

Mitteilungsblatt
Nr. 88 / 2009



Deutsche Gesellschaft
für Kristallwachstum und
Kristallzüchtung e.V.



Inhalt

Der Vorsitzende / Editorial	3
DGKK-intern	4
DGKK-Personen	14
DGKK-Nachrichten	17
DGKK-Fokus	20
DGKK-Forschung	22
DGKK-Nachwuchs	26
Über die DGKK	28
Tagungskalender	29

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,

wie schnell die Zeit vergeht: "Gerade" hatten wir doch erst die außerordentlich gelungene Deutsche Kristallzüchtertagung in Dresden, für die ich mich nochmals bei Herrn Behr, seinem Team und dem IFW bedanken möchte.

Die Bitte des neuen Herausbergerteams des Mitteilungsblattes der DGKK zeigt mir, dass das erste Heft der neuen Redaktion erscheinen soll und dass Dresden bereits fast drei Monate zurückliegt. Dem neuen Team viel Erfolg und hoffentlich etwas Freude mit dem Mitteilungsblatt!

In Dresden und bei anderen Tagungen gab es oftmals Diskussionen über neue Mitglieder. Diese Diskussion – aber auch die Öffnung unserer Gesellschaft für neue Themen und Arbeitsbereiche – erscheint mir sehr dringlich. EU-Themen wie "Composite Materials", Themenvorschläge der Deutschen Physikalischen Gesellschaft bzw. der BV MAT-WERK zu Tagungen über "Energy Materials" bzw. "Battery Materials" betreffen uns nur am Rand. Ähnliches gilt für die Life-Science- Materials, die eine zunehmende Bedeutung haben und bei denen Kristallwachstum und Züchtung eine wichtige Rolle spielt. Jeder von uns sollte versuchen, neue für uns interessante Arbeitsfelder zu erschließen. Der Vorstand wird sich über diese Aktivitäten sicher freuen. Dem in Dresden neu gewählten Vorstand – er tritt die Amtsgeschäfte zum 1. Januar 2010 an – wünsche ich bei dieser Aufgabe eine glückliche Hand. Eine schöne Sommerzeit wünscht allen

Euer

Wolf Aßmus

Titelbild



Das Titelbild zeigt zwei GeVGF-Kristalle, die im Leibniz-Institut für Kristallzüchtung (IKZ) im Wandermagnetfeld im Rahmen des Projektes **KRISTMAG[®]** gezüchtet wurden - mehr zu diesem Projekt können Sie auf S. 22 lesen.

Foto: IKZ, K. Banse

Editorial

Liebe Leserinnen und Leser,

hier liegt nun das erste Heft vor, das in neuer Verantwortung erstellt worden ist. Franz Ritter hat sich im letzten Heft von Ihnen verabschiedet und wir können an dieser Stelle nur ein ganz herzliches Danke sagen für seine zehnjährige Arbeit und Verantwortung. Form und Inhalt des Mitteilungsblattes haben sich bewährt und so bauen wir auch in diesem Heft auf der bisherigen Struktur auf. Etwas klarer wollen wir die Rubriken hervorheben. Statistik und Archiv sind nun in das Internet auf die DGKK-Seiten gewandert. Damit ist etwas mehr Platz im Heft für Beiträge. Verstärkt wollen wir über den Forschungsnachwuchs berichten, wobei wir dort auf Ihre Mithilfe angewiesen sind. Diplom- und Promotionsarbeiten auf dem Gebiet der Kristallzüchtung sollten im Mitteilungsblatt vorgestellt werden. Wie so etwas aussehen kann, sehen Sie auf S. 26. Weiterhin ist geplant, über Aktivitäten im europäischen Ausland zu berichten. Gerade im Hinblick auf die zunehmende Forschungsförderung über EU-Töpfe finden wir es sinnvoll, den wissenschaftlichen, aber auch wissenschafts-politischen Austausch in Europa zu fördern, gerade weil wir mit unserem Gebiet ähnliche Schwierigkeiten in allen Ländern haben. Dass dieses nicht auf Europa beschränkt ist, macht das Gespräch zwischen dem bisherigen Präsidenten der ACCG, Prof. David Bliss und dem neuen Präsidenten, Prof. Jeffrey J. Derby, deutlich, das in den ACCG News vom Frühjahr 2009 erschienen ist und wir mit freundlicher Genehmigung der ACCG auf S. 20 abdrucken. Erste Gedanken des in Dresden gewählten neuen Vorsitzenden unserer Gesellschaft, Prof. P. Rudolph, sind auf S. 8 zu finden.

Die Deutsche Kristallzüchtungstagung 2009 in Dresden hat gezeigt, wie interessant und breit unser Gebiet ist. Wir wollen, dass sich dieses auch im Mitteilungsblatt widerspiegelt. Dazu brauchen wir Ihre Unterstützung, sei es durch Einsenden von Berichten und Bildern, sei es durch Vorschläge für interessante Themen oder durch Hinweise auf Tagungen, Veranstaltungen, wichtige Forschungsergebnisse, etc. Wir freuen uns hier über jede Mitarbeit und hoffen, dass das vorliegende Heft Ihnen eine unterhaltsame und interessante Lektüre bietet.

Die Redaktion

Inhalt

Der Vorsitzende	3	Festkolloquium anlässlich des 60. Geburtstags von Professor Manfred Mühlberg	16
Liebe Kolleginnen und Kollegen,	3	DGKK-Nachrichten	17
Titelbild	3	Siliziumkarbid-Leistungsbaulemente auf der Überholspur	17
Editorial	3	Eurotherm Seminar No. 84: Thermodynamics of phase changes	18
DGKK-intern	4	Nach der Wissenschaft und Wirtschaft 2009 in Freiberg: Kristalle als Besuchermagnet am Fraunhofer THM	18
Die Deutsche Kristallzüchtungstagung 2009 in Dresden	4	Neue Mitglieder 2009	19
Protokoll der Mitgliederversammlung	5	DGKK-Fokus	20
Brief des künftigen Vorsitzenden	8	Interview mit dem Präsidenten der American Association of Crystal Growth (ACCG)	20
10. Kinetikseminar der DGKK & 6. Workshop Angewandte Simulation in der Kristallzüchtung	8	DGKK-Forschung	22
DGKK-Seminar: „Siliziumherstellung für die Photovoltaik: Vom Rohstoff über die Kristallisation zum Wafer“	11	KRISTMAG [®] - vom Traum zum Transfer	22
4. IKZ-Sommerkurs zu Kristallzüchtung und Kristallwachstum ..	13	DGKK-Nachwuchs	26
DGKK-Personen	14	Wachstum und Charakterisierung von Silizium- und Germanium-Nanodrähten	26
Prof. H. Wenzl zum 75. Geburtstag	14	„Was ist Kristallographie?“	27
Der 65. – Für Wolf Aßmus eine Chance zur Intensivierung der Forschungstätigkeit	15	Über die DGKK	28
DGKK-Preis 2010	15	Vorstand der DGKK	28
		Arbeitskreise	29
		Tagungskalender	29

4 DGKK-intern

Die Deutsche Kristallzüchtungstagung 2009 in Dresden

Gut organisiert, gut besucht, gute Beiträge und Diskussionen - so kann man kurz die Jahrestagung der DGKK beschreiben, die vom 4.-6. März am Leibniz-Institut für Festkörper- und Werkstoffforschung in Dresden stattgefunden hat. 6 Vortragende aus ganz unterschiedlichen Bereichen der Kristallzüchtung waren eingeladen worden. Den Auftakt machte Peter Dold, der bei der kanadischen Firma Arise arbeitet, mit einem Vortrag über „Silicium für die Photovoltaik“. Der zentrale Punkt seines Vortrages war die Entwicklung eines Prozesses zur Gewinnung von 7N+ Silicium. Im Gegensatz zum herkömmlichen Siemens-Prozess kommt die Neuentwicklung mit weniger Prozessschritten aus und läuft in einem geschlossenen Kreislauf ab, was insgesamt die Kosten verringern soll. Gegenwärtiger Stand sind die Produktion von 100 mm-Seelen, die Designphase für die Produktion von Seelen mit 150 mm Durchmesser hat gerade begonnen.

Solarsilicium nimmt inzwischen in der Kristallzüchtungsforschung immer mehr Raum ein. Aufgrund der Wettbewerbssituation wird hier nur ein Teil der Forschungsarbeiten publiziert. Zwei Beiträge vom IISB in Erlangen zeigten die Ergebnisse von Untersuchungen in einer Laboranlage mit rundem Tiegel (Durchmesser 6 cm) und numerischen Berechnungen zur Kohlenstoffverteilung. Durch eine bessere Durchmischung der Schmelze konnte die Kohlenstoffkonzentration in der Nähe der Phasengrenze reduziert werden und damit auch die Gefahr von SiC-Bildung mit anschließendem Einbau in den erstarrenden Block vermindert werden. Der getestete Ansatz soll auch im Industriemaßstab erfolgreich umgesetzt worden sein (siehe FRAUNHOFER).



Blick in den Vortragsraum am Leibniz-Institut für Festkörper- und Werkstoffforschung in Dresden. Foto: Ch. Frank-Rotsch (IKZ)

Daniel Rytz von der F.E.E. GmbH in Idar-Oberstein gab in seinem eingeladenen Vortrag eine Übersicht über unterschiedliche Borat-Kristalle für die Anwendung als Frequenzkonverter zur Erzeugung von UV-Strahlung. Anhand der optischen Eigenschaften wurde eine Bewertung der unterschiedlichen Materialien vorgenommen. Im zweiten Schritt wurden die praktischen Nachteile der Kristalle einiger dieser Materialien dargelegt, wie z.B. die stark hygroskopische Eigenschaft des CLBO. Aufgrund seiner Materialdaten ist YAB ($\text{YAl}_3(\text{BO}_3)_3$) ein geeigneter Kandidat, wo nun die Herausforderung einer kommerziell umsetzbaren Züchtung besteht. Bisher wurden in einem $\text{K}_2\text{Mo}_3\text{O}_{10}$ -flux etwa

2 cm große Kristalle innerhalb von 5-6 Wochen gezüchtet.

Ein weiterer eingeladener Vortrag aus der Industrie kam von Holger Bitterlich aus Heilbronn (AIM Infrarot-Module GmbH) über die Herstellung von HgCdTe-Schichten. Diese werden mittels Flüssigphasenepitaxie auf gitterangepasste CdZnTe-Substrate abgeschieden. Letztere werden bei AIM im horizontalen Bridgman-Verfahren hergestellt. Die Prozesslinie startet damit beim AIM mit dem Substratmaterial und endet mit der Herstellung von Infrarot-Kameras. Straßenaufnahmen mit einer solchen Kamera wurden als Abschluss des Vortrages gezeigt, wobei man den Begriff „Hot Dog“ auf ganz direkte Weise wahrnehmen konnte.

AIN ist aufgrund seiner elektronischen Eigenschaften (Bandlücke von 6.2 eV) ein äußerst interessantes Material. Die Herausforderung hier ist aber immer noch die Herstellung von Einkristallen ausreichender Qualität und Größe. Boris Epelbaum gab in einem eingeladenen Vortrag eine Übersicht über die Forschungsarbeiten und Entwicklungen der letzten Jahre an der Universität Erlangen-Nürnberg. Als Keimkristall wurde zunächst SiC verwendet. Die Ergebnisse dieser Züchtung konnten dann mit dem Kristallwachstum auf Eigensubstraten verglichen werden.

Dieser Vortrag wurde ergänzt von Matthias Bickermann's Beitrag über die Epitaxie von AlGaIn- und AlInGaIn-Schichten auf AIN-Substraten. Gegenüber der Abscheidung dieser Schichten auf Saphir konnte die bei EPD-Messungen ermittelte Versetzungsdichte drastisch reduziert werden (von $\approx 10^8 \text{ cm}^{-2}$ bei Saphir auf $10^3 - 10^5 \text{ cm}^{-2}$ bei AIN). Dabei hat es sich als vorteilhaft erwiesen, wenn der AIN-Substratkristall polar ist.

Eindrucksvoll war der eingeladene Vortrag von Matthias Göbels (Friedrich-Alexander-Universität Nürnberg) über natürlich gewachsene Kristalle. Er entführte uns im zweiten Teil seines Vortrages in die Welt der Höhlen mit ihren Stalaktiten, Stalaktiten, Sinter und „Excentriques“, wobei sich die Kristalle teilweise über mehrere Stockwerke ausbreiten.

Von der Makrowelt wieder zurück zur Mikrowelt: Thomas Michely von der Universität Köln stellte in einem eingeladenen Vortrag die Ergebnisse von Untersuchungen zur Homoepitaxie mittels Rastertunnelmikroskopie (STM) vor. Das Wachstum geschieht hier weitab vom thermischen Gleichgewicht, so dass es durch kinetische Effekte bestimmt wird. Insbesondere spielt die Stufenrandbarriere eine entscheidende Rolle bei der Ausbildung von inselförmigen Bergen. Die Stufenrandbarriere wiederum wird bereits durch geringe Verunreinigungen stark beeinflusst. In den Versuchen lassen sich auch gezielt Schraubenversetzungen erzeugen und lässt sich deren Einfluss auf die Struktur und Höhe der Inselberge untersuchen. Begleitet werden die experimentiellen Studien durch theoretische Betrachtungen und numerische Berechnungen der ebenfalls an der Uni Köln arbeitenden Gruppe von Joachim Krug.

Eine der führenden Gruppen in der Herstellung von Nanodrähten befindet sich an der Universität Lund in Schweden. Knut Deppert berichtete über die systematischen Untersuchungen zur Zwillingsbildung bei GaAs und InP. Durch Wahl der Wachstumstemperatur kann bei InP gezielt die Wurtzit- (400°C) oder die Zinkblendestruktur (480°C) eingestellt werden. Dabei wächst

die Zinkblendstruktur grundsätzlich mit Zwillingen (und ohne Stapelfehler), die Wurtzitstruktur dagegen mit Stapelfehlern. Der Grund für das Auftreten der (thermodynamisch instabileren) Wurtzitstruktur ist noch nicht abschließend geklärt.



Beim gemeinsamen Abendessen nach der Postersitzung. Foto: Ch. Frank-Rotsch (IKZ)

Dietrich Schwabe und Alexey Mizev stellten eine neue Züchtungsmethode aus der Lösung vor, die sich insbesondere für empfindliche Kristalle eignet. Dabei wird der wachsende Kristall

durch eine Strömung gezielt in Schwebelage gehalten. Das parabolische Geschwindigkeitsprofil einer Rohrströmung gewährleistet, dass der Kristall bei Annäherung an die Wand immer wieder in die Mitte zurückgedrückt wird. Eine konische Form des Rohres ermöglicht, den Schwebestand des Kristalls bei weiterem Wachsen und weiterer Massezunahme aufrecht zu erhalten. Dieses Verfahren eignet sich nur für kleine Kristalle (einige Millimeter) und kommt damit in erster Linie für die Züchtung von Proteinkristallen in Frage.

Neben den 6 eingeladenen Vorträgen gab es 23 weitere Vorträge sowie 26 Poster, die einen guten Überblick über die gegenwärtigen Aktivitäten auf dem Gebiet der Kristallzüchtung in Deutschland gegeben haben. Von diesen Beiträgen kamen zwei aus Warschau. Angenehm war, dass alle Vorträge inhaltlich und stilistisch gut waren. Es bleibt also zu hoffen, dass sich der Trend zu verstärkter Teilnahme an der Deutschen Kristallzüchtertagung mit interessanten Beiträgen auch nächstes Jahr fortsetzt, wenn diese Veranstaltung von Arne Cröll in Freiburg ausgerichtet wird.

Die Abstracts der diesjährigen Deutschen Kristallzüchtungstagung sind unter www.dgkk.de zu finden.

Wolfram Miller, IKZ Berlin

Protokoll der Mitgliederversammlung

Anwesende:

DGKK Mitglieder: T. Aichele, W. Aßmus, B. Bauer, G. Behr, H. Bitterlich, T. Boeck, A. Cröll, M. Czupalla, A. Danilewsky, K. Depert, M. Dietrich, P. Dold, S. Eichler, B. Epelbaum, H. Fenzl, T. Flade, R. Fornari, Ch. Frank-Rotsch, B. Freudenberg, J. Friedrich, P. Gille, S. Gottlieb-Schönmeyer, P. Görnert, G. Graw, Ch. Gross, Ch. Gugushev, A. Haghhighirad, C. Hartmann, Ph. Hens, N. Herres, K. Jacobs, M. Jurisch, B. Kallinger, F. Kießling, F. Kropfgans, R. Lauck, N. Lien, D. Linke, B. Lux, W. Miller, M. Möllering, F. Mosel, M. Mühlberg, M. Neubert, U. Rehse, Ch. Reimann, F. Ritter, P. Rudolph, A. Seidl, R. Sorgenfrei, R. Sumathi, J. Tonn, T. Trautnitz, J. Wittge, N. Wizent, T. Wolf, J. Wollweber, U. Wunderwald

Gäste: M. Hahne, K.-D. Luther

Ort: Hörsaal des IFW Dresden

Zeit: Mittwoch, 4. März 2009, 18 Uhr

TOP 1 Begrüßung und Feststellen der Beschlussfähigkeit

Es sind 58 Mitglieder anwesend, d.h. laut Satzung ist die Versammlung beschlussfähig. Der Vorsitzende der DGKK, W. Aßmus, begrüßt die anwesenden Mitglieder und Gäste zur Mitgliederversammlung 2009.

TOP 2 Bericht des Vorsitzenden

Herr W. Aßmus begann seinen Bericht mit einem Glückwunsch an Prof. P. Rudolph und seinem Team zum Innovationspreis Berlin-Brandenburg 2008 zur „Kristallzüchtung im wandernden Magnetfeld“.

Die Aktivitäten der DGKK wurden in zwei Vorstandstreffen koordiniert. Ein erstes fand am 28.11.08 in Frankfurt/M. und ein weiteres am 04.03.09 in Dresden statt.

Einen Schwerpunkt der Vorstandssitzung in Frankfurt/M. stellte die Situation des DGKK-Mitteilungsblattes dar. Es wurden die Gründe für die Verzögerung des Erscheinens und mögliche

Hilfestellungen und Organisationsänderungen diskutiert und beschlossen. Dr. Franz Ritter hat in der Zwischenzeit (Januar 2009) das 20. Mitteilungsblatt herausgegeben. Über die zukünftige Organisation wird unter TOP 7 separat berichtet.

Weiterhin wurde bei der Vorstandssitzung in Frankfurt/M. das Problem erörtert, dass aufgrund der steigenden Arbeitsbelastungen die Arbeit im Vorstand, insbesondere persönliche Treffen immer schwieriger werden. Daher erfolgte die Vorstandsarbeit auch überwiegend durch Email-Kontakte. In diesem Zusammenhang wurde auch die Organisationsform anderer Vereinigungen wie DPG und GDCH mit einem hauptamtlichen Vorstand diskutiert, dies wäre jedoch nur bei einer viel höheren Mitgliederzahl der DGKK realisierbar. Auch die Möglichkeit einer europäischen Lösung wurde angeregt und langfristig gesehen in Betracht gezogen.

Die stärkere Einbringung der DGKK in die Bundesvereinigung *Materialwissenschaft und Werkstofftechnik e. V. (BV MatWerk - nähere Informationen unter <http://www.matwerk.de>)*, bei der die DGKK Mitglied ist, stellt auch eine attraktive Basis für material-spezifische Themen dar und wird auch weiterhin verfolgt.

Die Problematik Nachwuchs für die DGKK zu gewinnen, wurde auf dem Vorstandstreffen aufgegriffen. Junge Mitglieder können z.B. durch das Aufgreifen neuer Themengebiete gewonnen werden.

Die Vorbereitung der Wahlen für den Zeitraum 2010-11 erfolgte bereits in Frankfurt/M.

In der Vorstandssitzung am 04.03. in Dresden wurde der Wahlvorschlag des Vorstandes nochmals besprochen.

Die in der Jahresversammlung 2008 beschlossenen zwei Satzungsänderungen zu § 10 und § 11 sind jetzt rechtskräftig (siehe hierzu auch Mitteilungsblatt Nr. 87). Die Bestätigung vom Amtsgericht Köln erfolgte am 16.02.09. Weitere Anträge auf Satzungsänderung sind laut Mitteilung des Amtsgerichts nur mit einer komplett überarbeiteten Satzung möglich. Momentan

6 liegen keine Anträge für weitere Änderungen vor, daher wird auch TOP 8 entfallen.

TOP 3 Bericht Schriftführer

Unsere Mitgliederstatistik ist relativ stabil. Die DGKK hat mit Stand vom 02.03.2009 350 Mitglieder, davon 325 Vollmitglieder, 19 Studenten und 6 Firmen.

TOP 4 Bericht Schatzmeister

Der Kassenstand der DGKK beträgt zum 31.12.2008

Sparkasse Karlsruhe ...:	3.474,65 €
Festgeldeinlagen	12.309,86 €
	15.784,51 €

Die Kassenprüfung wurde von Frau U. Wunderwald am 04.03.2009 vorgenommen. Es wurde eine korrekte Kassenführung bestätigt.

TOP 5 Entlastung des Vorstandes

Aus den Reihen der Mitglieder wurde die Entlastung des Vorstandes beantragt:

Antrag wurde einstimmig angenommen, wobei sich der Vorstand bei der Abstimmung enthält.

W. Aßmus dankte dem Vorstand für die geleistete Arbeit.

TOP 6 Wahl des Vorstandes für die Zeit von 01.01.2010-31.12.2011

Wahlleiter ist Herr W. Miller.

Vor der Durchführung der Wahl stellen sich die Kandidaten kurz persönlich vor. Die abwesenden Kandidaten P. Wellmann und K. Dupré werden durch J. Friedrich (Wellmann) und A. Seidl (Dupré) vorgestellt.

Wahl des 1. Vorsitzenden

P. Rudolph :	53	Stimmen
J. Friedrich :	1	Stimme
P. Gille :	1	Stimme
T. Boeck :	1	Stimme
Enthaltung :	2	Stimmen

P. Rudolph bedankt sich für das Vertrauen und nimmt die Wahl gern an.

Wahl des Stellvertreters

P. Wellmann :	51	Stimmen
K. Jacobs :	1	Stimme
P. Gille :	1	Stimme
Enthaltung :	4	Stimmen
Ungültig :	1	Stimme

Das Einverständnis zur Annahme der Wahl von P. Wellmann liegt vor.

Wahl des Schatzmeisters

M. Mühlberg :	57	Stimmen
Enthaltung :	1	Stimme

M. Mühlberg bedankt sich für das Vertrauen und nimmt die Wahl gern an.

Wahl der Schriftführerin

Ch. Frank-Rotsch :	54	Stimmen
D. Linke :	1	Stimme
P. Gille :	1	Stimme
Enthaltung :	2	Stimmen

Ch. Frank-Rotsch bedankt sich für das Vertrauen und nimmt die Wahl gern an.

Wahl der drei Beisitzer

K. Dupré :	42	Stimmen
B. Freudenberg :	39	Stimmen
P. Gille :	40	Stimmen
A. Cröll :	30	Stimmen
U. Sahr :	9	Stimmen
T. Boeck :	1	Stimme
K. Deppert :	1	Stimme
A. Haghighirad :	1	Stimme
K. Jacobs :	1	Stimme
F. Kiessling :	2	Stimmen
Ch. Gross :	1	Stimme
D. Linke :	1	Stimme

B. Freudenberg und P. Gille bedanken sich für das Vertrauen und nehmen die Wahl gern an. Das Einverständnis zur Annahme der Wahl von K. Dupré liegt vor.

TOP 7 Diskussion zur zukünftigen Organisation des Mitteilungsblattes

St. Eichler informiert über die Bitte von F. Ritter an den Vorstand, sein Ehrenamt als Chefredakteur abzugeben. Herr Eichler dankt Herrn Ritter für die umfangreichen Arbeiten, die er im Zusammenhang mit der Erstellung von insgesamt 20 Mitteilungsblättern geleistet hat.

Herr F. Ritter appelliert an die Versammlung, seinen Nachfolgern Beiträge zu senden, denn nur so kann ein gutes Mitteilungsblatt erstellt werden.

Herr Eichler gibt bekannt, dass von P. Wellmann (Uni Erlangen) sowie W. Miller und U. Rehse die Bereitschaft vorliegt, die Redaktion des MB's zu übernehmen. W. Miller stellt kurz das Konzept der neuen Redaktion vor. Es ist geplant, wieder, wie es bis zum letzten Jahr auch immer war, das Heft zweimal jährlich herauszugeben. Als Erscheinungszeitpunkt sind Mai und Oktober geplant. Es wird auch weiterhin davon ausgegangen, dass sich das gedruckte Exemplar nicht durch eine elektronische Ausgabe ersetzen lässt. Grundsätzliches Ziel ist zum einem die Information nach innen an die Mitglieder, zum anderen soll es auch eine Information und Präsentation nach außen sein. Herr Miller ruft noch mal dazu auf, die Redaktion über Preise, Ehrungen, Tagungsberichte etc. zu unterrichten. Wünschenswert wären auch Informationen über abgeschlossene Diplom- und Promotionsarbeiten, geeigneter Weise mit einem Abstract. Es ist auch angedacht, über internationale Aktivitäten auf dem Gebiet der Kristallzüchtung zu berichten. Als Redaktionsschluss sind der 15. April und der 15. September geplant. Alle Informationen sind bitte an: redaktion@dgkk.de zu senden. Herr Mühlberg merkt an, dass der 15. September als Deadline vielleicht etwas zu früh ist, es wird noch mal geprüft, ob dieser Termin vielleicht auf den 15. Oktober gelegt werden sollte. Herr Aßmus wünscht der neuen Redaktion viel Erfolg und Glück.

TOP 8 Diskussion zur möglichen Satzungsänderung

Entfällt, da momentan keine Satzungsänderungen geplant sind (siehe TOP 1).

TOP 9 Diskussion über Tagungen und Symposien

Auf Basis der Diskussion mit den polnischen Kollegen am 04.03. in Dresden im Rahmen der Vorbereitung der internationalen Tagung ist die Bitte erwachsen, eine gemeinsame deutsch-polnische Jahrestagung erst im Jahre 2011 und nicht schon 2010 durchzuführen. Die Freiburger Kollegen, die ihre Bereitschaft bereits für 2011 zugesagt hatten, würden auch schon 2010 die Organisation übernehmen.

Kritisch wird angemerkt, dass die nächste Wahl eventuell in

Polen stattfinden könnte. Es wird versichert, dass eine gemeinsame deutsch-polnische Tagung in „Grenznähe“ stattfinden soll.

Abschließende Diskussion und Beschluss über die Jahrestagung 2010

Abstimmung zum Tagungsort Freiburg: einstimmig angenommen

Die Deutsche Kristallzüchtungstagung 2010 soll im März stattfinden, das genaue Datum wird später bekannt gegeben.

TOP 10 Diskussion über die DGKK Arbeitskreise

Arbeitskreis Massive Verbindungshalbleiter

J. Friedrich: Der Arbeitskreis hat sich bis 2007 zweimal jährlich getroffen. Seit letztem Jahr finden die Treffen nur noch einmal im Jahr statt. Der letzte Arbeitskreis fand in Erlangen Anfang Oktober 2008 mit ca. 30 Teilnehmern statt. Der Arbeitskreis ist in diesem reduzierten Umfang stabil. Themen waren unter anderem SiC, GaN sowie Dünnschichtsolarzellen auf CuInS_2 -Basis. Das nächste Treffen findet Anfang Oktober 2009 in Freiberg statt.

Aktivitäten Photovoltaik-Arbeitskreis

Es gibt bereits seit längerem Überlegungen, einen Arbeitskreis zur Thematik Photovoltaik einzurichten. Es ist aber dabei zu beachten, dass es bereits eine Vielzahl von Tagungen zu diesem Schwerpunkt gibt. So führt J. Friedrich z. B. aus, dass bereits seit einigen Jahren die Freiburger Siliziumtage durchgeführt werden. Diese Veranstaltung wird in einem zweijährigen Rhythmus im Rahmen des Berg- und Hüttenmännischen Tages (BHT) in Freiberg organisiert. Hierzu sind Teilnehmerzahlen um 100-120 Personen zu erwarten, die Hauptorganisatoren sind Prof. H.J. Möller und Prof. E. Kroke von der TU BAF. In diesem Jahr (17.-19. Juni) ist geplant, im Rahmen dieser Veranstaltung 1-2 Sessions unter der Schirmherrschaft der DGKK zu Züchtungstechnologien von Solarsilizium durchzuführen. Dies könnte der Ausgangspunkt eines möglichen neuen Arbeitskreises Photovoltaik sein, welcher künftig jährlich tagen könnte und auch die Dünnschichttechnologien einbezieht.

J. Friedrich kündigt ein Seminar über „Siliziumherstellung für die Photovoltaik: Vom Rohstoff über die Kristallisation zum Wafer“ an. Dieses soll vor den Freiburger Siliziumtagen vom 15.-17. Juni 2009 stattfinden. Dieses Seminar ist kostenpflichtig und richtet sich vor allem an Quereinsteiger auf dem Gebiet. Der Preis von 700 € wird von den Anwesenden als sehr hoch eingeschätzt.

Kristalle für Laser und Nichtlineare Optik

M. Mühlberg: Das letzte Treffen fand im September 2008 im Fachbereich Physik der Universität Osnabrück statt, dort existierte über viele Jahre ein Sonderforschungsbereich zu oxidischen Kristallen, leider sind diese Aktivitäten dort stark reduziert. Die Teilnehmerzahl liegt stabil bei ca. 25. Das diesjährige Treffen wird mit einer Initiative vom IKZ (siehe TOP 11) verbunden und in Berlin am IKZ stattfinden.

Intermetallische und oxidische Systeme mit Spin- und Ladungskorrelation „Metallkristalle“

G. Behr: Das letzte Treffen fand im Oktober 2008 in Frankfurt/M. statt. Es nehmen immer um 20 Personen teil. Von allen Teilnehmern wird die Veranstaltung als sehr wertvolles Forum

eingeschätzt, da in diesem Rahmen reale Probleme auf dem Gebiet der Kristallzüchtung diskutiert werden können. 7

Kinetik

P. Rudolph: Der Arbeitskreis hat dieses Jahr sein 10-jähriges Jubiläum und hat in der Regel stabil ca. 40 Teilnehmer, hierzu gehörten vor allem viele Physiker. Diese konnten aber leider kaum als DGKK-Mitglieder gewonnen werden. Der letzte Arbeitskreis fand unter der Leitung von H. Emmerich in Aachen statt. Dank der finanziellen Unterstützung der DGKK konnten hierzu auch zwei Vortragende eingeladen werden. Der nächste Arbeitskreis wird gemeinsam mit dem Arbeitskreis „Angewandte Simulation in der Kristallzüchtung“ im April 2009 durchgeführt. Ein ausführlicher Bericht über den gemeinsamen Arbeitskreis befindet sich im Mitteilungsblatt (S.8).

Angewandte Simulation in der Kristallzüchtung

W. Miller: Der Arbeitskreis trifft sich in einem Rhythmus von 1,5 Jahren. Im letzten Jahr fand kein Treffen statt. Das nächste Treffen ist gemeinsam mit dem Kinetik-Arbeitskreis geplant (siehe oben).

Epitaxie von III/V – Halbleitern

Es war leider kein Vertreter des Arbeitskreises zur Mitgliederversammlung persönlich anwesend. Herr Heuken informierte den Vorstand, dass der nächste DGKK-Arbeitskreis Epitaxie von III-V Halbleitern im Dezember 2009 in Berlin stattfinden wird. Die Organisation übernimmt Herr Prof. M. Kneissl von der TU Berlin.

Allgemein wurde noch die Problematik diskutiert, dass es zwar viele Teilnehmer bei den Arbeitskreisen gibt, jedoch nur sehr wenige für eine Mitgliedschaft gewonnen werden können. Dieses Problem existiert insbesondere bei den Arbeitskreisen Epitaxie und angewandte Simulation.

TOP 11 Verschiedenes

Prof. K. Jacobs kündigt die am IKZ geplante 4. Sommerschule zur Kristallzüchtung an. Diese wird vom 08.-12. Juni 2009 zur Thematik „Mass and heat transfer in crystal growth“ durchgeführt. Als Lektor konnte in diesem Jahr Prof. A.G. Ostrogorsky gewonnen werden. Nähere Informationen sind über einen Link auf der Webseite des IKZ erhältlich. Hier sind auch in einem Archiv die Beiträge der ersten drei Sommerschulen nachlesbar. Die Teilnahme ist kostenlos, es wird aber um eine Anmeldung der Interessenten gebeten. Weiterhin kündigt er einen Workshop zu Festkörperlasern am 10./11.09.09 unter der Leitung von Herrn R. Uecker in Berlin an.

R. Fornari kündigt die IWCGT-5 „International Workshop of Crystal Growth & Technology“ für den Zeitraum vom 23.-27. Mai 2011 in Berlin an. Die IWCGT-5 ist eine Fortsetzung der von H. Scheel organisierten Workshops in Beatenberg. R. Fornari, D. Bliss und K. Kakimoto werden die co-chairmans für die IWCGT-5 sein.

Weitere Beiträge liegen nicht vor. W. Aßmus schließt gegen 20.15 Uhr die Mitgliederversammlung und bedankt sich bei allen Teilnehmern.

Christiane Frank-Rotsch
Schriftführerin der DGKK

W. Aßmus
1. Vorsitzender

8 Brief des künftigen Vorsitzenden

Sehr geehrte Damen und Herren,

Ich freue mich sehr, dass ich nach der Wahl des neuen DGKK-Vorstandes mit Ihnen/Euch gemeinsam im Zeitraum 2010 -12 unsere Vereinigung auf Kurs halten darf. Ich bin mir sicher, dass die gute Mischung des Vorstandes mit Vertretern aus Universitäten, Instituten und Industrie zu einer kreativen und erfolgreichen Vorstandsarbeit führen wird. Unsere Mitglieder setzen ja einige Erwartungen in uns – das haben mir zahlreiche Gespräche in Dresden gezeigt. Einige Schwerpunkte sind:

- die DGKK muss modern sein und flexibel auf neue Richtungen reagieren. Sie muss Vertreter dieser Zweige wie z.B. der biomolekularen und Nanokristallisation, Photovoltaik, strained-layer Epitaxie oder smart materials (um nur einige zu nennen) gewinnen;
- Beiträge zur Verbesserung von Züchtungstechnologien und Prozesssteuerungen mit dem Ziel der Ertragserhöhung und Kostensenkung, z.B. durch Anwendung elektrischer, magnetischer, mechanischer äußerer Felder und in-situ-Kontrollen, um für unsere Industrie weiterhin unverzichtbar zu bleiben. Der Numerik kommt dabei eine wesentliche Rolle zu.
- besondere Förderung des Arbeitskreislebens und die Gründung neuer (PV-Si-Kristallisation, Nanostrukturen, Schülerzirkel (?)) vorantreiben;

- die Nachwuchsförderung an Forschungseinrichtungen und Schulen vorantreiben. Eine junge Wissenschaftlerin der Uni. Freiburg schlägt vor, eine „Jugendfraktion“ mit Stimmrecht im Vorstand zu gründen. Darüber sollten wir zumindest nachdenken.
- interessante und aktuelle Gestaltung unseres Vereinslebens. Dazu gehört v.a. ein regelmäßiges, inhaltsvolles und vielseitiges Mitteilungsblatt (Berichte über Dissertationen, über int. Tagungen und Netzwerke, über neue spektakuläre Züchtungsergebnisse, über unsere Mitglieder selbst ...) sowie soziale Kompetenz, Würdigung besonderer Ehrungen, Jubiläumsgeburtstage,... Dafür unserer neuen Redaktion viel Erfolg!
- Förderung der europäischen Kooperation. Im Jahre 2011 führen wir unsere Tagung gemeinsam mit der polnischen Vereinigung in Frankfurt/Oder durch. Auch sollte mit Hilfe eines Europäischen Fonds ein europäisches Netzwerk „Kristallwachstum“ geschaffen werden. Thierry Duffar, Ernesto Dieguez, Peter Capper, Eva Talik (die neue Vorsitzende der Kristallzüchter Polens), das Kharkover Kristallzüchtungsinstitut u.v.a. werden aktive Mitstreiter sein.

Ich wünsche uns allen viel Erfolg und Gesundheit!
Mit besten Grüßen,
Peter Rudolph

10. Kinetikseminar der DGKK & 6. Workshop Angewandte Simulation in der Kristallzüchtung

1.-3. April 2009 am Griebnitzsee bei Potsdam

Die DGKK-Meetings des Arbeitskreises "Kinetik" finden seit dessen Gründung im Jahre 2000 jährlich statt, die des Arbeitskreises "Angewandte Simulation in der Kristallzüchtung" seit 2001 anderthalbjährlich. Anlässlich des Jubiläumsmeeetings des Arbeitskreises "Kinetik" (das 10. nun) wurden beide Meetings als gemeinsame Veranstaltung durchgeführt. Das sollte nicht verwundern, denn etliche Teilnehmer gehören schon immer zu beiden Arbeitskreisen. Zwar ist die typische geometrische Größenordnung in den beiden Arbeits-"Welten" deutlich unterschiedlich, aber zwei Dinge verbinden: in beiden Welten wird viel gerechnet, und beide grenzen an die typischen Abmessungen von (Bulk-)Kristallen an.

Das Meeting wurde von Dr. Wolfram Miller (IKZ Berlin) eröffnet, der dabei den Sprecher des Arbeitskreises "Angewandte Simulation", Dr. Albrecht Seidl, vertrat, der nicht teilnehmen konnte. Zur Einstimmung auf den Tagungsort umriss der Sprecher des Arbeitskreises "Kinetik", Prof. Peter Rudolph (IKZ Berlin), Potsdam und noch mehr dessen Umgebung in historischer und geografisch-architektonischer Sicht. Von Schloss Sanssouci aus regierte König Friedrich II. das Königreich Preußen und im Schloss Cecilienhof wurde 1945 das Potsdamer Abkommen unterzeichnet. Während jener Tage wohnte der amerikanische Präsident H.S. Truman im jetzigen Truman-Haus gleich in Nachbarschaft zum Tagungsort. Unweit von hier verlief bis Ende 1989 die Grenze zu West-Berlin.

Die Umgebung vom Potsdam ist geprägt durch die Havel und durch sehr viele Seen. Der Tagungsort selbst lag am Hochufer des Griebnitzsees, gar nicht weit weg vom Bahnhof der

S-Bahnlinie zwischen Potsdam und Berlin-Wannsee.



Das Tagungshotel lag direkt am Griebnitzsee in der Nähe von historisch bedeutenden Orten. Im April war es noch möglich den gesamten Uferweg, der ehemals als Fahrweg der Grenztruppen genutzt worden war, entlangzuwandern. Inzwischen dürfen gewisse Teile rein privat genutzt werden.
Foto: P. Rudolph (IKZ)

Von der Terrasse aus bot sich ein Panoramablick zur gegenüberliegenden Waldseite. Bei dem schönen Wetter waren auf dem See Ruderboote unterwegs, und offensichtlich wurde auch leistungssportlich trainiert.

Zur anderen Seite von Potsdam, am Schwielow-See im Ort Caputh, wohnte Albert Einstein von 1929-32. In seinem Haus befindet sich heute das Einstein-Forum. Zu Einsteins Zeiten

waren hier viele Persönlichkeiten zu Besuch, darunter auch Nobelpreisträger. Über die Einstein'sche Beziehung zwischen Diffusionskonstante und Beweglichkeit, die u.a. für Ladungsträger in Halbleiterkristallen wichtig ist, spannte P. Rudolph den Bogen zur Kristallzüchtung.

Die 60 Teilnehmer hörten insgesamt 27 Vorträge, von denen grob gesprochen 11 der Kinetik zuzuordnen sind, 15 betrafen Simulationen zu Prozessabläufen an Zuchtungsanlagen (wobei 2 von den Anlagenabmessungen bis auf die Längenskala der Defektdichte griffen), und 1 Vortrag war der Bestimmung von Materialdaten gewidmet. Die nur 2 Posterbeiträge teilten sich auf die beiden Arbeitskreisthematiken auf.

Die Vorträge und das Poster zur Kinetik des Kristallwachstums ließen mit Blick auf die betrachteten Phasen grob folgende Schwerpunkte erkennen:

- Kristallwachstum durch fest-flüssig-Umwandlung
- Phänomene auf Oberflächen
- Phänomene im Festkörper-Volumen

Ganz im Sinne einer Züchtungsmodellierung mit dem Kristall als Ergebnis stellte W. Miller (IKZ Berlin) ein numerisches Verfahren zur 3D-Berechnung von Strömung, Wärmetransport und Facettenbildung am Kristall beim Czochralski-Verfahren vor. Der Algorithmus basiert auf der Gitter-Boltzmann-Methode für Geschwindigkeit und Temperatur, während die Bewegung der Phasengrenze durch die Anwendung einer Rechenvorschrift an jedem Phasengrenzen-Knotenpunkt direkt erfolgt. Die Ergebnisse zeigen, dass sowohl die makroskopische Form der Phasengrenze als auch die des Kristalls deutlich von den entstandenen Facetten geprägt sind.

Im Beitrag von F. Wendler (FH Karlsruhe) ging es um die rechnerische Kopplung von atomistischer und mesoskopischer Skala: zur ersteren wurde mit Molekulardynamik (MD) gerechnet, zur letzteren mit Phasefeldmethoden. F. Wendler untersuchte das Aufschmelzen und das Erstarren von NiZr. Als Ergebnisse der MD-Berechnungen werden die Diffusions- und kinetischen Koeffizienten sowie die freie Energie von Phasengrenze und den Volumina an die Phasefeld-Berechnungen weitergegeben. Zu dieser Thematik haben sich die Autoren auch mit einem Poster an dem Meeting beteiligt.

Phasefeld-Kristalle (PFC) sind eine Form der Modellierung mit Mitteln der Kontinuumsphysik auf atomarer Skala. Wie R. Backofen (TU Dresden) zeigte, liegt die Größenskala der PFC-Methode zwischen der der Molekulardynamik und der der klassischen Phasefeldmethode. Als Ordnungsparameter dient bei der PFC das periodische Dichtefeld. R. Backofen untersuchte mit dieser Methode das Körnerwachstum aus einer unterkühlten Schmelze und die Entstehung von Gleichgewichtsformen nach Vorgabe von kreisrunden Keimgeometrien. Die Methode kann an die benachbarten Größenskalen angeschlossen werden.

Quasi einen Übersichtsvortrag hielt K.-H. Heinig (FZ Dresden-Rossendorf) über die Kinetik der Züchtung von Strukturen für die Nanoelektronik und Nanophotonik. Nach Beispielen für Nanostrukturen wie das hochgradig anisotrope magnetische Medium FePt wurden mehrere Verfahren zur Erzeugung von Nanostrukturen vorgestellt wie die Implantation von Si^+ -Ionen in SiO_2 , die Bestrahlung von Phasengrenzen, die Erzeugung von



Blick in den Tagungsraum.

Foto: P. Rudolph (IKZ)

Co-Nanodrähten mittels fokussierter Ionen-Strahlen bis hin zur Ausbildung von Gräben und Röhren für Nanofluidie. Durch Selbst-Organisation erzeugte Nanostrukturen gewinnen immer mehr an Bedeutung. Als Rechenverfahren hob der Autor besonders die kinetische Gitter-Monte-Carlo-Methode hervor.

V. Kaganer (PDI Berlin) ermittelte bei der MBE von Fe_3Si auf $\text{GaAs}(001)$, dass die eigentliche Epitaxie mit der plötzlichen Bildung von 3 Schichten hohen Inseln beginnt und man ab 7 Schichten von einem flächenhaften Wachstum sprechen kann. Es wurden ab initio-Berechnungen zur Oberflächenenergie und kinetische Monte-Carlo-Berechnungen zum Vergleich mit Röntgen-Spektren durchgeführt. Die Simulationen lassen das Optimum für das Volmer-Weber-Wachstum zwischen der Ausbildung von Gräben bei langsamem Wachstum und der Oberflächenaufrauung bei schnellem Wachstum erkennen.

Der Beitrag von M. Ivanov (Universität zu Köln) ordnet sich in die Nutzung von morphologischen Instabilitäten für technologische Vorgänge auf der Nano-Skala ein. Hier wurden mit dem Burton-Cabrera-Frank-Modell Stufenbündelungen auf vicinalen Oberflächen untersucht. Es wurden große Stufenbündelungen gefunden, die in kleinere mit charakteristischen Abmessungen zerfallen.

In seinem Beitrag zu ab initio-Berechnungen zur Sauerstoff-Adsorption auf $\text{SrTiO}_3(001)$ -Oberflächen verfolgte H. Guhl (IKZ Berlin) ebenfalls die Frage, wie der Übergang von mikroskopischen Informationen auf Phänomene der mesoskopischen bzw. makroskopischen Skala vollzogen wird. Im konkreten Fall wird von den 0-Kelvin-Ergebnissen der Dichtefunktionaltheorie (DFT, Software: CASTEP[®]) auf Zustände bei endlichen Temperaturen über chemische und freie Energie-Potentiale geschlossen. Letztendlich gelingt es hiermit, die Stabilität der Oberflächenbildung vorherzusagen, ohne Rechenergebnisse an experimentelle Ergebnisse anzufittet, was tiefe Einsichten in die tatsächlichen Wachstumsprozesse ermöglicht.

Eine Thematik eher etwas abseits der eigentlichen Kristallzüchtung behandelte W. Dreyer (WIAS Berlin): es ging um die Speicherung von Wasserstoff in Magnesium und die von Lithium in Eisenphosphat, beides im Zusammenhang mit Batterien. Das jeweilige Speichern und nachfolgende Entfernen bzw. Entladen geschieht auf unterschiedlichen Wegen, wodurch eine Hysterese auftritt. Ebenso treten Phasenübergänge auf, jedoch nicht bei Einzelteilchen, sondern infolge des Teilchenverhaltens als Gesamtensemble. Um letzteres zu illustrieren, hatten W. Dreyer und Kollegen in einem Experiment 12 Luftballons über eine gemeinsame Luftzuführung aufgepumpt (nicht vor Ort, aber mit Fotos belegt), und aufmerksame Beobachtung hatte ergeben, dass das unterschiedliche zeitliche Verhalten der Einzelballons

10 die Gesamtmenge der Ballons in zwei Gruppen teilt, analog zu zwei Phasen.

Über fest-fest-Phasenübergänge in elektro- und magnetorheologischen Systemen trug Ph. Brandt (MPE Garching) vor. Solche Übergänge kommen vor in Materialien mit sphärisch-symmetrischer Yukawa-Wechselwirkung einerseits und einer zusätzlichen anisotropen Dipol-Dipol-Wechselwirkung (z.B. durch externe Felder hervorgerufen) andererseits. Gerechnet wurde mit einem semi-analytischen Verfahren. Als Ergebnis können in Abhängigkeit von der "Härte" des sphärisch symmetrischen Kerns drei gänzlich verschiedene Phasendiagramm-Regime gefunden werden, bei denen mitunter einige der möglichen Phasen fehlen.

J.Seyfarth (CADFEM GmbH) informierte darüber, dass seit kurzem neben der Software Ansys® seiner Firma zwei neue Software-Pakete einsetzbar sind, mit denen Multiskalen-Simulationen zu Werkstoffen über den gesamten Bereich von der makroskopischen Finite-Elemente-(FEM)-Dimension bis zur atomaren Dimension der Materialdarstellung möglich sind. Die Software Materials Studio® beschreibt das Materialverhalten von der atomaren bis zur mesoskopischen Skala, während DIGIMAT® die Kopplung zwischen mikroskopischer (= die nächstgrößere Skala der mesoskopischen) und makroskopische Skala bewältigt. Erstere kann auch zu Berechnungen des Kristallwachstums eingesetzt werden.

Über das Wachsen und Aufschmelzen von 3D-Plasmakristallen sprach P. Huber (MPE Garching). Die Ausgangsphasen enthalten neben Elektronen und Ionen auch Mikropartikel, deren Aufladung dann zu flüssigen und kristallinen Konfigurationen führen, die auf der Längenskala der Kinetik beobachtbar sind. Es sind z.B. hcp- und bcc-strukturierte Plasmakristalle gefunden worden. Experimente dazu werden sowohl irdisch als auch in Raumstationen durchgeführt.

Die Vorträge und das Poster zur Simulation von Prozessabläufen an Züchtungsanlagen ließen mit Blick auf Material und Züchtungsverfahren folgende Schwerpunkte erkennen:

- die Herstellung von polykristallinem Silizium für die Photovoltaik nach dem EFG-Verfahren (= Edge-defined Film-fed Growth) bzw. nach Tiegelverfahren,
- die Herstellung von einkristallinem Silizium nach dem Czochralski- und dem Float-Zone-Verfahren (CZ und FZ), sowie
- die Anwendung von Magnetfeldern zur Strömungsbeeinflussung bei den etablierten Verfahren (Czochralski-Verfahren mit Abdeckschmelze LEC, Vertical Gradient Freeze VGF)

Bei der EFG-Züchtung demonstrierte M. Müller (Wacker SCHOTT Solar GmbH Alzenau), wie man mit 6 numerischen Kooperationspartnern und deren diverser Software das Simulationsspektrum von 3D- (Schmelzströmung) bzw. 2D-Berechnungen (z.B. Chemische Reaktionen) über die mittlere Skala von Körnern (z.B. für Kristallplastizität) bis auf die atomare Dimension (z.B. bei der Defektdichte) ausdehnt. Erst diese komplexe Untersuchung ermöglichte es verbesserte Abkühlprofile vorzuschlagen, die zu einer geringeren Verwindung der Folien, zu einer besseren Konstanz der Foliendicke und zur Reduzierung der Defektdichte führt. Chemische Berechnungen zum dortigen Prozess stellte Th. Jung vor (IISB Erlangen). Des Weiteren ging es speziell um die Auslegung von Widerstandsheizungen zum EFG-Verfahren (S. Wipprecht, Universität Hannover, K. Mazaev, STR St. Petersburg). J. Friedrich (IISB Erlangen)

analysierte den Weg zur Minimierung des Eintrags speziell von Kohlen-, Sauer- und Stickstoff bei der Si-Züchtung aus Si_3N_4 -beschichteten SiO_2 -Tiegeln in einer mit Grafitteilen bestückten Züchtungsanlage. Insgesamt wurden zum genannten Schwerpunkt die Softwarepakete Ansys®, CGSim®, CrysMAS® und OpenFOAM und evtl. weitere eingesetzt.

Mit einer Kombination von direkten und inversen Gleichgewichts- und transienten Berechnungsregimen zu CZ und FZ von einkristallinem Silizium orientierte F. Dupret (CESAME Louvain, Belgien) auf eine möglichst realitätsnahe, wenn auch axialsymmetrische globale Berechnung, die die Eingabedaten für lokale 3D-Berechnungen liefert. Diese münden in der Verteilung von Punkt- und Micro-Defekten durch Auswertung der Temperaturverteilung. Eine ähnliche 3D-2D-Kopplung zeigte auch V. Kalaev (STR Erlangen) bei Wärme- und Strömungsberechnungen in der InGaSn-Schmelze beim CZ-Verfahren, die wegen der fast gleichen Prandtl-Zahl wie die von Silizium als experimentelle Simulationsschmelze für tatsächliches Silizium zum Einsatz kommt. M. Wünscher (IKZ Berlin) zeigte mit rein wärmetechnischen Berechnungen, wie beim Pedestalverfahren zu einem gegebenen Vorratsstab der passende Induktor und der optimale Zieldurchmesser des Kristalls ermittelt werden. Die Dynamik der 3-Phasengrenzlinie zwischen Schmelze, Kristall und Schutzgas untersuchte A. Raufeisen (HS Nürnberg) unter Anwendung eines adaptiven Netzes. Insgesamt wurden zu diesem Schwerpunkt die Softwarepakete FEMAG® und FASTEST® eingesetzt.

Bei den weiteren Vorträgen zur Massivkristallzüchtung wurden u.a. immer Prozessentwicklungen unter Einbeziehung von Magnetfeldern vorgestellt, und es handelt sich grundsätzlich um 3D-Berechnungen oder um eine Kopplung von globalen 2D- mit lokalen 3D-Berechnungen.

N. Durnev (STR St. Petersburg) zeigt als Ergebnis seiner Rechnungen die Veränderung der Kristall-Schmelze-Phasengrenze, sowohl zeitlich als auch infolge von Anlagenumbauten. Mit der CGSim®-Software hatte er die Verfahren LEC, CZ, VGF und dasjenige nach Kyrououlos untersucht. Speziell bei der CZ-Züchtung von Silizium ging es um Kristalle mit einem Durchmesser von 450 mm.

Um Magnetfelder für die VGF-Züchtung einer ganzen Reihe von Materialien wie Ge, Si, Ba_2 , YAG und CdTe zugänglich zu machen, suchte N. Dropka (IKZ Berlin) nach Ähnlichkeiten in charakteristischen Parametern. Das Problematische dabei sind die um etliche Größenordnungen unterschiedlichen elektrischen Leitfähigkeiten. Als Ergebnisse wurden Strömungsstrukturen und Phasengrenzen bewertet. Es wurde mit den Paketen Ansys® und CFX® gerechnet.

O. Klein (WIAS Berlin) präsentierte Ergebnisse zur LEC-Züchtung von GaAs unter dem Einfluss von Wandermagnetfeldern (TMF), die von auch zur Heizung dienenden Spulen erzeugt werden, die sich ebenfalls in der Druckkammer befinden. Die Ergebnisse zeigen, dass die durch das TMF erzeugten Lorentz-Kräfte die Temperaturfluktuationen in der turbulenten Strömung um den Faktor 3 bis 4 senken. Eingesetzt wurden die Software-Pakete WIAS-HITNIHS® und NAVIER®.

Wie mit der Programmierung der statischen Maxwell-Gleichungen als zusätzliche Gleichungen das Leistungsspektrum der eigentlichen Strömungssoftware CFX® erweitert werden kann, trug A. Spille-Kohoff (CFX-Berlin Software GmbH) mit seinem Beitrag zum elektromagnetischen Rühren und Bremsen und zur Hartmann-Strömung vor.

In einem Posterbeitrag stellte G. Bärwolff (TU Berlin) erste Er-

gebnisse zur Simulation der Schmelzeströmung unter dem Einfluss von rotierenden bzw. vertikalen Magnetfeldern vor. Die Aufgabe ist der erste Schritt für ein Optimierungsproblem für den Temperaturgradienten nahe der Dreiphasengrenze. Verwendet wurde dabei die Software Comsol Multiphysics®.

Die Branche Gasphasenzüchtung war auf dem Meeting nur sehr gering vertreten. In seinem Vortrag hierzu sprach E. Richter (FBH Berlin) über die Züchtung von GaN mit der HVPE-Methode. Dabei ging es um die Züchtung sowohl von Schichten in einem horizontalen Reaktor als auch die von Volumenkristallen in einem vertikalen Reaktor. Mit Hilfe der 2D-Software HEpiGANS® werden die Feldverteilungen für Temperatur, Geschwindigkeit und die Specieskonzentrationen infolge von Transport und chemischen Reaktionen berechnet. Die Simulationsergebnisse führten zur Anfertigung eines Reaktors mit axialsymmetrischer Geometrie und Strömungsführung, um ein wirbelfreies Strömungsfeld zur besseren Vermischung der Species zu erhalten.

Bei der Gasphasenzüchtung werden in der Stoffzuführung mitunter mehr als nur zwei Gasspecies vermischt, so dass anstelle des Fickschen Diffusionsgesetzes die Stefan-Maxwell-Formeln für die Massestromdichte verwendet werden müssen. K. Böttcher (IKZ Berlin) demonstrierte die Handhabung dieser Gleichungen anhand einer Testaufgabe, bei der drei Species derart konvektiv in die Testanordnung eingegeben werden, dass deren Konzentration nach vollständiger Vermischung analytisch bekannt ist und daher zum Vergleich mit der numerischen Lösung dienen kann. Ebenso wurde die Auswirkung von stark unterschiedlichen binären Diffusionskoeffizienten auf das Bild der Iso-Konzentrationslinien gezeigt. Eingesetzt wurde der FEM-Löser ENTWIFE®, der selbst keine vorgefertigten Gleichungen enthält.

Der einzige Vortrag des gemeinsamen Meetings, der die Mes-

sung von Materialeigenschaften zum Thema hatte, hat sich mit flüssigem Silizium befasst: I. Pommrich (DLR Köln) berichtete über Diffusionsmessungen von in die Schmelze eingebrachten Atomen, bei der die Si-Schmelze mit Magnetfeldern (irdisch) oder in μ -Gravitation gehalten wird. Die absolute Skalierung der Ergebnisse geschieht über quasielastische Neutronenstreuung.

Am ersten Abend schloss sich an die Vortragsreihe eine Diskussion zum Thema "Multi-scale, multi-physics" an. W. Miller als Moderator gab den Auftakt mit einer Folie, auf der die typischen Modellierungs-Domänen für die Schichtzüchtung und auch für die Massivkristallzüchtung aufgelistet waren. Sowohl die inhaltliche Reichweite dieser Multi-Begriffe als auch deren Verwendung wurde eher kritisch diskutiert.

Zu den Ergebnissen dieses Meetings gehören auch personelle Veränderungen bei den Organisatoren: beim Kinetik-Arbeitskreis wechselte die Funktion des Sprechers von Prof. P. Rudolph auf Dr. W. Miller (beide IKZ Berlin), beim Arbeitskreis Angewandte Simulation beendet Dr. St. Eichler (FCM GmbH Freiberg) seine Mitarbeit als Organisator und Dr. L. Kadinski (SILTRONIC AG Burghausen) beginnt diese Mitarbeit.

In den abschließenden Worten zum Ausklang des Meetings blickte P. Rudolph auf den International Workshop of Modeling in Crystal Growth, der im August 2009 in Lake Geneva, Wisconsin (USA) stattfindet. Auch appellierte er speziell an die vielmaligen Teilnehmer der beiden Arbeitskreise, die bisher noch nicht Mitglied der DGKK sind, die Mitgliedschaft zu beantragen, damit sie ihre Kompetenz besser in die DGKK einbringen können.

Am Berichtsende sei den Organisatoren W. Miller, U. Rehse und P. Rudolph (alle IKZ Berlin) herzlich dafür gedankt, dass es eine gelungene Veranstaltung in einer sehr angenehmen Atmosphäre war.

Klaus Böttcher, IKZ Berlin

DGKK-Seminar: „Siliziumherstellung für die Photovoltaik: Vom Rohstoff über die Kristallisation zum Wafer“

Fraunhofer IISB, Pressemitteilung, 26.06.2009
Erfolgreicher Know-How-Transfer von Wissenschaft in Wirtschaft am Beispiel des DGKK-Seminars „Kristallzüchtung von Solarsilizium“

Unter der Federführung des Fraunhofer IISB, Erlangen, fand in Freiberg vom 17.-19. Juni 2009 das DGKK-Seminar „Siliziumherstellung für die Photovoltaik: Vom Rohstoff über die Kristallisation zum Wafer“ statt. In dem zweitägigen Kurs lernten die 50 Teilnehmer, vorwiegend Ingenieure aus der Industrie, die Grundlagen und Technologien der Siliziumherstellung, -kristallzüchtung und -waferfertigung.

Die Herstellung von Siliziumkristallen und die anschließende Waferfertigung sind Schlüsseltechnologien in der Herstellungskette von Photovoltaikmodulen. Die universitäre Ausbildung in diesem Bereich ist innerhalb Deutschlands nur noch an wenigen Stellen, zum Beispiel in Erlangen und Freiberg, konzentriert. Von dort werden dem Arbeitsmarkt zwar gut ausgebildete Absolventen zur Verfügung gestellt, jedoch reicht deren Zahl bei weitem nicht aus, um den Bedarf an Kristalltechnologien speziell für die boomende PV-Industrie zu decken.

Aus diesem Grund veranstaltete das Fraunhofer IISB aus Erlangen gemeinsam mit seiner Außenstelle, dem Fraunhofer Technologiezentrum Halbleitermaterialien (THM), und mit der Technischen Universität Bergakademie Freiberg (TU BAF) unter der Schirmherrschaft der Deutschen Gesellschaft für Kristallwachs-

tum und Kristallzüchtung e.V. (DGKK) das DGKK – Seminar „Siliziumherstellung für die Photovoltaik: Vom Rohstoff über die Kristallisation zum Wafer“. Die DGKK als Dachverband der Kristalltechnologien in Deutschland kommt damit einer ihrer ureigensten Aufgaben nach, nämlich die Forschung, Lehre und Technologie auf dem Gebiet des Kristallwachstums und der Kristallzüchtung zu fördern.



Dr. Jochen Friedrich eröffnete das DGKK-Seminar.



Der Vorlesungsraum war während des DGKK-Seminars bis auf den letzten Platz besetzt.

Das Seminar hatte Ingenieure und Techniker aus der PV-Industrie als Zielgruppe, die sich als Quereinsteiger mit der Herstellung von Siliziumkristallen befassen, sowie Studenten und Hochschulabsolventen, die beginnen, auf dem Gebiet der Kristallzüchtung wissenschaftlich-technisch zu arbeiten. Zunächst wurde von Prof. Edwin Kroke, TUBA Freiberg, die Gewinnung und Reinigung des Siliziums mit dem klassischen Siemens-Prozess und alternativen Herstellungsverfahren behandelt. Anschließend stellten Dr. Jochen Friedrich und Dipl. Min. Christian Reimann, beide Fraunhofer IISB Erlangen, die Grundlagen und Techniken des Kristallziehens von monokristallinem Silizium sowie die Herstellung von multikristallinem Material nach dem Prinzip der gerichteten Erstarrung und der Bänderverfahren vor. Es folgte von Dr. Wolfram Miller und Prof. Peter Rudolph, beide IKZ Berlin, eine Einführung in die thermodynamischen und kinetischen Grundlagen sowie in die stattfindenden Wärme- und Stofftransportprozesse. Anschließend wurde von Prof. Georg Müller, Erlangen, die Bildung von Kristalldefekten und deren Auswirkungen auf die Photovoltaikeigenschaften besprochen sowie das Defekt Engineering mithilfe der Simulation vorgestellt. Schließlich wurden von Prof. Hans-Joachim Möller, TUBA Freiberg, die Grundlagen vermittelt, wie aus den Kristallen mittels Drahtsägetechnologie Wafer hergestellt werden. In der letzten Vorlesung stellte Dr. Jochen Rentsch, Fraunhofer ISE Freiburg, vor, wie die Wafer zu Solarzellen prozessiert und in Solarmodule integriert werden. Den Abschluss des Programms bildete eine Führung durch die „Terra Mineralia“ im Schloss Freudenstein. Der Besuch dieser faszinierenden Mineraliensammlung ist ein Muss für alle, die sich mit Kristallen beschäftigen.

Nach Aussage etlicher Teilnehmer kann die Tagung sowohl bzgl. des wissenschaftlichen Programms als auch bzgl. des Tagungsablaufs als sehr gelungen bezeichnet werden. Dass eine so große Teilnehmerzahl erzielt werden konnte, ist um so erstaunlicher als die Veranstaltung nicht aktiv beworben wurde. Die große Teilnehmerzahl zeigt vielmehr deutlich den großen Bedarf nach Aus- und Weiterbildung von Ingenieuren speziell in der PV-Industrie im Bereich der Kristalltechnologie.

Die Organisatoren werden sich gemeinsam mit der Deutschen Gesellschaft für Kristallwachstum und Kristallzüchtung e.V. dieser Aufgabe auch künftig annehmen und voraussichtlich im Frühjahr 2010 ein weiteres Seminar in der Gegend von Jena anbieten. Dabei könnte das Programm ergänzt werden um Vorlesungen zur Keimbildung und zum Kornwachstum sowie zur Messtechnik, um Kristall- und Wafereigenschaften zu charakterisieren.

In den Abendstunden wurde darüber hinaus heftig diskutiert, inwieweit eine strukturierte, firmenübergreifende Aus- und Weiterbildung von Facharbeitern und technischem Personal auf dem Gebiet der Kristalltechnologie notwendig ist. Der Status ist hier bei den Betrieben stark unterschiedlich. Das Spektrum reicht von gezielter Ausbildung über nicht systematische Weiterbildung bis hin zur Philosophie, nur geschulte Mitarbeiter einzustellen. Aus dieser Diskussion ergibt sich die Empfehlung, zunächst bei allen einschlägigen Firmen den Stand der betrieblichen Aus- und Weiterbildung auf dem Gebiet der Kristalltechnologie zu erfragen. Unter der Voraussetzung, dass ein nachhaltiger Bedarf seitens der Industrie besteht, sollte ein allgemeines Konzept zur Aus- und Weiterbildung von Kristalltechnologen entwickelt werden.

Ebenso heftig wurde die Gründung eines DGKK - Arbeitskreises „Photovoltaik“ diskutiert. Die Einrichtung eines im Sinne der DGKK klassischen Arbeitskreises mit Fachbeiträgen aus Industrie und Forschung wird als schwierig angesehen, da aufgrund der zunehmenden Konkurrenzsituation die Firmen und die mit ihnen zusammen arbeitenden Forschungseinrichtungen bei neuen wissenschaftlich-technischen Informationen zurückhaltend sein werden. Vielmehr könnte die Aufgabe des DGKK - Arbeitskreises „Photovoltaik“ darin bestehen, sich beispielsweise der Aus- und Weiterbildung von Ingenieuren und technischem Personal anzunehmen. Hier sind noch weitere Diskussionen erforderlich, wie die DGKK im Bereich der PV - Industrie mehr präsent sein kann.

Ansprechpartner:
Dr. Jochen Friedrich
Telefon 0 91 31 / 7 61-269



Die Teilnehmer des DGKK-Seminars „Siliziumherstellung für die Photovoltaik: Vom Rohstoff über die Kristallisation zum Wafer“



Es gab während des Seminars genügend Zeit für Diskussionen und Netzwerkbildung.

4. IKZ-Sommerkurs zu Kristallzüchtung und Kristallwachstum

Im Juni des laufenden Berichtsjahres fand –nun schon zum vierten Mal– der „IKZ Summer Course on Crystal Growth“ statt. In der Woche vom 08. - 12.06. 2009 hielt Prof. Aleksandar Ostrogorsky vom Rensselaer Polytechnic Institute in Troy, NY (USA) fünf Lektionen unter der Generalüberschrift „Heat and Mass Transfer in Crystal Growth“. Nach J. Derby, A. Chernov und T. Nishinaga konnte auch dieses Mal mit A. Ostrogorsky ein international anerkannter Experte als Referent gewonnen werden. Ostrogorsky erhielt 1977 sein Diplom in „Mechanical Engineering“ von der Universität Belgrad im damaligen Jugoslawien. 1981 erwarb er den Master-Grad in „Nuclear Engineering“ am Rensselaer Polytechnic Institute (RPI) in Troy, N.Y., und 1986 schließlich den MSc-Grad in Mechanical Engineering am MIT in Cambridge. In dieser Zeit und weiter bis 1987 arbeitete er am MIT mit August Witt zusammen, einem der maßgeblichen Kristallzüchter dieser Zeit. Weitere Stationen seiner wissenschaftlichen Laufbahn waren die Columbia University in New York und ein Jahr als Alexander-von-Humboldt-Fellow bei Prof. Georg Müller in Erlangen. 1993 kehrte er als Professor an das RPI zurück. 1999/2000 war er Direktor des Zentrums für Mikro-Schwerkraft und Materialforschung an der University of Alabama, Huntsville. Ostrogorsky ist Mitglied zahlreicher Wissenschaftlicher Vereinigungen und erhielt eine Reihe wissenschaftlicher Auszeichnungen. Er spielt eine maßgebliche Rolle in der internationalen Kristallzüchter-Community. Seiner Ausbildung und Biographie folgend hat Ostrogorsky auf sehr vielen Gebieten, insbesondere der Fluid-Dynamik und der Wärmeübertragung, gearbeitet und sich mit sehr unterschiedlichen Materialien, von relativ niedrig schmelzenden opaken Halbleitern bis zu hochschmelzenden transparenten Oxidkristallen beschäftigt, bei denen der Wärmetransport von unterschiedlichen Prozessen dominiert wird. Diese Vielseitigkeit, die auf allen Gebieten mit eigener Forschung ver-

bunden ist, prädestinierte ihn ganz besonders als Vortragenden für den Sommerkurs 2009.

Nachdem im Vorjahr eher Wachstumsmechanismen und Vorgänge auf und an Kristalloberflächen eine Rolle spielten, konzentrierte sich der diesjährige Kurs vorwiegend auf makroskopisch zu beschreibende Prozesse, viskose Flüsse und Wärmeübertragung durch Strahlung. In einem anspruchsvollen Programm behandelte Ostrogorsky den Stoff- und Wärmetransport durch Diffusion und Konvektion, Segregationserscheinungen, Grenzschichten, natürliche Konvektion und Turbulenz. Der erfahrenere Kristallzüchter erfuhr etwas über die Ableitung häufig verwendeter Gleichungen, etwa von Ausdrücken für die Grenzschichtdicke, und über ihre Grenzen. Der junge Kristallzüchter erhielt einen Überblick über Analogien und Unterschiede von Wärme- und Massetransport. Der Kurs war anspruchsvoll, auch die mathematischen Probleme der Behandlung von beispielsweise turbulenten Strömungen wurden gelegentlich bis in ihre Tiefen beleuchtet. Vielleicht wurde man gelegentlich von der Fülle des Stoffs überrollt, aber genau diese Fülle macht es so schwer, sich selbst einen Überblick über die Masse- und Wärmetransportphänomene, die beim Kristallwachstum eine Rolle spielen, lesend zu erarbeiten. Der diesjährige Sommerkurs bot eine hilfreiche Führung, welche den notwendigen eigenen Weg erleichtert.

Erwähnt werden soll auch, dass auch beim diesjährigen Kurs ein wesentlicher Aspekt das Erlebnis der Persönlichkeit des Lektors war. Die Zuhörer konnten Aleksandar Ostrogorsky als einen kompetenten, kritisch hinterfragenden und menschlich sympathischen Wissenschaftler kennenlernen. Es ist vorgesehen, dass die Lektionen nach ihrer kritischen Durchsicht, ebenso wie die der Vorjahre, auf der IKZ-Website zugänglich sind.

Klaus Jacobs, IKZ Berlin

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 Läppmaschinen
 Tellergrößen von 300 - 400mm
 Läppmittelzuführsystem
 Abziehringe

Polieren

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

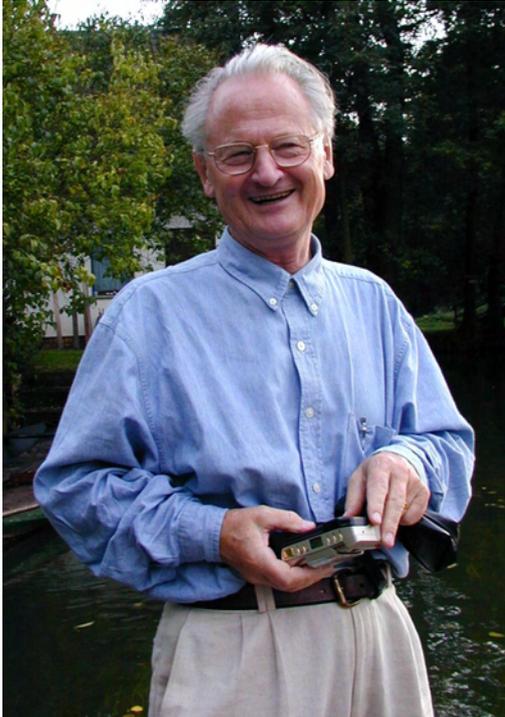
Bitte besuchen Sie unsere Internetseite

www.ibs-grafrath.de

14 DGKK-Personen

Prof. H. Wenzl zum 75. Geburtstag

Am 27. März diesen Jahres beging Helmut Wenzl, Vorsitzender der DGKK von 1990 bis 1994, seinen 75. Geburtstag. Es ist den Autoren ein tiefes persönliches Anliegen und zugleich eine große Freude, aus diesem Anlass das Leben dieses Physikers zu würdigen, der von der „reinen“ Physik zur Kristallzüchtung fand und hier bleibende Spuren hinterlassen hat.



Helmut Wenzl wurde 1934 im Dörfchen Auschowitz bei Marienbad im Egerland geboren, von wo die Familie als Folge des 2. Weltkrieges 1946 nach Bayern ausgesiedelt wurde.

Nach dem Abitur in Hassfurt/Main studierte er mit einem Hundhammer-Stipendium (vom ehemaligen bayerischen Kultusminister A. Hundhammer eingeführt, um besonders begabten und bedürftigen Abiturienten ein Studium zu ermöglichen) an der damaligen TH, heute Technische Universität, München. Nach dem Vordiplom in der Elektrotechnik wechselte er zur Physik. Das Neue in der Physik hörte man damals bei Maier-Leibnitz, einer als Forscher, Lehrer und Wissenschaftspolitiker gleichermaßen überragenden Persönlichkeit. Probleme der von Maier-Leibnitz vertretenen nuklearen Festkörperphysik prägten die Vorlesung und letztlich ihre Hörer. Das Buch der Neutronenwirkungsquerschnitte, der Liouvillsche Satz, Was bedeutet Elektronik? und Wie geht Strahlung durch Materie? - das waren Ecksteine der Vorlesungen.

Mit der Diplomarbeit bei Maier-Leibnitz näherte sich Wenzl schon der Kristallzüchtung: „Messung der (in Versetzungen) gespeicherten Energie in plastisch verformten Kristallen“.

Nach dem Diplom folgte die Doktorarbeit im Laboratorium über „Kalorimetrische Messungen der Wigner-Energie in bestrahltem Graphit und der Rekristallisationsenergie in Metallen“.

Wenzl setzte seine wissenschaftliche Laufbahn als Assistent bei Prof. Maier-Leibnitz am Reaktor in Garching fort. Unter anderem war er Leiter der Flüssig-Helium-Anlage am dortigen Reaktor.

Nach erfolgreicher Habilitation an der TH München übernahm er Vorlesungen zur Festkörperphysik. Von 1969 bis 1971 war er Gastforscher an der Solid State Division des Oak Ridge National Laboratory in Tennessee, einem damaligen Mekka der Festkörperphysik. Sein Arbeitsgebiet dort war die „Dynamische Beugung an perfekten Kristallen“. Mit diesen Erfahrungen baute Wenzl ab 1971 das „Kristall-Labor“ an der damaligen KFA Jülich auf.

Hier beschäftigten ihn zunächst Arbeiten zur Wasserstoffeinlagerung in Metallen und Perowskitkristallen, er wandte sich aber schon der Kristallzüchtung (Halbleiterkristallzüchtung unter Stöchiometrie-Kontrolle) und der Defektchemie in Verbindungshalbleiterkristallen zu. Diese Arbeiten fanden erhebliche Aufmerksamkeit in Kristallzüchterkreisen.

Folgerichtig war der Schwerpunkt einer Gastprofessur 1990 am MIT in Massachusetts und der Universität of California in Berkeley „Defektchemie in GaAs-Kristallen“. Damit war sein zukünftiges Arbeitsgebiet geprägt. Von 1988 an und dann kontinuierlich ab etwa 1990 erschien eine Reihe von Arbeiten zu Phasenbeziehungen und Punktdefekt-Gleichgewichten in GaAs. Der Stöchiometriebereich von GaAs wurde analysiert, wobei geladene und ungeladene Frenkel-, Schottky- und Antistrukturdefekte berücksichtigt wurden. Es ist bemerkenswert, dass auf diesem Gebiet von Wenzl und seinen Mitarbeitern Ergebnisse erzielt wurden, die noch heute Gültigkeit besitzen. Denn immerhin waren im vorangegangenen Jahrzehnt die Nichtstöchiometrie von GaAs sowie die damit gekoppelten Gleichgewichte von Eigen- und Fremdatom-Punktdefekten Gegenstand gründlicher Untersuchungen und umfangreicher Publikationen von bedeutenden Kristallzüchtern, darunter D. T. J. Hurle sowie der russischen Schule um Milvidskij. Wenzl und Mitarbeiter kamen z.B. zu dem Schluss, dass sich die „Nichtstöchiometrie-Birne“ des festen Galliumarsenids stärker auf die As-reiche Seite ausdehnt, während sich die Asymmetrie bei Hurle noch auf die Ga-reiche Seite erstreckt.

Helmut Wenzl wurde ein gefragtes Mitglied des Arbeitskreises „Verbindungshalbleiter“ der DGKK, der die Forschungsaktivitäten von Hochschulen und außeruniversitären Einrichtungen sowie der Industrie zusammenführte und insbesondere in den Aufbaujahren einer leistungsfähigen GaAs-Produktion in Freiberg/Sa. ein wertvolles Beratungsgremium war und blieb.

Es erwies sich auch als ein besonderer Glücksumstand, dass er in den kritischen Jahren von 1990-1994 Vorsitzender der DGKK war. In dieser Zeit tief greifender Veränderungen im vormals geteilten Deutschland wurde ihm vom Bund (BMBF) und vom Land Berlin (Senatsverwaltung für Wissenschaft) die Aufgabe übertragen, als Gründungsdirektor ein Forschungs- und Service-Institut für Kristallzüchtung aus den nach Vorlage eines positiven Evaluierungsbescheids vorhandenen Kapazitäten, sprich Wissenschaftlern, in Ost-Berlin aufzubauen.

Obwohl er 1990 noch in Berkeley tätig war, stellte er sich sofort für diese nicht leichte Aufgabe zur Verfügung, die ihn dann voll in Berlin einband.

Seine zutiefst demokratische und auf Konsens ausgerichtete Handlungsweise war beispielhaft. Von Anfang an zog er zu den Beratungen und Entscheidungen kompetente Berater aus der ehemaligen DDR und aus der Bundesrepublik hinzu. Unverges-

sen ist den Beteiligten z.B. die Zusammenarbeit mit Dr. Uelhoff, einem der führenden Kristallzüchter aus dem Jülicher Labor.

Äußerst konzentriert auf die Sachprobleme ging Wenzl in der erforderlichen kurzen Zeit die Aufgaben an und es nötigt noch heute Bewunderung ab, mit welcher Energie und welchem Stehvermögen er die notwendigen zahlreichen Verhandlungen führte. Jeder der damals unmittelbar Involvierten lernte seine fachliche Kompetenz und menschlichen Qualitäten kennen und schätzen. Zu den vielen Gründungsaktivitäten gehörten die fachliche Ausrichtung des neu zu bildenden Kristallzüchtungsinstituts (IKZ), die Erarbeitung einer Satzung, die Ausbildung einer effektiven Struktur und die Auswahl der ersten Mitarbeiter.

Die Weitsicht und Qualität der getroffenen Entscheidungen bestätigte sich nicht zuletzt durch das Aufblühen einer leistungsfähigen Kristallproduktion in den Ländern der ehemaligen DDR und den sehr bald hergestellten Verbindungen des neuen Institutes zur internationalen Science Community und zur Industrie. Professor Wenzl stand in dieser Phase des nicht leichten Weges dem Institut noch bis 1999 als Beiratsvorsitzender beratend zur Seite.

In diese Zeit fielen z.B. die Entscheidungen zur Aufnahme der Arbeiten zur GaAs- und SiC-Kristallzüchtung, Arbeiten von hoher Industrierelevanz. Hier galt es erhebliche Probleme zu lösen. Sein Einsatz beim BMBF und in der Industrie war geradezu unermüdlich. Zugute kamen ihm damals ohne Zweifel seine eigenen Arbeiten zur GaAs-Züchtung und zur Defektchemie an Verbindungshalbleitern.

Wir danken Helmut Wenzl für seine wissenschaftlichen Arbeiten und seine zahlreichen organisatorischen Aktivitäten zur Stärkung der deutschen Kristallzüchtung ebenso wie für seine fachliche und menschliche Integrität. Vor allem mit der Schaffung des Instituts für Kristallzüchtung in Berlin hat er sich ein bleibendes Denkmal gesetzt.

Wir wünschen ihm noch viele schöne Jahre gemeinsam mit seiner Frau Beate, auch zur Pflege seiner Hobbys, zu denen das gemeinsame Musizieren und der Genuss der vielen kulturellen Möglichkeiten im Münchener Raum gehören.

Winfried Schröder
Klaus Jacobs

Der 65. – Für Wolf Aßmus eine Chance zur Intensivierung der Forschungstätigkeit.



Glückwünsche für den Jubilar auf der Deutschen Kristallzüchtungstagung

Die alljährliche Deutsche Kristallzüchtungstagung mit ihrem traditionellen Termin in den frühen Märztagen ist für die Frankfurter Kristallzüchter nicht nur die Gelegenheit zum spannenden wissenschaftlichen Austausch mit den Fachkollegen, die Tagung muss in der Regel auch den Rahmen für die erste kleine Geburtstagsfeier unseres Gruppenchefs und derzeitigen DGKK-Vorsitzenden Wolf Aßmus bieten. Diese Nebenaktivität blieb unseren Fachkollegen aus anderen Gruppen natürlich nicht verborgen, und in diesem Jahr ist die entsprechende Info bis in Vorstandskreise „durchgesickert“.

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-

Da es sich in diesem Jahr um die Feier zum 65. handelte, wurden die Vorstandskollegen auch aktiv und nutzten den letzten der Sitzungstage zur Gratulation im Rahmen der DGKK.

Der Grund, dass der 65. Geburtstag als so etwas Besonderes angesehen wird, liegt natürlich darin, dass damit meistens der Rückzug aus den beruflichen Verpflichtungen ins Privatleben verbunden ist. Was unter Privatleben oder privaten Interessen zu verstehen ist, kann naturgemäß sehr unterschiedlich sein. Zur Freude seiner Arbeitsgruppe plant Wolf Aßmus das Erreichen des üblichen Ruhestandsalters entsprechend der im Arbeitsverhältnis gegebenen Flexibilität auf eine sehr wissenschaftsgemäße Weise zu nutzen: Er wird sich nicht aus jeglicher beruflicher Tätigkeit zurückziehen, sondern lediglich die wegen der Zugehörigkeit zum Uni-Präsidium zuletzt sehr dominierenden Management-Aufgaben abstreifen, um sich mit der so freiwerdenden Energie noch einmal intensiv der Kristallzüchtung als angestammtem Wissenschaftsgebiet zu widmen.

Entsprechend dem bei der vergangenen Jahrestagung in München formulierten Ziel, die langjährigen Mitglieder der DGKK mit Ihren Kenntnissen und Erfahrungen auch über die Zeit der beruflichen Verpflichtung hinaus der Wissenschaftsgemeinschaft zu erhalten, wird hier ein Zeichen gesetzt in dem Sinne, dass der Beruf zwar den meist notwendigen materiellen Rahmen für erfolgreiche wissenschaftliche Betätigung des Forschers darstellt, dessen wissenschaftliche Neugier als eigentliche Triebfeder aber ein berufsunabhängiger (und unbezahlbarer) Bestandteil der Persönlichkeit ist.

Franz Ritter

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.

16 Festkolloquium anlässlich des 60. Geburtstags von Professor Manfred Mühlberg



Die Schriftführerin der DGKK, Frau Dr. Ch. Frank-Rotsch überbringt im Namen der DGKK dem Jubilar, Professor M. Mühlberg, beste Glückwünsche.

Am 14. April 2009 fand am Institut für Kristallographie der Universität zu Köln ein Festkolloquium anlässlich des 60. Geburtstags von Prof. Dr. Manfred Mühlberg (*08.03.1949) statt. Aus nah und fern waren über 50 Gäste angereist, um den beiden Festvorträgen zu folgen, aber auch um anschließend mit dem Jubilar den Anlass im gemütlichen Rahmen gebührend zu feiern.

Die beiden Festvorträge – von Herrn Prof. Peter Rudolph, IKZ Berlin, mit dem Titel „Fast hundert Jahre gerichtete Kristallisation – vom Laborversuch zur industriellen Methode“ und von Herrn

Prof. Peter Gille, Ludwig-Maximilians-Universität München, zum Thema „Kugelwachstumsexperimente: Vom Alaun zum Quasikristall“ – spannten den Bogen von der Behandlung von Fragen des Kristallwachstums bis hin zur Optimierung industriell eingesetzter Züchtungsverfahren nach der Bridgman- und nach der VGF-Methode, wobei es beiden Rednern bestens gelang, die fundierte Wissenschaft auf unterhaltsame Weise zu präsentieren. Es dürfte für die zahlreich anwesenden Kristallzüchterkollegen wie auch für die fachfremderen Zuhörer gleichermaßen beeindruckend gewesen sein zu erfahren, welcher Informationsgehalt doch im „guten alten“ Kugelwachstumsversuch steckt und zu welcher Perfektion und Größe der Könnler das Ergebnis bringen kann. Auch der mit Rückblicken auf die gemeinsam mit M. Mühlberg verbrachten Forschungsjahre garnierte Beitrag von P. Rudolph belegte überzeugend die Unnachgiebigkeit und Akribie, gepaart mit profundem Verständnis der dem Wachstum und der Züchtung von Halbleiterkristallen zugrundeliegenden Prozesse, die erforderlich sind, um erfolgreich Einkristallzüchtung auf hohem Niveau betreiben und voranbringen zu können. Beide Vorträge legten aber auch Zeugnis davon ab, welche Freude und Inspiration aus der intensiven Beschäftigung mit Kristallen und ihrer Züchtung entspringen können. Diese Freude und Inspiration sich noch möglichst lange zu bewahren, wünschen wir nicht nur den beiden Festrednern und allen anwesenden Gästen, sondern natürlich ganz besonders dem Jubilar, Professor Manfred Mühlberg.

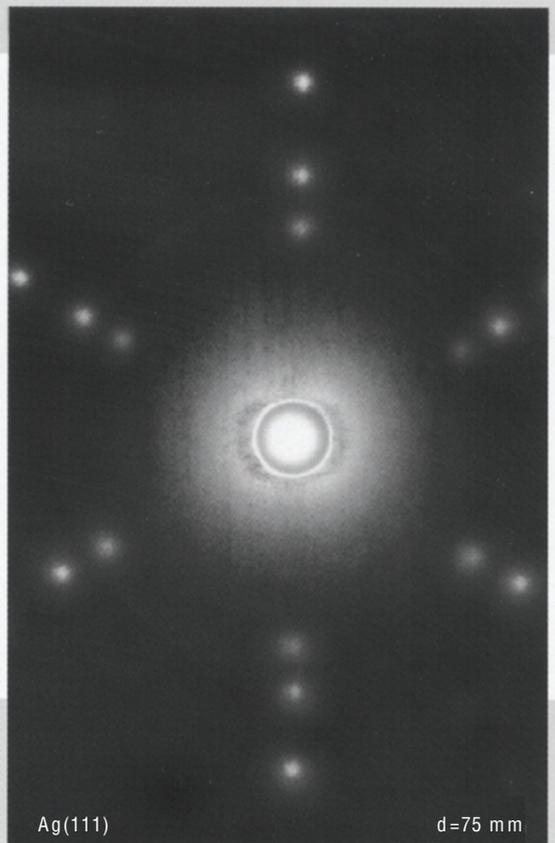
Petra Becker & Ladislav Bohatý, Köln

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

DGKK-Nachrichten

Siliziumkarbid-Leistungsbaulemente auf der Überholspur

Elektronische Bauelemente aus Siliziumkarbid (SiC) haben im Bereich der Steuerung und Umformung elektrischer Energie ein hohes Potential zur Energieeinsparung. Auf SiC basierende Schottkydioden werden bereits seit 2001 erfolgreich in High-End Netzteilen eingesetzt. Die Kommerzialisierung von bipolaren Hochvolt-Schaltbauelementen ist aber bisher nicht möglich. Ein Forschungsprojekt unter Beteiligung des Fraunhofer IISB will dies nun ändern.



Foto: Fraunhofer IISB

Ziel des Projektes "Korrelation von Kristalldefekten mit der Langzeitstabilität von SiC-Leistungsbaulementen" (KoSiC) ist es, die Wechselwirkung zwischen Defekten in der Kristallstruktur und Eigenschaften von bipolaren SiC-Baulementen zu untersuchen, dadurch ihre Langzeitstabilität zu verbessern und ihre kommerzielle Nutzung zu ermöglichen.

Im Rahmen von „KoSiC“ arbeitet das Fraunhofer-Institut für Integrierte Systeme und Bauelementetechnologie IISB mit SiCrystal, SiCED Electronics Development, Infineon Technologies und dem Lehrstuhl für angewandte Physik der Universität Erlangen-Nürnberg zusammen. Gemeinsam decken die Projektpartner alle Stufen der Wertschöpfungskette für die Herstellung von 4H-SiC Bauelementen ab. Die Beiträge der Partner reichen von der Kristallzüchtung über die Herstellung epitaktischer Schichten und der Fertigung uni- und bipolarer Dioden bis hin zu Applikationstests.

4H-SiC – Ein Halbleitermaterial auf dem Vormarsch

In der Vergangenheit wurden bereits entscheidende Fortschritte in Hinblick auf die bislang mangelnde Kristallqualität und Scheibengröße erzielt: Zum einen hat sich die Kristallqualität durch Vermeidung einer besonders schädlichen Art von Kristallbaufehlern, den Mikroröhren (micropipes), verbessert, zum anderen sind mittlerweile 100mm große Scheiben kommerziell erhältlich.

Beide Errungenschaften steigern die Bauelementausbeute und damit die Attraktivität des Halbleitermaterials 4H-SiC.

Kristalldefekte: eine Herausforderung für das Forschungsprojekt

Ein bestimmter Versetzungstyp, so genannte Basalflächenversetzungen (BPD), wird aber als kritisch für bestimmte bipolare Bauelemente erachtet. Den BPDs wird nachgesagt, die Funktionalität bipolarer Dioden zu beeinflussen.

Für die unipolaren Dioden stellt dieser bestimmte Versetzungstyp kein Problem dar, sie sind langzeitstabil. Bei Bipolardioden mit Sperrspannungen > 2 kV können BPDs aber Ausgangspunkt für ausgedehnte Materialsschäden sein, die zum Versagen des bipolaren Bauelements führen können.

Epitaxie als Mittel zum Erfolg

Hier setzt das „KoSiC“-Projekt an: Da BPDs bislang in der Kristallzüchtung nicht vermieden werden können, versuchen die Projektpartner, diese bei der anschließenden Bauelementprozessierung aus den kritischen Bereichen des Bauelements fernzuhalten. Der Epitaxieprozess ist hierbei entscheidend: Unter günstigen Bedingungen wandeln sich die BPDs aus dem Substrat während der Epitaxie fast vollständig in andere Versetzungstypen um, die die Langzeitstabilität bipolarer Bauelemente nicht beeinflussen.

Dieses optimierte Epitaxie-Verfahren bildet somit die beste Voraussetzung für die Herstellung zuverlässiger bipolarer Bauelemente und stellt einen wichtigen Schritt dar, um durch die Kommerzialisierung von SiC-Baulementen einen wesentlichen Beitrag zur Energieeinsparung zu liefern.

Das „KoSiC“-Projekt“ wird von der Bayrischen Forschungstiftung (AZ-720-06) finanziell gefördert.

Kontakt:

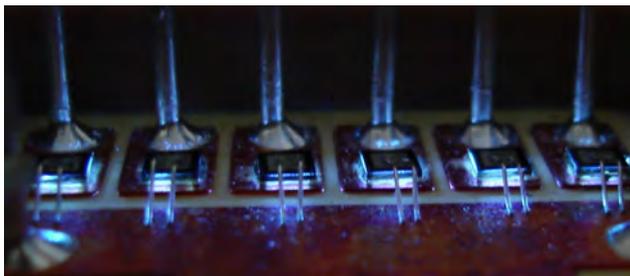
Birgit Kallinger

Telefon +49 9131 761-273

Fraunhofer-Institut für Integrierte Systeme und Bauelementetechnologie IISB

Schottkystraße 10, 91058 Erlangen

www.iisb.fraunhofer.de



BU: Bipolardioden im Vorwärtsbetrieb während elektrischer Messungen. Foto: SiCED

18 Eurotherm Seminar No. 84: Thermodynamics of phase changes

EUROTHERM-Seminare sind eine Art Workshop zu speziellen, ausgesuchten Themen zur Thermodynamik und verwandten Gebieten. Seminare über unterschiedlichste Themen wurden seit 1988 abgehalten. Auf Anfrage vom EUROTHERM-Komitee schlug Miltiadis Papalexandris (Université catholique de Louvain) ein Seminar über "Thermodynamics of phase changes" vor. Für die weitere Organisation holte er sich Francois Dupret ins Boot und damit war klar, dass auch die Kristallzüchtung eine wichtige Rolle in diesem Seminar spielen sollte.

Jeden Tag gab es zwei parallele Sitzungen, von denen sich eine mit Fragen zur Kristallzüchtung bzw. Erstarrung beschäftigte. Themen waren u.a.: Berechnungen zu den Verhältnissen beim detached Bridgman-Verfahren (J. Derby), der Einsatz elektrischer Felder zum Verschieben von Phasengleichgewichten zu kongruenten Schmelzverhalten von oxidischen Verbindungen (S. Uda), der Vergleich von numerisch berechneter und experimentell beobachteter Form bei der Tropfererstarrung (S. Brandon), der Einsatz von Wandermagnetfeldern bei der Czochralski-Züchtung (O. Klein), die Berechnung von Strömung in einem transversalen Magnetfeld durch Fourierentwicklung im axialsymmetrischen Programm FEMAG (O. Magotte), dem Einsatz von Petrov-Galerkin-Finite-Elementen für die Berechnung von Stofftransport in FEMAG (B. Delsaute), eine

Übersicht über die Anwendung der thermodynamischen Analyse auf die Punktdefekte in III-IV-Halbleiter-Kristallen (D. Hurlé), die Entwicklung eines kinetischen Monte-Carlo-Verfahrens für die Berechnung von Dendritenwachstum in eine unterkühlte Schmelze (T. Schulze), der Einsatz von Phasenfeldmodellen bei Erstarrung und Kristallzüchtung (W. Miller). Mit Vorträgen von V. Voronkov, T. Sinno und M. Kulkarni war die Siliziumzüchtung bzw. -erstarrung vertreten. Der erste Vortrag gab eine Übersicht über die Punktdefekte in Silizium und ihre Agglomeration, einschließlich der Einflüsse von Sauer- und Stickstoff. Der zweite Vortrag beschäftigte sich mit der Nukleation und dem Wachstum von Defekttagglomeraten. Im dritten Vortrag wurden die Ergebnisse von Rechnungen zum Einbau von Sauerstoff und Stickstoff in Czochralski-gezüchtete Kristalle gezeigt. Darüber hinaus gab es Vorträge zu metallischen Legierungen, die sich mit der Bestimmung von Phasendiagrammen, Phasenfeld-Simulationen und front-tracking-Methoden beschäftigten.

Die ausführlichen Abstracts (1-4 Seiten) zu den Vorträgen wurden elektronisch in Form einer CD gereicht.

Homepage der Konferenz:

<http://sites.uclouvain.be/term/eurotherm84/>

Wolfram Miller, IKZ Berlin

Nacht der Wissenschaft und Wirtschaft 2009 in Freiberg: Kristalle als Besuchermagnet am Fraunhofer THM

Rund 700 Schaulustige aller Altersstufen besuchten am 20. Juni 2009 zur Nacht der Wissenschaft und Wirtschaft in Freiberg das Fraunhofer Technologiezentrum Halbleitermaterialien (THM). Das Fraunhofer THM ist eine gemeinsame Außenstelle des Fraunhofer IISB in Erlangen und des Fraunhofer ISE in Freiburg mit dem Ziel, die regionale Halbleitermaterial-Industrie zu unterstützen. Im Rahmen der Veranstaltung gab das THM der Öffentlichkeit einen breiten Einblick in die faszinierende Kunst und Wissenschaft der Kristallzüchtung. In einer Ausstellung mit Schautafeln, Mineralien und technischen Exponaten erklärten die Fraunhofer-Forscher ihren Gästen die Bedeutung von Halbleiterkristallen und deren Anwendungsmöglichkeiten in der Mikroelektronik und Photovoltaik. Zahlreiche Schaustücke illustrierten die vielfältigen industriellen Herstellungsverfahren und die während der Kristallzüchtung zu Forschungszwecken und für die Produktionsüberwachung eingesetzte Messtechnik. In Experimenten konnten die Besucher das Kristallwachstum am Beispiel von Alaun-Salz „live“ unter dem Mikroskop mitverfolgen und Anleitungen für eigene kleine Experimente mit nach Hause nehmen. Nach dem gelungenen Auftakt und der überaus positiven Resonanz in der Bevölkerung ist eine Teilnahme des Fraunhofer THM an der nächsten Nacht der Wissenschaft und Wirtschaft in Freiberg bereits fest geplant.

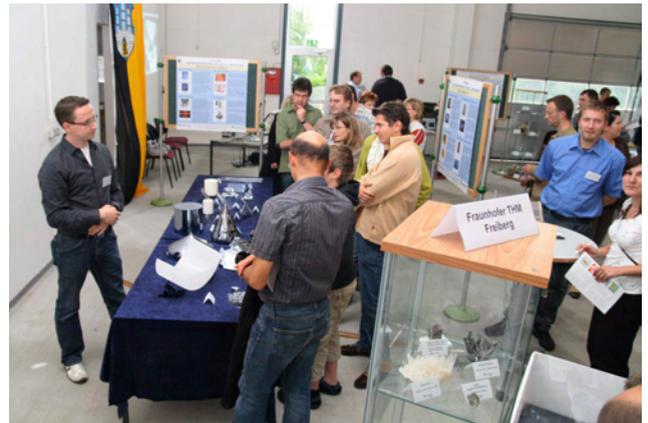
Ansprechpartner:

Dr. Markus Zschorsch

Fraunhofer THM

Am. St.-Niclas-Schacht 13, 09599 Freiberg

Markus.Zschorsch@thm.fraunhofer.de



Dicht belagert: Die Ausstellung des Fraunhofer THM in Freiberg bei der Nacht der Wissenschaft und Wirtschaft.

Foto: Fraunhofer THM

Neue Mitglieder 2009

Wir begrüßen ab dem 01.01.2009 als neue Mitglieder: (Stand 14.05.2009)

Herrn
Dipl.-Phys. Henning Döscher
Helmholtz-Zentrum Berlin für Materialien
und Energie

Herrn
Dipl.-Ing. Björn Fischer
TU Bergakademie Freiberg

Frau
Dr. Veronika Fritsch
Physikalisches Institut
Universität Karlsruhe

Herrn
Dipl. Min. Adam Hess
Kristallographie, Institut für Geowissen-
schaften
Albert-Ludwigs-Universität Freiburg

Herrn
Marian Ivanov
Universität zu Köln
Institut für theoretische Physik

Herrn
Dr.-Ing. Lev Kadinski
Siltronik AG
Burghausen

Frau
Marion Möllering
Institut für Kristallographie
Universität zu Köln

Herrn
Dr. Frank Mosel
Wacker Schott Solar GmbH
Alzenau

Herrn
Dr. Josef Stenzenberger
Deutsche Solar AG
Freiberg

Herrn
Dipl.-Min. Justus Tonn
Institut für Geowissenschaften
Albert-Ludwigs-Universität Freiburg

Herrn
Bernhard Ubbenjans
Institut für Elektroprozess-
technik
Leibniz Universität Hannover



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

20 DGKK-Fokus

Interview mit dem Präsidenten der American Association of Crystal Growth (ACCG)

Dieses Interview ist im Newsletter 35 (1) der AACG abgedruckt, der im Frühjahr 2009 erschienen ist. Wir drucken dieses Interview hier mit freudlicher Genehmigung der AACG.

David Bliss, the previous AACG president, recently interviewed the incoming president, Jeff Derby. They discussed Jeff's background, the status of crystal growth research today, and the future of AACG.

David Bliss: *What made you interested in crystal growth?*

Jeff Derby: I just thought it was a cool engineering problem. I mean the notion that you can use these macroscopic tools to induce nature to form these ordered wonderful things - the engineering aspects, coupled with the fact that you can use crystals to do interesting things. And I knew I didn't want to be a computer scientist, or an electrical engineer, but controlling the constituents of crystals, that's the part that appealed to me.

David Bliss: *Was it at MIT that you became interested in Crystal Growth?*

Jeff Derby: Yes. I had to choose a project to do in graduate school, and I was lucky enough to run across a young faculty member that nobody knew of, named Bob Brown, and things really took off. I was lucky to do some interesting work when I was at Lawrence Livermore Laboratories, and then I went to the University of Minnesota.

David Bliss: *When were you at Lawrence Livermore?*

Jeff Derby: I was there from 1986 to 1988.

David Bliss: *Was that a Post-Doc position?*

Jeff Derby: No, I was a regular employee. This was in that era before the days of post-docs, when they would actually consider hiring someone directly out of graduate school. It was a great place, and I still have a lot of friends there. I woke up one day and was thinking, this is great to work on "big-science" projects, but how much greater would it be to work with young people whose minds are still being formed in science and research? That caused me to reconsider academics as a career, and I've never looked back. It was the right thing for me to do.

David Bliss: *So is the training aspect of crystal growth a big factor at the University of Minnesota?*

Jeff Derby: Yes, and I have a good group there.

David Bliss: *What about the big picture of crystal growth today? Here it is in 2008, and where is the field of crystal growth going?*

Jeff Derby: I think the prognosis is good. It's a field that by nature must redefine itself continually as we solve some of the classic problems. It has always been such an interdisciplinary field, so the key to the future will be in finding new disciplines that are relevant for the field. One very successful example of this has been the teaming with the vapor phase epitaxy community. Another example that interests me is the way that chemistry looks at crystal growth phenomena, sorting out the detailed nature of chemical interactions. Classically, you and I grew up in the world of semiconductors, with a relatively small number of elements that behaved in somewhat predictable ways. Now, when you look at making pharmaceuticals and organic crystals or industrial separations, there are a lot of interesting possibilities for research. This could be one way of expanding the reach of crystal growth.

David Bliss: *Towards organic crystallization?*

Jeff Derby: Right, although we won't be abandoning the traditional technologies. You look at solar technology. We still need to learn more about very old and classic materials, like silicon, to make progress in this field. I am still bullish on the old school; the concern is that the people of the old school are moving on and a younger cohort is needed to replace them.

David Bliss: *What about biocrystallization?*

Jeff Derby: This is another great example of a new community for us, but it remains to be seen if this is the right community to tap into that area of research or to draw those people to us. But it is an opportunity. One of my interests as president of AACG will be to reach out in new directions, to expand the membership and keep the organization healthy.

David Bliss: *How about the recent trend toward nanotechnology; should we be pursuing that?*

Jeff Derby: I'm hot and cold on this. There is no doubt that tremendous opportunities exist in this area, but in the rush to achieve magical solutions, what is often overlooked is that a lot of the fundamental, old-school materials are still viable and important. That's what I worry about.

David Bliss: *Can we do both or is it a zero-sum game?*

Jeff Derby: From a research funding perspective, it is actually a less-than-zero-sum game, because the overall funding has been shrinking every year. In that sense, I think that nano-technology may have brought more harm than good. Namely, it has diverted a lot of funding from very important, classical areas. I am not won over yet. There are tremendous possibilities for nanoscale technology, but I am waiting to see what comes out of it. Nanotechnology is not the be-all and end-all, but it is a natural progression in materials science. Clearly obtaining an understanding of increasingly small structures is important. I would have like to have seen decisions about materials research funding be based more on intellectual merit and technological relevance rather than just a length scale.

David Bliss: *In parallel with the growth of nanotechnology funding, there has been a reduction in traditional crystal growth. The physics community has recently become alarmed about this, and National Academies have mandated a committee to study the decline in US capability.*

Jeff Derby: Yes, MSAC, the Materials Synthesis and Crystal Growth Committee, was set up by the National Academies to try to sort out these issues and urge government to act. This was a good effort (the official report is to be released by the end of the year), but there is a problem too, in that this committee did not contain any members of AACG and chose to highlight the "supply" problem, namely that crystals are needed to promote scientific research, notably in condensed matter physics, and that there are fewer and fewer people in the U.S. with the expertise to grow them. Notably absent is any discussion of the merits of understanding the science of crystal growth itself. The problem with looking at crystal growers as suppliers of crystals relegates our role to that of technicians. Let me give you an

example. If you read Don Hurle's wonderful description of the origins of our community (see reference below), he describes how the science of crystal growth evolved and how different views of the field were at odds. In Germany



AACG president Jeffrey J. Derby

there were two terms: Kristallwachstum and Kristallzüchtung. The first was associated with the scholarly discipline of crystallography, while the second referred to growing crystals in the laboratory, where practitioners were sometimes derisively called "crystal farmers." Unfortunately, the MSAC leans too far in the direction of the crystal farmer mold, taking the attitude that we need these trained technicians to give "big science" a chance to move along. I believe there is plenty of big science in the growth of crystals themselves. And that's unfortunately what that committee misses.

Crystal growth is an important part of materials science and engineering. Because of their unique properties, we'll always need crystals for special applications, but we also need to understand how to grow them and how they grow. There is a continuing need for people trained in this field. Our challenge is going to be that we need to convince people that there is a need for much more than farming crystals

David Bliss: *It seems that the crystal farming approach is not going to prepare for future generations. As a university professor, you are not simply concerned about today's crystals but also for tomorrow's as well.*

Jeff Derby: Right, and teaching young kids recipes and techniques won't do us any good, unless we teach them how to think about these new challenges. Why is it that we are losing this talent? One argument is that the field is so multidisciplinary, that it does not have a proponent, or a classical field that says "this

is what we do." There tends to be a cultural "circling of wagons" for the scientific disciplines, especially when funding is difficult, so that the inter-disciplinary fields are then at risk.

David Bliss: *One suggestion is that the US could fund a big center, like an industrial or government laboratory to crank out crystals for different applications.*

Jeff Derby: One of the problems with that is that the glory days of the grand industrial labs are just gone. Those days went away when Bell Labs shuttered its doors. RCA and Westinghouse, and many renowned industrial labs of old, that were an incredible source of talent and creativity, have all seemingly dribbled away. And the problem with a big government laboratory is that you need a vibrant, supporting community outside of the lab to use its facilities and to keep generating new ideas. If all the money is spent to create just one, or even a few, large centers, crystals will be grown - but where will the young researchers (with the best ideas) come from?

David Bliss: *The research at industrial labs now is very proprietary. Will that pattern of funding satisfy all our needs for the future, or should there be more openness if the government is going to get involved in supporting crystal growth?*

Jeff Derby: The funny thing about crystal growth is that it is very basic and, at the same time, very applied. The argument goes that industry should be able to take care of all of the needs there. But if only very applied ideas are funded, then we don't get the basics and we don't grow those new minds that are thinking in creative new ways.

David Bliss: As an organization, do you see AACG playing a role by providing a venue for people from the many small pockets of crystal growth?

Jeff Derby: Yes, one of the beauties of this organization is it tends to unite these different applications, especially through the fundamentals of growth. We have to keep that going and make it known to other crystal growers out there, so that we are not just known as crystal farmers, but for producing stuff of intellectual worth. One of the opportunities of an organization like AACG is that we can do something that helps unite the field. And certainly we have done some good things by joining the Federation of Materials Societies, where we have a strong voice.

David Bliss: *How about outreach to other organizations, such as the MBE community?*

Jeff Derby: There are a number of communities that we could draw in so that they could see why it is useful to work together. We would never be successful in subsuming a more specialized organization, say NAMBE (North American Molecular Beam Epitaxy), but we can show them that by participating in our conferences they can contribute and we can all learn.

D.T.J. Hurle, "The Origins of the International Crystal Growth Conferences, the International Organisation for Crystal Growth and the Journal of Crystal Growth," *J. Crystal Growth*, 243:1-7, 2002.

22 DGKK-Forschung

KRISTMAG® - vom Traum zum Transfer

Peter Rudolph, Leibniz-Institut für Kristallzüchtung Berlin

KRISTMAG® ist ein Logo mit internationalem Markenschutz und bedeutet „Kristallzüchtung im wandernden Magnetfeld“. Dieses Kürzel wurde von uns im Zuge einer Projektbeantragung bei der Technologiestiftung Berlin (TSB) kreiert. Die TSB fördert Wissenschaft und Forschung sowie Bildung in bezug auf innovative natur- und ingenieurwissenschaftliche Technologien. Ziel ist dabei die Entwicklung der Region Berlin-Brandenburg zu einem bedeutenden Standort in ausgewählten Technologiefeldern. Zur Erreichung dieser Satzungszwecke unterhält die TSB u.a. das Förderprogramm „Zukunftsfonds Berlin“ - ein Sondervermögen des Landes, welches durch die TSB bewirtschaftet wird. Hieraus werden Verbundprojekte zwischen Wissenschaft und Wirtschaft gefördert. Die Vorhaben des Zukunftsfonds Berlin werden vom Europäischen Fonds für Regionale Entwicklung (EFRE) und dem Land Berlin kofinanziert. Die finanzielle Betreuung der Projekte führt die Investitionsbank Berlin (IBB) durch. Als wissenschaftspolitisches Beraterteam steht den Projektnehmern u.a. die TimeKontor AG Berlin zur Seite.

Für ein solches Projekt hatten sich die Berliner Kooperationspartner Leibniz-Institut für Kristallzüchtung (IKZ), Weierstraß-Institut für Angewandte Analysis und Stochastik (WIAS) und das Unternehmen Steremat Elektrowärme GmbH zusammengetan. Hinzugewonnen wurde die Auteam Industrie-Elektronik GmbH aus dem Land Brandenburg, die eine gesonderte Förderung durch die Zukunftsagentur Brandenburg (ZAB) und Investitionsbank des Landes Brandenburg (ILB) beantragte. Nach Bewilligung des Antrages bildeten diese vier Einrichtungen aus Forschung und Industrie das Projektkonsortium für den Förderzeitraum 01. 07. 2005 - 30. 06. 2008. Sie wurden dabei von den Unterauftragnehmern Institut für Elektrothermische Prozesstechnik (heute: Elektroprozesstechnik) der Leibniz-Universität Hannover und dem Kristall-Labor des Fraunhofer-Instituts IISB in Erlangen unterstützt.

Das KRISTMAG®-Projekt untersuchte die Machbarkeit einer international noch nicht erprobten Technologie - die Züchtung von Kristallen in einer solchen Heizerkonfiguration, die eine kombinierte Erzeugung von Wärme und magnetischen Wanderfeldern ermöglicht. Damit findet die Magnetfelderzeugung unmittelbar am Schmelztiegel statt und es können Kontrolle der Schmelzströmungen sowie Form der fest-flüssig Phasengrenze deutlich effektiver mit verringertem Energie- und Kostenaufwand erzielt werden. Heute kann KRISTMAG® auf eine erfolgreiche Arbeit und einen begonnenen Industrietransfer zurückblicken. Im Dezember 2008 wurde das Team mit dem Innovationspreis Berlin-Brandenburg ausgezeichnet. Es ist mir deshalb ein Bedürfnis, als damaliger Projektleiter die DGKK-Gemeinschaft mit den Ergebnissen bekannt zu machen und aus persönlicher Sicht zu berichten, wie es zur Idee und Durchführung dieses Projektes kam.

Am Anfang stand ein „Traum“. Im Rahmen der Zusammenarbeit

zwischen der Freiburger Compound GmbH und dem IKZ in den 90er Jahren diskutierten Herr Dr. Manfred Jurisch und ich hin und wieder über unkonventionelle Möglichkeiten einer Magnetfeldeinkopplung bei der Kristallzüchtung, die weniger aufwendig als die schon lange bekannten relativ teuren Testvarianten der Erzeugung stationärer oder nichtstationärer Magnetfelder außerhalb der Züchtungskessel sind. Wir sprachen über Magnetfeldgeneratoren im Kesselinneren, wie sie von Brückner and Schwerdtfeger¹ erprobt wurden, die ein rotierendes Magnetfeld in einer polpaarigen Spule, wie im Stator eines Asynchronmotors erzeugten, wobei diese unmittelbar um den Heizer herum angeordnet wurde und die Metall- und Si-Schmelzen ohne mechanische Beihilfe in Rotation versetzte. Allerdings waren die dabei auftretenden Probleme der Wärmeisolation der Spulenumwicklungen offensichtlich. Eleganter erschien uns die Lösung von Hoshikawa et al.² und Hull³ aus dem Jahre 1980, bei der eine kombinierte Nutzung der mäanderförmigen Graphitheizer in Czochralskianlagen zur Wärmeerzeugung und gleichzeitigen Generation rotierender Magnetfelder praktiziert wurde. Dazu wurde der Heizer in drei das gleiche Bogenmaß einnehmende Heizsegmente aufgeteilt (Abb. 1a). Diese wurden sodann über eine Dreieckschaltung je mit einem der drei Wechselstromanteile des Drehstromes der Frequenz 50 Hz gespeist. Durch die Phasenverschiebung der Wechselströme von je 120° entstand ein transversal rotierendes Magnetfeld, welches in der elektrisch leitenden Schmelze eine umlaufende Lorentzkraft erzeugte, die ihrerseits deren Rotation ohne Tiegeldrehung bewirkte. Zwei Jahre später veröffentlichten Kim et al.⁴ identische Ergebnisse, wobei eine Aufteilung in Wärmeerzeugung mit Gleichstrom und Generation rotierender Magnetfelder mit Wechselstrom vorgeschlagen wurde, um die Steuerung des Kristallisationsprozesses von der Durchmischungskontrolle zu trennen⁵. Allerdings hatte bereits deutlich früher, im Jahre 1970, die Nippon Electric Co. ebenfalls eine solche Kombination der gleichzeitigen Erzeugung von Wärme und rotierendem Magnetfeld patentiert⁶, wobei auch eine spiralförmige Schlitzung des Heizers einbezogen wurde.

Unser Interesse an diesen Versionen war nahe liegend, da bei der LEC-Züchtung von III-V-Halbleitern oftmals mäanderförmig geschlitzte Heizertypen „von Haus aus“ eingesetzt werden (Abb. 1a), und wir fragten uns, wie groß wohl die dabei in die Schmelze eingekoppelte magnetische Induktion sei. Die so erzeugten Felder dürften nicht sehr effektiv sein, da sie nur in den schmalen unteren und oberen geschlossenen Ringregionen der Heizer entstehen und sich in den auf- und abwärts verlaufenden Mäanderbahnen wegen der entgegengesetzten Stromrichtungen aufheben. Es wurde klar, dass dieser Nachteil bei der Wahl longitudinal wandernder Felder nicht auftritt, wenn an die Stelle der Mäanderheizer spulenmäßige Ausführungen treten (Abb. 1b-c). Magnetische Wanderfelder (im Englischen als „traveling magnetic field – TMF“ bezeichnet) entstehen z.B., wenn man übereinander angeordnete Spulen mit Wechselstromantei-

¹F.U. Brückner, K. Schwerdtfeger, J. Crystal Growth 139 (1994) 351.

²K. Hoshikawa, H. Kohda, H. Hirata, H. Nakanishi, Jpn. J. Appl. Phys. 19 (1980) L33.

³E.M. Hull, IBM Tech. Disclos. Bull. 23 (1980) 2756.

⁴K.M. Kim, G.H. Schwuttke, P. Smetana, IBM Tech. Disclos. Bull. 25 (1982) 2277.

⁵K.M. Kim, Patent DE 3750382 T2 (1987).

⁶K. Fujimori, T. Ayusawa, DE 2107646 (1970).

len speist, die gegeneinander einen Phasenversatz aufweisen. Wenn sich innerhalb der Spulen eine leitende Schmelze befindet, wird in dieser sodann je nach Richtung des Phasenschubs ein auf- oder abwärts laufendes Lorentzfeld erzeugt. Solche Wanderfelder sind von steigendem Interesse für die Kristallzüchtung, da sie nicht nur zur Durchmischung oder Dämpfung der Temperaturfluktuationen, sondern auch wegen der Einstellbarkeit stabiler toroidaler Strömungsmuster zur effektiven Beeinflussung der Durchbiegung der Phasengrenze dienen, was in einigen Arbeiten zur VGF- und Cz-Züchtung von Halbleitern bereits nachgewiesen wurde. Allerdings behalt man sich in allen bisherigen Versuchen mit außerhalb der Züchtungskessel angebrachten Wanderfeldspulen^{7, 8, 9, 10, 11, 12, 13}. Eine Überschlagsrechnung ergibt, dass insbesondere bei Verwendung dickwandiger Hochdruckkessel zwischen äußeren Spulen und innerer Schmelze ein Verlust an magnetischer Induktion von bis zu einer Größenordnung eintreten kann. Damit wird ein wesentliches energetisches und ökonomisches Problem der bisher verwendeten externen Magnetfeldspulen offensichtlich, weshalb auch eine großtechnische Anwendung kaum vorankommt.

Die gleichzeitige Erzeugung von Wärme und einem konstanten Magnetfeld in einem mit Gleichstrom durchflossenen spulenförmigen Graphitheizer wurde für die Cz-Züchtung von Silizium im Jahre 1995 von Grimes und Hariri (Texas Instruments) vorgeschlagen¹⁴. Sie bezeichneten eine solche Konfiguration als „spiral heater-magnet coil“, so wie eine gleichnamige Publikation von Giess et al.¹⁵, die im Jahr 1984 erschien. Auch diese Autoren beschrieben bereits die Nutzbarkeit von mit Gleichstrom durchflossenen Spulen zur gleichzeitigen Erzeugung von Wärme und vertikalem konstanten Magnetfeld, um damit die Schmelzkonvektion zu dämpfen. Allerdings schlugen sie nur Hochtemperaturmetalle wie z.B. Ta, W und Mo als Spulenmaterialien vor.

zwei oder mehr Spulen miteinander verschalten. Dabei besitzt eine Sternschaltung (Abb. 1c) gegenüber einer Dreieckschaltung (Abb. 1b) den Vorteil einer separaten Variation von Frequenz und Phasenwinkel zwischen den Spulen. Im Jahre 2001 wurde von der damaligen Wacker Siltronic AG ein Patent zur Beeinflussung der Schmelzkonvektion bei der Cz-Züchtung von Si-Kristallen angemeldet, das auch die Möglichkeit einer „Kombination aus Heizer und mehrphasiger Magnetspule“ ermöglicht¹⁶. Eine detaillierte Beschreibung einer solchen Anordnung für einen Einsatz insbesondere in der VGF-Methode, bestehend aus drei übereinander angeordneten zylindrischen Graphitspulen gleichen Durchmessers zur gleichzeitigen Erzeugung von Wärme und magnetischem Wanderfeld, erschien 2003 in einer Patentschrift von Mühe et al.¹⁷. Sie beeinflusste wesentlich unsere Entscheidungsfindung.

Nun war es an der Zeit, aus den bisherigen Visionen und einigen lakonischen „Testberichten“ zu einer systematischen labormäßigen Erprobung überzugehen und bei positiven Resultaten einen industriellen Transfer vorzubereiten. Das IKZ erwies sich geradezu prädestiniert dafür – hatte es doch mehrere industriemäßige Züchtungsanlagen zur Verfügung, in denen die vorhandenen Heizer durch solche Heizer-Magnet-Module ausgetauscht werden konnten. Dazu mussten aber zunächst einmal die Modulformen numerisch optimiert, konstruiert und gefertigt werden. Gleichzeitig war es notwendig, eine moderne Leistungsversorgung und Modulansteuerung zu entwickeln und zu installieren, was sich als ein weit umfangreicherer Schritt erwies (Abb. 2). Dazu war es erforderlich, eine Partnergemeinschaft aus Forschung und Industrie zu formieren und vor allem einen Projekträger zu finden. Im Jahre 2002 begann eine zwei Jahre dauernde Suche und Überzeugungsarbeit...



Abb. 1: Heizerkonfigurationen aus Graphit für die konventionelle Czochralski-, LEC- und VCz-Züchtung (links) und für die gleichzeitige Erzeugung von Wärme und magnetischen Wanderfeldern in Dreieckschaltung (Mitte) und Sternschaltung (rechts).

Will man ein Wanderfeld erzeugen, so muss man mindestens

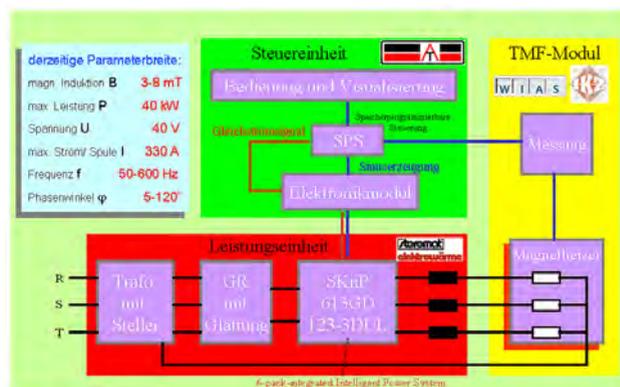


Abb. 2: Blockschemata der elektrisch-elektronischen Versorgung für die Magnet-Heizer-Module, bestehend aus der Leistungseinheit (rot; entwickelt und gefertigt von der STEREMAT GmbH Berlin), Steuereinheit (grün; entwickelt und gefertigt von der AUTEAM GmbH Land Brandenburg) und dem Magnet-Heizer-Modul (gelb; entwickelt und gefertigt vom IKZ Berlin und numerisch optimiert vom WIAS Berlin).

In Deutschland beschäftigten sich zu diesem Zeitpunkt bereits mehrere Gruppen mit der gezielten Anwendung von Mag-

⁷S. Yesilyurt, S. Motakef, R. Grugel, K. Mazuruk, J. Crystal Growth 263 (2004) 80.
⁸R. Lantzsich, I. Grants, V. Galindo, O. Pätzold, G. Gerbeth, M. Stelter, A. Cröll, Magneto-hydrodynamics 42 (2006) 445.
⁹T.P. Lyubimova, A. Cröll, P. Dold, O.A. Khlybov, I.S. Fayzrakhmanova, J. Crystal Growth 266 (2004) 404.
¹⁰P. Schwesig, M. Hainke, J. Friedrich, G. Mueller, J. Crystal Growth 266 (2004) 224.
¹¹R. Lantzsich, I. Grants, O. Pätzold, M. Stelter, G. Gerbeth, J. Crystal Growth 310 (2008) 1518.
¹²E. Tomzig, J. Virbulis, W. v. Ammon, Y. Gelfgat, L. Gorbunov, Mat. Sci. in Semicond. Processing 5 (2003) 347.
¹³Th. Wetzel, Fortschritt-Berichte VDI, Reihe 9, Nr. 328 (2001) 1.
¹⁴H.M. Grimes, F.A. Hariri, US Patent 5,571,320.
¹⁵E.A. Giess, T.R. McGuire, A. Murgai, IBM Technical Disclosure Bulletin 26 (1984) 4716.
¹⁶W. von Ammon, J. Virbulis, E. Tomzig, Y. Gelfgat, L. Gorbunov, DE 10102126 A1 (2001).
¹⁷A. Mühe, B. Altkrüger, A. Vonhoff, DE 10349339 A1 (2003).

24 netfeldern in der Kristallzüchtung. Genannt seien die damaligen Teams um Prof. G. Müller an der Universität Erlangen, Prof. K.W. Benz und Prof. A. Cröll an der Universität Freiburg und Dr. U. Pätzold an der TU Bergakademie Freiberg. Numerische Simulationen zur Magnetohydrodynamik (MHD) in der Kristallzüchtung wurden neben den o.g. Gruppen v.a. am Forschungszentrum Dresden-Rossendorf (Dr. G. Gerbeth) und dem damaligen Institut für Elektrothermische Prozesstechnik der Universität Hannover (Prof. A. Mühlbauer, Prof. B. Nacke) in enger Kooperation mit der Universität Riga (Prof. A. Muiznieks) durchgeführt. Schließlich hatte die Wacker Siltronic AG in mehreren Publikationen über erste Erfahrungen zur Züchtung von Silizium in stationären und nichtstationären Magnetfeldern berichtet. Auf all diesen Erfahrungen und Hilfsbereitschaften konnte man aufbauen. Meine Vorstellung war die Gründung eines MHD-Koordinierungsrates nach dem Vorbild des damals erfolgreich agierenden III-V-Koordinierungsrates unter Leitung von Dr. T. Flade (FCM GmbH).

Am 27. 11. 2002 lud das IKZ zu einem Sondierungsgespräch zum Thema „MHD in der AIII-BV-Kristallzüchtung“ ein. Neben Vertretern o.g. Gruppen erschienen auch das FZ Ceasar in Bonn (Dr. A. Voigt) und als besonders freudig begrüßter Gast Herr H. Schmidt vom BMBF. Alle Teilnehmer sprachen sich für ein engeres Zusammenwirken und eine unbedingte Förderung der MHD-Aktivitäten aus. Es wurde empfohlen, beim BMBF eine Skizze über einen zu gründenden Förderschwerpunkt „Variable Magnetfelder bei der Züchtung von Verbindungshalbleitern zur Qualitätserhöhung für die industrielle Produktion“ einzureichen. Ein solches Papier wurde von mir angefertigt und Anfang 2003 ans BMBF geschickt. Eine Reaktion des BMBF ließ lange auf sich warten, zumal in der darauffolgenden Zeit die Förderaktivitäten zu GaAs und InP beendet wurden. Bis auf einige kleine Meetings mit weiteren Interessenbekundungen im Frühjahr 2004, insbesondere mit dem ETP der Leibniz-Universität Hannover, der Universität Riga und FCM und einer endgültigen Absage des BMBF, tat sich nahezu nichts. Nur reifte in uns immer weiter der Gedanke einer praktischen Umsetzung des Heizer-Magnet-Modul-Konzepts. Mir wurde jedoch klar, dass dies im Rahmen eines nationalen MHD-Forschungsverbundes wohl kaum möglich wird. So begann die Suche nach einer lokalen Fördermöglichkeit, wie es die Kollegen im Land Sachsen vorgemacht hatten, als sie 2002 den SFB 609 der DFG zur "Elektromagnetischen Strömungsbeeinflussung in Metallurgie, Kristallzüchtung und Elektrochemie" bewilligt bekamen, der bis heute die Grundlagenforschung an der TU Dresden mit außeruniversitären Partnern Sachsens, wie z.B. das FZ Dresden-Rossendorf und die TU BAFreiberg, verbindet. Wir nahmen von vornherein viel stärker die Zielsetzung einer industriellen Machbarkeit ins Visier.

Im Sommer des Jahres 2004 wurden zwei lokale Projektträger, die TSB des Landes Berlin und die ZAB des Landes Brandenburg, gefunden. Maßgeblichen Anteil hatte daran der damalige Geschäftsführer der Steremat GmbH Berlin, Herr U. Roßbach.

Wir bildeten eine Berlin-Brandenburger Interessengemeinschaft, bestehend aus den "Berlinern" IKZ, WIAS und Steremat und Auteam Industrie-Elektronik aus dem Land Brandenburg. Herr G. Bethin, Geschäftsführer von Auteam und ich verfassten umgehend Projektskizzen, die am 06. 09. 2004 bei den jeweiligen Fördereinrichtungen eingereicht wurden. Zu diesem Zeitpunkt gingen wir noch von der notwendigen Arbeit an zwei Wandermagnetfeldvarianten aus und zwar von 1. getrennten Heizern und Magnetspulen und 2. kombinierten Heizer-Magnet-Modulen – beide jedoch im Kesselinneren. Zu einer Konzentration auf Variante 1 kam es am Abend des 6. Oktober 2004 während des traditionellen „Sächsischen Buffets“ im Rahmen des DGKK-Arbeitskreises „III-V-Verbindungshalbleiter“ in Freiberg. Die Herren Prof. G. Müller, Dr. J. Friedrich (beide vom Kristalllabor der Univ. Erlangen) und Dr. B. Weinert (FCM) überzeugten mich, nur die Heizer-Magnet-Modul-Variante als entscheidende Innovation anzugehen. Am darauf folgenden Tag wurde dieses Konzept vom III-V-Koordinierungsrat nachdrücklich befürwortet.

Schließlich wurde am 11. November 2004 das KRISTMAG®-Projekt vom Zukunftsfonds Berlin und der ZAB Brandenburg für den Zeitraum 7/05 bis 06/08 mit einer Gesamtfördersumme von 2,2 Mio. € bewilligt. Unsere Freude war groß und half uns, den nun folgenden riesigen „Papierberg“ aus Antragsformularen, Projektbeschreibung, Konsortialvertrag, Satzung des Lenkungsausschusses, Rechteverwertung, Mittelrückführungskonzept, Masterplan, Arbeitspaketen und und und... innerhalb von drei Monaten fertigzustellen. Aus heutiger Sicht wird klar, dass KRISTMAG® nur auf der kollektiven Leistung vieler Mitdenker in ganz Deutschland und besonders der Beharrlichkeit der IKZ-Mitarbeiter zustande kommen konnte. Der schönste Erfolg aber war, dass damit insgesamt 11 Arbeitsplätze, vorrangig für Nachwuchsforscher und vier studentische Hilfskräfte, geschaffen werden konnten.

Inzwischen ist das Projekt erfolgreich abgeschlossen. Es wurden 7 Patentanmeldungen getätigt (z.B.^{18, 19, 20, 21}; bisher 4 offengelegt und 3 erteilt), 15 Veröffentlichungen publiziert (z.B.^{22, 23, 24, 25, 26}) und über 50 Vorträge auf nationaler und internationaler Ebene gehalten. Auch hat der Industrietransfer begonnen. Die Steremat Elektrowärme GmbH, inzwischen hatte die Geschäftsführung Herr V. Trautmann übernommen, hat bisher eine Vermarktung vorgenommen und weitere Aufträge erhalten. Das IKZ hat verschiedene Machbarkeitsstudien für Industrieenanrichtungen durchgeführt.

Sicher könnte man jetzt über die einzelnen zahlreichen Ergebnisse detailliert berichten. Aber dies soll den am Ende zitierten Publikationen vorbehalten bleiben. Hier möchte ich nur die wichtigsten Erkenntnisse, teilweise mit Überraschungseffekt für uns, zusammenfassen.

Wir entwickelten drei Heizer-Magnet-Module mit Versorgungseinheiten und Ansteuerungen und installierten diese in drei kommerzielle Züchtungsanlagen am IKZ Berlin – in eine CI 358 für LEC- und Cz-Züchtungen, in eine LPA Mark 3 für VCZ-

¹⁸M. Ziem, P. Rudolph, P. Lange, DE 10 2007 020 239

¹⁹D. Jockel, P. Rudolph, P. Lange, Ch. Frank-Rotsch, DE 10 2007 046 409

²⁰P.Lange, D.Jockel, M.Ziem, P.Rudolph, F.Kießling, Ch.Frank-Rotsch, M.Czupalla, B.Nacke, H.Kasjanow, DE 10 2007 028 547

²¹Ch. Frank-Rotsch, P.Rudolph, O. Klein, P. Lange, B. Nacke, DE 10 2007 028 548

²²P. Rudolph, J. Crystal Growth 310 (2008) 1298.

²³H. Kasjanow, B. Nacke, St. Eichler, D. Jockel, Ch. Frank-Rotsch, P. Lange, F.-M. Kießling, P. Rudolph, J. Crystal Growth 310 (2008) 1540.

²⁴O. Klein, P.-E. Druet, Ch. Lechner, P. Philip, J. Sprekels, Ch. Frank-Rotsch, F.-M. Kießling, W. Miller, U. Rehse, P. Rudolph, J. Crystal Growth 310 (2008) 1523

²⁵Ch. Frank-Rotsch, P. Rudolph, J. Crystal Growth 311 (2009) 2294.

²⁶P. Rudolph, K. Kakimoto, MRS Bulletin Vol. 34, No. 4 (2009) 251.

Ziehversuche und in die Kristallisationsanlage Kronos für VGF-Versuche. Damit war von vornherein eine Industrienähe gegeben. Abb. 3 zeigt schematisch das Heizer-Magnet-Modul in der Anlage CI 358.

Kristallen erwies sich hierfür eine spezifische Heizer-Magnet-Modulkonfiguration nutzvoll, die aus drei Seitenspulen und zwei Bodenspiralen bestand.

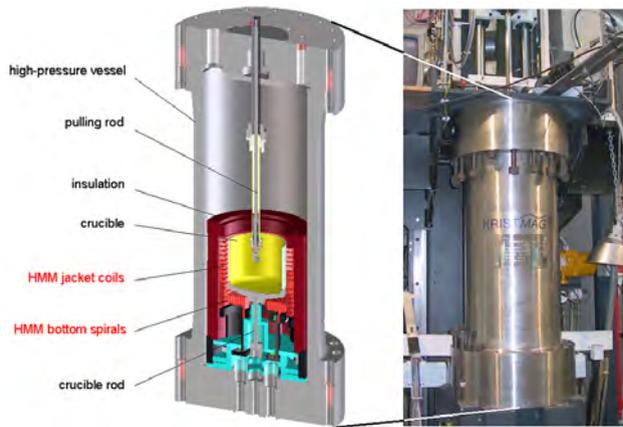


Abb. 3: Schematische Darstellung eines in die CI 358 eingebauten Heizer-Magnet-Moduls zur Züchtung von LEC- und Cz-Kristallen (links). Foto des Kessels dieser Anlage (rechts).

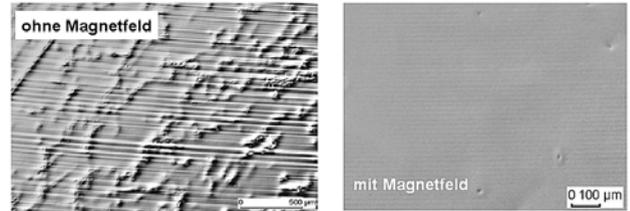


Abb. 4: Striationbilder von konventionellen Kristallen ohne Magnetfeldwirkung (links) und gezüchtet in Heizer-Magnet-Modulen mit nahezu optimierten Parametern (rechts).

Unsere numerischen Modellierungen, für die neben dem IKZ das WIAS und als Unterauftragnehmer das Inst. ETP der Univ. Hannover verantwortlich zeichneten, ergaben alsbald, dass durch die Nähe des Magnetfeldgenerators „alias“ Heizers zu den Schmelztiegeln sich hinreichend hohe Lorentzkraftdichten bis zu 1000 N m^{-3} (in etwa vergleichbar mit Induktionen um 10 mT) in die Schmelze einkoppeln ließen - deutlich mehr, als für die Eindämmung der Konvektionsflüsse durch induzierte Gegenströmung erforderlich wären (nach Krauze et al. ²⁷ entwickeln die natürlichen Auftriebsströme in standardmäßigen Si-Czochralskitiegeln mit einem Durchmesser von 80 cm Kraftdichten um 150 N m^{-3}). Dabei hätte der Einsatz einer äußeren Magnetfeldspule einen 7-fach höheren Energieverbrauch erfordert, um auf gleiche Lorentzkraftdichten in der Schmelze zu gelangen²⁴.

Bei der VGF-Züchtung von 4-Zoll Ge-Einkristallen gelang es, die wachsende Phasengrenze sehr akkurat mit Hilfe der Feldfrequenz und des Phasenwinkels der Wechselstromanteile im gleichzeitig mit Gleichstrom gespeisten Heizer-Magnet-Modul einzuebnen (Abb. 5). Nachgewiesen wurde dies mit Hilfe des „lateral photo voltage scanning (LPS)“, einer Methode, die äußerst empfindlich auf Konzentrationsunterschiede der Ladungsträger reagiert und am IKZ entwickelt wurde²⁹. Die Folge war eine deutlich verbesserte Homogenität der radialen Verteilung der elektrischen Eigenschaften. Gleichzeitig wurden verringerte Versetzungsdichten und erhöhte Ladungsträgerbeweglichkeiten gemessen²⁵.

Als eine technische Herausforderung erwies sich die konstruktive Überwindung von Lorentzkraftasymmetrien, die durch die elektrischen Zuführungen an die Spulenabschnitte hervorgerufen werden können²³.

Für eine durchgehend konstante Phasengrenzform sowie chemische Homogenität der Kristalle ist es ratsam mit Feldprogrammen zu züchten, die sich auf die stetig verringernde Schmelzhöhe und damit auf verändernde Strömungszustände einstellen. Eine solche Programmierbarkeit der Ansteuerlektronik wurde zwar schon softwaremäßig vom Industriepartner Auteam gelöst, erfordert aber noch zukünftige sorgfältige Optimierungsuntersuchungen.

Sehr erfreut waren wir, als die in den spiralenförmigen Heizer-Magnet-Modulen aus Graphit gezüchteten Kristalle sich äußerlich nicht von Standardkristallen unterschieden und Einkristallinität aufwiesen (siehe Deckblatt des MB). Damit war klar, dass sich in solchen modifizierten Heizerkonfigurationen aus Graphit Kristalle problemlos ziehen lassen.

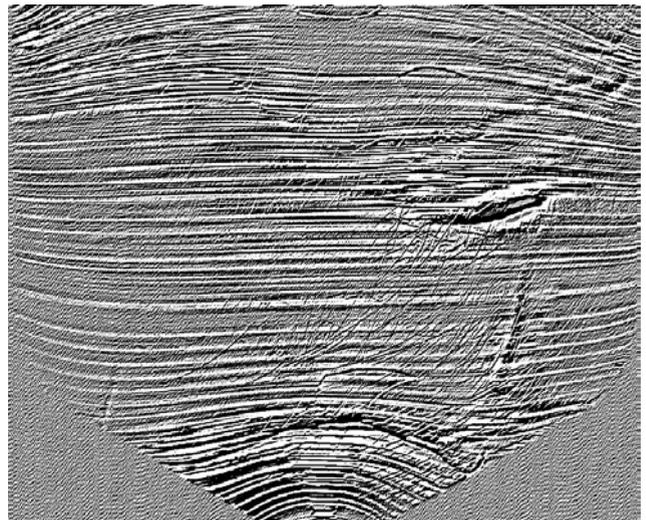


Abb. 5: Mit magnetischem Wanderfeld eingebnete Phasengrenze in einem 4-Zoll VGF Ge-Einkristall. Die Grenzflächenabbildungen werden durch Ladungsträgerunterschiede mit der „lateral photo voltage scanning (LPS)“ sichtbar gemacht.

Durch den erstmaligen Einsatz des kombinierten Heizer-Magnet-Moduls in einer VCz-Anlage zur Züchtung von GasAs-Kristallen ohne Boroxidabdeckung²⁸ war es möglich, die Wirkung des magnetischen Wanderfeldes auf die GaAs-Schmelze visuell zu beobachten. Wir stellten u.a. fest, dass das Umschalten der Wanderfeldrichtung von auf- zu abwärts Schwimmpartikel urplötzlich aus dem Zentrum an den Tiegelrand beförderte.

Mit Hilfe numerischer Untersuchungen fanden wir heraus, dass eine Anwendung solcher im Heizer erzeugten Magnetwander-

Bei allen drei Züchtungsvarianten (LEC, VCz und VGF) fanden wir Wanderfeldbedingungen, bei denen „striations“ kaum noch nachweisbar waren (Abb. 4). Bei der LEC-Züchtung von GaAs-

²⁷A. Muiznieks, A. Krauze, B. Nacke, J. Crystal Growth 303 (2007) 211.

²⁸F.-M. Kiessling, P. Rudolph, M. Neubert, U. Juda, M. Naumann, W. Ulrici, J. Crystal Growth 269 (2004)

218

²⁹N. V. Abrosimov, A. Lüdge, H. Riemann, W. Schröder, J. Crystal Growth 237-239 (2002) 356.

³⁰N. Dropka, Ch. Frank-Rotsch, W. Miller, U. Rehse, P. Rudolph, Proceedings of the International Scientific

26 felder auch für Schmelzen mit relativ niedrigen elektrischen Leitfähigkeiten wie z.B. CdTe und ionisierte Oxide und Fluoride möglich ist³⁰.

Zum Schluss möchte ich mich bei all denjenigen zahlreichen Wissenschaftlern und Technikern aus insgesamt sechs Forschungs- und Industrieeinrichtungen bedanken, die einen wesentlichen Anteil am Gelingen des KRISTMAG® - Projektes hatten.

Vom IKZ: Dr. F.-M. Kießling, M. Czupalla, P. Lange, O. Root, Dr. N. Dropka, Dr. Ch. Frank-Rotsch, U. Rehse, Dr. W. Miller, Dr. U. Juda, M. Ziem, U. Kupfer, B. Lux, Th. Wurche, M. Imming, J. Klose, F. Münter und Prof. Dr. R. Fornari, dem Direktor des IKZ für seine stetige Unterstützung bei der Projektdurchführung.

Für die hilfreiche Arbeit an den Unteraufträgen sei Prof. B. Nacke und Dr. H. Kasjanow von der Leibniz-Universität Hannover, Prof. A. Muiznieks und Dr. A. Krauze von der Universität Riga, Prof. G. Müller, Dr. J. Friedrich und Dr. J. Fainberg von der Universität Erlangen bzw. vom Kristalllabor der FhG Erlangen, sowie Dr. St. Eichler und Dr. B. Weinert für die finanzielle Unterstützung einer projektbezogenen Studie gedankt.

Vom WIAS: Prof. W. Dreyer, P.-E. Druet, Dr. O. Klein, Dr. C. Lechner und Prof. Dr. J. Sprekels.

Von der Steremat GmbH: U. Roßbach, V. Trautmann, U. Borchardt, M. Beer, R. Geselle, A. Koza, G. Metzner[†], Dr. P. Scheel und Dr. K. Sporbart.

Von der Auteam GmbH: G. Bethin, M. Bethin, H.-J. Borchert, B. Eberhardt, E. Ortzel und F. Senf.

DGKK-Nachwuchs

Wachstum und Charakterisierung von Silizium- und Germanium-Nanodrähten

Frau Andrea Kramer befasste sich während ihrer Promotion mit dem Wachstum und der Charakterisierung von Silizium- und Germanium-Nanodrähten. Diese Strukturen gelten als aussichtsreiche Komponenten für zukünftige Bauelemente. Für die Anwendung ist die genaue Kenntnis der Größe, der kristallographischen Orientierung und der Position der Nanodrähte erforderlich.

Ziel der Arbeit war daher die Untersuchung von Si- und Ge-Nanodrähten im Hinblick auf ihre Größe, Orientierung und Position.

Die Herstellung erfolgte durch Physikalische Gasphasenabscheidung (PVD) im Ultrahochvakuum nach dem Vapor-Liquid-Solid (VLS)-Verfahren, das auf dem Wachstum aus Lösungsmitteltröpfchen basiert.

Die Größe der Nanodrähte konnte im Falle von Silizium auf Si(111) mit Gold als Lösungsmittel durch die Parameter des Experiments reproduzierbar bestimmt werden. Höhere Goldbedeckung und höhere Substrattemperaturen führten zu Tröpfchen mit größerem Durchmesser und somit zu dickeren Drähten. Längere Si-Verdampfungszeiten und höhere Si-Verdampfungsraten führten zu längeren Drähten. Dünnere Drähte wuchsen schneller als dickere, s. Abb. 1.

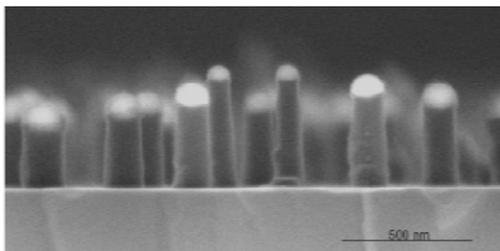


Abb. 1: Aus Gold gezüchtete Siliziumnanodrähte.

Als zweites Lösungsmittel wurde Indium untersucht, da es sich im Vergleich zu Gold nicht nachteilig auf die elektronischen Eigenschaften von Silizium auswirkt. Basierend auf den Ergebnissen zur Tröpfchenbildung konnten die besseren Wachstumsergebnisse mit Gold erklärt werden.

Germanium-Nanodrähte, die aus Goldtröpfchen auf Ge(111) gezüchtet wurden, zeigten im Gegensatz zu den Si-Nanodrähten nicht die kristallographische [111]-Orientierung des Substrates, sondern eine $\langle 110 \rangle$ -Orientierung, s. Abb. 2.

Dies konnte durch Berechnungen von Keimbildungsenergien auf verschiedenen Kristallflächen erklärt werden.

Zur Anordnung von Metalltröpfchen und damit von Nanodrähten wurden Substrate mithilfe von fokussierten Ionenstrahlen (FIB) vorstrukturiert, um die Tröpfchenbildung an bestimmten Stellen zu begünstigen. Es gelang, aus angeordneten Goldtröpfchen epitaktisch gewachsene Si- und Ge-Nanodrähte zu züchten, s. Abb. 3.

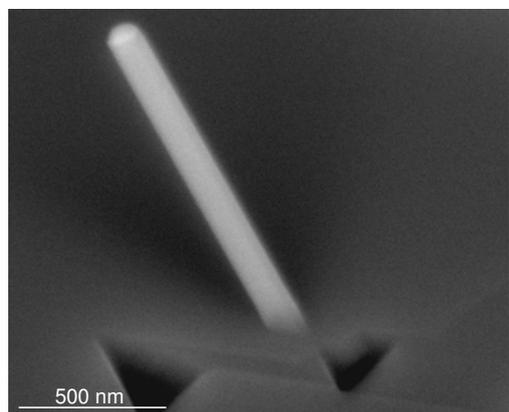


Abb. 2: Ein Germanium-Nanodraht, gewachsen in $\langle 110 \rangle$ -Richtung auf Ge(111).

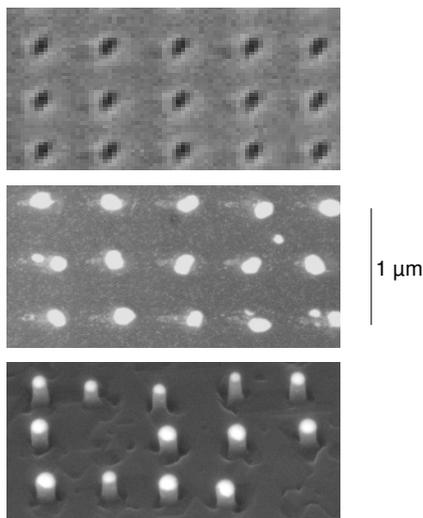


Abb. 3: Oben: Nanoporen in einem Si-Substrat. Mitte: In den Nanoporen angeordnete Goldtröpfchen. Unten: Aus angeordneten Goldtröpfchen gewachsene Drähte.

Name	Andrea Kramer
Geburtsdatum	16. Juli 1978
Geburtsort	Singen am Hohentwiel
1989 – 1998	Hegau-Gymnasium Singen
10/98 – 12/04	Physikstudium (Diplom) an der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg
10/03 – 12/04	Diplomarbeit „Aufbau eines Alterungsexperiments für Driftrohre zum Test von Gassystemkomponenten des ATLAS-Myonspektrometers“ in der Gruppe von Prof. G. Hertel
06/05 – 08/08	Wissenschaftliche Mitarbeiterin in der Gruppe von Dr. T. Boeck am Leibniz-Institut für Kristallzüchtung Berlin
seit 11/08	Wissenschaftliche Mitarbeiterin bei der Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung in der Arbeitsgruppe von Frau Dr. Ch. Maierhofer (Thermografische Verfahren)

„Was ist Kristallographie?“

Ein Vortrag am Konrad-Adenauer-Gymnasium in Langenfeld (Rheinland)

Am 15. Dezember 2008 fand am naturwissenschaftlichen Konrad-Adenauer-Gymnasium in Langenfeld (Rheinland) ein Vortrag zum Thema „Was ist Kristallographie?“ statt. Der Schulleiter, Herr OStD Hans-Joachim Claas, hatte mich dazu eingeladen, einer Gruppe von ca. 20 Abiturientinnen und Abiturienten aus den Leistungskursen Chemie und Physik das Fach Kristallographie vorzustellen und ihnen gleichzeitig einen Einblick in den Hochschulalltag aus Sicht eines Studienabsolventen zu ermöglichen. Dass das Züchten und Untersuchen von Kristallen ein eigenständiges Hochschulfach ausfüllen kann, war den teilnehmenden Schülerinnen und Schülern erwartungsgemäß bisher nicht bewusst. Dies zu ändern und Impulse für die bevorstehende Berufswahl zu geben, war das Hauptanliegen meines Vortrages.

Zu Beginn der Präsentation wurde zunächst der Begriff „Kristallographie“ anhand der allgemeinen Definition erläutert und durch Beispiele vertieft, die auch der Laie intuitiv erfassen kann: würfelige Kristalle von Halit und Pyrit unterscheiden sich in ihren physikalischen Eigenschaften, ihrer chemischen Zusammensetzung usw.

Dass Kristalle unseren Alltag bestimmen, wird zumeist nicht unmittelbar wahrgenommen. So zeichnete der Hauptteil des Vortrages den Tagesablauf eines „typischen“ Abiturienten nach, der morgens auf seiner Quarzuhr bemerkt, dass er verschlafen hat, mittags von Piezoelementen abhängig ist, wenn er seine Hausaufgaben mit dem Tintenstrahldrucker ausdruckt und abends in die Pedale seines LED-beleuchteten Fahrrads tritt.

Kristalle werden in großem Maßstab industriell produziert, wofür gut ausgebildete Fachkräfte und umfangreiche Forschungsarbeiten notwendig sind. Um den Schülern diese Zusammenhänge zu verdeutlichen und eine Kristallzüchtungsmethode zu präsentieren, wurden wichtige Prozessschritte zur Herstellung eines Mikrochips vom Quarzsand bis zum fertigen Schaltkreis exemplarisch nachvollzogen. Um den Bezug zu Forschungstätigkeiten am eigenen Institut herzustellen, wurde die Frage

an die Schülerinnen und Schüler gestellt, wie man die Verteilung eines Dotierstoffs in Schmelzen beobachten könnte. Durch das Beobachten der Bewegung von Rußpartikeln in zu Beginn des Vortrages ausgeteilten Teelichten wurden die Vorschläge der Schülerinnen und Schüler aufgegriffen und diskutiert.

Die abschließend gezeigten Eindrücke aus dem Studienleben (z.B. von geowissenschaftlichen Exkursionen) sowie zahlreiche Kristallbeispiele „zum Anfassen“ sollten den Facettenreichtum des Fachs Kristallographie noch einmal unterstreichen und die Abiturientinnen und Abiturienten dazu einladen, die Aufnahme eines Studiums im Bereich Kristallographie, Mineralogie oder Materialwissenschaften in Betracht zu ziehen.

Insgesamt fiel der Vortrag auf fruchtbaren Boden, was nicht zuletzt auf die Tatsache zurückzuführen ist, dass das Konrad-Adenauer-Gymnasium in Langenfeld einen exzellenten naturwissenschaftlichen Unterricht bietet und in diesen Fächern eine umfangreiche Ausstattung besitzt. Wünschenswert wäre es gewesen, die Eindrücke aus dem Vortrag in einem anschließenden praktischen Teil zu vertiefen, was aufgrund des engen Zeitrahmens jedoch nicht möglich war.

Für die finanzielle Unterstützung durch die DGKK möchte ich mich ganz herzlich bedanken und würde mich freuen, an zukünftigen Schulprojekten mitwirken und Erfahrungen mit Kolleginnen und Kollegen, die ähnliche Projekte durchgeführt haben, austauschen zu können.

Kontakt:

Dipl.-Min. Justus Tonn

Kristallographie, Institut für Geowissenschaften

Albert-Ludwigs-Universität Freiburg

Hermann-Herder-Straße 5

79104 Freiburg

Tel.: 0761 / 203 – 64 54

Fax.: 0761 / 203 – 64 34

justus.tonn@krist.uni-freiburg.de

28 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 Danilewski
Kristallographisches Institut
Albert-Ludwigs-Universität
Hermann-Herder-Straße 5
79104 Freiburg
Tel.: 0761 / 203 6450
Fax: 0761 / 203 6434
E-Mail: a.danilewski@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:KARSD6 66

Redaktion:

Wolfram Müller
Leibniz-Institut für Kristallzüchtung
Tel.: 030 / 6392 3074

Uwe Rehse
Leibniz-Institut für Kristallzüchtung
Tel.: 030 / 6392 3070

Peter Wellmann
Institut für Werkstoffwissenschaften 6
Universität Erlangen-Nürnberg
Tel.: 09131 / 85 27635
E-Mail: redaktion@dgkk.de

Internetauftritt:

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:

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

Anzeigen:

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 Verbindungshalbleitern“

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

2009

10./11.12

Epitaxie von III-V Halbleitern
 Berlin, Jerusalemkirche in der Lindenstr. 85
 Organisation: Ferdinand-Braun-Institut (Dr. Markus Weyers) und
 TU Berlin (Prof. Dr. Michael Kneissl, Dr. Markus Pristovsek)

2010

03.-05.03 (geplant)

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

21.-26.03.2010

11. Kinetikseminar der DGKK: Symposium während der DPG-
 Frühjahrstagung des FV Kondensierte Materie
 Regensburg
 Leitung: Joachim Krug, Thomas Michely, Wolfram Miller
 www.dgkk.de

05.-09. April 2010

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

01.-07. August 2010

The 14th International Summer School on Crystal Growth
 (ISSCG-14)
 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

May 2011

5th International Workshop on Crystal Growth Technology
 (IWCGT-5)
 Berlin
 Leitung: Roberto Fornari
 www.ikz-berlin.de

2012 oder 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:** _____

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

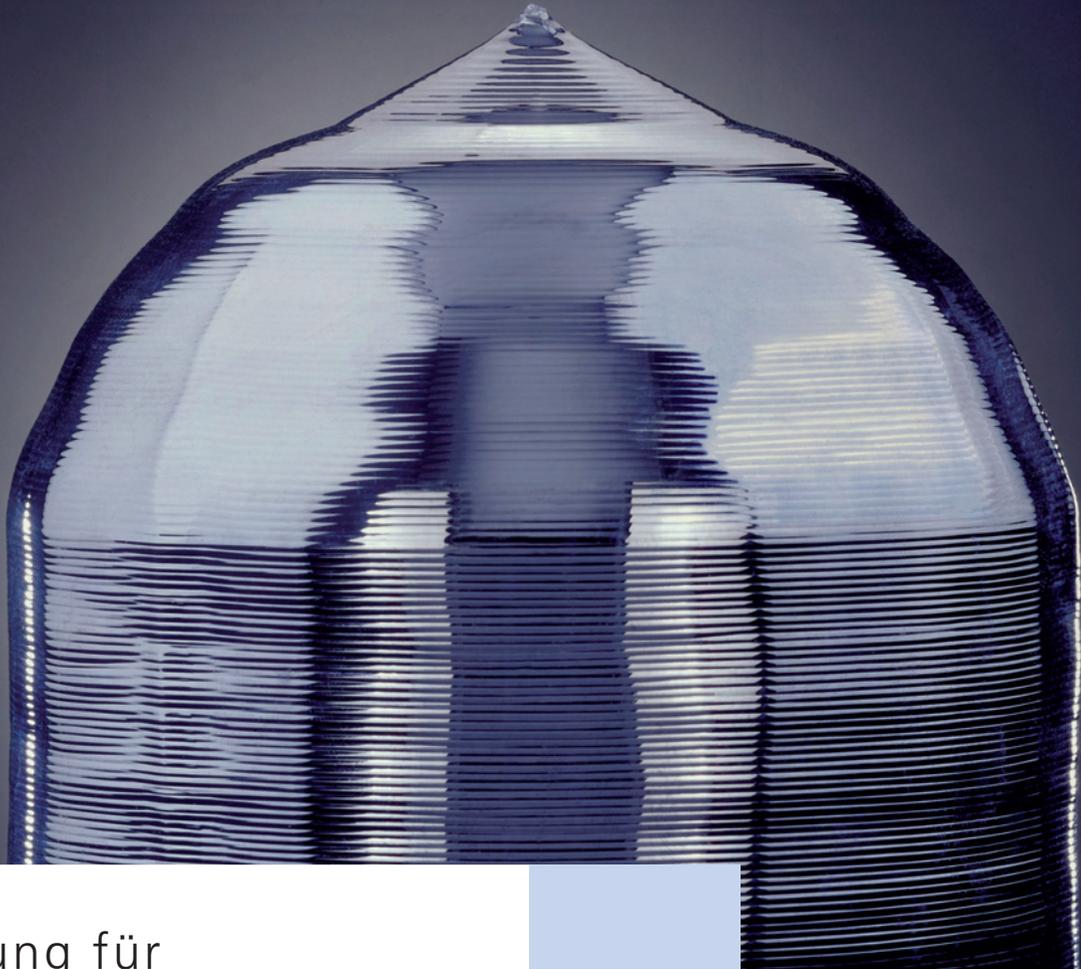
Hiermit ermächtige ich Sie widerruflich die von mir zu entrichtenden Zahlungen (Mitgliedsbeiträge DGKK) von folgender Bankverbindung durch Lastschrift einzuziehen:

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.

