

Mitteilungsblatt
Nr. 89 / 2009



Deutsche Gesellschaft
für Kristallwachstum und
Kristallzüchtung e.V.



Inhalt

Der Vorsitzende / Editorial	3
DGKK-intern	4
DGKK-Personen	9
DGKK-Nachrichten	13
DGKK-Fokus	15
DGKK-Forschung	19
DGKK-Nachwuchs	29
Über die DGKK	32
Tagungskalender	33

Heraeus

More than exciting dreams – Precious Metals



*Seamless tubes for extra
stable seed-crystal holders*

Precious Metals are not just a beautiful dream but irreplaceable tools in laboratories and factories. We supply a multitude of products to meet our customers' requirements – seamless tubes in all dimensions, coiled tubes, thermocouple thimbles and tailor-made parts.



**Heraeus: 150 years of
precious metals expertise.**

W. C. Heraeus GmbH & Co. KG

Engineered Materials Division

Business Unit Precious Metals Technology

Heraeusstr. 12 – 14

63450 Hanau, Germany

Phone + 49 (0) 61 81 / 35 - 37 40

Fax + 49 (0) 61 81 / 35 - 86 20

E-mail: precious-metals-technology@heraeus.com

www.wc-heraeus.com/precious-metals-technology

W. C. Heraeus

Der Vorsitzende

Liebe Kolleginnen und Kollegen,

mit Riesenschritten geht das Jahr dem Ende entgegen; nicht nur das Jahr, sondern auch meine Amtszeit als Vorsitzender der DGKK. Der alte und der neue Vorstand haben sich am Freitag, dem 13. November - wenn das kein Glücksdatum ist - in Frankfurt getroffen und einen stetigen Übergang vorbereitet.

Ich freue mich außerordentlich, dass es der Redaktion unseres Mitteilungsblatts gelungen ist, die Anlaufschwierigkeiten zu überwinden und dass bereits zwei Monate nach dem ersten MB das zweite der neuen Redaktion erscheinen wird. Herzlichen Glückwunsch!

Leider gibt es zur Zeit nicht nur positive Nachrichten. So hat der Vorstand die Meldung, dass Wacker-Schott-Solar die EFG-Silizium-Produktion einstellen wird, mit großem Bedauern aufgenommen. Es geht hierbei nicht nur um das persönliche Schicksal von Kolleginnen und Kollegen, sondern auch um den Knowhow-Verlust. Da ein Unglück selten allein kommt, ist mit dem Ende der CaF₂- und LuAG-Produktion bei Schott-Lithotec ein weiterer Tiefschlag erfolgt, insbesondere für unsere Gesellschaft und die unmittelbar Betroffenen.

Beide Ereignisse zeigen wieder, wie wichtig eine breitbandige Ausbildung in den naturwissenschaftlichen Disziplinen ist, damit man sich auf neue Aufgaben einstellen kann. Aus diesem Grunde überzeugt mich der Vorschlag eines Schweizer Kollegen nicht, der seit Jahren die Ausbildung spezieller Kristalltechnologien fordert. Auch einem Kristalltechnologen können wir keinen lebenslangen Arbeitsplatz garantieren, vielmehr müssen wir in der heutigen Zeit damit leben, ganz verschiedene Tätigkeiten während unserer Berufsjahre zu bearbeiten. Dafür ist eben eine breite Grundlagenausbildung sinnvoll und nötig. Liebe Kolleginnen und Kollegen, in der DGKK müssen wir deshalb die Vielfalt der Methoden und Verfahren beibehalten, uns aber auch neuen Disziplinen wie Nanomaterialien und -kristallisation öffnen. Wir können hier von der Natur lernen: nur durch stetige Anpassung genügen wir dem Prinzip des "Survival of the Fittest". Dass uns allen in der DGKK dieser Prozess gelingt, wünscht Ihnen

Ihr Wolf Aßmus

Editorial

Liebe Leserinnen und Leser,

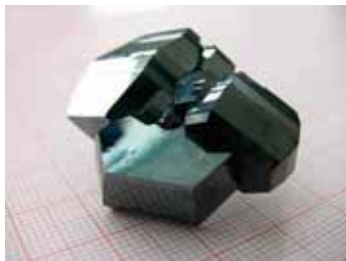
vor Ihnen liegt nun die „Weihnachtsausgabe“. Dank der aktiven Mithilfe vieler Kollegen gibt es wieder eine Reihe interessanter Artikel, die sowohl Übersichtscharakter haben (GaN Entwicklung, siehe S. 16) als auch ganz aktuelle Züchtungsergebnisse präsentieren (Bariumhexaferritkristalle, siehe S. 15). Herzlichen Dank an alle, die Ihren Anteil an diesem Heft haben.

Typischerweise ist im Sommer Konferenzzeit, und so gibt es in diesem Heft viele Tagungsberichte. Auf der anderen Seite steht 2010 vor der Tür, in dem vom 3.-5. März die Deutsche Kristallzüchtungstagung in Freiburg stattfinden wird. Diese Tagung hat in den letzten zwei Jahren an Profil gewonnen, und so sollte sie auch in 2010 wieder für einen breiten wissenschaftlichen Austausch genutzt werden. Weitere Einzelheiten finden Sie auf Seite 5. Kurz darauf findet die Frühjahrstagung der Deutschen Physikalischen Gesellschaft (DPG) in Regensburg statt (21.-26. März), auf der die DGKK mit einem Symposium zur Wachstums-kinetik vertreten ist (siehe S. 6). Diese Art Symposien wurde von der Bundesvereinigung Materialwissenschaft und Werkstofftechnik e. V. (BV MatWerk) initiiert, um die Materialwissenschaften stärker in der DPG zu präsentieren. Die DGKK ist Mitglied in der BV MatWerk, deren Ziel eine Intensivierung der Zusammenarbeit der in Materialwissenschaft tätigen Organisationen ist (näheres unter <http://www.matwerk.de>). Dann wirft bereits die ICCG-16/ICVGE-14 in Peking ihre Schatten voraus.

Aber bevor es mit Energie in das Jahr 2010 geht, wünschen wir Ihnen geruhsame Feiertage und einen guten Rutsch!

Die Redaktion

Titelbild



Das Titelbild zeigt einen bei INNOVENT e.V. gezüchteten Bariumhexaferrit-Kristall. Mehr dazu können Sie auf Seite 15 lesen.

Foto: Innovent e.V., C. Dubs

Inhalt

Der Vorsitzende	3
Editorial	3
Titelbild	3
DGKK-intern	4
Deutsche Kristallzüchtungstagung 2010 in Freiburg	5
5th IKZ Summer Course on Crystal Growth 2010 in Berlin	5
Workshop Festkörperlaser - Materialien und Anwendungen	7
Massive Verbindungshalbleiter – Herstellung und Charakterisierung	8
DGKK-Personen	9
Zum 65. Geburtstag von Prof. Dr. Wolfgang Neumann	9
Innovationspreis Mikroelektronik	10
DGKK-Preis 2010	10
Neue Mitglieder 2009	12
DGKK-Nachrichten	13
Die DGKK muss an Signifikanz gewinnen!	13
DGKK-Fokus	15
Die Züchtung von großen Bariumhexaferrit-Kristallen aus Hochtemperaturlösungen	15
Ein Rückblick auf die Anfänge der Epitaxie und Kristallzüchtung von GaN	16

DGKK-Forschung	19
Bericht von der 17. American Conference on Crystal Growth and Epitaxy, Lake Geneva, USA	19
International Summer School on Fundamentals and Basic Methods of Crystal Growth – 24.-29. August 2009, Transylvania University of Brasov, Romania	20
Crystal Growth in Romania	21
Bericht vom 2nd Symposium on Phase-Field Modelling in Materials Science	24
Bericht von der 8th International Conference on Nitride Semiconductors (ICNS-8)	25
EPM 2009 - 6. Internationale Konferenz " Electromagnetic Processing of Materials"	27
DGKK-Nachwuchs	29
Abgeschlossene Diplomarbeiten zur Kristallzüchtung kurz vorgestellt	29
Die Faszination der Gitter	30
Diplomarbeit bei Innovent e.V. Jena	31
Über die DGKK	32
Vorstand der DGKK	32
Arbeitskreise	33
Tagungskalender	33

4 DGKK-intern

An alle Mitglieder

DGKK-Schriftführerin
Dr. Christiane Frank-Rotsch
Leibniz-Institut für Kristallzüchtung
Max-Born-Str.2
D-12489 Berlin
Telefon (030) 6392 3031
Telefax (030) 6392 3003
EMAIL frank@ikz-berlin.de

24.11.2009

Jahreshauptversammlung 2010 in Freiburg

Liebe Mitglieder,

der Vorstand lädt Sie herzlich zur Jahreshauptversammlung 2010 ein, die anlässlich der Deutschen Kristallzüchtungstagung 2010 in Freiburg stattfindet.

Ort: Albrecht-Ludwig-Universität Freiburg
Hörsäle der Chemischen Institute (Westseite)
Albertstr. 21
D – 79104 Freiburg

Zeit: Mittwoch, 03. März 2010, 18:00

weitere Informationen: <http://www.dgkk.de/2010/>

Vorläufige Tagesordnung:

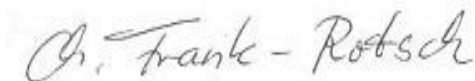
1. Begrüßung und Feststellung der Beschlussfähigkeit
2. Bericht des Vorsitzenden
3. Bericht des Schriftführers
4. Bericht des Schatzmeisters und der Rechnungsprüfer
5. Entlastung des Vorstandes
6. Vorstellung des DGKK-Konzeptes 2010-2011
7. Diskussionen über Tagungen und Symposien:
 - Deutsche Kristallzüchtungstagung 2011
 - Deutsche Kristallzüchtungstagung 2012
 - Abschließende Diskussion und Beschluss über die Deutsche Kristallzüchtungstagung 2011
8. Berichte zu den DGKK – Arbeitskreisen
9. Information zum „European Master Course“
10. 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 2010 möglich zu machen.

Mit freundlichen Grüßen



Christiane Frank-Rotsch
Schriftführerin DGKK

Deutsche Kristallzüchtungstagung 2010 in Freiburg**Organisation**

Prof. Dr. Arne Cröll
 Kristallographie Institut für Geowissenschaften
 Albert-Ludwigs-Universität
 Hermann-Herder-Str. 5
 D-79104 Freiburg
 Tel: (+49) 761 203 6439 Fax:
 (+49) 761 203 6434
 E-Mail: Arne.Croell@krist.uni-freiburg.de
 Homepage: <http://www.krist.uni-freiburg.de/>

**Organisationskomitee**

Arne Cröll	arne.croell@krist.uni-freiburg.de
Andreas Danilewsky	a.danilewsky@krist.uni-freiburg.de
Michael Fiederle	michael.fiederle@fmf.uni-freiburg.de
Egbert Keller	egbert.keller@krist.uni-freiburg.de
Ralf Sorgenfrei	ralf.sorgenfrei@fmf.uni-freiburg.de
Tina Trautnitz	tina.trautnitz@fmf.uni-freiburg.de

Programmkomitee

Arne Cröll	(Kristallographie, Universität Freiburg)
Günter Behr	(Institut für Festkörper- und Werkstofforschung (IFW)) Dresden
Peter Gille	(Ludwig-Maximilian Universität München)
Michael Heuken	(Aixtron AG Aachen)
Wolfram Müller	(Leibniz-Institut für Kristallzüchtung, Berlin)
Manfred Mühlberg	(Institut für Kristallographie der Universität Köln)
Peter Rudolph	(Leibniz-Institut für Kristallzüchtung, Berlin)
Albrecht Seidl	(WACKER SCHOTT Solar GmbH)
Peter Wellmann	(Institut für Werkstoffwissenschaften 6, Universität Erlangen-Nürnberg)

Termine

Buchung Stadthotel (Kontingentsreservierung)	bis Kontingent erfüllt
Vortragsanmeldung mit Abstracts:	15.01.2010
Anmeldung bei reduzierter Tagungsgebühr:	15.01.2010
Beginn der Tagung	Mittwoch, 3. März 2010, 14.00 h
Ende der Tagung	Freitag, 5. März 2010, 12.00 h
Mitgliederversammlung:	3. März 2010, 18.00 h
Gesellschaftsabend:	4. März 2010, 19.00 h

Tagungsort

Naturwissenschaftliches Institutsviertel (Nord) der Universität Freiburg
 Albertstr. 21
 Hörsäle der Chemischen Institute

Tagungsgebühr (Überweisung vor / nach 15.01.2010):

DGKK-Mitglieder	65/100 €
Nichtmitglieder	90/125 €
Studierende	40/ 50 €

Eingeladene Vorträge

A. Grochocki, Bosch Solar Energy
 H. Lorenz, Max Planck Institute for Dynamics of Complex Technical Systems
 A. Ostrogorsky, Illinois Institute of Technology
 H. Schneider, Institut für Kristallographie, Universität zu Köln
 ...
 Details folgen

Podiumsdiskussion

4. März, 16.00: Kristallzüchtung unter externen Feldern und Mikrogravitation mit Podiumsdiskussion "Kristallzüchtung unter Mikrogravitation"

Hinweis

Special workshop in connection with the DGKK annual meeting (in Collaboration with EMRS):
 Crystal Growth of CdTe and related materials
 1st and 2nd March 2010, Freiburger Materialforschungszentrum
 contact: michael.fiederle@fmf.uni-freiburg.de

5th IKZ Summer Course on Crystal Growth 2010 in Berlin

Vom 30.05.-04.06.2010 findet am Leibniz-Institut für Kristallzüchtung in Berlin der nunmehr 5. IKZ Sommerkurs zur Kristallzüchtung statt. Als Vortragender im Jahre 2010 wurde Prof. Dr. Thomas F. Kuech von der University of Wisconsin - Madison, Editor-in-Chief des "Journal of Crystal Growth", gewonnen. Wie in den Vorjahren gibt es täglich eine 90-minütige Lektion im Rahmen eines geschlossenen Vorlesungszyklus zu einem

ausgewählten Gebiet der Kristallzüchtung. Die inhaltlichen Details werden zu einem späteren Zeitpunkt bekanntgegeben. Die Lektionen der vorangegangenen Kurse (J. Derby, A. Chernov, T. Nishinaga, A. Ostrogorsky) können über die IKZ-Website www.ikz-berlin.de abgerufen werden.

Kontakt:

Prof. Dr. Klaus Jacobs, jacobs@ikz-berlin.de.

Topical Session: Growth kinetics of bulk crystals, thin films, and nano-structures

auf der Frühjahrstagung der Deutschen Physikalischen Gesellschaft (DPG)

23.-25. März 2010

an der Universität Regensburg

Dieses Symposium ist eine gemeinsame Veranstaltung des Fachverbandes Metall- und Materialphysik der DPG, der Bundesvereinigung Materialwissenschaft und Werkstofftechnik (BV MatWerk) und der Deutschen Gesellschaft für Kristallwachstum und -züchtung (DGKK).

Es ist gleichzeitig das 11. Kinetikseminar der DGKK und wird organisiert von Joachim Krug, Thomas Michely (beide Universität Köln) und Wolfram Miller (IKZ Berlin).

Weitere Informationen unter <http://www.dpg-physik.de/dpg/gliederung/fv/mm/themen.html#growth> und <http://regensburg10.dpg-tagungen.de/index.html>.

Eingeladene Vorträge:

X-radiographic video microscopy studies of alloy solidification processes – Ragnvald H. Mathiesen and Lars Arnberg

Selecting a single orientation for millimeter sized graphene sheets – Raoul van Gastel, Alpha T. N'Diaye, Dirk Wall, Johann Coraux, Carsten Busse, Niemma M. Buckanie, Frank-J. Meyer zu Heringdorf, Michael Horn von Hoegen, Thomas Michely, and Bene Poelsema

Modeling the Role of Co-deposited Impurities in Growth: What Causes the Distinctive Step Meandering and Pyramidal Mounds on Cu(001)* – Theodore L. Einstein, Rajesh Sathiyarayanan, Ajmi BH. Hamouda, and Alberto Pimpinelli

Vorträge und Poster:

Role of Nucleation in Multi-Scale Phenomena of Solidification – Abhik Choudhury and Britta Nestler

Minimum Energy Path for Nucleation with Phase Field Crystal – Axel Voigt and Rainer Backofen

Computational analysis of interfacial attachment kinetics and transport phenomena during liquid phase epitaxy of mercury cadmium telluride – Igal Rasin, Anne Ben Dov, Ilana Grimberg, Olga Klin, Eliezer Weiss, and Simon Brandon

Comparative analysis of models for solute trapping in rapid solidification – Ekaterina Abramova, Denis Danilov, Peter Galenko, Dieter Herlach, and Vladimir Lebedev

Grain growth under limited junction mobility – Dana Zöllner and Peter Streitenberger

Undercooling and solidification of Ni₂B under different convective flow conditions – Sven Binder, Jianrong Gao, and Dieter M. Herlach

Zeolite thin film growth studied with a phase-field model – Frank Wendler, Christian Mennerich, and Britta Nestler

A phase-field model for polycrystalline grain growth on thin films – Christian Mennerich, Frank Wendler, and Britta Nestler

Rectangular mound formation and rotation during grazing incidence deposition of Cu/Cu(001) – Herbert Wormeester, Raoul van Gastel, Frits Rabbering, and Bene Poelsema

Trapping effects on the critical nucleus size in nucleation a growth processes, kinetic Monte Carlo simulations – Zoltan Balogh, Zoltan Erdelyi, and Dezsó L. Beke

Combined phase-field and MD simulations of diffusion drop and ordering at [Ni_xZr_{1-x}]_{liquid}-Zr_{crystal} interfaces – M. Guerdane, F. Wendler, and B. Nestler

Smoothing at the organic-organic heterostructure interface – Alexander Hinderhofer, Stefan Kowarik, Alexander Gerlach, Frank Schreiber, and Federico Zontone

Anti-coarsening and complex dynamics of step bunches on vicinal surfaces during sublimation – Marian Ivanov, Vladislav Popkov, and Joachim Krug

Growth kinetics and morphology of silicon crystallites synthesized from metallic solution – Thomas Teubner, Robert Heimbürger, Nils Deßmann, Torsten Boeck, and Roberto Fornari

Atomic scale simulations of silicon growth from the melt: Formation of twins and stacking faults studied by molecular dynamics and Monte Carlo methods – Johan Pohl and Karsten Albe

Anomalous dendrite growth in undercooled melts of Al-Ni alloys – Roman Lengsdorf, Dirk Holland-Moritz and Dieter M. Herlach

Organic semiconductor growth on Graphene studied by LEEM and μ LEED – Gregor Hlawacek, Fawad S. Khokhar, Raoul van Gastel, Bene Poelsema, and Christian Teichert

Growth of para-hexaphenyl (6P) on silicon oxide by hot wall epitaxy – Markus Kratzer, Quan Shen, and Christian Teichert

Growth, stability and decay of cluster superlattices on the Ir(111)/graphene

moiré – Timm Gerber, Alpha T. N'Diaye, Carsten Busse, Josef Mysliveček, and Thomas Michely

Bucky ball island morphologies on CaF₂: Theory and Experiment – Martin Körner, Felix Loske, Mario Einax, Angelika Kühnle and Philipp Maass

Conditions for the occurrence of Abnormal Grain Growth studied by a 3D VertexDynamicsModel – Melanie Syha and Daniel Weygand

Computer tomographic investigation of Ostwald ripening – Thomas Werz and Carl E. Krill III

Is abnormal growth actually the norm in nanocrystalline materials? – Jules M. Dake, Heiko Paul, and Carl E. Krill III

Segregation stabilization of nanocrystalline binary alloys at low solute concentrations – Lionel Kroner and Carl E. Krill III

Layer growth of perovskites: computing surface structure and energy barriers as a prerequisite for KMC calculations – Petar Petrov, Hannes Guhl and Wolfram Miller

Local grain growth kinetics in Al-Mg studied by 3DXRD microscopy – Carl E. Krill III, Sören Schmidt, and Carsten Gundlach

Nutzung der Wachstumskinetik in Wandermagnetfeldern für die Czochralski-Züchtung von PV-Silizium mit quadratischem Querschnitt – P. Rudolph, M. Czupalla, B. Lux und F. Kirscht

Photoemission Electron Microscopy of the Temperature Dependent Pre-nucleation Dynamics of Sexiphenyl Molecules Deposited on Cu (110) – A. J. Fleming, F. P. Netzer, and M. G. Ramsey

Self-organized growth of helicenes on calcite (104) surfaces: Monte Carlo Simulations and Experiments – Tobias Richter, Philipp Rahe, Markus Nimrich, Martin Körner, Mario Einax, Angelika Kühnle, and Philipp Maass

Molecular dynamics simulations of ion transport at the crystal-melt interface during the crystallization of superionic calcium fluoride – Detlef Stock and Peter Görnert

Numerical studies on grain growth of Si: Influence of surface energy anisotropy – Giordano Cantù and Wolfram Miller

Sub-monolayer growth investigations of para-sexiphenyl on sputter-modified mica(001) and SiO₂ – Stefan Lorbek, Gregor Hlawacek, Thomas Potocar, Adolf Winkler, and Christian Teichert

The Interface of a Growing Zr-Ni Crystal – Philipp Kuhn and Jürgen Horbach

Controlled Growth of Ternary Systems due to Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition (PECVD) Using Metalorganic Precursors – Markus Neuberger and Volker Buck

In Situ Observation of Dislocation Dynamics at the TOPO-TOMO Beamline at the Synchrotron Light Source ANKA – Andreas Danilewsky, Jochen Wittge, Arne Cröll, Adam Hess, David Allen, Patrik McNally, Patrick Vagovic, Zhi-juan Li, Tilo Baumbach, Eider GorosteguiColinas, Jorge Garagorri, Reyes Elizalde, Matteo Fossati, Keith Bowen, and Brian Tanner

Morphology of Graphene Layers on Ir(111) Studied by SPA-LEED – D. Meyer, H. Hattab, G. Jnawali, D. Wall, F.-J. Meyer zu Heringdorf, M. Horn-von Hoegen

Workshop Festkörperlaser - Materialien und Anwendungen

K. Jacobs und R. Uecker, Leibniz-Institut für Kristallzüchtung, Berlin

Am 11. und 12.09.2009 veranstaltete das Leibniz-Institut für Kristallzüchtung (IKZ) einen Workshop „Festkörperlaser - Materialien und Anwendungen“. Die kontinuierlich steigende Bedeutung der dioden- und lampengepumpten Festkörperlaser (Jahresumsatz 2008: ca. 1 Mrd. US-\$) erfordert eine immer höhere Spezialisierung der Bearbeiter. Sie hat eine zunehmende Entfernung der Laserphysik von den Materialwissenschaften und insbesondere von der Züchtung der Laserkristalle zur Folge. Die Verständigung zwischen diesen Disziplinen darüber, welche konkreten Kristalleigenschaften über das „Funktionieren“ eines Lasers entscheiden, ist schwieriger geworden.

Angesichts dieser Entwicklung hatte das IKZ insbesondere Nachwuchswissenschaftler zu diesem Workshop eingeladen. Das IKZ konnte so - dank der Bereitschaft der Referenten zu ei-

nem Vortrag aus ihrem Spezialgebiet- ein Themenspektrum zwischen Kristallzüchtung und -eigenschaften über die Bearbeitung von Kristallen zu optischen Bauelementen bis hin zur Anwendung von Laserkristallen anbieten. Ergänzt wurde dieses Spektrum durch Vorträge aus der Tagung des DGKK-Arbeitskreises „Kristalle für Laser und Nichtlineare Optik“. Der Zeitplan gab hinreichend Möglichkeiten zu Diskussionen, unbeantwortete Fragen wurden beim gemeinsamen Abendessen geklärt. Mit über 40 Teilnehmern übertraf die Resonanz auf diesen Workshop die Erwartungen des Veranstalters. Da die angebotene Materialfülle und der Neuigkeitsgehalt für viele Workshopteilnehmer relativ groß waren, ist das IKZ den Vortragenden besonders dankbar dafür, dass sie ihre Beiträge über die Website des IKZ allen Interessenten zur Verfügung stellten.



Die Teilnehmer des Workshops

Foto: M. Renner, IKZ

Vorträge

- K. Jacobs, Leibniz-Institut für Kristallzüchtung Berlin: **Von Einsteins prächtigem Licht zu Festkörperlasern**
- H.-J. Eichler, Institut für Optik und Atomare Physik, TU Berlin: **Hochleistungslaser und diodengepumpte Festkörperlaser**
- K. Petermann, Institut für Laserphysik der Universität Hamburg: **Hochschmelzende Laserkristalle: Spektroskopie und Lasereigenschaften**
- D. Wulff-Molder, Korth Kristalle GmbH, Kiel: **Bearbeitung von Kristallen für die Optik**
- M. Siebold, Forschungszentrum Dresden-Rossendorf: **Neue Materialien für Hochintensitätslaser sowie deren Anwendungen**
- L. Ackermann, Forschungsinstitut für mineralische und metallische Werkstoffe GmbH, Idar-Oberstein: **„Flat interface“ Züchtung von Seltenerd-Granaten**
- S. Ganschow, Leibniz-Institut für Kristallzüchtung, Berlin: **Einfluss der Atmosphäre bei der Züchtung oxidischer Einkristalle**

Vorträge aus dem DGKK-Arbeitskreis

- M. Buriánek, Institut für Kristallographie der Universität zu Köln: **Kristallzüchtung mullitartiger Bismut-Oxide**
- M. Naumann, Leibniz-Institut für Kristallzüchtung Berlin: **Untersuchung von optischen Kristallen mittels Laser-Scattering-Tomographie**
- B. Schoke, M. Imlau, H. Brüning, C. Merschjann, G. Corradi, K. Polgar, I.I. Naumova, Fachbereich Physik, Universität Osnabrück: **Transient light induced absorption in periodically poled lithium niobate: Polaron hopping in the presence of a spatially modulated defect concentration.**
- Hermann Wilke, Leibniz-Institut für Kristallzüchtung Berlin: **A new approach for numerical crystal growth using bifurcation analysis**

8 Massive Verbindungshalbleiter – Herstellung und Charakterisierung

Bericht vom DGKK Arbeitskreis

Peter Wellmann, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen

Am 7./8. Oktober 2009 fand das Herbsttreffen des Arbeitskreises „Herstellung und Charakterisierung von massiven Verbindungshalbleitern“ an der Technischen Universität Bergakademie Freiberg statt. Das Programm bestand aus einer bunten Mischung aus Themen (i) zum Kristallwachstum der klassischen III-V Verbindungshalbleiter GaAs und GaP, (ii) zur Numerischen Modellierung des Züchtungsprozesses mit magnetischen Feldern, (iii) zum Wachstum und zur Charakterisierung der „neuen“ Halbleiter großer Bandlücke SiC, GaN und AlN, (vi) zu einigen materialübergreifenden Charakterisierungsmethoden und (vii) erstmals zum Kristallwachstum von Silizium für Photovoltaikanwendungen. Ein Highlight stellte der Vortrag „Einkristallzüchtung in Freiberg – was war, was bleibt, was ist, was wird?“ von Prof. Buhrig dar, mit dem er die Zuhörer auf eine interessante historische Reise durch die Kristallzüchtungsgeschichte nahm. Die Tagung war mit ca. 65 Teilnehmern gut besucht. Sehr erfreulich war die rege Teilnahme junger Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler. Die Vorträge waren durchgängig auf einem fachlich hohen Niveau. Der Arbeitskreis-Charakter, also der Bericht zu aktuell laufenden Arbeiten, spiegelte sich in einer regen Beteiligung an der Fachdiskussion im Anschluss an die einzelnen Vorträge wider.

Der Umstand, dass erstmals ein Beitrag zum Wachstum von Silizium in das Programm aufgenommen wurde, ist der Entwicklung geschuldet, dass sich die Arbeitsgebiete einer Reihe von Kollegen in Richtung Photovoltaik-Materialien verschoben haben. Im Rahmen des Treffens wurde daher vom gesamten Arbeitskreis der Beschluss gefällt, in Zukunft Silizium einzuschließen

und den Arbeitskreisnamen entsprechend in „Herstellung und Charakterisierung von massiven Halbleiterkristallen“ zu ändern. Die Erweiterung der Materialpalette wird keinen Überlapp zu anderen Arbeitskreisen nach sich ziehen, sondern vielmehr eine neue Plattform für die Kristallisation von Photovoltaik-Silizium in Deutschland schaffen.

Das nächste Frühjahrestreffen des Arbeitskreises wird im Rahmen eines Symposiums auf der Deutschen Kristallzüchtungstagung in Freiburg (3.-5. März 2010) stattfinden. Das nächste Herbsttreffen ist für den 6./7. Oktober 2010 in Freiberg (Sachsen) geplant.



Foto: Bergakademie Freiberg

I-B-S Fertigungs- und Vertriebs GmbH

für Forschung und Produktion

D-82284 GRAFRATH, Postfach 30

Tel. 08144 / 7656 Fax 08144 / 7857

email: ibs-scholz@t-online.de

Sägen

Innenlochsägen
Periphere Sägen für Längsschnitte
Fadensägen nach dem Lappprinzip
Gattersägen nach dem Lappprinzip

Läppen

IB 400 Lappmaschinen
Tellergrößen von 300 - 400mm
Lappmittelzuführsystem
Abziehringe

Polieren

IB 400 Poliermaschine
IB 400 CMP-Maschine
Tellergrößen 300 - 400mm
Slurry- und Chemiepumpen
Jigs, Autokollimatoren

Bitte besuchen Sie unsere Internetseite

www.ibs-grafrath.de

DGKK-Personen

Zum 65. Geburtstag von Prof. Dr. Wolfgang Neumann

Holm Kirmse, Humboldt-Universität zu Berlin



Am 25. Oktober 2009 beging Prof. Dr. Wolfgang Neumann, langjähriges Mitglied der DGKK und Leiter der Arbeitsgruppe Kristallographie am Institut für Physik der Humboldt-Universität zu Berlin, seinen 65. Geburtstag.

Wolfgang Neumann wurde am 25.10.1944 in Großwöhlen (Sudeten) geboren. Die Vertreibung der Familie nach Deutschland endete nach einer Zwischenstation in Neustrelitz 1946 in Sangerhausen, wo der Vater als Bergarbeiter der Familie das Auskommen sicherte. In der Zeit von 1951 bis 1963 genoss Wolfgang Neumann die schulische Ausbildung. Sicherlich inspiriert durch den in Sangerhausen omnipräsenten Bergbau entschied er sich für das Studium der Mineralogie an der Humboldt Universität zu Berlin bei Prof. Will Kleber. Das Diplom erlangte Wolfgang Neumann 1968 mit einer Arbeit zu dem Thema: „Hochvakuum-aufdampfung von Cadmiumselenid auf kubische Trägerkristalle“. Dabei konnten spiralförmige Wachstumsstufen mittels Gold-Dekoration und durch den Einsatz der Elektronenmikroskopie nachgewiesen werden.

Der weitere wissenschaftliche Weg führte Wolfgang Neumann nach Berlin-Adlershof, in das Institut für Physikalische Chemie. Aus privaten Gründen wechselte er 1970 an das von Prof. Heinz Bethge geleitete Institut für Festkörperphysik und Elektronenmikroskopie in Halle/Saale. Dort konnte er seine Spezialkenntnisse auf dem Gebiet der Mineralogie und Kristallographie erfolgreich einbringen. Er gehörte dem Institut bis 1992 an. Danach wurde es in das Max-Planck-Institut für Mikrostrukturphysik umgewandelt, bei welchem er bis Ende 1995 seine wissenschaftlichen Arbeiten fortsetzte. Die insgesamt 25 Jahre waren angefüllt mit zahllosen, sehr erfolgreichen Aktivitäten auf dem Gebiet der Elektronenmikroskopie. Ausdruck dessen ist unter anderem die Promotion (1983) zum Thema „Transmissionselektronenmikroskopische Untersuchungen des Systems Silicium/Spinell“ wobei zwei Doktorväter zu nennen sind: Prof. Heinz Bethge und Prof. Johannes Heydenreich. Wolfgang Neumann habilitierte

sich im Jahr 1993 zum Thema „Zur Korrelation von Kristallsymmetrie und Feinstruktur von Elektronenbeugungsdiagrammen“. Hier leistete er einen wesentlichen Beitrag zum Verständnis der Transmissionselektronenbeugung an Nanokristallen. Er ist einer der Autoren des Buches „Elektronenmikroskopie in der Festkörperphysik“, das wohl bei fast allen Studenten, Doktoranden und Wissenschaftlern, die sich mit der Elektronenmikroskopie beschäftigten, der Schlüssel für den Zugang zu diesem sehr komplexen Gebiet war. Das Hallesche Institut hatte den Rang eines Internationalen Zentrums für Elektronenmikroskopie und führte Frühjahrs- und Herbstschulen durch. Auf diese Weise konnten ungeachtet der Teilung Europas wissenschaftlicher Austausch und enge Beziehungen zu Gruppen mit ganz Europa gepflegt werden. Aus dieser Zeit rühren wissenschaftliche Kooperationen und Freundschaften her, die bis heute andauern.

1996 erhielt er dann einen Ruf auf die Professur für Kristallographie an der Humboldt-Universität zu Berlin. Durch sein beharrliches Wirken und sein Vermögen, den Mitarbeitern eine kreative, wissenschaftliche Heimat zu bieten, gelang es ihm, eine Gruppe mit internationaler Ausstrahlung aufzubauen.

In die Zeit seines Wirkens fiel die Anschaffung eines modernen Transmissionselektronenmikroskops, mit dem materialwissenschaftliche Forschung auf höchstem Niveau durchgeführt werden kann. Im Mittelpunkt seines wissenschaftlichen Interesses stand und steht die umfassende strukturelle und chemische Charakterisierung nano-strukturierter anorganischer Verbindungshalbleiter. Forschungen auf diesem Gebiet wurden unter anderem im Rahmen eines Graduiertenkollegs, eines Sonderforschungsbereiches und eines Europäischen Projektes gefördert. Die Reihe der untersuchten Materialklassen reicht allerdings viel weiter: Nickel-Basis-Superlegierungen, weichmagnetische Legierungen, Oxide, metallische Katalysatoren, SiC, Solarzellen, ja sogar Zahnmaterial aus der Medizin.

Dem Engagement von Wolfgang Neumann, seit 2003 Direktor des Internationalen Zentrums, ist es zu verdanken, dass diese Einrichtung weiter existiert. Nach dem Wegfall der Förderung der Schulen durch die Max-Planck-Gesellschaft musste die Finanzierung aus anderen Quellen gesichert werden. Nach 2003 gelang es, in Berlin noch vier weitere Schulen zu organisieren.

Wolfgang Neumann ist neben der DGKK auch Mitglied der Deutschen Gesellschaft für Kristallographie (DGK), deren Vorsitzender er von 2006 bis 2009 war. Darüber hinaus war er Vorsitzender des Nationalkomitees dieser Gesellschaft. Weiterhin ist er Mitglied der Deutschen Gesellschaft für Elektronenmikroskopie (DGE).

Als Editor-in-chief der Zeitschrift „Crystal Research and Technology“ leistet er einen fundamentalen Beitrag zur Kommunikation aktueller Forschung auf dem Gebiet der Kristallzüchtung, Kristallcharakterisierung und Anwendung kristalliner Materialien.

Im Jahr 2008 wurde auf Initiative von Wolfgang Neumann das „Joint Laboratory for Electron Microscopy Adlershof“ (JEMA) gegründet, in dem die Humboldt-Universität zu Berlin und das Leibniz-Institut für Kristallzüchtung Berlin auf dem Gebiet der

10 hochauflösenden Transmissionselektronenmikroskopie ihre Leistungsfähigkeit bündeln. Auf diese Weise hat der Wissenschaftsstandort Berlin-Adlershof ein weiteres wichtiges Aushängeschild erhalten.

Seinen wissenschaftlichen Weg hat Wolfgang Neumann in Berlin-Adlershof begonnen und wird ihn hier wohl auch beenden. Er selbst scherzt manchmal, dass er ja wohl offensichtlich nicht weit gekommen sei – letztlich habe er nur die Straßenseite ge-

wechselt. Dem widersprechend darf man feststellen, dass sehr viel aufgebaut und auf den Weg gebracht worden ist, was auch zukünftig Bestand haben wird.

Herzlichen Glückwunsch zum Geburtstag, weiterhin viel Erfolg für die angestrebten materialwissenschaftlichen Forschungsaktivitäten sowie Freude und Spaß im nun mehr und mehr in den Vordergrund rückenden privaten Bereich.

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 (SrTiO₃, MgO, YSZ, NdGaO₃, Al₂O₃, 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)



Ag(111) d=75 mm

Innovationspreis Mikroelektronik

Der Georg Waeber Innovationspreis 2009 des Förderkreises für die Mikroelektronik e.V. ging im Oktober 2009 an Forschungsteams aus dem Fraunhofer IISB Erlangen, dem Fraunhofer THM Freiberg und der SolarWorld AG für neue Entwicklungen zum

Einsatz von Magnetfeldern in der industriellen Produktion von Siliziumkristallen für die Photovoltaik.

Die Pressemitteilung dazu finden Sie auf der Internetseite http://www.oekonews.at/index.php?mdoc_id=1044423.

DGKK-Preis 2010

Der Ausschuss zur Vergabe des Preises der DGKK bittet alle Mitglieder der DGKK, Vorschläge zur Nominierung geeigneter Kandidaten zu unterbreiten. Der Preis wird an Personen vergeben, die sich durch besondere wissenschaftliche und technische Leistungen auf dem Gebiet des Kristallwachstums und der Kristallzüchtung in der reinen und angewandten Forschung aus-

gezeichnet haben. Es sollen bevorzugt jüngere Wissenschaftler und Technologen ausgezeichnet werden. Der Preisträger muss nicht Mitglied der DGKK sein. Senden Sie Ihre Vorschläge, gekennzeichnet mit "DGKK-Preis 2010", bitte an: redaktion@dgkk.de.

Die Mitglieder des DGKK-Vorstandes 2010 - 2011



Vorsitzender

Peter Rudolph aus Berlin

1969 Diplom an der TU Lvov (Ukraine) im Fach Elektroniktechnologie; 1972 Dissertation an der Fak. Festkörperphysik der gleichen Universität; 1973–80 wiss. Assistent am Bereich Kristallographie der Humboldt-Universität zu Berlin; Mitaufbau des Kristallzüchtungslabors; 1978 Weltraumexperimente zur Kristallzüchtung; 1980 Habilitation an der Humboldt-Universität zu Berlin; 1985 Professur für Techn. Kristallographie und Kristallzüchtung an der HUB; 1993-94 und 99 Gastprofessuren am Inst. for Mat. Res. der Tohoku Universität Sendai (Japan); seit 1994 Mitarbeiter des Institutes für Kristallzüchtung Berlin; Koordinator des Kompetenzfeldes „Technologieentwicklung“; Forschungsschwerpunkte: Czochralski- und VGF-Schmelzzüchtung von III-V- und II-VI-Verbindungshalbleitern, Si, Ge, Einfluss nichtstationärer Magnetfelder, Nichtstöchiometrie, Punktdefekte, Versetzungsdynamik, Formzüchtung; 1999-2009 Leiter des DGKK-AK „Kinetik“; Innovationspreis Berlin-Brandenburg 2001 und 2008.

rudolph@ikz-berlin.de



stellvertretender Vorsitzender

Peter Wellmann aus Erlangen

Peter Wellmann (Jahrgang 1966) ist seit Oktober 2007 Inhaber der W2-Professur für Werkstoffe der Elektrotechnik am Department Werkstoffwissenschaften der Universität Erlangen-Nürnberg. Forschungsschwerpunkte sind Kristallwachstum und Charakterisierung von Halbleitermaterialien. Die Arbeiten im Kristallzüchtungslabor umfassen Volumenkristallwachstum und Epitaxie von neuen Halbleitern für die Leistungselektronik, Herstellung und Untersuchung von Dünnschichtso-larzellenmaterialien, sowie das Verdrucken nano-partikulärer elektronischer Schichten. Es besteht eine enge Zusammenarbeit mit der Abteilung Kristallzüchtung des Erlanger Fraunhoferinstitutes. Im Bereich der Lehre wird an der Etablierung eines Europäischen Kristallzüchtungsstudiums gearbeitet.

peter.wellmann@uni-erlangen.de



Schatzmeister

Manfred Mühlberg aus Köln

Studium der Kristallographie an der Humboldt-Universität Berlin; Promotion: Einkristallzüchtung und Charakterisierung von PbTe; Beschäftigung mit IV-VI und II-VI Halbleitern; seit 1992 Prof. für Kristallographie an der Universität zu Köln: Einkristallzüchtung und kristallphysikalische Charakterisierung oxidischer Materialien (ausgewählte azentrische Borate und Niobate); seit 2001 Schatzmeister der DGKK

manfred.muehlberg@uni-koeln.de



Schriftführerin

Christiane Frank-Rotsch aus Berlin

Studium der Kristallographie an der Humboldt-Universität zu Berlin. Promotion auf dem Gebiet der VGF-GaAs-Züchtung an der TU Bergakademie Freiberg (1996); seit 1998 Beschäftigung mit der Züchtung und Charakterisierung von Halbleiterkristallen sowie der Modellierung von Züchtungsprozessen am Leibniz-Institut für Kristallzüchtung in Berlin; seit 2006 Schriftführerin der DGKK.

frank@ikz-berlin.de

**Beisitzer**

Klaus Dupré aus Idar-Oberstein

Studium der Mineralogie in Bonn, anschließend Promotion zur gerichteten Erstarrung eutektischer Systeme. Seit 1994 am FEE in Idar-Oberstein zuständig für die Czochralski-Züchtung von hochschmelzenden Oxidkristallen für die Lasertechnik und optische Anwendungen.

dupre@fee-io.de

**Beisitzer**

Bernhard Freudenberg aus Freiberg und Coburg

Studium der Werkstoffwissenschaften an der TU Berlin, in Erlangen und in Leeds (GB); 1979 – 1982 im Zentrallabor der Rosenthal AG, Selb; 1983 – 1986 Promotion an der ETH Lausanne (CH) über Festkörperreaktionen im System $Al_2O_3 - TiO_2$; 1987 – 2001 am CFI Ceramics for Industry, Rödingtal, erst Entwicklung, dann Produktionsverantwortung für technische Keramik; 2001 – 2002 bei der EPCOS OHG, Deutschlandsberg (A), Produktionsverantwortung für keramische Bauelemente; seit 2003 bei der SolarWorld AG in Freiberg mit verschiedenen Aufgaben: bis 2008 verantwortlich für den Produktionsbereich Kristallisation in der Deutschen Solar AG, ab 2009 Bereichsleiter F&E in der SolarWorld Innovations GmbH

bernhard.freudenberg@sw-innovations.de

**Beisitzer**

Peter Gille aus München

Studium der Kristallographie an der Humboldt-Universität zu Berlin; 1984 Promotion über Einkristallzüchtung von Halbleitern (PbTe) nach der travelling heater method an der Humboldt-Universität; 1993/94 mit Habilitationsstipendium der DFG am Institut für Werkstoffwissenschaften, Universität Erlangen-Nürnberg; seit 1995 Prof. für Angewandte Mineralogie an der Universität München; Arbeitsgebiete: Einkristallzüchtung (Czochralski- u. Bridgman-Verfahren) von Quasikristallen und intermetallischen Phasen; Sublimationszüchtung von AlN; Lösungskristallisation; Strukturelle Untersuchungen an Einkristallen.

gille@lmu.de

Neue Mitglieder 2009

Wir begrüßen ab dem 15.05.2009 als neue Mitglieder: (Stand 26.11.2009)

Frau Prof. Dr. rer. nat. habil. Marion Wienecke	Institut für Oberflächen- und Dünnschichttechnik (IfOD)
Herrn Dr. Karl Heinz Küsters	der Hochschule Wismar
Herrn Dr. Alfred Miller	Conergy - Frankfurt/Oder
Herrn Dr.-Ing. Georg Raming	Siltronic AG - Burghausen
	Siltronic AG - Burghausen

DGKK-Nachrichten

Die DGKK muss an Signifikanz gewinnen!

Bericht von der Vorstandssitzung am 13. November 2009

P. Rudolph

Am 13. November 2009 traf sich der DGKK-Vorstand im Physikalischen Institut der Johann-Wolfgang-Goethe-Universität in Frankfurt am Main, um die nächsten Aufgaben der neuen Wahlperiode bis Ende 2011 zu beraten und festzulegen. Anwesend waren Mitglieder des derzeitigen und neugewählten Vorstandes: W. Aßmus, Ch. Frank-Rotsch, M. Mühlberg, A. Danilewsky, J. Friedrich, P. Wellmann, K. Dupré, B. Freudenberg, P. Gille und P. Rudolph. Zunächst wurden die Aufgabengebiete der neuen Vorstandsmitglieder festgelegt. Demnach werden die Verantwortungsbereiche wie folgt aufgeteilt¹:

P. Rudolph	Vorsitz, Arbeitsakzente, MV, MB, Matwerk, EU, IOCG, IUCr, DKT11
P. Wellmann	Stellvertretung, Fördereinrichtungen, MB, Vereinsleben, Schülerförderung
Ch. Frank-Rotsch	Schriftführung, Tagungskalender, Homepage, Mitgliederwerbung
M. Mühlberg	Schatzmeister, Beiträge, Annoncen, Preise, NW-Förderung, DGK
K. Dupré	Industriekooperation, Gewinnung KMU, Industrierwerbung
B. Freudenberg	Industriekooperation, Industrieweiterbildung, DGKK-Schulungen
P. Gille	Arbeitskreistätigkeit (Neugründungen), akademische Weiterbildung, DGK

Die Redaktion des DGKK-Mitteilungsblattes wird von den Herren U. Rehse und W. Miller (beide IKZ Berlin) übernommen. Die Erscheinungsperiodizität der Hefte wurde für Mai und Oktober eines jeweiligen Jahres festgelegt. Es ergeht an alle DGKK-Mitglieder die ausdrückliche Bitte, deutlich mehr als bisher zum Inhalt der Hefte beizutragen und regelmäßig Artikel einzusenden. Der Vorstand erhofft sich insbesondere Berichte über erfolgreiche Dissertationsverteidigungen, wozu die Betreuer besonders angesprochen sind. Unseren Nachwuchswissenschaftlern sei noch einmal ausdrücklich ans Herz gelegt, dass wissenschaftliche Beiträge sehr willkommen sind und diese auch als Publikation abgerechnet werden können.

Die Gestaltung der DGKK-Homepage liegt in den Händen von Herrn A. Danilewsky (Univ. Freiburg) für den Inhalt, Frau Ch. Frank-Rotsch (IKZ Berlin) für Mitgliederfragen und Frau S. Bergmann (IKZ Berlin) auch weiterhin für die Gestaltung und technische Realisierung.

Es wurde die bisherige sehr gute Tätigkeit aller sechs DGKK-Arbeitskreise und ihrer Sprecher (z.Z. J. Friedrich, P. Wellmann, G. Behr, M. Mühlberg, M. Heuken, W. Miller, A. Seidl) hervorgehoben. Sie bilden die Grundlage des wissenschaftlichen Lebens und der Verbreitung des Anliegens der DGKK. Es wurde darüber informiert, dass der AK „Herstellung und Charakterisierung von massiven Verbindungshalbleitern“ im Oktober 2009 auf Beschluss der sehr zahlreichen Teilnehmer (über 60) in Freiburg umbenannt wurde in: „Herstellung und Charakterisierung von massiven Halbleiterkristallen“, um damit die zunehmenden Akti-

vitäten zur PV-Silizium- und Ge-Züchtung einzubeziehen.

Ab 2010 wird ein neuer Arbeitskreis „Nanokristallisation“ ins Leben gerufen. Als erste Sprecherin hat sich Frau Prof. Marion Wienecke vom Institut für Oberflächen- und Dünnschichttechnik (IfOD) der HS Wismar bereit erklärt. Sie hatte ein Konzept vorbereitet, das vom Vorstand sehr begrüßt wurde. Auf der Deutschen Kristallzüchtungstagung 2010 in Freiburg soll dieses Konzept, das in enger Zusammenarbeit mit dem AK „Kinetik“ den Zugang zu vielen neuen Fachkollegen und Arbeitsgruppen im In- und Ausland eröffnet, detailliert vorgestellt werden. Ein erstes AK-Meeting ist für den Herbst 2010 geplant. Auf der DKT 2011 sollen auch Vorträge zur Nanokristallisation eingeladen werden.

Einen weiteren Schwerpunkt bildete die Aus- und Weiterbildung für Doktoranden, Studenten und Industriemitarbeiter. Aufbauend auf dem erfolgreichen DGKK-Seminar „Kristallzüchtung von Solarsilizium“ im Juni 2009 in Freiberg (s. MB 88 S.11-12), ist eine Fortführung im Mai oder Juni 2010 in Thüringen vorgesehen. Programmgestaltung und organisatorische Vorbereitung übernimmt wieder Herr J. Friedrich (Kristalllabor des IISB der FhG Erlangen). Darüber hinaus wird die DGKK eine langfristige Aus- und Weiterbildung für die Industrie organisieren (berufsbegleitend mit zertifiziertem Abschlussbeleg „Kristall(züchtungs)technologie“). Neben der Vermittlung von Grundlagen des Kristallwachstums, der Defektentstehung, des Wafers, der Charakterisierung und begleitenden Modellierung werden auch Lehreinheiten zu Anlagentechnik, Regelungsaspekten, Betriebsstoffen sowie Züchtungstechnologien angeboten. Als zukünftiger Verantwortlicher hat sich dankenswerterweise Herr Dr. W. von Ammon (Siltronic AG) bereiterklärt. Gemeinsam mit der DGKK wird er demnächst Lehrinhalte, Ablaufplan und Finanzierungsmodus erarbeiten und mit der Gewinnung der Lehrer beginnen. Eine aktive Unterstützung der einschlägigen Industrie ist dafür unbedingt erforderlich.

Das IKZ-Berlin setzt seinen einwöchigen Sommerkurs zum Kristallwachstum auch im Jahr 2010 fort. Nach den Gastvorlesungen der Professoren A. Chernov (USA), J. Derby (USA), T. Nishinaga (Japan) und A. Ostrogorski (USA) in den vergangenen vier Jahren, soll im nächsten Sommer Prof. T. Kuech (USA) zu Grundlagen der Epitaxie gewonnen werden. Alle Interessenten sind wiederum zu diesem kostenlosen Lehrgang herzlich eingeladen. Eine Vorankündigung wird rechtzeitig auf die Homepage gesetzt.

Des weiteren ist ein „European Master Course on Crystal Growth“ in Vorbereitung. Dazu werden semesterweise Vorlesungskomplexe an den bisher beteiligten Universitäten in Grenoble (Prof. Th. Duffar), Madrid (Prof. E. Dieguez), Leeds (Prof. K. Roberts), Erlangen-Nürnberg (Prof. P. Wellmann), Freiburg (Prof. A. Cröll) und an der Humboldt-Universität zu Berlin (Prof. R. Fornari) angeboten. Herr P. Wellmann wird dazu auf der MV am 03. März 2010 in Freiburg einen ausführlichen Bericht zum derzeitigen Stand geben.

¹ Die Abkürzungen bedeuten: MV - Mitgliederversammlung, MB - Mitverantwortung Mitteilungsblatt, EU - Europäische Union, IOCG - International Organization for Crystal Growth, IUCr - International Union of Crystallography, DKT - Deutsche Kristallzüchtungstagung, DGK - Deutsche Gesellschaft für Kristallographie.

14 Entsprechend eines Aufrufes der DFG unterbreitete der DGKK-Vorsitzende Vorschläge für die neue DFG-Gutachter-Fächerstruktur ab 2011. Gegenwärtig ist die DGKK gemeinsam mit weiteren 9 Gesellschaften im Referat 406-3 „Metallurgie und Thermodynamik mehrphasiger metallischer Systeme“ vertreten. Von uns wurde die Aufnahme eines neuen passenderen Referates 406-5 „Herstellung von kristallinen Strukturen und Schichten“ vorgeschlagen. Auf der kommenden Vorstandssitzung werden Gutachter-Kandidatenvorschläge seitens der DGKK behandelt. Es wurde die Durchführung einer Podiumsdiskussion mit Förderinstitutionen wie EU, DFG, BMBF und Länderagenturen diskutiert, um das Wissenschaftsgebiet der Kristallzüchtung stärker ins Gesichtsfeld der „Geldgeber“ zu rücken. Dazu könnten z.B. die jährlichen Kristallzüchtungstagungen genutzt werden. Auch ist die Organisation einer separaten Veranstaltung mit Auftakt in Berlin denkbar. Herr J. Friedrich erklärte sich bereit, dazu mit einem bereits bestehenden Forum der FhG in Kontakt zu treten. Es sei darauf hingewiesen, dass zur Deutschen Kristallzüchtungstagung in Freiburg 2010 ein Podiumsgespräch "Mikrogravitation" mit Vertretern der ESA, DLR, Industrie und Hochschulen geplant ist.

Der DGKK-AK „Kinetik“ wird im Rahmen des MatWerk-Symposiums zur DPG-Frühjahrstagung vom 21. bis 23. März 2010 in Regensburg ein Meeting abhalten. Organisatoren des AK sind Prof. Th. Michely, Prof. J. Krug (beide Uni. Köln) und Dr. W. Müller (IKZ). Damit ist es gelungen, die DGKK in dieser noch jungen wichtigen Vereinigung vieler Gesellschaften Deutschlands mit Material- und Werkstoffrelevanz an hervorragender Stelle zu exponieren. Wir erwarten eine sehr rege Teilnehmerzahl und rufen zur Einsendung von Vorträgen auf.

Herr P. Rudolph gab einen Bericht zur Arbeit der IOCG und zum Stand der Vorbereitung Internationaler Kristallzüchtungstagungen wie der ICCG-16 vom 08. bis 13.08. 2010 in Peking sowie der ISSCG-14 vom 01. bis 07. 08. 2010 in Dalian (China). Die DGKK ist im Int. Advisory Committee (R. Fornari), Program Committee (P. Rudolph) und mit einigen Session Co-chairs (A. Cröll, D. Siche, D. Klimm ...) aktiv in die Vorbereitung einbezogen. Als Lehrer der ISSCG-14 wurden seitens der DGKK bisher die Herren G. Müller (Erlangen) und P. Rudolph (Berlin) angeschrieben.

Im Jahre 2011 wird das IKZ-Berlin die IWCGT-5 in Berlin oder Umgebung durchführen. Dieser Workshop ist die Fortsetzung der erfolgreichen vorangegangenen vier Meetings von Spezialisten der Kristallzüchtungstechnologie in Beatenberg und Zao. Die British Association for Crystal Growth (BACG) plant im Jahre 2012 in Großbritannien die Durchführung einer Europäischen Kristallzüchtungstagung ECCG-4. Die ICCG-16 wird bekanntlich von der Polish Society for Crystal Growth (PSCG) gemeinsam mit der DGKK im Jahr 2013 in Warschau vorbereitet und veranstaltet. Die Kristallzüchterschule der IOCG ISSCG-15 wird eine

Woche davor in Gdansk stattfinden.

Es wurde über einen wichtigen Schritt in Richtung Vertiefung der europäischen Kooperation auf dem Gebiet der Kristallzüchtung berichtet. Am 21. April 2010 wird am IKZ-Berlin ein Meeting der Vorsitzenden nationaler Kristallzüchtungsgesellschaften und Forschungslabore der europäischen Länder stattfinden. Zur Tagesordnung gehören

1. Reports of delegates on current national crystal growth situation and activities,
2. Steps towards creation of a European Association for Crystal Growth,
3. Future crystal growth meetings in Europe,
4. European Master Course on crystal growth,
5. National and biennial CG meetings with international participants,
6. Cooperation projects on crystal growth and material science, and more weight of crystal growth in EU Frame Programmes.

Die Reaktion der europäischen Kollegen ist außerordentlich positiv. Bisher haben 26 Teilnehmer aus 21 Ländern ihre Teilnahme zugesagt. Im DGKK-Mitteilungsblatt wird darüber ausführlich berichtet werden.

Des Weiteren wurden Vorbereitungsstand der „Deutschen Kristallzüchtungstagung 2010“ in Freiburg und die dazu anstehende DGKK-MV behandelt. Es wurde noch einmal an die in Dresden 2009 bewährte Einbeziehung der AK-Sprecher in die Programmgestaltung verwiesen. Der Vorstand nahm ein Konzept zur Durchführung einer „Deutsch-Polnischen Kristallzüchtungstagung 2011“ im März 2011 in Frankfurt/Oder entgegen. Herr Dr. Küsters (Conergy) hat sich bereit erklärt die Tagungsleitung zu übernehmen. Schwerpunkte sollen Kristalle, Schichten und Nanostrukturen für Energieumwandlungen, insbesondere in der Photovoltaik, bilden. Dieser Vorschlag soll von der Mitgliederversammlung in Freiburg verabschiedet werden.

Die Idee der Einrichtung einer „automatischen Einjahres-Mitgliedschaft“ bei Teilnahme an DGKK-Veranstaltungen, wie der Jahrestagung und an den Arbeitskreisen (ähnlich dem Prinzip der AACG) wurde vorerst verworfen. Im internationalen Maßstab ist die DGKK mit ca. 300 Mitgliedern eine der stärksten Kristallzüchtungsgesellschaften.

Schließlich wurde der auf der MV in Dresden von Frau Trautnitz (Uni. Freiburg) geäußerte Vorschlag der Einrichtung einer DGKK-Jugendfraktion diskutiert. Es wurde festgelegt, zu den Vorstandssitzungen wechselnd Nachwuchswissenschaftler verschiedener Hochschul- oder Industrieinstitutionen einzuladen und ihre Vorschläge zur Verbesserung der Nachwuchsarbeit der DGKK entgegenzunehmen. In Freiburg 2010 soll damit begonnen werden.

Die Züchtung von großen Bariumhexaferrit-Kristallen aus Hochtemperaturlösungen

Carsten Dubs und Peter Görnert, INNOVENT e.V. Technologieentwicklung, Jena

Technisch wichtige Ferritmaterialien, die man anhand ihrer Struktur in Ferrite mit Spinell-Struktur, Granat-Struktur und hexagonaler Struktur unterteilen kann, werden bereits seit 50 Jahren aufgrund ihrer breit variierbaren magnetischen Eigenschaften eingesetzt.

Vor allem die Hexaferrite - und hier die Barium- und Strontiumhexaferrite - weisen eine große Bandbreite an Einsatzmöglichkeiten auf und werden in großem Umfang technisch hergestellt [1].

Der substituierte M-Typ Bariumhexaferrit ($\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$) eignet sich aufgrund seiner hohen Anisotropiefeldstärke als Werkstoff für die Mikrowellentechnik sowohl im Bereich unter 30 GHz als auch im neu erschlossenen Bereich der Millimeterwellen (30-300 GHz) [2]. So kann man magnetisch-abstimmbare Bandpassfilter herstellen, die bis zu Frequenzen von 110 GHz einsetzbar sind.

Üblicherweise werden die hierfür benötigten Einkristalle mittels Abkühlverfahren als Bodenkristalle gezüchtet. Die als hexagonale Plättchen aus Hochtemperaturlösungen spontan kristallisierenden Bodenkristalle sind jedoch meist klein und weisen viele Defekte auf.

Um größere Kristalle zu erhalten, muss man Keim-basierte Züchtungstechniken wie z.B. Submerged Seeded Solution Growth (SSSG) bzw. Top Seeded Solution Growth (TSSG) einsetzen [3]. TSSG-Züchtungsversuche führten bisher jedoch zu stark gestörten Kristallen mit vielen Einschlüssen und Rissen [4].

Um effizient Bariumhexaferrit-Kristallmaterial mit höherer Ausbeute herstellen zu können, optimierten wir die TSSG-Technik,

indem wir kristallographisch geeignete Ziehrichtungen ermittelten, bei denen ein Auswachsen der Defekte ermöglicht werden konnte. Wir erhielten Bariumhexaferrit-Kristalle mit regelmäßigem Habitus und nahezu isometrischer Dimensionierung (keine Plättchenform) mit Massen zwischen 25-30 g, die deutlich reduzierte Defektdichten aufwiesen.

Die Facettenflächen sind im Wesentlichen von polygonisierten Makrospiralen bedeckt, und auf den (0001) Basalflächen kann man anhand der hexagonalen Symmetrie der aufgelaufenen Makrostufen die hexagonale Gitterstruktur ablesen.

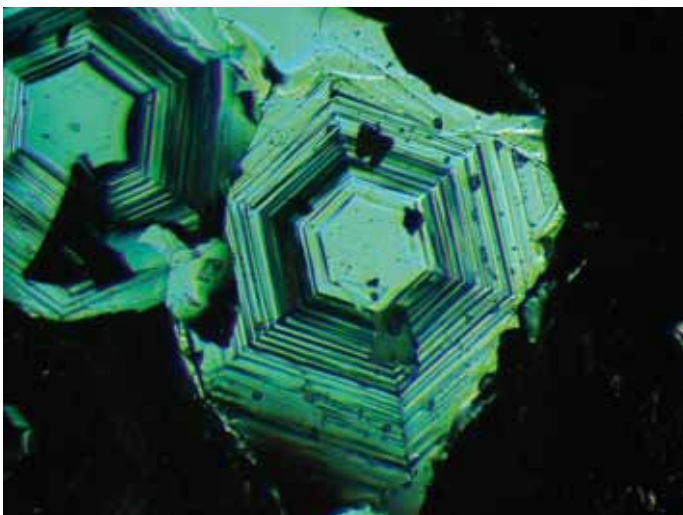
Röntgentopographische und auflichtmikroskopische Untersuchungen zeigen, dass die durch eingeschlossenes Lösungsmittel generierten makroskopischen Defekte (Kavitäten) und mikroskopischen Defekte (Versetzungsbündel) rund um den Keimkristall mit zunehmendem Durchmesser des Kristalls auswachsen und ein strukturell perfektes Kristallvolumen ermöglichen. Somit steht uns ein effizientes Verfahren zur Bariumhexaferrit-Züchtung zur Verfügung, das ausreichend hochwertiges Ausgangsmaterial für magnetisch aktive Ferritelemente in Mikrometerwellen- und Millimeterwellen-Systemen zur Verfügung stellen kann.

[1] H. Hibst, *Angew. Chem.* 94 (1982) 263-274

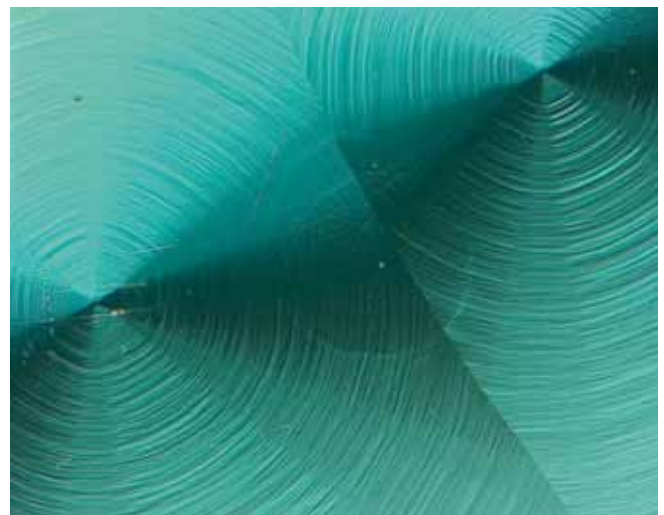
[2] M. Lemke, W. Hoppe, W. Tolksdorf, F. Welz, *Mikrowellen Magazin* Heft 3/81, S. 286-290

[3] P. Röschmann, M. Lemke, W. Tolksdorf, F. Welz, *Mat. Res. Bull.* 9 (1984) 385-392

[4] W. Tolksdorf, in: *Handbook of Crystal Growth*, Vol 2a, Kapitel 10, Ed.: D.T.J. Hurle, (North-Holland, Amsterdam 1994)



Hohlwachstum (hopper growth) von hexagonalen (M-Typ) Bariumhexaferrit-Kristallen auf einer Lösungsmitteloberfläche (flux growth) nach Abkühlen der Hochtemperaturlösung mit 50 K/h von ca. 1000 °C (Stereomikroskopie)



Zusammentreffen zweier polygonisierter Makrospiralen mit hexagonaler Symmetrie auf einer (0001) Facettenfläche eines TSSG-gezüchteten Sc:Bariumhexaferrit-Kristalls (DIC-Auflichtmikroskopie)

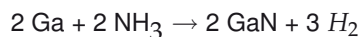
16 Ein Rückblick auf die Anfänge der Epitaxie und Kristallzüchtung von GaN

Klaus Jacobs, Leibniz-Institut für Kristallzüchtung, Berlin

GaN und darauf basierende Mischkristalle sind vermutlich die nach dem Silizium wichtigste und aktuell am intensivsten beforschte Gruppe von Halbleiterkristallen. Ihre Hauptanwendung liegt in der Optoelektronik, für kurzweilig strahlende Leuchtdioden. Weiß leuchtende LEDs werden allmählich für jedermann mit vielen Anwendungen sichtbar, in Ansätzen auch schon für allgemeine Beleuchtungszwecke. Der Kristallzüchter fühlt sich darin bestärkt, dass sein Fachgebiet hier etwas Wesentliches zur Lösung fundamentaler gesellschaftlicher Probleme beitragen kann. 9.5 % der in Deutschland jährlich verbrauchten Elektroenergie werden für Beleuchtung verbraucht. Könnte ein Drittel davon durch den breiten Einsatz von Leuchtdioden eingespart werden, so entspräche dies einer Reduzierung des Elektroenergiebedarfs um 3.1 %. (Allerdings sind das nur ca. 0,5 % Einsparung vom gesamten Primärenergiebedarf). Immerhin wäre das äquivalent zu einer Verminderung der jährlichen CO₂-Emission um 9.7 Mio. t/a [1]. Diese Zahlen zeigen realistisch, was technologisch orientierte Kristallzüchtung für ein Teilgebiet der Technik leisten kann.

Die ersten Veröffentlichungen zu halbleiterphysikalischen Eigenschaften von GaN erschienen 1959 [2, 3]. Grimmeiss und Mitarbeiter untersuchten die Photolumineszenz der kleinen aus Ga und Ammoniak synthetisierten Kriställchen. Inzwischen sind 50 Jahre vergangen. Dies sei als Anlass für einen Ausflug in die Historie der A(III)-B(V)-Nitride genommen. Manchmal lassen sich aus der Geschichte sogar gewisse Erkenntnisse und Lehren ziehen. Ein solcher Ausflug vermittelt ein Gefühl dafür, welche Zeiträume und finanzielle und personelle Aufwendungen für bestimmte Entwicklungen notwendig sind. Zugleich lässt er aber auch erkennen, mit welcher rasenden Dynamik sich dann einmal ins Rollen gebrachte Steine bewegen.

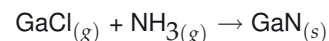
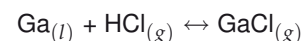
Die nicht in der Natur vorkommenden Nitride der Elemente der 3. Hauptgruppe des Periodensystems gehörten zu den zuerst synthetisierten III-V-Verbindungen. 1899 erschien eine Arbeit, in der die Synthese von AlN durch Reaktion der Elemente im Lichtbogen beschrieben ist (Arons) [4]. Im Jahre 1910 erschienen Arbeiten zur Synthese von InN (Fischer und Schröter) [5]. GaN wurde in Form kleiner Nadeln und Plättchen erstmals 1932 synthetisiert [6], sechs Jahre darauf erschien eine weitere Publikation zur Synthese und Strukturbestimmung von GaN und InN (Juza und Hahn) [7]. In beiden Fällen wurde Ammoniak mit mehreren hundert Grad erhitztem Gallium bzw. Indium zur Reaktion gebracht:



Die Reaktion der Metalle der III. Hauptgruppe (oder einer ihrer Verbindungen) im Ammoniakstrom bei erhöhten Temperaturen diente allgemein als Synthesemethode für AlN, GaN und InN, wobei die Nitride aber stets als Pulver aus mehr oder weniger gut ausgebildeten Kriställchen anfielen. Trotz bisher nur mäßiger Erfolge wird auch heute noch daran gearbeitet, auf diesem Wege größere GaN-Einkristalle zu gewinnen.

Die Materialbasis für die GaN-Forschung änderte sich ab etwa 1969, als in den RCA Laboratories in Princeton, New Jersey, begonnen wurde, GaN-Schichten auf Saphir-Substraten abzuscheiden [8, 9]. Zu dieser Zeit waren rot und grün emittierende

Lichtemitter-Dioden (LEDs) bereits erfolgreich realisiert. Grundmaterial für erstere war GaAs_{1-x}P_x, für letztere GaP, in dem die Limitierung der indirekten Bandstruktur durch Dotierung mit örtlich lokalisierten isoelektronischen Stickstoff-Atomen und -Atompaaren teilweise überwunden wurde. Das Grundmaterial GaAs_{1-x}P_x für die rot, orange und gelb leuchtenden LEDs wurde mittels HVPE ("Halide Vapor Phase Epitaxy" oder auch "Hydrid Vapor Phase Epitaxy") hergestellt. Bei diesem Verfahren wird zunächst bei hohen Temperaturen (um 900 °C) durch Überleiten von HCl über Gallium das flüchtige Gallium-Subchlorid erzeugt, welches anschließend mit den Hydriden der Elemente der fünften Hauptgruppe zur gewünschten Verbindung umgesetzt wird. Der damalige Direktor der Materials Research Division in den RCA Laboratories, James Tietjen, sah die Chance, dass GaN die fehlende Farbe Blau für LEDs liefern könnte und mittels HVPE herstellbar sein sollte. In völliger Analogie zur GaAs- und GaP-Epitaxie diente naturgemäß Ammoniak als geeignete Stickstoff-Quelle, so dass die Bildungs-Reaktionen summarisch wie folgt formuliert werden können:



Hier sei ein Einschub zum Akronym „HVPE“ gestattet. In den Anfangsjahren der Gasphasenepitaxie der III-V-Halbleiter, in denen der Autor dieser Zeilen bereits auf diesem Gebiet tätig war, war zunächst das „Trichlorid-Verfahren“ von Bedeutung. Für GaAs z.B. diente Arsen-trichlorid, eine bei Raumtemperatur flüssige Verbindung, als Arsenquelle. Zugleich wurde aus dessen Reaktion mit Wasserstoff HCl-Gas erzeugt, welches als Transportmittel für Gallium diente. Beim Trichlorid-Verfahren wurde GaAs also immer aus einer Gasphase erzeugt, in der Ga- und As-haltige Spezies, bedingt durch die Stöchiometrie der Verbindung AsCl₃, im Atomverhältnis von ca. 3:1 vorlagen. Diese derartig fixierte Gasphasenzusammensetzung war nicht optimal. Unsere eigenen damaligen Experimente in der Arbeitsgemeinschaft „Physik und Chemie der A(III)B(V)-Halbleiter“ an der Universität in Leipzig zeigten ebenso wie die vieler anderer Autoren als Hauptproblem beim Trichloridverfahren die Ausbildung einer GaAs-Haut auf der Oberfläche der Ga-Schmelze. (Ein ähnliches Problem besteht heute bei Bemühungen, GaN aus Ga und Ammoniak zu züchten, wenn NH₃ an die Ga-Quelle gelangt). Der Begriff „Hydride Vapour Phase Epitaxy“ (HVPE) wurde als Abgrenzung zum Trichlorid-Verfahren für ein Gasphasenepitaxie-Verfahren eingeführt, in welchem Ga mit einem separaten HCl-Gasstrom transportiert wurde und ein Hydrid, Arsin (AsH₃) oder Phosphin (PH₃), als Quelle für den B(V)-Konstituenten diente. Ammoniak (NH₃) wurde als Dotiergas zum Erzielen der notwendigen hohen Stickstoffkonzentration im GaP eingesetzt. Damit war die Anlieferung der A(III)- und der B(V)-Konstituenten über die Gasphase stöchiometrisch entkoppelt, und es gelangte keine B(V)-Komponente mehr an die Metallquelle, so dass sich darauf keine Kruste mehr ausbilden konnte. Die Abkürzung „HVPE“ heute als „Hydrid Vapour Phase Epitaxy“ zu interpretieren macht keinen Sinn, da auch bei der MOVPE ein Hydrid als Quellmaterial für die B(V)-Komponente dient. Charakteristischer Unterschied

zwischen HVPE und MOVPE ist die Verwendung einer Halogenverbindung als Quellmaterial für die A(III)-Komponente in der HVPE, während bei beiden Verfahren die B(V)-Komponente als Hydrid zum Einsatz kommt. Daher sollte „HVPE“ heute nur als „Halide Vapour Phase Epitaxy“ interpretiert werden.

Zurück zu den Anfängen der GaN-HVPE. Der im Mai 1968 bei den RCA Labs für die Entwicklung eines Verfahrens für die epitaktische Abscheidung von einkristallinen GaN-Schichten eingestellte Mitarbeiter, H. P. Maruska, berichtet freimütig [9], dass man zunächst längere Zeit versuchte, einkristalline GaN-Schichten bei Temperaturen unterhalb von 600 °C abzuscheiden, da Lorenz und Binkowski festgestellt hatten, dass sich GaN im Vakuum bereits bei 600 °C erheblich zersetzt [10]. Bei diesen tiefen Temperaturen erhielt Maruska aber nur polykristallines Material. Im März 1969 schließlich wurden die ersten wasserklaren einkristallinen GaN-Schichten erhalten – zunächst bei 850 °C [8]. Noch höhere Abscheidungstemperaturen (um 950 °C) führten zu weiter verbesserter Kristallperfektion. Maruska und sein Nachfolger, E. A. Miller, erreichten damals bereits relativ hohe Wachstumsraten um $r \approx 0.5 \mu\text{m}/\text{min}$. (Als Randbemerkung: Maruska ging 1970 an die Stanford University, um eine PhD-Arbeit anzufertigen. 1970 wurde er 26 Jahre alt, so dass er nicht mehr Gefahr lief, zur US Army, die 1969 heftig mit dem Krieg in Vietnam beschäftigt war, eingezogen zu werden. Davor hatte ihn bis dahin die Mitwirkung am GaN-Projekt geschützt).

Interessanterweise wurde von Anfang an Saphir als Substratmaterial eingesetzt, SiC spielte keine Rolle. Die Auswahl erfolgte aus dem Grunde, weil man im Zusammenhang mit einem SOS-Projekt Saphir in Zentimeter-Abmessungen im Hause hatte und das Material nicht mit Ammoniak reagierte. Seit damals sind viele unterschiedliche Materialien als Substrate erprobt worden [z.B. 11, 12], weil weder Gitterkonstante noch thermischer Ausdehnungskoeffizient gut mit den entsprechenden Daten von GaN harmonieren. Das epitaktische Wachstum erfolgt üblicherweise auf der c-Fläche des Saphirs, worauf GaN ebenfalls mit seiner c-Fläche aufwächst. Allerdings ist das GaN-Gitter um die c-Achse um 30 Grad verdreht, wodurch die Gitterfehlpassung von mehr als 30 % auf ca. 14 % reduziert wird – immer noch eine riesig große Fehlpassung von ca. 14 % bei Raumtemperatur. Der thermische Ausdehnungskoeffizient von Saphir beträgt mehr als das Doppelte dessen von GaN. Die Konsequenzen sind sehr hohe Dichten an Versetzungen im Bereich von einigen 10^8 bis 10^{10}cm^{-2} und von anderen Baufehlern sowie enorm hohe Spannungen, die bei Dicken im mm-Bereich zu Rissen und Brüchen führen. Darüber hinaus sind sein Isolator-Charakter und die schlechte Wärmeleitfähigkeit für viele Bauelementestrukturen von Nachteil. Aber Saphir ist noch heute das bevorzugte Substratmaterial für Massenbauelemente. Gründe dafür sind seine chemische und thermische Stabilität bei den für die GaN-Abscheidung erforderlichen Temperaturen, seine gute Verfügbarkeit, auch mit größeren Abmessungen, und seine vergleichsweise niedrigen Kosten. Typische Preise liegen heute bei etwa 100 US-\$ für einen 2“-Wafer, 200 US-\$ für einen 3“-Wafer und 350 US-\$ für einen 4“-Wafer (jeweils beidseitig poliert).

Bis heute ist es nicht gelungen, ein wirklich gutes Verfahren für die Herstellung von GaN-Einkristallen, die als Substrat für die Homoepitaxie dienen können, zu entwickeln, so dass die HVPE heute auch das etablierte Verfahren zur Herstellung von „GaN-Volumenkristallen“ ist. Zahlreiche Tricks und Modifikationen sind gefunden worden, um die Konsequenzen aus den riesigen Unterschieden in Gitterkonstanten und thermischen

Ausdehnungskoeffizienten abzumildern, aber die HVPE dient heute nicht mehr ihrem ursprünglichen Zweck als bevorzugtes Epitaxieverfahren für GaN. Akasaki legt die Gründe für den Übergang zur MOVPE als dem besser geeigneten Epitaxieverfahren ausführlich dar [13]. Aber die HVPE lebt, sie wird vor allem für die Züchtung von „dicken“ GaN-Schichten eingesetzt, die z.B. mittels Laser-Lift-off vom Saphir-Substrat abgelöst und dann als Eigensubstrat verwendet werden können.

1970 kam Jacques Pankove zurück von der Berkeley University in das RCA-Forschungszentrum nach Princeton, wo er sich intensiv damit beschäftigte, aus diesem Material Leuchtdioden herzustellen. Die Anstrengungen von Pankove und Miller bei RCA führten zu den ersten GaN-Proben, mit denen Elektrolumineszenz erzielt wurde [14, 15]. Diese Strukturen enthielten stets eine hoch Zn-dotierte und trotzdem hochohmige GaN-Schicht. Die erste auf diese Weise hergestellte GaN-LED emittierte grünes Licht. Diese enge Verbindung zwischen Kristallzüchtern und Physikern, welche ein Material für einen bestimmten Anwendungszweck suchen und untersuchen, ist wohl eines der wichtigsten Erfolgsrezepte für das Erzielen bleibender wissenschaftlicher Ergebnisse – das gilt nicht nur für GaN... .

Die ersten nominell undotierten GaN-Epitaxieschichten waren stets n-leitend und wiesen sehr hohe Konzentrationen an freien Ladungsträgern, häufig mit $n > 10^{19} \text{cm}^{-3}$, auf. Der Verfasser dieser Zeilen erinnert sich, dass auch in seiner damaligen Arbeitsgruppe an der Universität in Leipzig mittels SIMS Zn-Atom-Konzentrationen im Bereich von 10^{20}cm^{-3} nachgewiesen wurden – aber die Schichten waren, wenn auch hoch kompensiert, immer noch n-leitend. Wie sich später erhärtete, wurde aber schon damals von den Leipziger Freunden und Kollegen des Autors postuliert und indirekt nachgewiesen, dass Stickstoff-Vakanzen nicht die Quelle der hohen Elektronenkonzentration in den GaN-HPE-Schichten waren. Stattdessen wurden O-Atome auf Stickstoff-Gitterplätzen als Ursache für die hohe n-Leitung vorgeschlagen [16].

Maruska erprobte 1972 als erster die Mg-Dotierung von GaN [17], daraus wurden violett emittierende Bauelemente [18] hergestellt. Aber das waren MIS-Bauelemente mit sehr niedrigen Wirkungsgraden. Auch Mg-Dotierung lieferte damals keine p-leitenden sondern nur hochkompensierte Schichten.

Es schien damals so, dass sich p-Leitung in breittüchtigen Halbleitern infolge Selbstkompensation prinzipiell nicht erzielen ließe. Damit schien auch die Herstellung von effizienten Bauelementen mit pn-Übergängen nicht möglich. 1974 wurde das Projekt "Blaue LED" in der RCA eingestellt, und auch die internationalen Aktivitäten konvergierten allmählich gegen Null. Im Jahre 1982 erschien weltweit nur eine einzige Publikation zu GaN!

Erst im Jahre 1989, 17 Jahre nach der erstmaligen Verwendung von Mg, wurde das Problem, p-leitende GaN-Schichten zu erhalten, von Akasaki und Amano, mehr oder weniger zufällig, gelöst [19]. Zunächst durch Elektronenstrahl-Beschuss, später auch durch thermische Behandlung, konnten die eingebauten Mg-Akzeptoratome durch Vertreibung des mit eingebauten Wasserstoffs aktiviert werden. Damit war das Haupthindernis für die Darstellung effizienter GaN-basierter LEDs beseitigt. Ausführlich ist die Geschichte der p-Dotierung von GaN in [20] dargestellt. 1995 erschien Nakamuras erste Publikation zu blau und grün emittierenden GaN-Heterostruktur-LEDs, deren Quantenausbeuten 10 % und darüber betragen [21].

Maruska schreibt in seinen Erinnerungen [9] an diese Anfänge

18 der intensiven GaN-Forschung: „Although Maruska was sure that the new blue LEDs would make him rich, ..., this has never happened“ ... Die Kompensation dafür liest man in Millers Erinnerungen [22]: „A scientist is fortunate if at some time in his or her career an exciting project comes along and the adrenalin

rises“.

Und schließlich sei noch der letzte Satz aus Maruskas Erinnerungen zitiert, den er im Rückblick auf die bisherige GaN-Story als Lehre schreibt: „One must never give up.“

Struktur		Gitterkonstanten [nm]	Epitaxie-Beziehungen	α [10^{-6} K^{-1}]	$\Delta a/a_0$ [%] (300 K - 1300 K)
GaN	hexagonal	$a_0 = 0.3188$ $c_0 = 0.5185$		5.59 3.17	0.5749 0.5032
Al ₂ O ₃	rhomboedrisch	$a_0 = 0.4765$ $c_0 = 1.2982$	(0001) (0001) 30° verdreht $\Delta a/a_0 = 13.8 \%$	9.03 c-Achse 5.0 ⊥ c-Achse	0.83 0.892
SiC (6H)	hexagonal	$a_0 = 0.30806$ $c_0 = 1.51173$	(0001) (0001) $\Delta a/a_0 = 3.5 \%$	4.46 a-Achse 4.16 c-Achse	0.4781 0.4976
Si	kubisch	$a_0 = 0.54310$	(0001) _{GaN} (111) _{Si} $\Delta a/a_0 = 20.1 \%$	2.616	0.3995
GaAs	kubisch	$a_0 = 0.56533$	(0001) (111) $\Delta a/a_0 = 25.3 \%$	6.03	0.5876
LiGaO ₂	orthorhombisch	$a_0 = 0.5402$ $b_0 = 0.6372$ $c_0 = 0.5007$	(0001) (001) $\Delta b/b_0 = 0.19 \%$	1.7 a-Achse 4.16 c-Achse	(Unsicher)
ZnO	Wurtzit	$a_0 = 0.32496$ $c_0 = 0.52065$	(0001) (0001) $\Delta a/a_0 = 2.0 \%$	2.9 a-Achse 4.75 c-Achse	
AlN	Wurtzit	$a_0 = 0.31106$ $c_0 = 0.49795$	(0001) (0001) $\Delta a/a_0 = 2.5 \%$	2.9 a-Achse 3.4 c-Achse	0.6415 0.5349

Epitaxie von GaN auf verschiedenen Substraten

Literatur

- [1] „Energieversorgung der Zukunft“ – Positionspapier des Koordinierungskreises Chemische Energieforschung von DBG, DE-CHEMA, DGMK, GdCh, VCI und VDI-GVC, Oktober 2009
- [2] H. G. Grimmeiss, H. Koelmann, Z. Naturforsch. 14a (1959) 264
- [3] H. G. Grimmeiss, R. Groth, J. Maak, Z. Naturforsch. 15a (1960) 799
- [4] L. Arons, L., Naturw. Rdsch. 14 (1899)
- [5] F. Fichter, Z. anorg. Chem. 54 (1907) 322
- [6] W. C. Johnson, J. B. Parsons, M. C. Crew, J. Phys. Chem. 36 (1932) 2561
- [7] R. Juza, H. Hahn, Z. anorg. allg. Chemie 239 (1938) 282
- [8] H. P. Maruska, J. J. Tietjen, Appl. Phys. Lett. 15 (1969) 327
- [9] H. P. Maruska: "A brief history of GaN blue light-emitting diodes", http://ncsr.csci-va.com/materials/gan/maruska_story.asp
- [10] M. R. Lorenz, B. B. Binkowski, J. Electrochem. Soc. 109 (1962) 24
- [11] L. Liu, J.H. Edgar, Mater. Sci. Eng. R 37 (2002) 61
- [12] C. R. Miskys, M. K. Kelly, O. Ambacher, M. Stutzmann, phys. stat. sol. © 6 (2003) 1627
- [13] I. Akasaki, J. Crystal Growth 300 (2007) 2-10
- [14] J. I. Pankove, E. A. Miller, D. Richman, J. E. Berkeyheiser, J. Luminescence 4 (1971) 63
- [15] J. I. Pankove, E. A. Miller, RCA Rev. 32 (1971) 383
- [16] W. Seifert, R. Franzheld, E. Butter, H. Sobotta, V. Riede, Cryst. Res. Technol. 18 (1983) 383
- [17] H. P. Maruska, W. C. Rhines, D. A. Stevenson, Mat. Res. Bull. 7 (1972) 777
- [18] H. P. Maruska, D. A. Stevenson, J. I. Pankove, Appl. Phys. Lett. 22 (1973)
- [19] H. Amano, I. Kito, K. Hiramatsu, I. Akasaki, Jpn. J. Appl. Phys. 28 (1989) L 2112
- [20] R. B. Jain, H. P. Maruska, phys. stat. sol. (a) 204 (2007) 1970
- [21] S. Nakamura, M. Senoh, N. Iwasa, S. Nagahama, Jpn. J. Appl. Phys. 34 (1995) L 797
- [22] E. A. Miller, <http://www.compoundsemi.com/documents/articles/cldoc/5022.html>

Bericht von der 17. American Conference on Crystal Growth and Epitaxy, Lake Geneva, USA

W. Miller und St. Ganschow, Leibniz-Institut für Kristallzüchtung, Berlin

Die 17. American Conference on Crystal Growth and Epitaxy fand zusammen mit dem 14. US Biennial Workshop on Organometallic Vapor Phase Epitaxy und - zum ersten Mal - mit dem 6. International Workshop on Modeling in Crystal Growth vom 9. bis 14. August 2009 am Lake Geneva statt.

Die Integration des Modellierungs-Workshops in eine allgemeine Konferenz über Kristallwachstum und -züchtung hat natürlich den Vorteil, dass die Vorträge einem breiteren Publikum dargeboten werden und man als Numeriker mit den Praktikern diskutieren kann. Leider war die Einteilung in parallele Sitzungen bei der Konferenz in Lake Geneva so, dass ein Wechsel zu einem anderen Themenkreis mehr oder weniger ausgeschlossen war. Deshalb gibt es an dieser Stelle nur einen Bericht über den Workshop zur Modellierung und weiter unten wird Herr Ganschow über die Beiträge zur Oxidkristallzüchtung berichten.

Natürlich spiegelt sich auch in den numerischen Beiträgen die Bedeutung der Herstellung von polykristallinem Si für die Photovoltaik wider. Hier gab es Beiträge auf ganz unterschiedlichen Längen- und Zeitskalen. An der technischen Universität Darmstadt wurden in Zusammenarbeit mit Wacker Schott Solar GmbH Berechnungen mit der klassischen molecular dynamics Methode durchgeführt, um die Zwillingbildung an (111) Flächen zu analysieren (Vortrag von Johan Pohl, TU Darmstadt). Die bisherigen experimentellen Erfahrungen zeigen, dass eine hohe Dichte an Zwillingen günstig ist, da dann die Bildung anderer Defekte geringer ist. Ein großes Problem ist die Bildung von SiC-Präzipitaten vor der Wachstumsfront. Diese Teilchen können eingebaut werden oder dienen als Keim für das Siliziumwachstum, so dass das kolumnare Wachstum in eine equiaxiales Wachstum übergeht und im erstarrten Block viele kleine Körner (grits) mit entsprechend vielen Korngrenzen auftreten. In der Gruppe von Thierry Duffar (SIAM EPM, Grenoble) werden Modelle entwickelt, um Beziehungen zwischen Prozessparametern und der Anzahl der grits abzuleiten (Beitrag von M. Beaudhuin). Die Bildung der Präzipitate hängt entscheidend von der Kohlenstoffkonzentration in der Schmelze ab, und diese wird wiederum von der Konzentration in der Gasphase beeinflusst. Für eine genaue Analyse der Verhältnisse sind aufwändige Strömungsrechnungen in der gesamten Blockerstarrranlage notwendig, so wie sie bei Koichi Kakimoto (Kyushu University, Kasuga) durchgeführt werden. Daraus lässt sich ableiten, inwiefern sich Gasdurchfluss durch die Anlage und Druck in der Anlage auf die Verteilung von Kohlenstoff, Sauerstoff und Stickstoff auswirken. So reagiert die Kohlenstoffkonzentration empfindlich auf den Durchfluss, nicht aber auf den Druck, während es beim Sauerstoff genau umgekehrt ist. Für den Transport innerhalb der Schmelze ist die Konvektion maßgeblich. Eine Möglichkeit der Strömungsbeflussung ist der Einsatz von Wandermagnetfeldern (TMF). Hierzu wurden numerische Berechnungen von Jochen Friedrich (Fraunhofer IISB, Erlangen) und Natasha Dropka (IKZ, Berlin) vorgestellt.

Auch bei MEMC spielt multikristallines Silizium inzwischen eine große Rolle und so berichtete Milind Kulkarni über die nume-

rischen Aktivitäten in diesem Bereich wie z.B. dem zellularen Automaten zur Berechnung des Kornwachstums.

Ein schönes Beispiel für die skalenübergreifende Behandlung eines Problems war der Vortrag von Micheal Müller (WSS, Alzenau) über die unterschiedlichen numerischen Aktivitäten, um den EFG-Prozess zu verstehen und zu verbessern – was sich ja inzwischen leider erübrigt hat, da die Produktion in Alzenau eingestellt worden ist.

Auch zur Modellierung des Si-Czochralski-Prozesses gab es einige Vorträge. Vladimir Kalaev (STR Group) berichtete über die Strömungsbeflussung durch horizontale und Cusp-Magnetfelder bei der Züchtung von 300 und 450 mm Kristallen. Während bei solchen Berechnungen ein Züchtungszustand betrachtet wird (quasi-stationär), beschäftigt sich Francois Dupret (Université Catholique de Louvaine) mit dynamischen Rechnungen, die das gesamte Wachstum des Kristalls beschreiben. Ziel ist es, die Defektdynamik besser zu verstehen. Die Kinetik von Leerstellen und Interstitials sowie deren Aggregaten ist in der Software enthalten, der Sauerstofftransport und die Reaktionen mit den Defekten sind in Bearbeitung.

Genauer auf die Prozesse im Kristall ging Talid Sinno (University of Pennsylvania) in seinem Beitrag über die Kombination von Molecular-Dynamics und Gitter-kinetische Monte-Carlo (LKMC)-Berechnungen zur Dynamik von Clustern von Leerstellen (Voids) ein.

Auch mit Si, aber in ganz anderem Zusammenhang, beschäftigte sich Jeffrey Hoyt (McMaster University, Hamilton) in seinem Beitrag. Er berichtete über Molecular-Dynamics-Simulationen zum Siliziumwachstum auf zylindrischen Nanodrähten. Die Wachstumsgeschwindigkeit hängt vom Radius des Drahtes ab: Je kleiner der Radius, desto größer die Geschwindigkeit bei derselben relativen Unterkühlung (Phys. Rev. E 80 (2009), 050601). Im Unterschied zur Wirklichkeit besteht hier die Schmelze allerdings aus Si.

Ein schönes Beispiel, wie sich mit Hilfe numerischer Modellierung eine optimale Einstellung eines Wandermagnetfeldes einstellen lässt, zeigte Christiane Frank-Rotsch (IKZ, Berlin) für die VGF-Züchtung von Ge. Da die Auftriebskonvektion in einem solchen System gering ist, darf die Magnetfeldstärke nicht zu groß sein, ansonsten ergibt sich eine stark gebogene Phasengrenze.

Eine teilweise konzeptionelle Diskussion entspannt sich über die Phasenfeld-Methode, zu der es einige Beiträge auf dieser Konferenz gab, u.a. von Heike Emmerich (RWTH, Aachen) zur heterogenen Keimbildung und zum Phasenfeld-Kristall-Modell. Inwieweit ist die diffuse Grenzfläche zwischen Festkörper und Schmelze ein modellmäßiger Artefakt und inwieweit lässt sich dadurch Physik beschreiben, die im Sharp-Interface-Modell unberücksichtigt bleiben muss? Hier dürfte es spannend sein, die gegenwärtigen Entwicklungen weiterzuerfolgen, gerade auch im Bereich des Phasenfeld-Kristall-Modells (siehe auch Artikel zum „Symposium on Phase-Field Modelling in Materials Science.“ auf S.24).

20 Einen entscheidenden Schritt weiter auf dem Weg zum Kopeln von zwei nicht-linearen Lösern ist man bei Andrew Yeckel und Jeffrey Derby (University of Minnesota) gekommen. Ein Block-Newton-Krylov-Verfahren wurde installiert, um die Software CrYSMAS (IISB Erlagen) und Cats2D bzw. Cats3D (University of Minnesota) zu kombinieren. Es konnte gezeigt werden, dass dieses Verfahren robust läuft.

Wie von früheren Konferenzen der AACG gewohnt, gab es auch auf der ACCGE-17 zahlreiche Beiträge zur Züchtung, Charakterisierung und Anwendung von Oxidkristallen. Die Materialpalette reichte von „alten Bekannten“ wie Al_2O_3 und LiNbO_3 , über aktuelle Materialien für Anwendungen in der Mikrolithografie ($\text{Lu}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$), in Festkörperlasern (SE-dotierte Sesquioxide) und in der Nichtlinearen Optik (diverse Borate), bis hin zu neuen Perovskiten, wie z.B. BaNiUO_6 oder $\text{SEBaCo}_2\text{O}_{5+\delta}$ mit hochinteressanten Eigenschaften und potenziellen Anwendungen u.a. in der Spintronik.

Die mit Abstand meisten Beiträge kamen zur industriellen Züchtung von Al_2O_3 . Saint-Gobain stellt einkristalline Fasern für optische Anwendungen nach dem EFG-Verfahren her. In einem Prozess entstehen dabei bis zu 50 Fasern mit Durchmessern von 75 bis 1500 μm und Längen bis 200 m (nur durch die Tiegelgröße begrenzt) gleichzeitig. Ebenfalls nach dem EFG-Verfahren werden große Al_2O_3 -Platten für den Einsatz in Panzerungen gezüchtet. Die Platten mit einer Größe von bis zu

ca. $30 \times 70 \text{ cm}^2$ bei einer Dicke von etwa 1 cm werden mit einer Geschwindigkeit von bis zu 45 cm/h gezogen. Hauptabnehmer der Kristalle dürfte wohl das US-Verteidigungsministerium sein, aber auch die Raumfahrtindustrie könnte sich wegen der erheblichen Gewichtseinsparung für diese Produkte interessieren. David Joyce von Crystal Systems berichtete über den Stand der Titan:Saphir-Züchtung nach der Heat Exchange Method. Standard sind zurzeit Kristalldurchmesser von 150 bis 200 mm; versprochen wurde aber die Entwicklung hin zu noch größeren Durchmessern. Neben den schon etablierten Anwendungen in Laser- und Ultrakurzzeitspektroskopie scheinen sich künftige neue Anwendungen u.a. in der Krebstherapie zu eröffnen.

Obwohl es keine echten Aufbrüche oder Durchbrüche gab, war die Konferenz aufgrund der Vielfältigkeit der Themen den Besuch wert. Erfreulich war, vor allem für die Vortragenden, das hohe Interesse, auf welches die Beiträge stießen – trotz paralleler Veranstaltungen war der Vortragssaal meist bis auf den (fast) letzten Platz gefüllt.

Der nächste „International Workshop on Modeling in Crystal Growth“ wird von C.W. Lan in Taiwan ausgerichtet und findet vermutlich 2011 statt.

Die Artikel zu dieser Konferenz werden in einem Sonderheft von J. Crystal Growth erscheinen und sind bereits größtenteils auf der Web-Seite zu finden.



Foto: P. Rudolph



Foto: P. Rudolph

Eröffnung des *presidents dinner* der AACG durch Prof. J. Derby.

International Summer School on Fundamentals and Basic Methods of Crystal Growth – 24.-29. August 2009, Transylvania University of Brasov, Romania

Frieder Kropfgans, SCHOTT AG Division SCHOTT Lithotec

Als konzentrierter Einstieg oder Auffrischung zur vielseitigen Problematik kristalliner Materialien und Technologien wurde vom 24.-29. August in Brasov die International Summer School on Fundamentals and Basic Methods of Crystal Growth in Brasov (Rumänien) gehalten. Nach den Sommerschulen 2005 in Berlin und 2007 in Salt Lake City war der Tagungsort bewusst auf Osteuropa gelegt worden, was sich erfreulicherweise auch in einem hohen Anteil an osteuropäischen Teilnehmern spiegelte. Parallel zur Summer School fand die ROCAM 2009 statt. Beide Tagungen wurden durch die Romanian Materials Science – Crystal Growth Society organisiert, unterstützt wurde sie dabei durch

das IKZ Berlin, die Universität Brasov, die Universität Bukarest und das National Institut for Materials Physics /Bukarest.

Studien- und Tagungsort waren das Auditorium Maximum und die Seminarräume der Universität Brasov. In 19 Vorlesungen à 90min konnten sich die 45 Teilnehmer in Grundlagen und Anwendungen der Kristallzüchtung und Epitaxie einarbeiten.

Der Begrüßung und Einführung in die Historie der Kristallzüchtung und deren heutigen industriellen Anwendung durch Prof. Fornari folgten Vorlesungen zu Thermodynamik (Prof. Mühlberg), Kinetik (Prof. Rudolph) und Keimbildungstheorie (Priv.-Doz. Dr. Holland-Moritz). In allen drei Vorträgen wurden nicht nur

die jeweils grundlegenden Gleichungen und Modellvorstellungen mit anschaulichen Beispielen der Kristallzüchtung erläutert, den Vortragenden war auch die Verknüpfung von Thermodynamik – Kinetik zum Verständnis der beobachtbaren Phänomene wichtig. Die nachfolgenden 3 Vorlesungen führten an die Kristallzüchtung aus werkstoffwissenschaftlicher Sicht heran. Eine sehr umfassende Einführung in Nanostrukturen wurde durch Prof. Deppert gegeben. Die Auswirkung von Dotierung und experimenteller Parameter auf Realstruktur und Habitus wurden anschaulich gezeigt. Es wurden das hohe Potential und auch die hohen technologischen Anforderungen an die Erzeugung von Nanostrukturen und –netzwerken deutlich. Die nachfolgenden Themen zu Instabilitäten im Kristallwachstum (Dr. Miller) und Versetzungen (Prof. Klapper) vervollständigten den Grundlagenabschnitt. Ein Überblick über Möglichkeiten und Grenzen der Modellierung von Kristallzüchtung auf unterschiedlichen Skalen wurde durch Prof. Derby gehalten, das Gebiet der Charakterisierung von kristallinen Materialien wurde durch Vorlesungen von Prof. Antohe (SCLC und TSC-Verfahren zur Dünnschichtcharakterisierung) und Prof. Talik (SQID-Magnetometrie und XPS an YAG) vorgestellt.

In der zweiten Hälfte der Summer School folgten die wesentlichen Züchtungsmethoden mit ihren experimentellen Anforderungen und Eigenheiten:

- Züchtung aus der Schmelze (Prof. Fornari)
- Bulk-Züchtung aus der Gasphase (Prof. Fornari)
- Lösungszüchtung (Prof. Alexandru)
- Epitaxie- und Dünnschichtverfahren (Prof. Kuech)
- MOCVD (AIXTRON)
- Kontaktierung (Prof. Antohe)
- Nanokristallisation (Prof. Epifani)
- Proteinkristalle (Prof. van Driessche)
- Photovoltaik (Prof. Duta)

Crystal Growth in Romania

H.V. Alexandru¹, D. Vizman²

¹Faculty of Physics, University of Bucharest, Romania

²Faculty of Physics, West University of Timisoara, Romania

The research on crystal growth in Romania had its origin some years before 1966, the year when the first International Conference on Crystal Growth (ICCG1) took place in Boston and the year when Journal of Crystal Growth was launched. Romanian scientists have contributed to the first volumes of JCG (Cornelia Motoc, Journal of Crystal Growth, Volumes 3-4, 1968, Pages 733-736; H.V. Alexandru, Journal of Crystal Growth, Volume 5, Issue 2, April 1969, Pages 115-124; E. Cruceanu, N. Nistor, Journal of Crystal Growth, Volume 5, Issue 3, June 1969, Page 206). In that period research in crystal growth was developed in two main centers: Bucharest (Faculty of Physics, University of Bucharest and Institute of Physics, State Committee for Nuclear Energy) and Timisoara (Faculty of Physics, West University of Timisoara).

The foundation of the Romanian Association for Crystal Growth was realized at the Faculty of Physics, University of Bucharest, in December 1993, at the initiative of Prof. Horia ALEXANDRU and Prof. Vladimir TOPA and was legally registered on January 21, 2004, under the Romanian name "Societatea Romana de

Das Spektrum der Teilnehmer umfasste großteils Studenten, PhD's und Mitarbeiter von Instituten, Teilnehmer aus der Industrie waren gering vertreten. Sowohl die universitären Räume als auch die Vorlesungen erzeugten einen konzentrierten Studien- und Seminarcharakter. In einer offenen Atmosphäre konnten im Anschluss der Vorlesungen resultierende Fragen diskutiert werden. Gelegentlich waren „akademische Viertel“ notwendig, um morgens hinreichend Studierende zu versammeln, bezogen auf die Tageszeit folgte die Teilnehmerszahl einer Gaußschen Normalverteilung. Vorlesungen und Diskussionen wurden aber auch ohne starre Zeitgrenze fortgeführt.

Die Verbindung der ROCAM2009 mit der Summer School war ebenfalls positiv. Die gemeinsame Postersession und das Rahmenprogramm ließen die Grenzen zwischen beiden Veranstaltungen verschwinden, unkompliziert war die Teilnahme an interessanten Vorträgen der ROCAM und der Summer School möglich. In einer abendlichen Veranstaltung stellten 10 Teilnehmer eigene Forschungsthemen vor - nun war es an den Professoren Fragen zu stellen. Gelockert wurde die Summer School durch einen Ausflug zum Bran Castle (man sollte bei einer Tagung in Transsylvanien wenigstens Schloss Dracula gesehen haben!).

Für die inhaltlich sehr gut abgestimmten Vorträge sei an dieser Stelle den Organisatoren der Summer School 2009 Prof. Alexandru, Prof. Rudolph, Prof. Fornari und allen Vortragenden gedankt. Die Lehrveranstaltungen waren in eine sehr gute Organisation und direkte Betreuung während der Tagung eingebettet - herzlichen Dank dem Tagungskomitee unter Leitung von Prof. Alexandru. Besonders hervorzuheben ist dabei das Engagement von Dr. Anca Dumitru als direkte Ansprechpartnerin im Vorfeld und während der Summer School. Insgesamt kann auf eine sehr gut gestaltete Woche konzentrierter Kristallzüchtung zurückgeblendet werden, eine Fortsetzung sollte folgen.

Stiinta Materialelor-Cresterea Cristalelor". It was affiliated as a National Association under the name "ROMANIAN MATERIALS SCIENCE - CRYSTAL GROWTH SOCIETY", ROMS-CGS to the INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR CRYSTAL GROWTH during the International Conference on Crystal Growth, in 1995, Hague, Holland.

Nowadays ROMS-CGS has 82 members and includes specialists in bulk crystal growth and thin films deposition. The main centers in Romania where groups of researchers are involved in crystal growth research are listed in the table 1.

Romanian Materials Science - Crystal Growth Society was the main organizer of ROCAM international conferences (Romanian Conference on Advanced Materials). Editions ROCAM 1995, ROCAM 1997, ROCAM 2000, ROCAM 2003, and ROCAM 2006 were held under the auspices of the Romanian Academy and ROCAM 2009 was held under the auspices of the Academy of Romanian Scientists. The conferences had the aims to present an overview of the latest developments in some topics on advanced materials theory, modeling, processing, characterization

22 and applications.

ROCAM 2009 was held in Brasov, Romania, August 25-28, 2009, in conjunction with the "International Summer School on Fundamentals and Basic Methods of Crystal Growth", August 24-29, 2009. Both events were hosted in the International Conference Center of the "Transylvania" University of Brasov (co-organizer). Other important co-organizers were IKZ-Leibniz Institute for Crystal Growth, Berlin, Germany; University of Bucharest - Faculty of Physics and National Institute of Materials Physics (NIMP),

Bucharest.

The Chairman of the conference was Horia Alexandru (Romania), president of ROMS-CGS. Co-Chairmen of the conference were Corneliu-Bazil Cizmas, Transylvania University Brasov, Thomas Kuech, Univ. of Wisconsin - Madison, USA, Editor-in-Chief of prestigious J. Crystal Growth and Michael Schieber, Hebrew University of Jerusalem, Israel, founding member of the International Organization for Crystal Growth and founding Editor of J. Crystal Growth.

Research center	Research directions	Contact
Faculty of Physics, University of Bucharest	<ul style="list-style-type: none"> • Kinetic and mechanism of growth from solutions • Ferroelectric crystals and ceramics, characterization • Thin layers – solar cells, XRD, AFM, SEM analysis 	<p>horia@infim.ro</p> <p>santohe@solid.fizica.unibuc.ro</p>
National Institute of Material Physics, Bucharest	<ul style="list-style-type: none"> • Semicond. crystals III-V, II-VII • Thin films (sol-gel, PLD magnetron sputtering, etc.) • Oxides crystals and glasses (BGO, BSO, BTO)-optical properties; microwave ceramics • Organic crystals • Liquid crystals • Characterization thermal analysis, XRD, AFM, SEM, XPS, etc. 	<p>mlazare@infim.ro</p> <p>pintilie@infim.ro</p> <p>sanca@alpha2.infim.ro</p> <p>frunza@infim.ro</p> <p>www.infim.ro</p>
National Institute for Laser, Plasma and Radiation Physics, Bucharest	<ul style="list-style-type: none"> • Melt growth of doped crystals with transition ions (Bridgman, Czochralski, etc), laser crystals • Thin films, PLD, MEPL, etc. • Characterization 	<p>ion.morjan@inflpr.ro</p> <p>www.inflpr.ro</p>
Institute of Chemical Physics – Romanian Academy	<ul style="list-style-type: none"> • Thin films sol-gel 	<p>mzaharescu@chimfiz.icf.ro</p>
Faculty of Physics, West University of Timisoara	<ul style="list-style-type: none"> • Melt growth of semitransparent crystals –CaF₂, BaF₂, Al₂O₃ by Bridgman and EFG methods • Characterization • Modeling 	<p>http://quasar.physics.uvt.ro/fmc</p> <p>nicoara@physics.uvt.ro</p> <p>vizman@physics.uvt.ro</p>
Institute of Research for Condensed Matter, Timisoara	<ul style="list-style-type: none"> • Hydrothermal growth of TiO₂ and piezoelectric quartz based crystals • Characterization 	<p>www.icmct.uvt.ro</p> <p>grozescu@icmct.uvt.ro</p>
Faculty of Physics "Al.I.Cuza" University, Iasi	<ul style="list-style-type: none"> • Thin layers inorganic and organic • Ferroelectric thin layers, ceramics 	<p>girusu@uaic.ro</p> <p>alstancu@uaic.ro</p>
Institute of Technical Physics, Iasi	<ul style="list-style-type: none"> • Polycrystalline magnetic alloys 	<p>hchiriac@phys-iasi.ro</p>
"Babes-Bolyai" University, Cluj	<ul style="list-style-type: none"> • Complex crystals (tricomponents) • Thin layers; complex layers 	<p>arde@phys.ubbcluj.ro</p>

Tab.1: Overview about crystal growth centers in Romania.

The International Advisory/Program Committee was honored by prestigious international personalities: Alexander Chernov USA, President of International Organization for Crystal Growth; Hanna Dabkowska, Canada, Chair of the Crystal Growth and Characterization of Material, Commission in IUCR; Knut Deppert,

Sweden; Jeffrey Derby, USA, Assoc. Editor J. Crystal Growth, President of American Association of Crystal Growth.; Hugues Dreyssé, France, Editor Computational Material Science; Robert Feigelson, USA, Editor J. Crystal Growth; Roberto Fornari, Germany, Assoc. Editor J. Crystal Growth, Vice-President IO-

CG; Daniel Fruchart, France; Dante Gatteschi, Italy; Michael Heuken, Germany; Koichi Kakimoto, Japan, Assoc. Editor J. Crystal Growth; Thomas Kuech, USA, Editor-in-Chief J. of Crystal Growth, General Secretary of IOCG; Wolfram Miller, Germany; Manfred Mühlberg, Germany; Luc Piraux, Belgium; Peter Rudolph, Germany, Assoc Editor J. Crystal Growth; James De Yoreo, USA, Assoc Editor J. Crystal Growth; Peter Vekilov, USA, Assoc Editor J. Crystal Growth; Sonia Licia Baldochi, Brazil; Marty Gregg, UK; Mauro Epifani, Italy.

Most of them have presented invited or plenary lectures in the conference and in the same time have delivered excellent lectures at the Summer School.

The ROCAM 2009 conference program covered four days in three parallel sections, including seven topics: 1. Growth and characterization of inorganic crystals, 2. Advanced organic materials for optics and electronics, 3. Nanostructured materials for electronic and optoelectronic devices, 4. Advanced materials; General aspects, 5. Advanced functional oxide materials: characterization and applications, 6. Materials under extreme conditions, 7. Biocompatible materials.

ROCAM 2009 Conference had a very good national and international audience. There were 218 registered participants, 130 from Romania and 88 from USA, Germany, France, Russia, Israel, Ukraine, Canada, Serbia, Montenegro, Japan, Italy, Sweden, Belgium, Portugal, Slovenia, United Kingdom, Bulgaria, Moldavia, Poland, South Korea, Spain, Turkey, Chile, Ireland and Greece.

At the conference were registered 261 contributions (abstracts), 7 plenary lectures, 49 invited lectures and 205 oral and poster presentations. The title of "Honorary Member of the Romanian Materials Science - Crystal Growth Society" and the diploma, was awarded during the Dinner Party to 22 distinguished participants. Prof. Florin Stanculescu (Program Chair) was the editor of the Abstract Book of the conference, the School Book of the International Summer School and managed the WEB page of the both events. An important exhibition of scientific instruments was presented during the conference time.

During the ROCAM 2009 conference an "International Summer School on Fundamentals and Basic Methods of Crystal Growth" was held at the same location. Summer school was organized in close collaboration between ROMS-CGS and IKZ-Leibniz Institute for Crystal Growth, Berlin Germany.

The main sponsor of this event was the INTERNATIONAL UNION OF CRYSTALLOGRAPHY.

International Program Committee was honored by Thomas Kuech (USA), Peter Rudolph (Germany), Hanna Dabkowska (Canada), Roberto Fornari (Germany), Thierry Duffar (France), Dave Bliss (USA) and Koichi Kakimoto (Japan)

Co-Chairmen's of the summer school were Horia Alexandru (Romania), Peter Rudolph (Germany) and Florin Stanculescu (Romania). The main speakers at the school were well-known scientists in crystal growth: Roberto Fornari (Germany), Manfred Mühlberg (Germany), Dirk Holland-Moritz (Germany), Peter Rudolph (Germany), Knut Deppert (Sweden), Wolfram Miller (Germany), Jeffrey Derby (USA), Helmut Klapper (Germany), Stefan Antohe (Romania), Ewa Talik (Poland), Horia Alexandru (Romania), Thomas Kuech (USA), Michael Heuken (Germany), Mauro Epifani (Italy), Alexander van Driessche (Spain) and Anca Duta (Romania). The objective of the school was to provide a comprehensive series of lectures on theoretical and experimental aspects of growth and characterization of semi-conducting, oxide, metallic, organic, and biological crystals. The school was dedicated to post-graduate and post-doctoral students as well as researchers from industry and academia with interest in fundamental knowledge of crystal growth and epitaxy.

There were enrolled 35 students: Romania - 9, Russian Federation - 6, Brazil - 6, Ukraine - 3, Germany - 3, Poland - 2, Bulgaria - 1, France - 1, Israel - 1, Italy - 1, Latvia - 1, UK - 1.

Professor Anca Dumitru (Bucharest University) had a great contribution to the administrative problems, the program of the School and was co-editor of the School Book.

A night student's communication session was organized and chaired by Prof. Daniel Vizman (West University of Timisoara). Diploma Award was delivered to the students distinguished during the Night Scientific Session.

Taking in account the number of participants and the level of the scientific presentations it can be concluded that both ROCAM 2009 and International Summer School on Crystal Growth were a great success.

Nov. 2009

Chairman of ROCAM 2009
Prof. Horia Alexandru
University of Bucharest
President of ROMS-CGS

Summer School organizer
Prof. Daniel Vizman
West University of
Timisoara, Romania



24 Bericht vom 2nd Symposium on Phase-Field Modelling in Materials Science

W. Miller, Leibniz-Institut für Kristallzüchtung, Berlin

In den letzten Jahren hat es eine breite Entwicklung von Phasenfeld-Methoden für die unterschiedlichsten Bereiche der Materialwissenschaft gegeben, und so war es an der Zeit, die Experten in diesem Gebiet zu einem Symposium zu versammeln. 1999 hat der bisher einzige Workshop stattgefunden, der sich allein der Phasenfeld-Methode widmet. Waren es damals nur rund 20 Teilnehmer, so waren dieses Mal rund 100 Teilnehmer aus 18 Ländern angereist. Eingeführt durch Langer und Caginalp Mitte der 1980er Jahre, war die Phasenfeld-Methode zunächst auf die Untersuchung von dendritischem Wachstum in unterkühlte Schmelzen angewendet worden. Mit der Einführung des Multiphasen-Modells durch I. Steinbach u.a. 10 Jahre später wurde die Beschreibung von mehr als nur zwei Phasen (flüssig und fest) möglich. Alle diese Modelle waren mesoskopisch, d.h. beschreiben typischerweise Strukturen im μm -Bereich. Mit der Entwicklung des sog. Phasenfeld-Kristall-(PFC)-Modells durch Ken Elder wurden auch Berechnungen auf der atomaren Skala möglich und zwar auf einer diffusiven Zeitskala und nicht auf der Zeitskala der Fluktuationen wie bei Molecular-Dynamics-Berechnungen. Damit lässt sich der Übergang von der flüssigen zur kristallinen Phase atomar auflösen. Es lassen sich aber auch Fragestellungen wie z. B. Korngrenzen und Premelting, Verset-

zungen und Wechselwirkung mit Korngrenzen untersuchen.

Allerdings sind die Rechnungen sehr aufwändig, und dadurch ist die Größe des Rechengebietes beschränkt. Es sind auch noch nicht alle Fragen bezüglich des Zusammenhanges von Modell- und physikalischen Parametern geklärt. Da inzwischen einige Gruppen aktiv auf diesem Feld arbeiten (in Deutschland z.B. in der Gruppe von Axel Voigt in Dresden), ist zu erwarten, dass die PFC-Methode sich zu einem schlagkräftigen Werkzeug für die Berechnung von Korngrenzenbewegungen, Strukturbildung in der Schmelze vor der Phasengrenze, Dynamik von Defekten u.a. entwickeln wird. Einen kleinen Einblick in die Ansätze beim PFC-Modell für die Berechnung von Defekten wurde durch Y. Wang von der Ohio State University gegeben.

Typischerweise setzt man die Phasenfeld-Methode für dynamische Prozesse ein. Will man z.B. die Gleichgewichtsformen eines Kristalls berechnen, so geht dieses klassischerweise nur, indem man den Kristall wachsen lässt. In der Gruppe von Britta Nestler (HS Karlsruhe) ist ein Phasenfeld-Verfahren entwickelt worden, bei dem das Schmelz-/Festkörpervolumen konstant bleibt. Damit lassen sich nun z.B. krümmungsgetriebene Vorgänge einfacher mit der Phasenfeld-Methode berechnen.



Die Teilnehmer der Phasenfeldtagung in Rolduc

Der zentrale Ansatz der Phasenfeld-Methode, dass der Übergang zwischen zwei Phasen durch einen sich kontinuierlich verändernden Parameter beschrieben wird und die Grenze zwischen den Phasen damit nicht scharf, sondern diffus ist, lässt sich prinzipiell auf alle Arten von Phasen anwenden. So werden neben fest/flüssig Übergängen auch fest/fest Übergänge betrachtet. Einer der führenden Wissenschaftler auf diesem Gebiet, Long-Qing Chen von der Pennsylvania State University, berichtete über die Phasenübergänge in Perovskiten. Charakteristisch für Perovskite ist ein Sauerstoff-Oktaeder um ein Metallatom (z.B. Ti in SrTiO_3), das je nach Material und Temperatur unterschiedlich verkippt sein kann. Diese Verkipfung ist entscheidend für die Piezo- bzw. Ferroelektrizität des Materials. Bei perovskitischen Schichten kommt noch die Verspannung durch die unterschiedlichen Gitterkonstanten des Films und des Substrats hinzu. Die Phasenfeld-Methode kann nun eingesetzt werden, um die Gitterstruktur eines Perovskites als Funktion des Misfits und der Temperatur zu berechnen. Man kann somit vorhersagen, welche Materialkombinationen (Film/Substrat) sinnvoll sind, um möglichst große piezo- bzw. ferroelektrische Effekte zu erzielen.

So wird z.B. SrTiO_3 ferroelektrisch, wenn man es als Film auf DyScO_3 aufwächst (Nature 430 (2004), 758).

Die Tagung fand in der Abtei von Rolduc (Niederlande) in der Nähe von Aachen statt. Hervorragend organisiert von Georg Schmitz und Ingo Steinbach sowie ihren Helfern vor Ort gab es drei Tage Gelegenheit, sich intensiv über alle Facetten der Phasenfeld-Modelle auszutauschen. Diese Art von Modellen decken natürlich nur einen Teil der numerischen Themen in der Materialwissenschaft ab. Man kam deshalb auch auf die Kopplung verschiedener Modelle bzw. Software zu sprechen. So sei an dieser Stelle auf ein Projekt verwiesen, das federführend vom ACCESS in Aachen betrieben wird: AIXVIPMAP. Einzelheiten dazu sind auf der Web-Seite <http://www.aixvipmap.de> bzw. in JOM 61 (2009), 19 zu finden. Als gemeinsames Datenformat hat man sich hier auf das Format der VTK-Graphiksoftware (www.vtk.org) geeinigt.

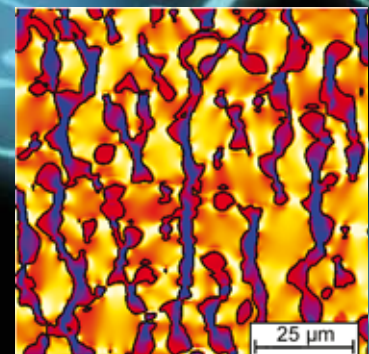
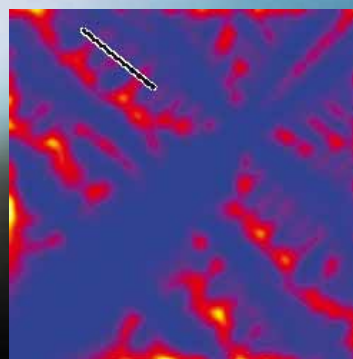
In fünf Jahren, also 2014, soll dann das nächste Symposium über Phasenfeld-Modellierung stattfinden und zwar an der Pennsylvania State University.

microstructure evolution simulation software



Simulation of microstructure evolution
in technical alloys:

- solidification
- recrystallization
- grain growth
- solid state transformations
- coupling to thermodynamic / mobility data



www.micress.de
support@micress.de
www.access-technology.de

Bericht von der 8th International Conference on Nitride Semiconductors (ICNS-8)

D. Siche und J. Wollweber, Leibniz-Institut für Kristallzüchtung, Berlin

Vom 18.-23.10.2009 fand auf der südkoreanischen Ferieninsel Jeju die 8. Internationale Konferenz über Nitridhalbleiter (ICNS-8) statt. Unter den 1011 Teilnehmern aus 33 Ländern stellte Deutschland nach Korea 380 und Japan 300 mit 94 Teilnehmern die drittgrößte Delegation (80 China, 50 USA, 12 Schweiz, ...). Der Generalchairman der Tagung war Seong-Ju Park, Direktor des Gwangju Institute of Science and Technology, Korea. Das internationale Beraterkomitee waren mit J. Christen (Otto-von-Gericke Universität Magdeburg), D. Hommel (Uni Bremen), B. Monemar (Linköping Universität, Schweden) und T. Suski

(UNIPRESS, Warschau), um nur einige zu nennen, prominent besetzt.

Dem Organisationskomitee gehörten neben vielen koreanischen und taiwanesischen Kollegen auch V. Härle (OSRAM) und der Nitrid-Pionier S. Nakamura (UCSB Santa Barbara) an. Leider waren beide während der Tagung nicht anwesend.

Im Programmkomitee zeichneten u.a. H.T. Grahn (PDI Berlin), K.P. Streubel (OSRAM), M. Stutzmann (TU München) und P. Perlin (UNIPRESS, Warschau) verantwortlich.



Die Tagung verlief in 4 Plenarvorträgen und 3 parallelen Sitzungsreihen mit 31 eingeladenen und 200 beigetragenen Vorträgen. An drei Tagen fanden zwischen 18:00 und 20:00 Uhr Postersitzungen mit jeweils ca. 160 Postern statt. Das Bankett am Donnerstagabend war gleichzeitig die Abschlussitzung. Eine mutige Entscheidung, denn die Tagung endete erst Freitagmittag.

Der erste Schwerpunkt der Tagung lag eindeutig auf Seiten der Bauelemente und konzentrierte sich dort vor allem auf die Themen LEDs und LDs. Ihnen war die 1. Parallelsitzungsreihe gewidmet. Der zweite Schwerpunkte rankte sich um das Wachstum nitridischer Halbleiter, wobei in zwei Sitzungen die Einkristallzüchtung, acht Sitzungen die Epitaxie und drei Sitzungen neue Materialien (überwiegend InN-Epitaxie in Verbindung mit Seltene Erden Dotierung) behandelten. Die dritte Säule befasste sich mit Nanostrukturen (4 Sitzungen), Theorie und Simulation (2 Sitzungen), Defect Engineering und struktureller Charakterisierung (2 Sitzungen) sowie optischen Eigenschaften (4 Sitzungen).

Die vier Tagungsteilnehmer aus dem IKZ stellten ihre Ergebnisse in einem eingeladenen Vortrag zur „Radiative and Non-Radiative Recombination at Threading Dislocations“ (M. Albrecht), einem Vortrag zu „Cation Vacancy Related Donor Acceptor Pair Transitions in Bulk AlN“ (T. Schulz) und einem Vortrag zum „Epitaxial Lateral Overgrowth by Physical Vapour Transport of GaN on Self-Organized Diamond-Like Carbon Masks (D. Siche) vor. Herr Martin Albrecht leitete die Session „Optical Properties III“.

Außerdem war das IKZ mit drei Postern vertreten. Der Beitrag „HVPE GaN Substrates: Growth and Characterization“ entstand unter Federführung von Frau Gogova in Zusammenarbeit mit der Linköping Universität in Schweden. Erstautor des Posters „Pseudo-Halogenide Vapor Growth of Thick GaN Layers“ war Herr Jacobs mit seinen Beiträgen zu einem Kohlenstoffgestützten chemischen Ga-Transport. Beide Poster wurden von Herrn Siche präsentiert.

Im Wortsinn massive Einkristallzüchtung wurde durch das Poster „4H-SiC Substrates as Seeds for Perfect AlN Crystals Grown

by Sublimation“ von Herrn Wollweber präsentiert. Leider spielte AlN durch seine noch größere Technologiefürne gegenüber dem GaN eine untergeordnete Rolle. AlN wurde analytisch von M. Bickermann (Uni Erlangen) in den Vorträgen „Deep-UV Transparent Bulk Single-Crystalline AlN Substrates“ und „High Excitation Luminescence of Bulk AlN Crystals: Biexciton, P-Band, and Exciton-Electron Scattering“ vertreten. Über AlN-Volumenkristalle sprach H. Helava, Chef der Helava Systems Inc. (USA) in seinem Vortrag „AlN Substrates and Epitaxy Results“. Die gezeigte Perfektion der sehr kleinen Kristalle erwies sich als noch nicht Bauelemente-reif.

Schließlich soll noch detaillierter über die „richtigen“ Kristalle, d.h. die beiden Bulk Growth Sitzungen berichtet werden, da ein Bericht über die Epitaxie-Aktivitäten den Rahmen dieses Heftchens sprengen würde und diese nicht den Schwerpunkt des IKZ bilden. Hier wird der interessierte Leser an Herrn Weyers (FBH Berlin) verwiesen.

Begonnen wurde mit der zur lange etablierten HVPE-Methode alternativen Lösungszüchtung.

Y. Mori (Osaka University, Japan) sprach in seinem eingeladenen Vortrag zum „Growth of GaN Crystals by Na Flux LPE Method“. Der vorgestellte Fortschritt hinsichtlich Wachstumsrate und Perfektion wurde offenbar durch eine Zugabe von Kohlenstoff zum Na-Ga Lösungsmittel erzielt, was neben dem üblichen Lithium zu einer weiteren deutlichen Verbesserung der N-Löslichkeit im Lösungsmittel geführt hat. Außerdem unterdrückt die Kohlenstoffzugabe die parasitäre Keimbildung an der Lösungsmitteloberfläche. Als Resultat steigt die Wachstumsrate des auf dem Tiegelboden befindlichen Kristalls von 2 auf 20 $\mu\text{m}/\text{h}$ drastisch. Der eingebaute Kohlenstoff soll dabei unter der SIMS-Nachweisgrenze von $3 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ liegen. Außerdem wurde eine Erhöhung des Wachstums in a-Richtungen festgestellt, die einen Beitrag zur besseren Schichtkoaleszenz liefert. Der genaue Wirkungsmechanismus des Kohlenstoffs ist noch unklar. Herr Mori zeigte einen 3 mm dicken Kristall, der phänomenologisch nicht überzeugen konnte.

Im zweiten eingeladenen Vortrag sprach Robert Dwilinski (AM-MONO sp. z.o.o., Polen) über „Optical and Structural Properties

of Non-Polar GaN Substrates Grown by Ammonothermal Method“. Hier wird im überkritischen Ammoniak bei 550 °C und 3-4 kbar gezüchtet. Die Wachstumsraten betragen nur wenige $\mu\text{m}/\text{h}$. Allerdings ist der Prozess gut skalierbar. Momentan wird in der Firma an einem Keimvorrat gearbeitet, um in Zukunft Anlagen mit mehreren hundert Keimen bestücken zu können. Die Verwendung basischer statt saurer Mineralisatoren zur Verbesserung der GaN-Löslichkeit bringt für die Firma AMMONO zwei entscheidende Vorteile. Die Lösung ist weniger aggressiv, man benötigt daher keine Pt-Liner. Außerdem sind die Autoklaven wesentlich preiswerter. Wichtiger ist weiterhin, dass die Löslichkeit in der basischen Umgebung retrograd ist, d.h. das polykristalline Quellmaterial wird in der kälteren Region aufgelöst und konvektiv, durch ein ausgeklügeltes Baffle-System, in den heißeren Wachstumsraum transportiert. Verunreinigungen bleiben im Quellenraum und der Autoklav wird bei gleicher Wachstumstemperatur weniger überhitzt. Vorgestellt wurde ein hexagonaler, gelblicher, 10 mm dicker Kristall mit nur einer Korngrenze, aus dem man 1,5“ c-Wafer präparieren kann. Die Charakterisierung der Kristalle erfolgte in Kooperation mit der Wroclaw University of Technology und dem Institute of Electronic Materials Technology in Polen.

Die beiden weiteren Vorträge zur Flux-Züchtung von D.A. Zhebrezov (South Ural State University, Russland) und T. Onuma (Tohoku University, Japan) zeigten, wie unausgereift die Methode im Allgemeinen noch ist. Es werden empirisch Tiegelmaterialeien und Mineralisatoren untersucht, wobei nach und nach große Teile des Periodensystems zum Einsatz kommen. Die Kristalle sind sehr klein, die Wachstumsraten gering und die Konzentration der eingebauten Lösungsmittelkomponenten unakzeptabel hoch.

In der zweiten und letzten Bulk Growth Sitzung sprach im eingeladenen Vortrag K. Xu (Chinese Academy of Science und Suzhou Nanowin Science & Technology Co. Ltd., China) über „Hydride Vapor Phase Epitaxial Growth of GaN Substrate: Toward Industry Scale Mass Production“. Mittels HVPE (halide vapor-phase epitaxy) konnten einige 100 μm dicke Schichten auf Saphirtemplates (1-2 μm MOCVD-GaN auf nitridiertem Saphir) abgeschieden werden. Anschließend wurden die Schichten vom Keim abgelöst, da die vorhandenen Fehlpassungs-Spannungen ansonsten zur Rissbildung und Zerstörung der Schichten führen. Seit einigen Jahren werden diese sogenannten freistehenden (FS) Schichten als Substrate für die Homoepitaxie kommerziell angeboten (z.B. TDI, USA; Lumilog, Frankreich, Sumitomo, Japan). Perfektion und Preis entsprechen aber nicht allen Anforderungen. Deshalb werden alternative Züchtungsverfahren gesucht.

Der Vortrag machte aber auch klar, dass China auch auf diesem Gebiet deutlich aufgeholt hat.

Zwei weitere Vorträge befassten sich ebenfalls mit der HVPE-Methode. F. Lipski (Uni Ulm) sprach zur „Fabrication of Freestanding 2“-GaN Wafers by HVPE and Self Separation During Cooling Down“. Die Selbstablösung der Schicht wird hier durch eine SiN-Maske zwischen dem Keim und der lateral die Maske überwachsenden HVPE-Schicht erreicht, da die Haftung der Schicht auf der Maske viel geringer ist, als in den Öffnungen auf dem Substrat. Gleichzeitig liefert dieses Epitaxial Lateral Overgrowth (ELO) eine deutliche Senkung der mittleren Versetzungsdichte in der Schicht von $\sim 10^9 \text{ cm}^{-2}$ in der Template-Schicht auf einige 10^6 cm^{-2} in der HVPE-Schicht.

H.-J. Lee (Center of Interdisciplinary Research Tohoku University, Sendai, Japan) hat in Kooperation mit der Korea Maritime University in Busan und der Kyunghee University Seoul, Korea, Defekte in HVPE gezüchteten m-GaN – Schichten untersucht. Diese nicht-polaren Schichten sind begehrt, da in polaren c-Schichten, wegen der spontanen und piezoelektrischen Polarisierungseffekte, der Quantum-Confined Stark Effect zur Verringerung des Anteils der strahlenden Rekombination führt. Da es keine hinreichend langen massiven GaN-Kristalle gibt, aus denen man diese m-Wafer präparieren könnte, versucht man auf entsprechenden Saphirwafern zu züchten. Da aber die c-Fläche üblicherweise die am langsamsten und damit am stabilsten wachsende Fläche ist, handelt man sich viele Defekte ein. Dies sind Antiphasendomänen, Zwillinge, Stapelfehler und eine asymmetrische Waferverbiegung.

Beendet wurde die Sitzung mit den bereits erwähnten Vorträgen von H. Helava zum AlN und von D. Siche zu den selbstorganisierten Masken.

Insgesamt ist nicht der Eindruck entstanden, dass der perfekte 2“-Nitrid-Volumenkristall existiert. Beim AlN ist die Sublimationszüchtung relativ weit fortgeschritten. Kommerziell sind AlN-Wafer aber nicht erhältlich. Der Marktführer, die Firma (Crystal IS), war in Jeju nicht vertreten.

Beim GaN sieht die AMMONO-Methode auf dem ersten Blick erfolgversprechend aus. Es sei aber die Frage gestattet, warum auf dem Flyer der Firma ein offensichtlich nicht perfekter Kristall gezeigt wird. Außerdem muss die Firma offenbar nach einem Investor suchen, nachdem der bisherige Investor sein Engagement beendet hat! Eine Beurteilung der Wirtschaftlichkeit der Methode ist für Außenstehende schwierig. Es gibt also Gründe genug, die Forschung an den massiven Nitridkristallen weltweit und auch am IKZ zu forcieren.

EPM 2009 - 6. Internationale Konferenz “ Electromagnetic Processing of Materials“

Hans-Joachim Rost, Leibniz-Institut für Kristallzüchtung, Berlin

Vom 19.- 23. Oktober fand unter der Schirmherrschaft von Dr. Gunter Gerbeth vom Forschungszentrum Dresden-Rossendorf und Prof. Yves Fautrelle vom SIMAP/EPM Grenoble in Dresden, nunmehr zum 6. Male und erstmals in Deutschland, diese internationale Konferenz statt. Das neue, futuristisch anmutende Internationale Kongress- Zentrum, direkt an der Elbe und quasi mit „Canaletto- Blick“ auf das barocke, in altem Glanz erstrahlende historische Zentrum Dresdens gelegen, bot bes-

te Voraussetzungen für eine gelungene Konferenz. Neben den gemeinsamen Plenar-Sessions war Dank einer strikt kontrollierten Einhaltung des Zeitplanes ein Wechsel zwischen den jeweiligen Parallelsessions möglich. Sowohl das Rahmenprogramm (von der Welcome-Reception, der abendlichen Walking Tour durch das nächtliche Dresden, dem Conference Dinner mit „Audiens bei August dem Starken und seiner Mätresse Gräfin Cosel“, dem Besuch der MHD und High Magnetic Field Labore

28 im Forschungszentrum Dresden–Rossendorf mit anschließendem Ausflug in die Sächsische Schweiz zur Bastei) als auch die Verpflegung während der Konferenz ließen den Teilnehmer etwas von der barocken Pracht und Üppigkeit vergangener Tage erfahren.

Rund 270 Teilnehmer aus Europa und vornehmlich asiatischen Ländern, davon 50 Industrievertreter und 6 ausstellende Firmen besuchten die 5 Plenarvorträge, jeweils 3 Parallelsessions zu insgesamt 14 Themengruppen sowie eine Postersession. Das Spektrum umfasste Untersuchungen zur Physik und zum Ein-

fluss elektromagnetischer Felder auf die Materialherstellung. Zu den traditionellen Feldern zählten u.a. das Handling flüssiger Metalle, das Gießen von Metallen und Erstarrungsprozesse, die Induktionsheizung, Mikrowellen, Plasmaprozesse, elektrochemische Systeme, entsprechende analytische Methoden und Messtechnik, die Anwendung starker Magnetfelder sowie erstmals auch die Kristallzüchtung aus der Schmelze. Insgesamt 13 Präsentationen zum Kristallwachstum und 8 zur Problematik Solar Silizium (Photovoltaik) fanden unter den Vertretern der „klassischen Branchen“ durchaus Beachtung.



Die Beiträge zur Kristallzüchtung beinhalteten Ausführungen zur Kristallzüchtung aus der Schmelze, d.h. die Nutzung elektromagnetischer Felder zur Beeinflussung von CZ-, VGF-, FZ- und Kalttiegel-Prozessen und zur Herstellung von Solar-Silizium für die Photovoltaik. Ferner ging es um die magnetische Strömungskontrolle (Rühren, Dämpfung, Gießen), Levitation und elektromagnetische Formgebung. Die entsprechenden Sessions wurden jeweils durch Plenarvorträge eingeleitet. Prof. S. Taniguchi (Tohoku University Sendai, Japan) sprach über die Perspektiven für EPM-Anwendungen bezogen auf Umwelttechnologien. Entsprechend den Forderungen nach einer verbesserten Energieumwandlungseffizienz und einer reduzierten CO₂-Emission diskutierte er den Status erneuerbarer Energien und des CO₂-Einfangs/Speicherung. Als eines der Ziele von EPR-Anwendungen beschrieb er die schnelle Erzeugung von billigen, gleichmäßig geformten, kugelförmigen Si-Solarzellen ($d \approx 1\text{ mm}$). Dabei wird (simuliert mit Ga) aus einem induktiv ($\approx 3\text{ MHz}$) geschmolzenen, kontinuierlichen Si-Strom durch eine Öffnung dieser mit Hilfe einer periodischen elektromagnetischen Kraft, erzeugt mit einem sogenannten Tropfengenerator ($f = 200\text{--}500\text{ Hz}$), in einzelne Tröpfchen zerlegt, die dann auf einem geeigneten Substrat (z.B. einer strukturierten Folie) abgeschieden werden. Ferner beschrieb er die elektromagnetische Trennung von nichtmetallischen Einschlüssen in Al-Schmelzen (Al-Recycling) sowie das elektromagnetische Schmelzen (Verglasung) von gefährlichen Abfällen aus Kraftwerken. Prof. B.G. Thomas (University Illinois) diskutierte Möglichkeiten zur elektromagnetischen Strömungskontrolle beim kontinuierlichen Gießen von Stahl mit Hilfe von statischen und bewegten Magnetfeldern (elektrom. Bremsen,

Rührer). Prof. P. Rudolph (Leibniz- Institut für Kristallzüchtung (IKZ), Berlin) stellte in einem weiteren Plenarvortrag in sehr anschaulicher Weise die Ergebnisse der numerischen Simulation und Züchtung von GaAs und Ge-Kristallen mit Hilfe der LEC- und VGF-Methode unter Einfluss von Wandermagnetfeldern (Travelling Magnetic Fields) vor. Heizung und zeitabhängiges Magnetfeld werden dabei innerhalb des Rezipienten von einem sogenannten Heater-Magnet Module (HMM) erzeugt. Dieses wurde innerhalb des KRISTMAG-Projektes entwickelt. Mit dieser Anordnung konnten u.a. striationfreie semi-isolierende LEC-GaAs-Kristalle gezüchtet werden sowie high-quality VGF-Ge-Kristalle. Auch in dem Beitrag von K. Niemi et al. (TU Bergakademie Freiberg) ging es um den Einfluss eines Wandermagnetfeldes auf die Phasengrenzdurchbiegung und die lokale Spannungsverteilung in VGF-GaAs- und Ge-Kristallen. Die Autoren fanden heraus, dass ein abwärts gerichtetes Feld, verglichen mit einem Wachstum ohne TMF, zu einer deutlichen Einebnung der Kristallisationsphasengrenze führt, ein aufwärts gerichtetes dagegen zu einer stärkeren Durchbiegung. R. Hermann et al. (IWF, FZD, Dresden) zeigten, dass die Anwendung eines neuen, optimierten magnetischen 2-Phasen-Rührersystems bei der Züchtung von massiven intermetallischen Einkristallen (TiAl) mit Hilfe des FZ-(Float-Zone)-Verfahrens zu einer Änderung der Strömungsstruktur (Übergang vom Doppelwirbel zu einem Einzelwirbel) und damit zu einer bedeutenden Verbesserung der Phasengrenzform führt. O. Pätzold et al. (TU Bergakademie Freiberg) untersuchte die Stabilisierung der Schmelzkonvektion in Volumenkristallen unter Anwendung äußerer Magnetfelder. In einer Reihe von Vorträgen wurden Ergebnisse numerischer

Simulationen vorgestellt (N. Dropka et al., IKZ Berlin, Anwendung eines TMF-Feldes auf oxydische Schmelzen; K. Lacis et al., Universität Riga, 3D-Schmelzfluss und Dotierstofftransport unter Einfluss von AC- und DC magnetischen Feldern bei der industriellen FZ-Si-Einkristallzüchtung; A. EL Gallaf et al., Universität Lyon, Strömungsbeeinflussung mit Rotations- und statischen Magnetfeldern; K. Lacis, A. Muiznieks, Universität Riga, 3D-Konvektion in quadratischen FZ-Si-Kristallen; I. Grans, G. Gerbeth, FZD Dresden, Untersuchungen zur Strömungsstabilität beim VGF-Verfahren; F. Mokhtari et al., Algerien, zur Tiegelgeometrie und Kristallrotationseffekten in CZ-Si-Kristallen). Einen weiteren Schwerpunkt aus der Sicht der Kristallzüchtung bildete die Kontrolle und Beeinflussung von Prozessen mit Hilfe elektromagnetischer Felder bei der Herstellung von Solarsilizium. D. Ciscato et al., LEP Padua, diskutierte mögliche Vorteile einer induktiven Erwärmung gegenüber der traditionellen Widerstandsheizung bei der Herstellung von multikristallinem Silizium nach der Methode der gerichteten Erstarrung (Reduzierung der Prozesszeiten und des Energieverbrauches); K. Dadzis, J. Friedrich et al, Deutsche Solar Freiberg, Fraunhofer IISB Erlangen,

untersuchten den Einfluss eines TMF-Feldes auf die Schmelzkonvektion bei der gerichteten Erstarrung von multikristallinem Solar-Silizium. In einer numerischen Studie untersuchten die Autoren den Einfluss von TMF Induktorparametern auf die Lorentzkraft, Geschwindigkeit und Temperatur in der Schmelze, insbesondere die Wechselwirkung zwischen Lorentz- und Auftriebskraft. F. Santara et al., CRNS Grenoble, stellten ein elektromagnetisches Rückhaltesystem vor, um die Segregation in Solargrade Silizium besser untersuchen zu können.

Die Postersession bot die Möglichkeit zur Vertiefung und kritischen Auseinandersetzung mit dem Inhalt der in den Sessions dargebotenen Beiträge. Erwähnt werden sollte noch die Besichtigungsmöglichkeit des MULTIMAG-Systems im FZD Dresden-Rosendorf, eines Vielzweck-Magnetfeldsystems, und der Hochmagnetfeldstrecke während der Exkursion. Es sei darauf verwiesen, dass dieser Bericht keinen Anspruch auf Vollständigkeit erhebt. Das gesamte Spektrum der Beiträge zu erfassen ist nahezu unmöglich. Abschließend möchte ich den Organisatoren für diese gelungene Tagung meinen Dank aussprechen.

DGKK-Nachwuchs

Abgeschlossene Diplomarbeiten zur Kristallzüchtung kurz vorgestellt

P. Gille, LMU München

Im Sommersemester 2009 wurden in der Arbeitsgruppe Kristallzüchtung, Sektion Kristallographie, Department für Geo- und Umweltwissenschaften der Ludwig-Maximilians-Universität München, zwei Diplomarbeiten abgeschlossen. Sie sind insofern als historisch zu bezeichnen, als sie die letzten Diplomarbeiten bleiben werden, weil auch der Diplomstudiengang Mineralogie inzwischen auf das gegliederte System aus Bachelor- und Master-Studiengängen umgestellt worden ist und nun in dem BSc.-Studiengang Geowissenschaften (mit Vertiefungsrichtung Mineralogie) aufgeht, auf den ein MSc.-Studiengang Geomaterialien und Geochemie aufbaut.

Beide Diplomarbeiten stehen in einem inhaltlichen Zusammenhang. Sie hatten die Kristallzüchtung von intermetallischen Phasen zum Gegenstand, die für die Grundlagenforschung z.B. auf dem Gebiet der Katalyse interessant sind. Die Thematik ist eingebettet in eine Kooperation mit zahlreichen europäischen Partnern innerhalb des Network of Excellence Complex Metallic Alloys.

Diplomarbeit Einkristallzüchtung im System Ga-Pd von Thomas Ziemer

Ludwig-Maximilians-Universität München, Fakultät für Geowissenschaften, 2009

Die selektive katalytische Hydrierung von Acetylen zu Ethylen ist Teil der etablierten Herstellungstechnologie von Polyethylen. Derzeit werden dafür Pd-Katalysatoren auf keramischen Trägern verwendet, die zwar eine hohe Aktivität aber eine relativ geringe Selektivität aufweisen. Für die Steigerung der Selektivität und der Langzeitstabilität wurde das Konzept der „active site isolation“ entwickelt, das zum Ziel hat, im Idealfall einzelne Pd-Atome als wirksame Katalyseplätze anzubieten. Das lässt sich ansatzweise durch Verdünnung in Pd-haltigen Legierungen realisieren;

viel besser geeignet sollte jedoch eine stabile intermetallische Verbindung sein, die durch ihre Kristallstruktur den katalytisch wirksamen Atomen dauerhaft die Plätze zuweist.

Kollegen des MPI für Chemische Physik fester Stoffe in Dresden (Prof. Juri Grin) und des Berliner Fritz-Haber-Instituts der MPI (Prof. Robert Schlögl) haben die Überlegenheit einiger intermetallischer Verbindungen im System Pd-Ga bzgl. der katalytischen Aktivität und Selektivität bei der Hydrierung von Acetylen auf der Basis von polykristallinen Proben nachgewiesen. Weitere technologische Entwicklungen werden natürlich in Richtung großer spezifischer Oberflächen gehen und möglicherweise zur Herstellung von Nanoteilchen führen. Für die Grundlagenuntersuchung der Elementarprozesse der heterogenen Katalyse sind jedoch zunächst „große“ Einkristalle erforderlich, um das volle Spektrum der festkörperphysikalischen Oberflächenanalytik einsetzen zu können. Das war der Ausgangspunkt für die Diplomarbeit von Thomas Ziemer. Die Kristallstrukturen zahlreicher Pd-Ga-Phasen und auch das binäre Phasendiagramm waren aus der Literatur bekannt; bisher war es aber noch nicht gelungen, eine dieser Phasen als Einkristall zu züchten, der die genannten Untersuchungen erlaubt, d.h. einkristalline, kristallographisch orientierte Oberflächen in cm^2 -Dimension liefert.

Herr Ziemer hat sich zunächst auf die intermetallische Phase PdGa (Raumgruppe $P2_13$, Pearson-Symbol $cP8$) konzentriert und sich für die Czochralski-Methode aus Ga-reicher Schmelze entschieden. Gegenstand der Diplomarbeit sind die Synthese dieser Verbindung, die Bedingungen für die Einkristallzüchtung und die Charakterisierung der erhaltenen Kristalle. Dabei ist ihm die Züchtung des ersten kleinen Einkristalls durch spontane Keimbildung an einer in die Schmelze getauchten Korundspitze gelungen. In weiteren Experimenten konnte er dann einkristalline Keime aus früheren Kristallen verwenden und Bedingungen

30 für eine reproduzierbare Züchtung in Richtung [100] untersuchen, auf deren Basis es inzwischen gelungen ist, eine ausreichende Anzahl von Kristalloberflächen in den wichtigsten kristallographischen Orientierungen für weitere Studien bereitzustellen. Die Charakterisierung der gezüchteten Kristalle erfolgte mit den einschlägigen thermoanalytischen und röntgenographischen Methoden (Pulver- und Einkristallmethoden). Eine Publikation über diese Ergebnisse ist in Vorbereitung.

Diplomarbeit Kristallzüchtung von Al_9Co_2 , $\text{o-Al}_{13}\text{Co}_4$ und Al_5Co_2 nach dem Czochralski-Verfahren von Michael Hahne

Ludwig-Maximilians-Universität München, Fakultät für Geowissenschaften, 2009

Das Thema, das Michael Hahne bearbeitet hat, ist stärker in den traditionellen Materialien unserer Kristallzüchtungsgruppe verwurzelt. Orthorhombisches $\text{Al}_{13}\text{Co}_4$ (Raumgruppe $Pmn2_1$, Pearson-Symbol $oP102$) gilt als sog. Approximant für den dekadonalen Quasikristall im System Al-Co-Ni, weil in der Struktur die gleichen lokalen Atomanordnungen (Cluster) auftreten, die auch in der quasikristallinen Nachbarphase gefunden werden. Damit sind solche Phasen interessante Untersuchungsobjekte, wenn man die physikalischen Eigenschaften von Quasikristallen mit solchen ihrer periodischen Verwandten vergleichen möchte. Michael Hahne hat zunächst einen großen $\text{Al}_{13}\text{Co}_4$ -Einkristall nach dem Czochralski-Verfahren aus Al-reicher Schmelze gezüchtet und diesen mit Standardmethoden charakterisiert. Im Gegensatz zu den einfacher aufgebauten Pd-Ga-Phasen hat $\text{o-Al}_{13}\text{Co}_4$ eine relativ große Elementarzelle (mit 102 Atomen). Gegenstand des Interesses ist, welche Eigenschaften von typischen Cluster-Durchmessern und welche von Dimensionen der Elementarzelle beeinflusst werden. Initiiert durch Ideen von den Kollegen um Juri Grin (MPI Chemische Physik fester Stoffe, Dresden) wurde auch diese intermetallische Verbindung für den

potentiellen Einsatz in der heterogenen Katalyse untersucht. Dabei wurden überraschend gute Eigenschaften bzgl. der Selektivität und Aktivität gefunden, deren Brisanz zudem darin besteht, dass der vorgeschlagene Katalysator keinerlei Edelmetall enthält.

Die weiteren im Titel genannten intermetallischen Verbindungen auf der Al-reichen Seite des binären Systems Al-Co waren ebenfalls Teil des ehrgeizigen Ziels der Diplomarbeit, weil sich Fragen aufdrängen, ob bestimmte Eigenschaften primär vom Mix der Elemente oder von ihrer geometrischen Anordnung in der Kristallstruktur bestimmt sind. Al_9Co_2 (Raumgruppe $P2_1/c$, Pearson-Symbol $mP22$) ist die peritektisch kristallisierende Verbindung, die sich in der Kristallisationsfolge nach $\text{Al}_{13}\text{Co}_4$ bilden würde, während Al_5Co_2 der höherschmelzende Nachbar von $\text{Al}_{13}\text{Co}_4$ ist. Herrn Hahne ist auch die Züchtung „großer“ Al_9Co_2 -Einkristalle gelungen, wobei die eigentliche Herausforderung darin bestand, Al-reiche Einschlüsse im Einkristall zu verhindern. Aufgrund der geringeren Co-Löslichkeit der Schmelze und der geringeren Züchtungstemperaturen dominieren Transportprozesse in der Lösung. Herr Hahne hat dem Rechnung getragen, indem er bei der Czochralski-Züchtung extrem geringe Ziehgeschwindigkeiten von $25 \mu\text{m/h}$ eingesetzt hat. Bei der Charakterisierung der Einkristalle standen vor allem die zahlreich auftretenden Facetten (als Indiz für morphologisch stabile Kristallflächen) im Mittelpunkt. Beim erstmaligen Versuch der Züchtung von Al_5Co_2 ist Herr Hahne auf die Grenzen der zur Verfügung stehenden Czochralski-Apparatur gestoßen. Mit dem bisher verwendeten Kanthal-Heizer sind (in O_2 -freier Atmosphäre) Temperaturen um 1200°C nicht dauerhaft zu gewährleisten. Das Scheitern eines ersten Pt-Heizer-Aufbaus konnte noch in der Diplomarbeit dokumentiert werden. Der schließlich erfolgreich realisierte Graphitheizer fällt schon in die Zeit nach der Diplomarbeit.

Die Faszination der Gitter

Das Leibniz-Institut für Kristallzüchtung betreibt zusammen mit der Lise-Meitner-Schule ein Schülerlabor

Gesine Wiemer, Forschungsverbund Berlin

Frank Kießling, Leibniz-Institut für Kristallzüchtung, Berlin

Im Juni 2008 startete die Versuchsphase des „Lise-Lab Kristallografie“, eines Schülerlabors des Leibniz-Instituts für Kristallzüchtung (IKZ) in Kooperation mit der Lise-Meitner-Schule (www.osz-lise-meitner.eu). Eineinhalb Jahre planten Dr. Frank-Michael Kießling vom IKZ und Ulrich Traub, Fachleiter für Physik an der Lise-Meitner-Schule, das Projekt. In einer ersten Phase wurde es ausschließlich mit Schülern der Lise-Meitner-Schule erprobt und dann auch für andere Schulen geöffnet.

Angeboten werden ein ganztägiger Labortag und ein Einstiegs-vortrag, bei dem eine Brücke zwischen Symmetrien in Kunst

& Alltag und bei Mineralien gebaut wird. Danach führen die Schüler selbst Experimente durch, und bei einer abschließenden Institutsbesichtigung des IKZ können sie Einblicke in die wissenschaftliche Kristallzüchtung erhalten. „Das Züchten eines eigenen Kristalls darf natürlich auf keinen Fall fehlen“, sagt Ulrich Traub. Da ein Kristall aber nicht an einem Tag wächst, können die Schüler ihre Exemplare frühestens nach 14 Tagen abholen. Auch überraschende Experimente für den Alltag werden durchgeführt, wie zum Beispiel Kältemischungen zur Herstellung von Eis.



Nickel(II)sulfat-Hexahydrat- und Kaliumchromalaunkristalle werden im Schülerlabor gezüchtet.

Damit lassen sich Getränke kühlen – auch ohne Kühlschrank. In etwas anspruchsvolleren Experimenten werden mithilfe der Röntgenspektroskopie Kristallstrukturen ausgemessen.

„Wir sind von Symmetrien umgeben, ich will den Blick der Schüler für diese Schönheit schärfen“, begründet Frank-Michael Kießling sein Engagement. „Und außerdem möchte ich meine Arbeit als Wissenschaftler sichtbar machen.“ Oft spiele sich Forschung im Verborgenen ab, die Öffentlichkeit bekomme kaum etwas

davon mit. Kießling lobt die hervorragende Ausstattung der Lise-Meitner-Schule, ohne die das Schülerlabor von vornherein zum Scheitern verurteilt gewesen wäre. Die beiden Initiatoren werden bei der Vorbereitung und Durchführung des Labortages an der Lise-Meitner-Schule von Diplomkristallographin Ronny Wutzler fachkompetent unterstützt. Für ihr Engagement im Bereich Schülerlabore hat die Lise-Meitner-Schule 2008 einen Förderpreis der Thyssen-Krupp AG erhalten.

Diplomarbeit bei Innovent e.V. Jena

„Entwicklung und Optimierung Wismut-substituierter Seltenerd-Eisengranatschichten für die magnetooptische Visualisierung“

Benjamin Wenzel, Innovent e.V. Jena

Innovent e.V. Jena, Fachbereich Magnetische und Optische Systeme

Im Rahmen der Diplomarbeit wurden magneto-optische Seltenerd-Eisengranatschichten vom Typ $Gd_{3-x-y}Bi_xLu_yFe_{5-z}Ga_zO_{12}$ mittels Flüssigphasenepitaxie (LPE) hergestellt. Als Substratmaterial diente undotierter Gadolinium-Gallium-Granat GGG ($a = 12,37 \text{ \AA}$) und dotierter GGCMZ ($a = 12,43 \text{ \AA}$). Das Lösungsmittel der Hochtemperaturlösung war eine Zusammensetzung aus Bleioxid, Boroxid und Wismutoxid. Die Schichtdicke, der Misfit und die Oberflächenmorphologie der Schichten wurden charakterisiert und die Zuchtbedingungen systematisch angepasst. Zusätzlich fanden

Untersuchungen hinsichtlich des magnetischen Kompensationspunktes der Granatschichten statt. Weiterhin konnten Temperversuche an den Schichten durchgeführt werden, um den Einfluss der Temperaturbehandlung auf die magnetooptischen Eigenschaften zu ermitteln.

Wissenschaftliche Vita des Absolventen:

Name, Vorname	Wenzel, Benjamin
Studienfach	Werkstofftechnik
Studienort	Fachhochschule Jena, Fachbereich SciTec
Datum der Diplomprüfung	05.11.2009



GERO

30-3000°C

- Rohröfen bis 1800°C
- Aufklappbare Rohröfen bis 1700°C
- Vielzonenrohröfen bis 1800°C
- Kammeröfen bis 3000°C
- Bottom Loader bis 2500°C
- Laboröfen bis 3000°C
- Retortenöfen
- Pyrolyseöfen
- Silizieröfen
- Öfen für MIM-Verfahren
- Sonderanlagen
- Reichhaltiges Zubehör

mehr auf www.gero-gmbh.com

KZV Kristallziehanlage mit Leistungsregelung für Fluoride nach dem Stockbarger- oder Bridgman-Verfahren bis 1800°C

GERO Hochtemperaturöfen GmbH & Co. KG
 Hesselbachstr. 15
 D-75242 Neuhausen
 Telefon: 07234/9522-0 Fax: 07234/9522-99
 E-Mail: info@gero-gmbh.com

32 Über die DGKK

Die Deutsche Gesellschaft für Kristallwachstum und Kristallzüchtung (DGKK) ist eine gemeinnützige Organisation zur Förderung der Forschung, Lehre und Technologie auf dem Gebiet des Kristallwachstums und der Kristallzüchtung. Sie vertritt die Interessen ihrer Mitglieder auf nationaler und internationaler Ebene.

Die DGKK ist Mitglied der Bundesvereinigung Materialwissenschaft und Werkstofftechnik e.V. (BV MatWerk).

Die DGKK veranstaltet jährlich die Deutsche Kristallzüchtungstagung, gibt zweimal jährlich das DGKK-Mitteilungsblatt heraus und unterhält eine Web-Seite (www.dgkk.de). Die Arbeit der Gesellschaft ist in Arbeitskreisen organisiert.

Vorstand der DGKK

Vorsitzender

Prof. Dr. Wolf Aßmus
Physikalisches Institut der Johann Wolfgang Goethe-Universität
Max von Laue Strasse 1
60438 Frankfurt am Main
Tel.: 069 / 798 47258
Fax: 069 / 798 47271
E-Mail: assmus@physik.uni-frankfurt.de

Stellvertretender Vorsitzender

Dr. Stefan Eichler
Freiberger Compound Materials GmbH
Am Junge Löwe Schacht 5
D - 09599 Freiberg
Tel.: 03731 / 280 -384
Fax: 03731 / 280 - 106
E-Mail: eichler@fcm-germany.com

Schriftführerin

Dr. Christiane Frank-Rotsch
Leibniz-Institut für Kristallzüchtung
Max-Born-Str.2
12489 Berlin
Tel.: 030 / 6392 3031
Fax: 030 / 6392 3003
E-Mail: frank@ikz-berlin.de

Schatzmeister

Prof. Dr. Manfred Mühlberg
Institut für Kristallographie der
Universität zu Köln
Zülpicher Strasse 49b
50674 Köln
Tel.: 0221 / 470 4420
Fax: 0221 / 470 4963
E-Mail:

Beisitzer

Dr. Andreas Danilewsky
Kristallographisches Institut
Albert-Ludwigs-Universität
Hermann-Herder-Straße 5
79104 Freiburg
Tel.: 0761 / 203 6450
Fax: 0761 / 203 6434
E-Mail: a.danilewsky@krist.uni-freiburg.de

Dr. Jochen Friedrich
Crystal Growth Laboratory
Fraunhofer IISB
Schottkystrasse 10
91058 Erlangen
Tel.: 09131 / 761-269
Fax: 09131 / 761-280
E-Mail: jochen.friedrich@iisb.fraunhofer.de

Prof. Dr. Peter Wellmann
Institut für Werkstoffwissenschaften 6
Universität Erlangen-Nürnberg
Martensstr. 7
91058 Erlangen
Tel.: 09131 / 85 27635
Fax: 09131 / 85 28495
E-Mail: peter.wellmann@ww.uni-erlangen.de

Bankverbindung:

Sparkasse Karlsruhe
Kto.-Nr.: 104 306 19
BLZ: 660 501 01
IBAN DE84 6605 0101 0100 1043 0619 SWIFT-
BIC:KARSD66

Redaktion:

Dr. Wolfram Müller
Leibniz-Institut für Kristallzüchtung
Tel.: 030 / 6392 3074
Fax: 030 / 6392 3003
Uwe Rehse
Leibniz-Institut für Kristallzüchtung
Tel.: 030 / 6392 3070
Fax: 030 / 6392 3003
E-Mail: redaktion@dgkk.de

Internetauftritt:

Dr. Andreas Danilewsky
Kristallographisches Institut
Albert-Ludwigs-Universität
Tel.: 0761 / 203 6450
Fax: 0761 / 203 6434
Sabine Bergmann
Leibniz-Institut für Kristallzüchtung
Tel.: 030 / 6392 3093
Fax: 030 / 6392 3003
E-Mail: webmaster@dgkk.de
WWW: <http://www.dgkk.de>

Mitteilungen der DGKK, Stellenangebote, Stellengesuche:

Dr. Christiane Frank-Rotsch
Leibniz-Institut für Kristallzüchtung
Tel.: 030 / 6392 3031
Fax: 030 / 6392 3003
E-Mail: frank@ikz-berlin.de

Anzeigen:

Prof. Dr. Manfred Mühlberg
Institut für Kristallographie der Universität zu Köln
Tel.: 0221 / 470 4420
Fax: 0221 / 470 4963

Mitgliedschaft:

Der Mitgliedsbeitrag kostet zur Zeit im Jahr 20 € und für Studenten ermäßigt 10 €. Beiträge für juristische Personen erhalten Sie auf Anfrage. Das Aufnahmeformular finden Sie auf der letzten Seite in diesem Heft. Sie können sich aber auch über die Internetseite der DGKK online anmelden. Dort finden Sie auch die DGKK Stichwortliste.

Arbeitskreise

Arbeitskreis

„Herstellung und Charakterisierung von Massiven Halbleiterkristallen“

Sprecher: Prof. Dr. Peter Wellmann
 Institut für Werkstoffwissenschaften VI
 Universität Erlangen-Nürnberg
 Martensstr. 7
 91058 Erlangen
 Tel.: +49 (0)9131 85 27635
 Fax: +49 (0)9131 85 28495
 Email: peter.wellmann@ww.uni-erlangen.de

Arbeitskreis

„Intermetallische und oxidische Systeme mit Spin- und Ladungskorrelationen“

Sprecher: Dr. Günter Behr
 Leibniz-Institut für Festkörper- und Werkstoffforschung Dresden
 Tel.: +49 (0)351 4659 404
 Fax.: +49 (0)351 4659 480
 E-Mail: behr@ifw-dresden.de

Arbeitskreis

„Kristalle für Laser und Nichtlineare Optik“

Sprecher: Prof. Dr. Manfred Mühlberg
 Institut für Kristallographie der Universität zu Köln
 Zülpicher Str. 49b
 D-50674 Köln
 Tel.: +49 (0)221 470 4420
 Fax.: +49 (0)221 470 4963
 E-mail: Manfred.Muehlberg@uni-koeln.de

Arbeitskreis

„Epitaxie von III-V-Halbleitern“

Sprecher: Prof. Dr. Michael Heuken
 Aixtron AG Aachen
 52134 Herzogenrath, Kaiserstr. 98
 Tel.: +49 (0)241 8909 154
 Fax: +49 (0)241 8909 149
 Email: m.heuken@aixtron.com

Arbeitskreis

„Kinetik“

Sprecher: Dr. Wolfram Miller
 Leibniz-Institut für Kristallzüchtung
 Max-Born-Straße 2
 12489 Berlin
 Tel.: +49 (0)30 6392 3074
 Fax.: +49 (0)30 6392 3003
 E-Mail: miller@ikz-berlin.de

Arbeitskreis

„Angewandte Simulation in der Kristallzüchtung“

Sprecher: Dr. Albrecht Seidl
 Wacker SCHOTT Solar GmbH
 Industriestr. 13
 63755 Alzenau, Germany
 Tel: +49 (0)6023 91 1406
 Fax: +49 (0)6023 91 1801
 E-mail: albrecht.seidl@wackerschott.com

Tagungskalender

2010

03.-05. März 2010

Deutsche Kristallzüchertagung 2010
 Freiburg
 Leitung: Arne Cröll
 www.dgkk.de

23.-25. März 2010

11. Kinetikseminar der DGKK (auf der DPG-Frühjahrstagung)
 Regensburg
 Leitung: Joachim Krug, Thomas Michely, Wolfram Miller
 www.dgkk.de

05.-09. April 2010

MRS Spring Meeting
 San Francisco, CA, USA
 www.mrs.org

30. Mai-04. Juni 2010

5th IKZ Summer Course on Crystal Growth
 Berlin
 Leitung: Klaus Jacobs
 www.ikz-berlin.de

07.-11. Juni 2010

E-MRS Spring Meeting
 Strasbourg
 www.emrs-strasbourg.com

01.-07. August 2010

The 14th International Summer School on Crystal Growth
 Dalian, China
 Leitung: Minhua Jiang
 www.isscg14.org.cn

08.-15. August 2010

16th International Conference on Crystal Growth
 14th International Conference on Vapor growth and Epitaxy
 Beijing, China
 Leitung: Minhua Jiang, Zhanguo Wang
 iccg16.tipc.cn

2011

26.-30. Juni 2011

5th International Workshop on Crystal Growth Technology
 Berlin
 Leitung: Roberto Fornari
 iwctgt5.ikz-berlin.de

2013

August

17th International Conference on Crystal Growth (ICCG-17)
 Warschau, Polen

Antrag auf Mitgliedschaft in der DGKK

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

Art der Mitgliedschaft: ordentliches Mitglied studentisches Mitglied korporatives Mitglied

Gewünschter Beginn der Mitgliedschaft: _____

Name: _____ **Vorname:** _____

Titel: _____ **Beruf:** _____

Geburtsdatum: _____

Dienstanschrift (Firma, Institut, etc.):

Straße, Haus-Nr. : _____

PLZ: _____ Ort: _____

Telefon: _____ Fax: _____ Email: _____

Privatanschrift :

Straße, Haus-Nr. : _____

PLZ: _____ Ort: _____

Telefon: _____ Fax: _____ Email: _____

Tätigkeit, Erfahrung charakterisieren

über die DGKK – Stichwortliste (Bitte maximal 10 Stichwortnummern angeben!)

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

zusätzlich noch 3 Begriffe (,-getrennt): _____

Einverständnis zur Veröffentlichung der Daten (außer Privatdaten) über die Suchfunktion der DGKK-Homepage (<http://www.dgkk.de>) ja nein

Ort, Datum: **Unterschrift:**

Lastschriftverfahren

Hiermit ermächtige ich Sie widerruflich die von mir zu entrichtenden Zahlungen (Mitgliedsbeiträge DGKK) von folgender Bankverbindung durch Lastschrift einzuziehen:

Konto Nr. _____ **BLZ** _____

Bank _____

Datum: **Unterschrift:**

bitte per Post oder Fax an Frau Dr. Christiane Frank-Rotsch (DGKK-Schriftführerin)
 Leibniz-Institut für Kristallzüchtung • Max-Born-Straße 2 • **D-12489 Berlin**
 Telefax: 030 6392 3003



Leistung für Kristallzüchtung

Kristallzüchtung ist ein komplexer Prozess, bei dem jede Komponente zählt. Als ein führender Hersteller von Induktionsgeneratoren für die Kristallzüchtung wissen wir genau worauf es ankommt. Deshalb fertigen wir unsere Generatoren mit höchster Sorgfalt. So erfüllen sie stets die hohen Anforderungen, die an sie gestellt werden. Tag für Tag. Jahr für Jahr.

Höchst zuverlässig erzeugen HÜTTINGER Induktionsgeneratoren die zur Kristallzüchtung benötigte Leistung. Ihre Langzeitstabilität erlaubt es unseren Kunden beste Ergebnisse zu erzielen. Ein breite Palette an Datenschnittstellen macht HÜTTINGER Induktionsgeneratoren äußerst bedienerfreundlich. Das sagen unser Kunden. Immer wieder. Auf der ganzen Welt. www.huettinger.com



TRUMPF

TRUMPF Gruppe

HÜTTINGER Elektronik
generating confidence

Wir schaffen Verbindungen

Anorganika · Organika · Boronsäuren
Fluorchemikalien · Reine und reinste Elemente
Metalle und Legierungen in definierten Formen
und Reinheiten · Seltenerdmetalle, Oxide,
Fluoride für die Kristallzucht · Laborgeräte
aus Platin und Platinlegierungen · Nano-Pulver

**Produkte höchster Qualität.
Kürzeste Lieferzeiten. Exzellenter Service.
Zuverlässige und effiziente Zusammenarbeit.**

