen.de  
 analytische Elektronenmikroskopie, Metalle  
 S1:621 S2:622 S3:634 S4:631 S5:  
 S6:S7:S8:S9:S10

Prof. Rolf Hilgenfeld  
 Institut für Molekulare Biotechnologie  
 Reutenbergstr. 11  
 D-07745 Jena  
 Tel: 03641 656061 Mitgliedsnummer: 814 M  
 Fax: 03641 656062 Edat.: 06.03.2001  
 E-Mail: hilgenfeld@imb-jena.de  
 Kristallogeneese, Biologische Makromoleküle

Kiefer Wolfgang, Dipl. Ing., Metallurge  
 Freiburger Compound Materials  
 Am Junger Löwe Schacht 5  
 D-09599 Freiberg  
 Tel: 03731 280 122 Mitgliedsnummer: 811 M  
 Fax: 03731 280 106 Edat.: 01.02.2001  
 E-Mail: kiefer@fcm-germany.com  
 GaAs, Ne-Metallurgie

Jutta Knopp, Dipl.-Min, Consultant  
 Hayek Engineering AG  
 Dreikönigstrasse 21  
 CH-8027 Zürich  
 Tel: +41 (0)1 284 2626 Mitgliedsnummer: 815 M  
 Fax: +41 (0)1 201 2757 Edat.: 01.03.2001  
 E-Mail: j.knopp@hayek.ch  
 S1:118 S2:234 S3:311 S4:413 S5:520  
 S6:621 S7:812

Martin Kölbl, Ingenieur  
 SiCrystal AG  
 Heinrich-Hertz-Platz 2  
 D-92275  
 Tel: 09665 9137 66 Mitgliedsnummer: 806 M  
 Fax: 09665 9137 90 Edat.: 01.01.2000  
 E-Mail: m.koelbl@sicrystal.com  
 SiC Züchtung, Wafering

Dr. Theis Leth Larsen , Dipl. Ingenieur  
 Topsil Semiconductor Materials A/S  
 Linderupvej 4  
 Dk-3600  
 Tel: (+45) 47365600 Mitgliedsnummer: 816 K  
 Fax: (+45) 47365601 Edat.: 01.03.2001  
 E-Mail: tll@topsil.com  
 Numerische Modellierung, Floating-zone, Defekte,  
 Polysilizium  
 S1:110 S2:213 S3:311 S4:413 S5:521  
 S6:613 S7:735 S8:810 S9:S10

Andreas Lorenz, Chemiker  
 INNOVENT Technologieentwicklung e.V.  
 Prüssingstr. 27B  
 D-07745 Jena  
 Tel: 03641 282550 Mitgliedsnummer: 817 M  
 Fax: 03641 282530 Edat.: 01.09.2001  
 E-Mail: al@innovent-jena.de  
 S1:135 S2:234 S3:312 S4:570 S5:622  
 S6:321 S7:560

Dr. Dirk Menzel, Diplom-Physiker  
 Institut für Halbleiterphysik und Optik,  
 Mendelssohnstraße 3  
 D-38106  
 Tel: 0531 / 391-5146 Mitgliedsnummer: 803 M  
 Fax: 0531 / 391-5155 Edat.: 01.01.2000  
 E-Mail: d.menzel@tu-bs.de  
 Einkristallzucht, Charakterisierung  
 S1:110 S2:130 S3:235 S4:321 S5:510  
 S6:550 S7:570 S8:630 S9:640 S10 660

Thomas Rehfeld, Dipl.-Ing., Geschäftsführer  
 Feinschleif-, Läpp- und Poliertechnik Stähli GmbH  
 Thura Mark 3  
 D-06780 Zörbig  
 Tel: 034956/397-0 Mitgliedsnummer: 813 M  
 Fax: 034956397-19 Edat.: 01.01.2001  
 E-Mail: info-LTZ@stahli.com

Erwin Schmitt, Dipl.-Ing.  
 SiCrystal AG  
 Heinrich-Hertz-Platz 2  
 D-92275  
 Tel: 09665 913761 Mitgliedsnummer: 807 M  
 Fax: 09665 9137 90 Edat.: 01.01.2000  
 E-Mail: e.schmitt@sicrystal.com  
 SIC Sublimationszüchtung, Epitaxie

Dr. Dietmar Siche, Dipl.-Physiker  
 Institut für Kristallzüchtung  
 Max-Born-Str. 2  
 D-12489 Berlin  
 Tel: 030 6392 3046 Mitgliedsnummer: 804 M  
 Fax: 030 6392 3003 Edat.: 01.01.2000  
 E-Mail: ds@ikz-berlin.de  
 Kristallzüchtung aus der Gasphase  
 (IV-VI, II-VI und IV-IV – Verbindung),  
 Temperbehandlung und Defektchemie,  
 S1:122 S2:121 S3:311 S4:511 S5:521  
 S6:712 S7:231 S8:233 S9:411 S10 612

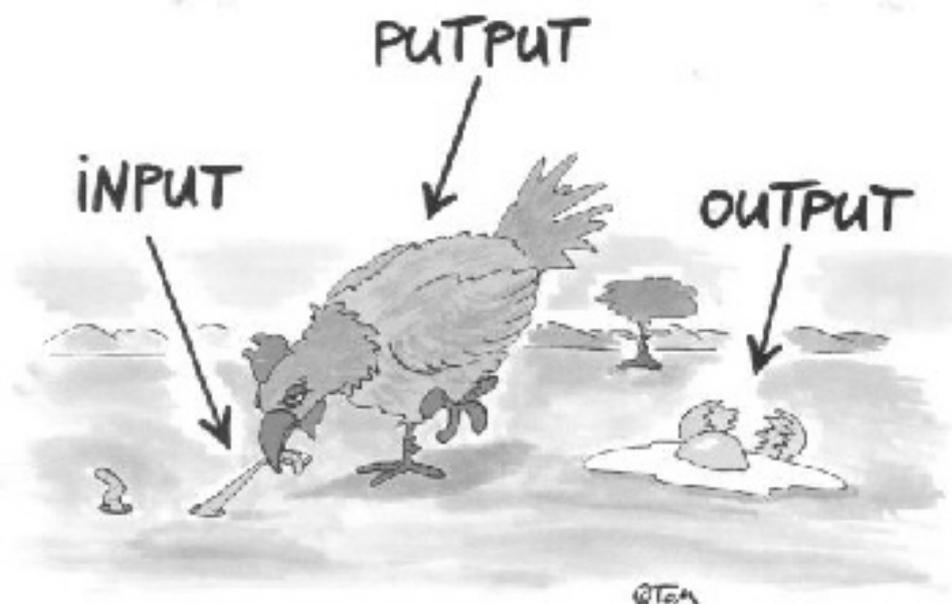
Thöne Andrea, Dipl. Min.  
 Uni Köln, Kristallographie  
 Zülpicher str. 49b  
 D-50670 Köln  
 Tel: 0221/4703234 Mitgliedsnummer: 810 S  
 Fax: 0221/4704963 Edat.: 01.04.2000  
 E-Mail: a.thoene@kri.uni-koeln.de  
 Züchtung von Kaliumniobat, TSSG-Verfahren  
 S1:521 S2:321 S3:234

### Zum Titelbild



Meistens muss man sich ziemlich anstrengen, um Einkristalle herzustellen. Manchmal wachsen sie aber auch „ganz von selbst“ entsprechend dem vorletzten „K“ in unserem Vereinsnamen. Das Bild zeigt eine kleine Schmelzperle aus einer Al-Legierung, die so nach einem DTA-Experiment im Analysentiegel vorgefunden wurde. Wie vom Erscheinungsbild bereits suggeriert wird, entspricht die Blickrichtung tatsächlich nahezu der [100]-Richtung des hier zugrundeliegenden kubischen Kristallsystems.

## SCHMUNZELECKE



**Die neue Chance an der Börse:  
Legen Sie Ihr Geld in Alkohol an!  
Wo sonst erhalten Sie 40%?**

**DIE INSERENTEN DIESES HEFTS**

<b>Gero Hochtemperaturöfen GmbH.....</b>	<b>2</b>
20 Jahre Erfahrung im Ofenbau-Ihr Partner in der Kristallzüchtung	
<b>Netzsch.....</b>	<b>7</b>
Thermoanalytische Geräte höchster Präzision	
<b>MaTeck.....</b>	<b>9</b>
Die Material-Technologie und Kristalle GmbH Kompetenz in Kristallherstellung und -Präparation	
<b>Cyberstar.....</b>	<b>11</b>
Seit langem bekannt als Hersteller hochentwickelter Kristallzüchtungsanlagen	
<b>Heraeus.....</b>	<b>15</b>
Edelmetalle für Labor und Industrie	
<b>Hüttinger-Elektronik GmbH.....</b>	<b>17</b>
Der Spezialist für Induktionserwärmung und Plasmatechnologie	
<b>TBL-Kelpin.....</b>	<b>19</b>
Der Nachfolger des Kristallhandel-Kelpin, mehr als 25 Jahre Erfahrung in Kristall-Handel und Technologie	

<b>INTAX – GmbH.....</b>	<b>23</b>
EDXRD Crystal Orientation	
<b>Wafer Technology.....</b>	<b>27</b>

**Linn High Therm GmbH.....4.Umschlagseite, S.40**

*Liebe Inserenten:*

*Bitte schicken Sie neben Ihrer Annonce auch einen kleinen Ein- bis Zweizeiler an die Redaktion, mit dem wir Ihre Anzeige hier in diesem Verzeichnis ankündigen können.*

*Adresse hierfür: Dr. F. Ritter,  
Robert Mayer-Str. 2-4  
60054 Frankfurt am Main  
E-Mail: F.Ritter@physik.uni-frankfurt.de*

**Liebe Leser:**

**Bitte beachten Sie die Seiten der inserierenden Firmen, die unsere Arbeit meist schon seit Jahren unterstützen.**

## REGISTER BEREITS ERSCHIENENER ARTIKEL

### Beschreibung von Kristallzuchtungsstandorten

	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
Dresden Einkristallzuchtung am IFW (Situation im Jahr 1999)	71
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

Flüssigphasenelektroepitaxie	55
Liquid Encapsulated Cz.-Grown Semi-Insulating GaAs, Quality Status	54
Vertical Bridgman and Gradient Freeze Growth of III-V-Compound Semiconductors	53
Lithium-Niobat, Herstellung großer Einkristalle	42
Optical Heating for Zone Methods	65
Kristallzuchtung für die Photovoltaik	59
Gedanken zu Gegenwart und Zukunft der Photovoltaik	68
Siliziumgranulat für das EFG-Verfahren	72
Kristallzuchtung unter reduzierten Schwerkraftbedingungen	49
Kristallzuchtung mit der Skull-Schmelz-Technik	67
Kristallzuchtung von SrPrGaO <sub>4</sub>	70
Kristallwachstum Biologischer Makromoleküle	73

### Charakterisierung, mikroskopische Untersuchungen, Grundlagen

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
Spektroskopische in-situ-Methoden	72

### Technisches

Edelmetalle als Tiegelmaterial	49
Thyristorsteller zum Betreiben von Kristallzuchtungsöfen, Probleme bei induktiver Last	52

### Historisches

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

DFG-Schwerpunktprogramm "Kristallkeimbildung und -wachstum ..." (1988-93)	62
Fächerübergreifende Arbeitsgemeinschaft Halbleiterforschung Leipzig	64
Tätigkeit der "IUCr Commission on Crystal Growth and Characterization of Materials"	70

<b>Redaktion</b>	
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 von Schwestergesellschaften	F. Ritter Anschrift siehe oben
Tagungskalender	P. Rudolph IKZ-Berlin Tel.: 030/6392 -3034 Fax.: -3003 E-Mail: pr@ikz-berlin.de
Schmunzelecke	R. Diehl IAF Freiburg Tel.: 0761/5159 -416 Fax.: -400
Anzeigenwerbung	M. Mühlberg, Anschrift siehe rechte Spalte
<b>Internet-Redaktion</b>	
Redaktionsleitung	H. Walcher Fraunhofer Institut für angewandte Festkörperphysik Tullastrasse 72 79108 Freiburg Tel.: 0761/5159-347 oder 597 Fax: -219 E-Mail: Walcher@iaf.fhg.de
Gestaltung der WEB-site	S. Bergmann IKZ-Berlin Tel.: 030/6392 -3093 Fax.: -3003 E-Mail: bergma@ikz-berlin.de WWW: <a href="http://www.ikz-berlin.de">http://www.ikz-berlin.de</a>

**Hinweise für Beiträge****Redaktionsschluß MB 75:  
15. April 2002**

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

Besten Dank  
Die Redaktion

**Vorstand der DGKK**

(im Amt ab 2002)

**Vorsitzender**

Dr. Michael Heuken  
Aixtron AG  
Kackertstr. 15-17  
52072 Aachen  
Tel.: 0241/ 8909154  
E-Mail: heu@aixtron.com

**Stellvertretender Vorsitzender**

Dr. Detlef Klimm  
Institut für Kristallzüchtung  
12489 Berlin  
Tel.: 030/6392 3024  
Fax.: 3003  
E-Mail: klimm@ikz-berlin.de

**Schriftführerin**

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

**Schatzmeister**

Prof. Dr. Martin Mühlberg  
Institut für Kristallographie  
Universität zu Köln  
Zülpicher Strasse 49b  
50674 Köln  
Tel.: 0221/470 -4420  
Fax.: 0221/470 -4963  
Email: M.Muehlberg@kri.uni-koeln.de

**Beisitzer**

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

Dr. Torsten Boeck  
Institut für Kristallzüchtung  
12487 Berlin  
Tel.: 030/6392 -3051  
Fax.: -3003  
E-Mail: boeck@ikz-berlin.de

Dr. Albrecht Seidl  
R&D Crystal Growth  
Freiberger Compound Materials GmbH  
Am Junger Löwe Schacht 5  
09599 Freiberg, Germany  
Tel: (+49) 3731 280- 211  
Fax: (+49) 3731 280 106  
E-mail: seidl@fcm-germany.com

**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, MOMBÉ  
125 Sputterverfahren  
129 andere Methoden
- 130 Lösungszüchtung  
131 wässrige Lösung  
132 Geizüchtung  
133 hydrothermal  
134 Flux  
135 LPE  
136 THM  
139 andere Methoden
- 140 weitere Verfahren  
141  $\mu$ -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  
232 111-V  
233 11-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 / Struktureinheiten  
521 Punktdefekte, Dotierung  
522 Versetzungen  
523 planare Defekte, Verzwilligung  
524 Korngrenzen  
525 Einschlüsse, Ausscheidungen  
526 Fehlrdnungen  
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 Ätzmethoden  
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 Gammadifraktometrie  
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-Nummern zu verwenden



# VORSPRUNG DURCH TECHNOLOGIE



## Induktiv beheizter Temperofen

für Kristallzucht und Temperung von z.B. SiC-Wafern. Der Nutzraum kann bis 2500 °C geheizt werden. Die VAC/Schutzgaseinrichtung ermöglicht kontrollierte Gemische von Ar, He, H<sub>2</sub> und N<sub>2</sub> im Partialdruckbereich von  $4 \times 10^{-2} \text{ Pa} < p < 1 \times 10^5 \text{ Pa}$  abs.

Extrem kurze Heiz- und Kühlzyklen garantieren optimale Prozesseigenschaften.

Nutzraum-Ø: 100 mm

Nutzraumhöhe: 150 mm

Heizen: 20 - 2500 °C < 15 min

Abkühlen: 2500 °C - 1000 °C < 17 min



## Rohrofen

FRH, verfahrbar, bis 1750 °C.

Bridgeman-Verfahren und Zonenschmelzen unter Schutzgas / Hochvakuum.



## Induktionserwärmung

### Hochfrequenz-Halbleiter-Generatoren

HTG, zum Glühen, Schmelzen oder Schwebeschmelzen.

HF-Ausgangsleistung 1,5 - 12 kW.

Arbeitsfrequenz bis 400 kHz.

### Mittelfrequenz-Generatoren MFG

bis 100 kW. 1 - 20 kHz.

## Kaltwandofen

KKV-140/270/2000 zum Tempern, Sintern, Schmelzen. Kristallzucht, Pulvermetallurgie, Keramik-, Nuklearindustrie und Forschung, Entwicklung. Bis 2100 °C. Schirmblechaufbau aus Wolfram und Molybdän mit Wolfram-Mesh-Heizer. Ar, N<sub>2</sub>, H<sub>2</sub> und Vakuum bis 10<sup>-5</sup> mbar. Nutzraum: Ø = 140 mm, h = 270 mm, 4,0 l. Heizleistung: max 35 kVA.

Für Schutzgasatmosphären auch mit Wasserstoff:

Begasungseinheit, Sicherheitspaket, Abfackelvorrichtung mit Flammüberwachung.

Temperaturregelung wahlweise über Thermoelemente Wolfram / Rhenium oder optisches Pyrometer.

Umfangreiches Optionsangebot.

Linn High Therm GmbH  
 Heinrich-Hertz-Platz 1  
 D-92275 Eschenfelden  
 Tel: +49 (0) 9665 9140-0  
 Fax: +49 (0) 9665 1720  
 E-Mail: info@linn.de  
 Internet: www.linn.de

Sonderanlagen  
 nach  
 Kundenspezifikation!

**linn**  
 High Therm



ISO 9001