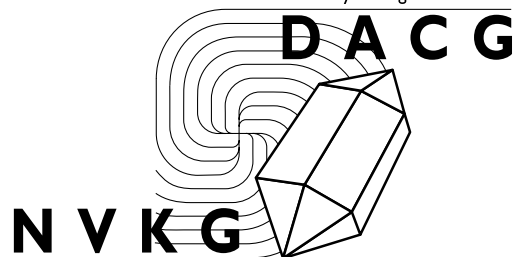


FACET

i n f o r m a t i e b l a d v a n d e

dutch association for crystal growth



nederlandse vereniging voor kristalgroei

december 2000

nummer 3

FACET

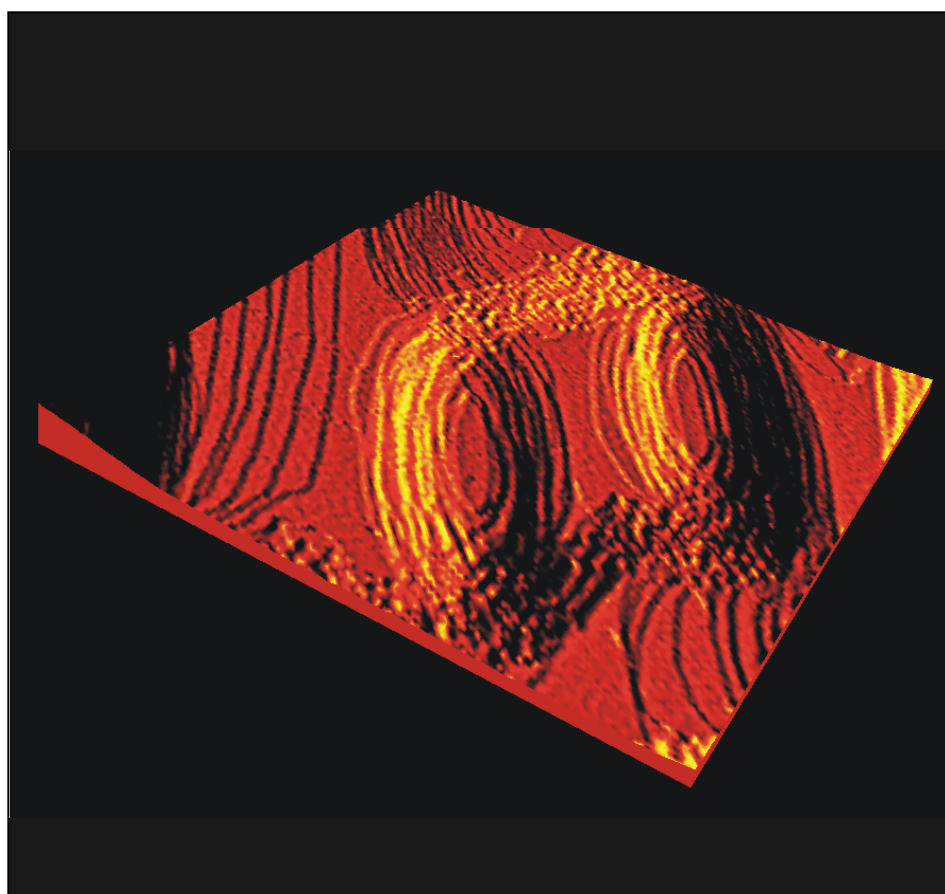
informatieblad van de NVKG
sectie van de KNCV en de NNV

redactie

J.W.M. Frenken

Redactieadres

Prof.dr. J.W.M. Frenken
Kamerlingh Onnes Laboratorium
Universiteit Leiden
Postbus 9504
2300 RA Leiden
tel (071) 5275603 (5480)
fax (071) 5275404
frenken@phys.leidenuniv.nl



inhoud

redactioneel 2

excursie / algemene ledenvergadering:

12 januari 2001, EINDHOVEN 3

notulen alg. Ledenvergadering 1999 5

jaarverslag NVKG 2000 6

aankondiging congressen / symposia 7

recente proefschriften 10

Secretariaat **NVKG**

Dr. Ir. H.J.M. Kramer
Laboratorium voor Apparatenbouw
Technische Universiteit Delft
Leeghwaterstraat 44
2628 CA Delft
Tel: 015 - 2785593
Fax: 015 - 2786975
E-mail: h.j.m.kramer@wbmt.tudelft.nl

Bestuur **NVKG**

Prof. dr. J.W.M. Frenken	voorzitter, FACET
Dr. ir. H.J.M. Kramer	secretaris
Dr. R. Geertman	penningmeester
Dr. H.H.C. de Moor	lid
Dr. A. van Geelen	lid
Prof. dr. J. van der Eerden	lid
Prof. dr. E. Vlieg	lid

Omslagfoto

De voorkant laat een in situ Scanning Tunneling Microscope (STM) opname zien van het (110) oppervlak van een goudkristal. Het oppervlak is door een combinatie van ionenbeschieting en verhitting op een schaal van tientallen tot honderden nanometers kunstmatig verruwd. Elk van de fijne lijntjes is een atomaire stap op het oppervlak. Als gevolg van de speciale atomaire stapeling van dit oppervlak, in een zogenaamde "missende-rijen" reconstructie, worden de stappen gedwongen om zeer ongebruikelijke structuren aan te nemen. Als gevolg hiervan ontwikkelen de bergen en dalen een "amandel"-vorm, gekenmerkt door twee gekromde zijden, aan twee kanten aaneengesloten in een scherpe hoek. Tussen de amandels worden netwerken van elkaar kruisende stappen waargenomen. Op basis van de vormingsenergieën van stappen en kinken op dit oppervlak kunnen de vormen kwantitatief worden verklaard. Dit werk is dit jaar gepubliceerd in [Phys. Rev. Lett. 84 \(2000\) 1966-1969](#).

Foto aangeleverd door: Marcel Rost en Joost Frenken, [Universiteit Leiden](#)

Redactioneel

Voor u ligt alweer de derde FACET van dit jaar. In deze FACET vindt u het programma en het aanmeldingsformulier van de jaarvergadering en de excursie bij de firma Uniphase in Eindhoven op vrijdag 12 januari 2001.

Opnieuw doet de redactie op deze plaats een 'emotionele' oproep naar input. Wat kunt u bijdragen?

- Aankondigingen van lezingen, symposia en congressen (niet alleen de activiteiten die u zelf organiseert, maar ook activiteiten waarover u langs andere weg geïnformeerd bent)
- Verslagen van (kristalgroei)-conferenties
- Artikelen (mag ook heel kort zijn!) over een opmerkelijke ontdekking
- Advertenties: bijvoorbeeld i.v.m. vacature
- Omslagfoto's (met toelichting). Telkens zal de beste ingezonden foto op de omslag van de FACET worden afgedrukt samen met een korte toelichting aan de binnenzijde van het blad. Bovendien zullen de foto's op de fotogalerij van onze webstek worden gepost: (<http://www.kncv.nl/secties/kkn/index.html>)

De drempel voor uw bijdragen is zeer laag: aanleveren kan per brief, fax, [e-mail](#), of telefoon. En we staan natuurlijk open voor alle direct of indirect met de NVKG verwante onderwerpen.

[Joost Frenken](#)

Elektronische FACET

De elektronische verspreiding van de tweede FACET in de vorm van een PDF-file is volledig probleemloos en zonder klachten verlopen. Wij maken hieruit op dat dit voor ons het meest geschikte elektronische format is, en we zullen hier dus mee doorgaan.

Voor de "digibeten" onder ons: Een PDF-file kan probleemloos op *elke computer* worden gelezen. Hiervoor hebt u het programma Acrobat Reader nodig, dat *gratis* op uw computer wordt gezet vanaf de website van de firma Adobe:



(klik op het logo, of surf naar <http://www.adobe.com/>)

Net zoals de vorige elektronische FACET, bevat ook dit exemplaar automatische links voor web en e-mail. Staat u nog niet op onze elektronische mailing-lijst, laat het ons dan even weten!

Excursie / Algemene Ledenvergadering NVKG

Vrijdag, 12 januari 2001

JDS Uniphase, Eindhoven, gebouw WBC-2



Het lezingen-programma is georganiseerd rondom het thema: *Kristalgroei van III-V Halfgeleiders*. Naast de lezingen wordt ook een rondleiding bij Uniphase verzorgd. Het lezingen- en rondleidingprogramma wordt gecombineerd met de algemene ledenvergadering (2000) van de NVKG en de uitreiking van de NVKG-Kristalgroeprijs 2000.

PROGRAMMA EXCURSIE / ALGEMENE LEDENVERGADERING; III-V Halfgeleiders

09:30	ONTVANGST EN KOFFIE	
	Lezingenprogramma	
09:55	Welkomstwoord	Dr. A. van Geelen
10:00	Inleiding JDS Uniphase	Dr. P. Thijs
10:30	Hetero- en homoepitaxiale groei van GaN: materiaal aspecten en toepassingen	P. Hageman
11:00	Toepassing van epitaxiale lift-off (ELO) voor III-V zonnecellen	Ir. J. Schermer
11:30	Kristalgroei van InP voor telecommunicatie lasers	Dr. A. van Geelen
12:00	Kristalgroei van GaInAsN voor vertical cavity lasers (VCSEL's)	Dr. M. Leys
12:30	LUNCH (kantine WBC-2)	
13.30	ALGEMENE LEDENVERGADERING NVKG inclusief uitreiking NVKG-Kristalgroeprijs 2000	
	Programma rondleiding	
14:30	Inleiding rondleiding	Dr. A. van Geelen
15:00	Rondleiding JDS Uniphase Netherlands	
16:15	BORREL EN AFSLUITING	

Aanmeldings formulier excursie JDS Uniphase en algemene ledenvergadering NVKG

Opsturen (bij voorkeur per email) aan: Andre.vanGeelen@nl.jdsuniphase.com

- Hierbij meld ik me aan voor de excursie naar JDS Uniphase op 12 januari 2001

Naam: _____

Instituut/Bedrijf: _____

Email/Tel: _____

- Ik wil deelnemen aan de lunch
- Ik heb de volgende onderwerpen voor de jaarvergadering

Aan de deelname van de excursie en lunch zijn geen kosten verbonden. Wel is het noodzakelijk dat het aanmeldingsformulier tijdig wordt opgestuurd, dit in verband met aanmelding bij de bewaking.

Correspondentie: Dr. André van Geelen, JDS Uniphase, WAD p1.03
Prof. Holstlaan 4, 5656 AA Eindhoven
tel.: 040 – 257 8592 fax.: 040 – 257 8502
email: Andre.vanGeelen@nl.jdsuniphase.com

ROAD MAP FOR JDS UNIPHASE IN EINDHOVEN, THE NETHERLANDS

Prof. Holstlaan 4
5656 AA Eindhoven
The Netherlands

The JDS Uniphase site is located near the highway from Amsterdam to Maastricht and is easy to reach by car. JDS Uniphase in Eindhoven is situated on the Philips Research premises. You can park your car on the site.

Coming from **Amsterdam, Utrecht, 's Hertogenbosch**:

- Take the A2 for Eindhoven
- Following signs for Maastricht / Venlo until exit 33 for Valkenswaard; *continue as described below*

Coming from **Breda/Tilburg**:

- Take the A58 for Eindhoven
- Follow signs for Maastricht / Venlo on the A2 until exit 33 for Valkenswaard; *continue as described below*

Coming from **Antwerpen/Turnhout**:

- Take the A67 for Eindhoven
- Follow signs for Maastricht / Venlo on the A2 until exit 33 for Valkenswaard; *continue as described below*

Coming from **Nijmegen**:

- Take the A50 for 's Hertogenbosch
- Arriving at 's Hertogenbosch take the A2 for Eindhoven
- Follow signs for Maastricht / Venlo until exit 33 for Valkenswaard; *continue as described below*

Coming from **Maastricht**:

- Take the A2 for Eindhoven
- Follow signs for Amsterdam/Tilburg until exit 33 for Valkenswaard; *continue as described below*

Coming from **Venlo**:

- Take A67 for Eindhoven
- Follow signs for Amsterdam/Tilburg until exit 33 for Valkenswaard; *continue as described below*

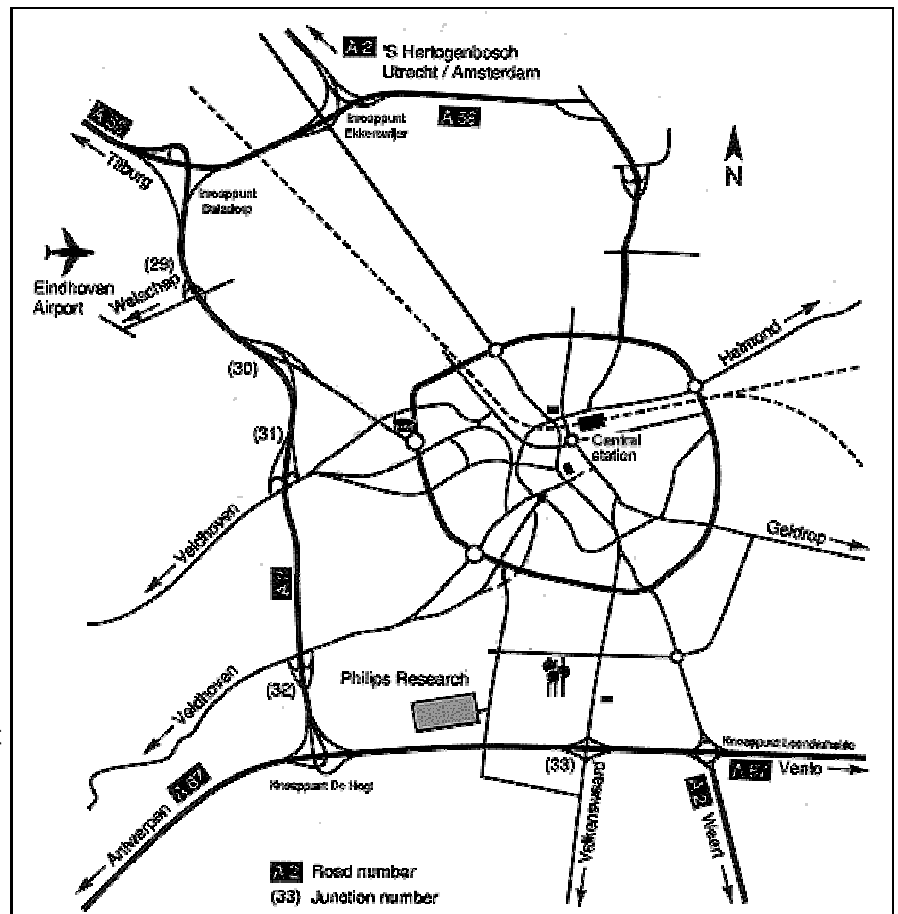
Coming from **Helmond**:

- Start in the direction of Maastricht
- After approximately 5 kilometers take the A67 for Eindhoven
- Follow signs for Amsterdam/Tilburg until exit 33 for Valkenswaard



From all directions:

- Leave the motorway and turn to direction Valkenswaard
- Turn right at the next traffic light
- Continue on this road, it takes a right turn and passes under the flyover
- After this the second entrance on the left is JDS Uniphase



Agenda Algemene Ledenvergadering NVKG 2000

Datum: vrijdag 12 januari 2001
Plaats: JDS Uniphase, Eindhoven

- 1: Opening
- 2: Verslag van de Algemene Ledenvergadering 1999 (23 juni Delft)
- 3: Jaarverslag van de NVKG over het jaar 2000
- 4: Financiën
- 5: Mededelingen van het bestuur
- 6: Uitreiking Kristalgroeprijks 2000
- 7: Activiteiten 2001

Notulen van de jaarvergadering 1999 van de NVKG, gehouden in de Aula van de TU Delft op 23 juni 2000

Aanwezig zijn 33 leden waaronder 6 bestuursleden

Opening van de vergadering

De voorzitter opent de vergadering om 13:00. Hij heet de aanwezigen welkom en bedankt de organisator van deze kristalgroeiemarkt /jaarvergadering voor zijn bereidheid om de organisatie van deze dag op zich te nemen.

Jaarverslag van de vorige ledenvergadering

Her jaarverslag van de vorige jaarvergadering, gehouden op 20 november 1998 wordt goedgekeurd.

Jaarverslag NVKG 1997/1998

De voorzitter biedt namens het bestuur zijn excuses aan voor het verlate tijdstip van de jaarvergadering en voor het feit dat de het jaarverslag niet volledig is. De financiële stukken ontbreken en het bestuur stelt voor de behandeling hiervan uit te stellen tot de jaarvergadering 2000 die zal worden gehouden op 3 november 2000.

Mededelingen van het bestuur

- Er zijn het afgelopen jaar weinig activiteiten geweest. De voorzitter doet een appel op de leden om zich wat actiever op te stellen.
- De FACET zal in de toekomst steeds meer per email worden verzonden. De voorzitter doet een oproep aan de leden om hun email adres door te geven aan het bestuur. Ook leden die de facet nog per post ontvangen wordt gevraagd nogmaals te overwegen of ook zij de FACET niet per email willen

8 Bestuursmutaties:

Aftredend:

- Joost Frenken (herkiesbaar)
- Herman Kramer (herkiesbaar)
- Jan van der Eerden (herkiesbaar)
- Hugo de Moor (niet herkiesbaar)
- André van Geelen (niet herkiesbaar)
- Rob Geertman (herkiesbaar)

Het bestuur stelt voor om Herman Kramer te benoemen als voorzitter.

Het bestuur draagt Reinier Grimbergen voor als nieuw bestuurslid.

9: Rondvraag

10: Sluiting

ontvangen. Het scheelt de vereniging veel werk en geld.

- De voorzitter doet een dringend beroep op de leden om personen uit hun omgeving of kennisenkring die zich met kristallisatie bezig houden op te roepen lid te worden van de vereniging. Met name mensen uit het bedrijfsleden zijn vaak niet lid.

Kristalgroeprijks

Oproep voor aanmeldingen voor de kristalgroeprijks: indienen vóór de zomervakantie.

Bestuursmutaties

Statutair zullen er een aantal veranderingen moeten plaatsvinden in het bestuur. Zo zal de voorzitter de heer Frenken als voorzitter moeten aftreden. Bovendien zal Hugo de Moor zich uit het bestuur terug trekken. Het bestuur stelt voor om bij de volgende jaarvergadering de volgende mutaties door te voeren:

- Joost Frenken treedt als voorzitter maar blijft aan als lid van het bestuur. Hij wordt daarin verantwoordelijk voor de Facet en de webpagina van de vereniging.
- Herman Kramer treedt af als secretaris en wordt de nieuwe voorzitter van de vereniging.
- Jan van der Eerden wordt secretaris.
- Rob Geertman blijft de penningmeester van de vereniging.
- De leden Vlieg, van Geelen blijven lid van het bestuur.
- Er wordt een nieuw lid aangezocht bij voorkeur iemand uit het bedrijfsleven.

De wijzigingen worden officieel voorgesteld op de volgend jaarvergadering.

Komende Activiteiten

3 november: Najaarsexcursie/jaarvergadering bij JDS Uniphase in Eindhoven.

Jaarverslag van de Nederlandse Vereniging voor Kristalgroei (NVKG)

november 1999-november 2000

Secretariaat:

Dr. Ir. H.J.M. Kramer
Laboratorium voor Apparatenbouw
Leeghwaterstraat 44
2629 CA Delft
Tel: 015 2785593
Fax: 015 2786975
Email: H.J.M.Kramer@WMBT.TUdelft.nl

Ledenbestand:

Per 1 oktober 2000 bedroeg het aantal leden van de vereniging 135.

Bestuur:

De taakverdeling in het bestuur is per 12 april 2000 gewijzigd. André van Geelen heeft, gedwongen door drukke werkzaamheden, zijn taak om zorg te dragen voor de FACET en de web pagina overgedragen aan Joost Frenken. De taakverdeling binnen het bestuur is nu als volgt.

- | | |
|-------------------------------|------------------|
| • Prof. dr. J.W.M. Frenken | Voorzitter/FACET |
| • Dr. ir. H.J.M. Kramer | Secretaris |
| • Dr. R. Geertman | Penningmeester |
| • Dr. H.H.C. de Moor | Lid |
| • Dr. A. Van Geelen | Lid |
| • Prof. dr. J. van der Eerden | Lid |
| • Prof. dr. E. Vlieg | Lid |

Verenigingsblad

Het verenigingsblad FACET zal zoveel mogelijk elektronisch worden verspreid. Voor leden, die niet gebruik wensen te maken van email blijft er een mogelijkheid om de FACET per post te blijven ontvangen.

In 2000 zijn drie edities van de FACET verschenen.

ACTIVITEITEN 2000

Najaarsexcursie 2000.

De najaarsexcursie / jaarvergadering die gepland was op vrijdag 3 november kon op het laatste moment helaas geen doorgang vinden door organisatorische problemen binnen het gastheer-bedrijf JDS Uniphase Netherlands. Hierdoor is deze excursie evenals de

De voorzitter sluit de vergadering

Herman Kramer

jaarvergadering verschoven naar 12 januari 2001.

Jaarvergadering 1999

De verlate jaarvergadering 1999 werd gehouden op 23 juni 2000 tezamen met de kristalgroeimarkt 2000 (zie volgende item).

Kristalgroeimarkt 2000

De traditionele kristalgroeimarkt werd dit jaar in Delft gehouden op 23 juni 2000.

De kristalgroeimarkt omvatte een symposium en poster sessies

Thema: Verontreinigingen

Het symposium bevatte een drietal sessies met daarin 9 lezingen. De volgende onderwerpen kwamen aan bod.

- Kristalgroei
- Massa-kristallisatie
- Oppervlaktestructuur en morfologie

8e Nederlandse Symposium voor Scanning Probe Microscopy, 3 november 2000 in de Aula van de TU Delft (georganiseerd met financiële steun van de NVKG)

- voordrachten van buitenlandse gasten over actuele ontwikkelingen op het gebied van Scanning Probe Microscopy.
- Breed scala aan toepassingen van Scanning Probe Technieken in Nederland gepresenteerd door jonge wetenschappers uit Nederland.

Overige activiteiten op het gebied van kristallisatie in 2000

- Polymorfie, Lust of Last. Een symposium georganiseerd door de KNCV sectie Anorganische en Fysische Chemie in samenwerking met de Nederlandse Vereniging voor Kristallografie en de deelnemers aan het Computational Materials Science/Crystallization Project op 27 oktober 2000 bij Akzo Nobel Pharma in Oss.
- Paon cursus Industriële kristallisatie en precipitatie, 14- 17 maart in Delft
- AIO school Kristal- en structuuronderzoek, Nijmegen 16-20 oktober 2000
- First Symposium on particulate processes, 12- 13 oktober 2000 in Magdeburg, Duitsland



BIWIC 2001



8th International Workshop on Industrial Crystallization
in honor of
Professor Gerda M. van Rosmalen

Congress Center of the Delft University of Technology
September 19th and 20th, 2001

Introduction

Crystallization is already one of the most important separation technologies in process industry. Its excellent selectivity, relatively low energy consumption, generally mild operating conditions and the absence of (hazardous) auxiliary phases make it well suited for application in the growth sectors: life-science, fine-chemicals and pharmaceuticals. Apart from the demand on a high purity, crystalline products are also subject to stringent performance-related specifications such as: size distribution, shape, agglomeration, polymorphism and chirality.

Crystallization is a multidisciplinary area involving chemical engineers, solid-state physicists and pharmaceutical scientists. Furthermore, crystallization is an interesting topic both for academics and industry. This workshop is to give participants a forum to discuss their problems interdisciplinary

After the great success of the workshop organised by Prof. Joachim Ulrich in the past years in Bremen and Halle, the BIWIC 2001 will be held in Delft in The Netherlands in the honour of the retirement of Prof. Gerda van Rosmalen, who has been a prominent scientist in the field of industrial crystallization and precipitation for more than 15 years. For this special occasion, five leading scientists have agreed to give keynote lectures on selected topics and Prof. Gerda van Rosmalen has been invited to present her views on past and future trends.

You are kindly invited to Delft to participate in this international workshop, where you can inform yourself on innovations and challenges in the broad field of crystallization.

Organisation

Prof. Dr Ir P.J. Jansens and Dr. ir. H.J.M. Kramer
Laboratory for Process Equipment
Delft University of Technology

Information:

Mark Roelands
Laboratory for Process Equipment, Leeghwaterstraat 44, 2628 CA Delft
Tel.: (+31)-15-27-86648, Fax: (+31)-15-27-86975
E-Mail: biwic2001@mail.api.tudelft.nl

Call for Posters

The workshop is an excellent opportunity to present your research work in poster format. There will be ample time to discuss the results. The poster contribution could also be in the proceedings. The print in the proceedings requires the presence of one author.

Conference Sessions

Melt crystallization - *J. Ulrich* Halle University
Polymorphism - *R. Davey* UMIST Manchester
Supercritical processes - *R. Rodriguez* CSIC Brussels
Chiral separations - *M. Matsuoka* Hiroshima University
Particle formation - *M. Hounslow* Sheffield University

International School on Crystal Growth of Materials for Energy Production and Energy-saving Applications

The International School on Growth of Materials for Energy Production and Energy-Saving Applications, promoted by the IUCr Commission on Crystal Growth and Characterisation of Materials, will be held during March 5-10, 2001 at the Adbus Salam Center for Theoretical Physics, Trieste (Italy). The School will be chaired by R. Fornari (CNR-MASPEC Inst., Italy) and will include a number of lectures on: general crystal growth principles, crystal growth techniques, growth and characterisation of semiconductors for solar cell fabrication, superconductors for energy storage, wide bandgap semiconductors for white light production, small bandgap semiconductors for thermoelectric applications, soft magnetic materials and more. Lectures will be given by a panel of international experts.

Contact: Prof Lucia Sorba <sorba@sci.area.trieste.it> Secretary

Web site: <http://www.semiconductors.co.uk/cgm-epes.htm>

Theory and practice of Industrial precipitation processes.

Course promoted by the EUROPEAN THEMATIC NETWORK CRYSOPT

26– 27 February, 2001 Barcelona, Spain

Registration

Anyone interested in attending the course is kindly invited to fill in the registration form and return it **before 7th January 2001 to:**

Ms. Paola Di Giovanni, Innova s.r.l.

Via della Scrofa, 117

00186 Rome – Italy

☎: +39 06 6880 3253; Fax: + 39 06 6880 6997

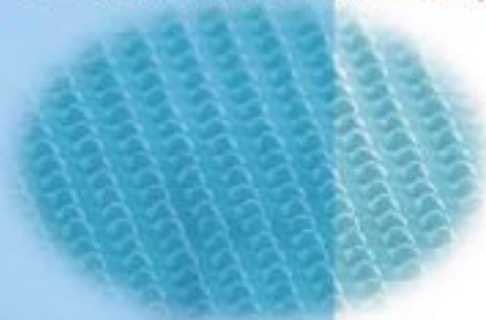
email: p.digiovanni@innova-eu.net

Additional Information

A detailed programme of the course and additional logistic information will be provided to each participant after having received the registration form.



Announcement and Call For Papers

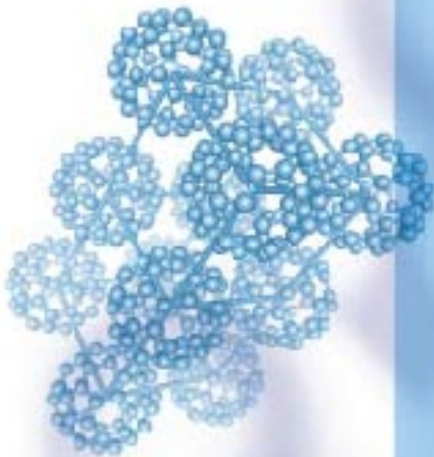


ICCG-13/ICVGE-11

The Thirteenth International Conference on Crystal Growth
in Conjunction with
The Eleventh International Conference on Vapor Growth and Epitaxy

30 July - 4 August 2001

Doshisha University
Kyoto, Japan



ISSCG-11

The Eleventh International
Summer School on Crystal Growth
24-29 July 2001
Doshisha Biwako Retreat Center

SPONSORED BY
Science Council of Japan
Japan Society of Applied Physics
Japanese Association for Crystal Growth

ON BEHALF OF
International Organization for Crystal Growth

SUPPORTED BY
Ministry of Education, Science, Sports and Culture, Japan
Science and Technology Agency, Japan

Please visit our homepages:
<http://iccg.gakushuin.ac.jp>
<http://iccg.doshisha.ac.jp>



RECENTE PROEFSCHRIFTEN

Martin Jak

Titel proefschrift An Atomic Scale View on a Model Catalyst: Pd Nanoparticles on TiO₂
Gepromoveerd 2 november 2000, Universiteit Leiden
Promotor Prof.Dr. J.W.M. Frenken

De afgelopen jaren heb ik onderzoek gedaan naar zeer kleine palladiumdeeltjes op een substraat van titaanoxide. Deze deeltjes bestaan uit slechts tien tot een paar honderd atomen. Daarmee zijn ze ongeveer een nanometer (0.000001 mm) groot en worden ze ook wel nanodeeltjes genoemd. Nanodeeltjes vertonen vaak fysisch en chemisch gedrag dat afwijkt van de eigenschappen van normale vaste stof, maar ook van de eigenschappen van losse atomen. Door deze speciale eigenschappen zijn dergelijke kleine deeltjes interessant voor een scala van toepassingen. Een van de toepassingen waarin kleine deeltjes veel gebruikt worden, is de zogenaamde heterogene katalyse. Een katalysator wordt gebruikt om chemische reacties te versnellen, zonder daarbij zelf verbruikt te worden. Voor heterogene katalyse is vooral de grootte van het oppervlak van het actieve materiaal van belang. Dat is een van de belangrijkste redenen waarom daarvoor *kleine* deeltjes worden gebruikt, want kleine deeltjes hebben relatief veel oppervlak en weinig volume.

Het onderzoek dat staat beschreven in dit proefschrift, is van fundamenteel wetenschappelijke aard. Het is ons doel geweest om inzicht te verkrijgen in de fundamentele processen die belangrijk zijn op de schaal van nanodeeltjes. Daarom hebben we de palladiumdeeltjes bestudeerd in een geïdealiseerde situatie. Ze liggen op een schoon en vlak oppervlak. In de praktijk, bijvoorbeeld in een echte katalysator, is de geometrie vaak veel complexer.

De palladiumdeeltjes zijn zo klein, dat ze met een conventionele optische microscoop niet meer zijn waar te nemen. Daarom is in dit onderzoek een andere techniek gebruikt, waarmee in principe zelfs individuele atomen

nog te zien zijn. Deze techniek, 'Scanning Tunneling Microscopy' ofwel STM, bestaat nog maar sinds het begin van de jaren 80. Toen werd deze uitgevonden door Binnig en Rohrer van het IBM onderzoekslaboratorium in Zwitserland. In een dergelijke microscoop wordt het oppervlak afgetast met de punt van een scherpe naald, die enkele atoomafstanden van het oppervlak verwijderd blijft. Doordat er een elektrische spanning staat tussen de naald en het oppervlak gaat er een elektrische stroom lopen die heel sterk afhankelijk is van de afstand. Deze stroom wordt gebruikt om de variaties in hoogte van het oppervlak te bepalen wanneer de naald daar overheen wordt bewogen. Om het oppervlak schoon te houden, is het grootste deel van de metingen uitgevoerd in ultrahog vacuüm. De opstelling die hiervoor gebruikt is, staat beschreven in hoofdstuk 2.

In microscoopbeelden is vaak heel veel te zien. Om uit deze beelden kwantitatieve informatie te verkrijgen, is software voor beeldverwerking en patroonherkenning een zeer nuttig hulpmiddel. In hoofdstuk 2 wordt een algoritme beschreven waarmee automatisch de grootte en positie van kleine deeltjes kan worden bepaald in STM-plaatjes. Dit algoritme is getest, en het blijkt zeer goed te werken. Het is gebruikt om de grote hoeveelheden metingen in de hoofdstukken 5, 6 en 7 te analyseren. De methode is van algemene aard en kan ook worden gebruikt voor de detectie van andere kleine structuren dan de deeltjes die in dit proefschrift beschreven worden.

Een belangrijk deel van het onderzoek is gericht geweest op het prepareren van een geschikt substraat. In dit geval is dat een één-kristallijn oxideoppervlak. Het prepareren van schone, geordende oxideoppervlakken is over het algemeen niet eenvoudig. Het hier

gebruikte $\text{TiO}_2(110)$ is daarop geen uitzondering gebleken. De evenwichts-samenstelling van titaanoxide is afhankelijk van zowel de temperatuur als de partiële zuurstofdruk. In het vacuümsysteem is de zuurstofdruk erg laag. Daardoor wordt bij hoge temperaturen de verhouding zuurstof:titaan een fractie lager dan de perfecte 2:1-verhouding. Hierdoor verandert de kleur van het kristal en neemt het elektrische geleidingsvermogen sterk toe. Aangezien dit geleidingsvermogen het mogelijk maakt om een groot aantal verschillende technieken te gebruiken is dit een groot voordeel, maar de veranderde samenstelling heeft ook gevolgen voor de structuur van het oppervlak. Met onze microscoop hebben we onderzocht hoe de uiteindelijke oppervlaktestructuur afhankelijk is van de preparatiecondities. Dit onderzoek staat beschreven in hoofdstuk 3. Aan het oppervlak ontstaan geïsoleerde defecten met de afmeting van ongeveer één atoom. Waarschijnlijk zijn dat ontbrekende zuurstofatomen. Bovendien worden er atoomrijen op het oppervlak gevormd langs de [001]-richting. Wanneer we proberen om het kristal opnieuw te oxideren, wordt het oppervlak ruw. Dit kan worden verklaard door de nucleatie en groei van nieuwe lagen oxide op het kristal.

De metingen die in hoofdstuk 4 worden gepresenteerd, laten zien dat de veranderende samenstelling van titaanoxide ook gevolgen kan hebben voor de voorkeursrichting van stappen op het oppervlak. Als een oppervlak dat eerst door middel van ionenbombardement ruw is gemaakt, slechts 10 minuten wordt verhit naar 1135 K, geeft het oppervlak de voorkeur aan hexagonale eilanden. Wanneer het kristal verder wordt verhit, worden deze structuren niet alleen groter, zoals gebruikelijk, maar rekken ze ook steeds meer uit langs de [001]-richting. Bovendien worden smalle excursies langs deze richting gevormd. Op deze manier wordt er veel staplengte langs de [001]-richting gecreëerd, en wordt de totale staplengte groter dan 'noodzakelijk'. Wij vermoeden dat het

oppervlak door het maken van deze stappen het gebrek aan zuurstof op kan vangen zonder dat daarvoor de kristalstructuur moet worden aangepast. Bij hogere temperaturen is er nog steeds een voorkeur van de stappen voor de [001]-richting, maar de smalle excursies worden niet meer gemaakt. Waarschijnlijk worden er bij deze temperaturen andere structuren gevormd om de veranderende samenstelling op te vangen.

Het maken van kleine palladiumdeeltjes op $\text{TiO}_2(110)$ blijkt relatief eenvoudig. Door het laten neerslaan van palladiumdamp op het oxidekristal worden driedimensionale clustertjes gevormd. In hoofdstuk 5 wordt de stabiliteit van deze deeltjes bij hoge temperaturen (400°C) beschreven. Door het kristal te verhitten neemt de dichtheid van deeltjes af, en neemt de gemiddelde grootte toe. Dit betekent dat de hoeveelheid palladiumoppervlak afneemt. In een echte katalysator zou een kleiner oppervlak resulteren in een verminderde katalytische activiteit. We hebben onze metingen van de deeltjesgroei vergeleken met twee verschillende theoretische modellen voor massatransport tussen de deeltjes. Een model gaat ervan uit, dat atomen zich los kunnen maken van de deeltjes en over het substraat lopen. Dit resulteert in rijping. Het andere model gaat ervan uit, dat de willekeurige bewegingen van de atomen aan de buitenkant van het deeltje resulteren in een beweging van het deeltje als geheel, zonder dat de atomen hierbij het deeltje verlaten. In dit laatste model groeien de deeltjes doordat ze samensmelten wanneer ze elkaar toevallig tegenkomen. Het blijkt dat beide modellen de groei van de clusters als functie van de tijd uitstekend kunnen voorspellen. De grootteverdeling van de clusters komt echter het best overeen met het model dat uitgaat van mobiele deeltjes die samensmelten wanneer ze elkaar tegenkomen. Bovendien blijkt uit opeenvolgende plaatjes dat deeltjes inderdaad bewegen. De ruimtelijke verdeling van de deeltjes over het oppervlak laat zien dat ze sneller bewegen in de [001]-richting

dan in de richting loodrecht daarop. In de [001]-richting liggen ze namelijk gemiddeld verder van elkaar. De vorm van kleine palladiumclusters verandert ook als ze groeien. De kleinste clusters zijn platter dan de grotere.

De defecten op het substraatoppervlak die worden gevormd als gevolg van de reductie van het oxidekristal in vacuüm, hebben een zeer grote invloed op de groeisnelheid van kleine palladiumdeeltjes op $\text{TiO}_2(110)$. Dit wordt gedemonstreerd in hoofdstuk 6. Door kleine variaties in de condities kunnen substraatoppervlakken worden geprepareerd waarin veel of juist relatief weinig zuurstof ontbreekt. Na het opdampen van palladium op een slechts licht gereduceerd oppervlak liggen de palladiumclusters vooral langs de stappen van het substraat. Op een sterk gereduceerd oppervlak zijn er na opdampen veel meer deeltjes. Deze deeltjes zijn kleiner, en ze liggen over het gehele oppervlak verspreid. Als het preparaat wordt verhit, groeien de deeltjes in beide gevallen, maar op het licht gereduceerde substraat gebeurt dit veel sneller dan op het sterk gereduceerde substraat. Op het licht gereduceerde substraat zijn de deeltjes bovendien veel platter dan op het sterk gereduceerde substraat. Wij vermoeden dat de palladiumdeeltjes de geïsoleerde zuurstofvacatures in het substraat proberen te vermijden. Het maximale contactoppervlak tussen een deeltje en het substraat wordt daardoor beperkt door de gemiddelde afstand tussen zuurstofvacatures. Bovendien

hinderen deze vacatures de deeltjes in hun beweging en veroorzaken deze defecten dus een afname van de groeisnelheid van de deeltjes.

In hoofdstuk 7 worden de eerste resultaten van ons onderzoek naar de invloed van een omgeving van waterstofgas op onze Pd/ TiO_2 'modelkatalysator' gepresenteerd. De verwachting was dat de aanwezigheid van het waterstofgas grote invloed zou hebben op de groeisnelheid of op de vorm van de palladiumdeeltjes. Dit bleek niet het geval, althans niet bij de door ons gebruikte druk van 10^{-5} mbar. In deze atmosfeer heeft verhitting naar 400°C wel grote invloed op het oppervlak van titaanoxide. Er worden dan veel rijen gevormd die bij afwezigheid van waterstof pas bij veel hogere temperaturen gevormd zouden worden, als gevolg van een tekort aan zuurstof aan het oppervlak. Dit proces wordt niet versneld of vertraagd door de aanwezigheid van palladiumclusters.

Uit ons onderzoek kan geconcludeerd worden dat de groei van kleine metaaldeeltjes op oxideoppervlakken uitstekend beschreven kan worden op basis van de bewegingen van de individuele atomen waaruit een deeltje bestaat. Verder heft de natuurlijke neiging van titaanoxide om defecten te maken aan het oppervlak een grote invloed op de groeisnelheid van de metaaldeeltjes. Het niet perfect zijn van het oppervlak is in dit geval een belangrijke stabiliserende factor, die wellicht ook bij praktische katalysatoren van cruciaal belang is.
