

# FACET

informatieblad van de

dutch association for crystal growth



nederlandsche vereniging voor kristalgroei

30 oktober 2006

nummer 2

## FACET

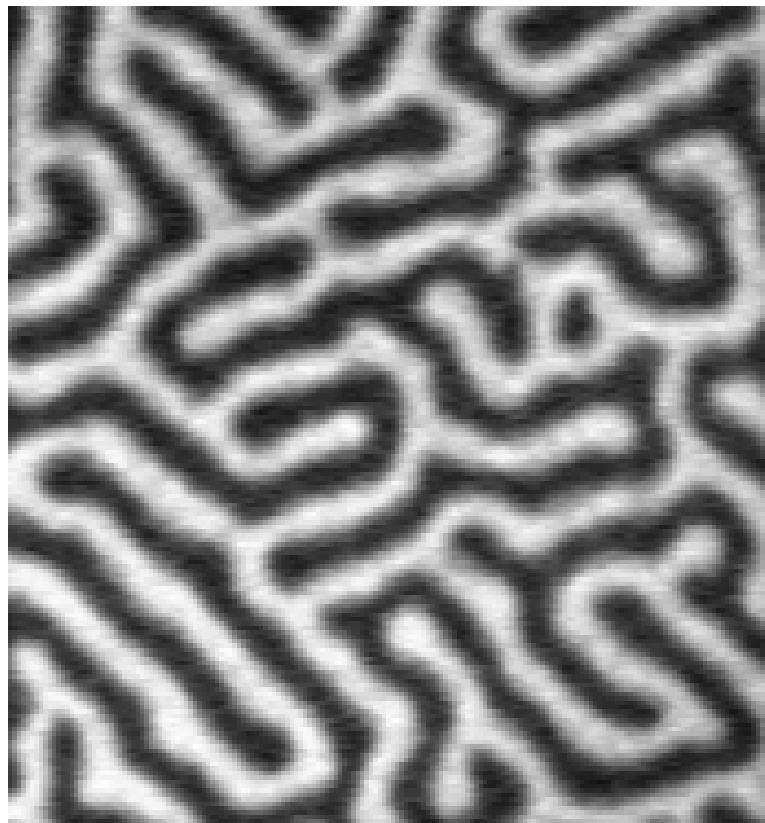
informatieblad van  
de NVKG, sectie van  
de KNCV en de NNV

## redactie

R. van Gastel

## Redactieadres

dr. R. Van Gastel  
VasteStofFysica  
Universiteit Twente  
Postbus 217  
7500 AE Enschede  
tel (053) 4893106 (3147)  
fax (053) 4891101  
R.vanGastel@tnw.utwente.nl



## inhoud:

<b>Redactioneel en mededelingen</b>	2
<b><u>NVKG jaarvergadering 2006</u></b>	3
<b>Notulen jaarvergadering 2005</b>	4
<b>Jaarverslag 2005-2006</b>	6
<b>Notulen bestuursvergadering</b>	8
<b>Recente proefschriften</b>	10
<b>Congressen en symposia</b>	12

## Secretariaat NVKG

Prof.dr. J.P.J.M. van der Eerden  
Universiteit Utrecht  
Condensed Matter and Interfaces  
P.O. Box 80000  
3508 TA Utrecht  
Tel: 030 - 2533125  
Fax: 030 - 2532403  
E-mail: [J.P.J.M.vanderEerden@chem.uu.nl](mailto:J.P.J.M.vanderEerden@chem.uu.nl)

## Bestuur NVKG

<a href="#">prof.dr. E. Vlieg</a>	voorzitter
<a href="#">prof.dr. J. van der Eerden</a>	secretaris
<a href="#">dr. J. Arsic</a>	penningmeester
<a href="#">dr. R. van Gastel</a>	FACET/www
<a href="#">dr. J. ter Horst</a>	lid
<a href="#">dr.ir. L. van Oord</a>	lid
<a href="#">dr. G. Bögels</a>	lid

## Omslagfoto/Cover

Een Lage Energie Electronen Microscopie (LEEM) opname van een zelf-geassembleerde doolhofstructuur van Pb, gedeponneerd op een Cu(111) oppervlak. Het gedeponneerde lood vormt zowel een oppervlaktelegering (donker) als een overlaag structuur (licht). De twee oppervlaktestructuren hebben een verschillende oppervlaktespanning wat aanleiding geeft tot de zelf-assemblage in het doolhofpatroon wat in het plaatje te zien is. De lengteschaal van de afbeelding is 1.7  $\mu\text{m}$ . De figuur is aangeleverd door [Raoul van Gastel](#).

## Wijziging verzending FACET

Wellicht ten overvloede wijzen wij U erop dat met ingang van het tweede issue van de FACET van 2006 de verzendwijze van de FACET is aangepast. In plaats van de eerdere "opt-in policy" voor elektronische verzending van de FACET wordt vanaf de huidige FACET een "opt-in policy" voor een papieren kopie gehanteerd. Indien U de FACET op dit moment elektronisch ontvangt, staat U reeds op onze email-verzendlijst en hoeft U niets te doen. Indien U deze FACET niet via de reguliere mailing aan de NVKG-leden heeft ontvangen, vragen wij U om aan de [redactie](#) van de FACET een geldig emailadres door te geven, danwel kenbaar te maken of U de FACET in papieren vorm wilt blijven ontvangen. Bij de contributieheffing later dit jaar, zal nogmaals aandacht aan deze wijziging gegeven worden.

De FACET verschijnt uiteraard ook nog altijd gelijktijdig met de emailversie op de website van de NVKG. De meest recente FACET kan daar te allen tijde uit het FACETtenarchief gedownload worden. Net zoals de vorige elektronische FACETten, bevat ook dit exemplaar weer handige, automatische links voor web en e-mail.

## Redactioneel

Voor u ligt de tweede FACET van het jaar 2006. Na de, met 30 personen goedbezochte, bijeenkomst dit voorjaar aan de RU Nijmegen, de eveneens goed bezochte JANE-2006, de BIWIC-2006 en de gezmaenlijke BACG/DACG meeting in Edinburgh, gaat de NVKG het drukke jaar 2006 afsluiten met de jaarvergadering die deze keer in het teken zal staan van "Crystallization in foods". Let wel dat de eerder aangekondigde locatie bij Friesland Foods vanwege een verbouwing niet beschikbaar is en dat de najaarsbijeenkomst daardoor bij wijze van uitzondering plaats zal vinden op een academische locatie, te weten het vernieuwde Process and Energy Laboratory van de TU Delft.

Een vast item op deze plek is de oproep voor input voor de FACET. 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 bent geïnformeerd)
- 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.

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. De volgende FACET verschijnt volgens schema begin april 2007.

[Raoul van Gastel](#)

## NVKG Jaarvergadering 2006: "Crystallization in Foods"

**Datum:** Vrijdag, 17 november 2006  
**Venue:** **TU Delft (Let op gewijzigde locatie !!!!)**  
Process & Energy Laboratory  
Leeghwaterstraat 44, 2628 CA Delft  
**Organization:** Joop ter Horst (TUD), Sabine Fischer (Friesland Foods) en Elias Vlieg (RUN)  
**Aanmelding:** Via een mailtje aan [Joop ter Horst](#), uiterlijk maandag 13 november 2006 i.v.m. catering.

### PROGRAMMA

09:30	Coffee & welcome	
<b>Theme I: Crystallization in Food</b>		
10:00	The role of fat crystallization in foods	Imogen Foubert (Ghent University)
10:30	Lactose crystallization	Gerrit Westhoff (Friesland Foods)
11:00	Structuring edible oils through organogelation	Arjen Bot (Unilever)
11:30	Kinetics versus thermodynamics in fat crystallisation	Jan Los (Radboud University)
12:00	Annual meeting of the DACG	
12:30	Lunch	
<b>Theme II: Crystallization at the TU Delft</b>		
13:30	Towards the integration of fermentation and crystallization	Maria Cuellar (Bioprocess Technology, TU Delft)
14:00	Crystal nucleation and growth during solid-state phase transformations in steel	Erik Offermans (Microstructural Control in Metals, TU Delft)
14:30	Multi-scale Computational Modeling of Thin Film Processing	Chris Kleijn (Multi-scale physics, TU Delft)
15:00	Introduction to crystallization at the Process & Energy Laboratory	Joop ter Horst (Separation Technology, TU Delft)
15:15	Tour of the Process & Energy Laboratory	
16.00	Drinks	

Een uitgebreide routebeschrijving per auto of OV is te vinden via de website van het [Process & Energy Laboratory](#), click op contact en 'How to reach us'.

## Agenda NVKG Jaarvergadering 2006, 17 november 2006 (TU Delft)

1. Opening
2. Notulen jaarvergadering 2005
3. Jaarverslag 2005/2006
4. Financieel Jaarverslag 2005/2006
5. Mededelingen bestuur
6. Activiteiten 2007
7. Bestuurssamenstelling
8. Rondvraag
9. Sluiting

## **Notulen NVKG Jaarvergadering 2005, gehouden 11 november 2005 bij Albemarle Catalysts te Amsterdam**

**Aanwezig:** bestuur en ongeveer 35 leden

**Afwezig met kennisgeving:** Elias Vlieg, Rob Geertman, Raoul van Gastel, Lianne van Oord, Gert Jan Bögels

- **Opening**

De voorzitter opent de vergadering met een woord van dank voor de door Albemarle geboden gastvrijheid.

- **Notulen vorige jaarvergadering**

De notulen van de jaarvergadering 2004 worden ongewijzigd goedgekeurd. Opgemerkt wordt dat de website ([www.dacg.nl](http://www.dacg.nl)) nu up-to-date is, goed functioneert en er mooi uitziet.

- **Jaarverslag 2004/2005**

Het jaarverslag wordt goedgekeurd.

Er zijn twee afleveringen van FACET verschenen met mooie bijdragen, kopij blijft welkom. Activiteiten in de verslagperiode zijn prima verlopen

- **Financieel Jaarverslag 2003/2004**

Rob Geertman, penningmeester, was op het laatste moment verhinderd door een ongeluk in zijn familie. Afgesproken wordt dat het financieel jaarverslag per e-mail afgehandeld zal worden.

- **Mededelingen bestuur**

\* Elias Vlieg is nog bezig met de voorbereiding van een Kristalgroeiwedstrijd voor middelbare scholieren. Informatie zal via de website gegeven worden. Er is contact met enkele scholen en er wordt gezocht naar ondersteuning door een bedrijf of instelling. Is nog in voorbereiding.

\* De frequentie en de kwaliteit van de activiteiten van de vereniging stemmen tot tevredenheid.

\* Inbreng van de leden, in de vorm van kopij, voor FACET en website zijn nog mager.

- **Activiteiten 2006**

De volgende activiteiten staan gepland voor 2006:

- Kristalgroeidag 2006: zal worden gehouden in Nijmegen.
- Jaarvergadering 2006: Nog niet gepland. Onderzocht wordt of COBERCO een mogelijkheid zou zijn.
- September 2006: gezamenlijke ontmoeting met BACG in Glasgow.

- 14/15 september 2006, Delft: BIWIC 2006, 13th International Workshop on Industrial Crystallization.
- Voorbereidingen zijn gestart voor ISIC 17, internationaal congres over industriële kristallisatie. De NVKG is vertegenwoordigd in het organisatie comité
- Kristalgroeprijs 2005: zal vandaag uitgereikt worden aan Herma Cuppen
- Kristalgroeiwedstrijd: Elias Vlieg onderzoekt verder wat de mogelijkheden zijn om een kristalgroeiwedstrijd te organiseren voor middelbare scholieren.

- **Bestuurssamenstelling**

Herman Kramer, voorzitter, treedt statutair af. Namens de vereniging wordt hij door de secretaris bedankt voor zijn inzet en activiteiten. Het bestuursvoorstel om hem op te laten volgen door Elias Vlieg wordt goedgekeurd.

Rob Geertman, penningmeester, treedt eveneens statutair af. Vanwege zijn verhindering kan hij niet gedechargeerd worden. Over zijn decharge zal via de FACET gecommuniceerd worden. Rob wordt bedankt voor zijn nauwgezette en betrouwbare beheer van de verenigingsfinanciën. Het bestuursvoorstel om hem op te laten volgen door Jelena Arsic wordt goedgekeurd.

Met instemming van de vergadering treedt Joop ter Horst toe tot het bestuur.

- **Rondvraag**

Er wordt geen gebruik gemaakt van de rondvraag

- **Sluiting**

De voorzitter sluit de vergadering met dank voor ieders bijdrage.

## Jaarverslag Nederlandse Vereniging voor Kristalgroei (NVKG) november 2005 - november 2006

### **Secretariaat:**

Prof. dr. J.P.J.M. van der Eerden  
 Universiteit Utrecht  
 Scheikunde, Condensed Matter and Interfaces  
 Princetonplein 1, Utrecht  
 P.O.Box 80.000, 3508 TA Utrecht  
 Tel: 030 - 2533125  
 Fax: 030 - 2533946  
 E-mail: J.P.J.M.vanderEerden@chem.uu.nl

### **Ledenbestand:**

Het ledenaantal is momenteel 130.

## **Bestuur:**

De taakverdeling binnen het bestuur was als volgt.

Prof. dr. E. Vlieg	Voorzitter
Prof. dr. J.P.J.M. van der Eerden	Secretaris
Dr. J. Arsic	Penningmeester
Dr. R. van Gastel	FACET
Dr. ir. J. ter Horst	Lid
Dr. ir. L. van Oord	Lid
Dr. G.J. Bögels	Lid

Het bestuur heeft twee maal vergaderd in het verslagjaar.

Besluitenlijsten van de bestuursvergaderingen zijn gepubliceerd in FACET.

## **Verenigingsblad**

Het verenigingsblad FACET verschijnt gewoonlijk twee maal per jaar en is bedoeld om de communicatie binnen de kristallisatiewetenschap in Nederland te bevorderen. Het blad bevat onder meer samenvattingen van relevante proefschriften, 'mooie' plaatjes uit kristalgroeionderzoek en data van congressen en activiteiten die voor kristalgroeiërs interessant zijn. Initiatieven, besluiten en plannen van de NVKG worden in de FACET gepubliceerd. De FACET wordt zoveel mogelijk elektronisch verspreid. In de verslagperiode is de FACET twee maal verschenen. Leden van de NVKG worden uitgenodigd kopij in te leveren.

## **Webpagina**

Op de webpagina [www.dacg.nl](http://www.dacg.nl) wordt informatie gegeven over de structuur en activiteiten van de NVKG. Verder zijn alle nummers van FACET sinds 2000 in elektronische vorm beschikbaar en worden links naar de Nederlandse onderzoeksgroepen op het gebied van kristallisatie en naar buitenlandse zusterverenigingen gegeven. Suggesties voor aanvullingen zijn welkom en kunnen aan [Raoul van Gastel](#) worden doorgegeven.

## **Jaarvergadering en excursie 2005**

Deze zijn gehouden op vrijdag 11 november 2005 bij Albemarle te Amsterdam. Het thema voor de dag was nanomaterialen. De organisatie was in handen van Peter Daudey. Dr. René Herbiet heeft ons op verfrissende en wetenschappelijk stimulerende wijze ingevoerd in de wereld van vlamvertragende materialen. Daarna hebben diverse onderzoekers werk gepresenteerd. Herma Cuppen ontving de kristalgroei prijs 2005 en presenteerde haar werk. De dag werd afgesloten met een rondleiding langs diverse grote en kleinere katalysereactoren en opwerkingssystemen van Albemarle.

## **Kristalgroei symposium 2006**

Deze jaarlijkse bijeenkomst werd op vrijdag 12 mei 2006 georganiseerd door Elias Vlieg aan de Radboud Universiteit Nijmegen. Het kristalgroei symposium is vooral bedoeld om jonge onderzoekers kennis te laten nemen van elkaars werk. Er was een inspirerende gastbijdrage van Bernard Dam van de Vrije Universiteit over dunne

metaalhydride films. Ook de lezingen van Nederlandse onderzoekers waren van een hoog wetenschappelijk niveau en de onderwerpen bestreken een breed spectrum van technologie tot theorie. Een rondleiding langs de laboratoria van het High Field Magnet Laboratory en een borrel sloten de dag af.

### **Jaarvergadering en excursie 2006**

Deze zullen worden gehouden op vrijdag 17 november 2006. Als Locatie was Friesland Foods te Deventer gepland. I.v.m. een verbouwing bij Friesland Foods wordt de bijeenkomst georganiseerd door Joop ter Horst bij de TU Delft. Het programma zal onder meer de rol van kristallisatie vanuit het perspectief van de life sciences belichten. De dag zal worden afgesloten met een rondleiding.

### **Kristalgroeprij**

De kristalgroeprij wordt eens per twee jaar, in de oneven jaren, uitgereikt. De volgende prijs, voor 2007 zal tijdens de jaarvergadering 2007 worden uitgereikt aan een jonge onderzoeker voor hoogstaand wetenschappelijk onderzoek op het gebied van de kristalgroei. De selectiecommissie, bestaande uit Rob Geertman (voorzitter) en Geert Jan Witkamp zal daarbij uitgaan van recente publicaties in de open literatuur en proefschriften.

### **Ondersteunende activiteiten**

De NVKG stimuleert dat voor kristalgroei belangrijke congressen in en/of mede door Nederland georganiseerd worden. Daartoe geeft het bestuur advies en ondersteuning aan leden die bij de organisatie van dergelijke evenementen betrokken zijn. In het verslagjaar ondersteunde het bestuur een aantal internationale bijeenkomsten met zusterverenigingen. Samen met Japan werd JANE, een workshop met een vooral fundamentele focus, van 13-16 maart georganiseerd in Helvoirt. Een gezamenlijke meeting van de Britse en Nederlandse Kristalgroeiverenigingen is van 10-12 september 2006 in Edinburg gehouden. Aansluitend vond van 13-15 september 2006 de industriële kristallisatieworkshop BIWIC 2006 plaats in Delft.

Een aantal bestuursleden is direct betrokken bij de organisatie van het grote internationale industriële kristallisatiecongres ISIC 2008. Het bestuur geeft morele en financiële steun. Hiertoe is de Stichting ter bevordering van de Kristalgroecongressen gereactiveerd.

De vereniging is benaderd door een internationale groep vooraanstaande kristalgroeiërs die een Europese master cursus kristalgroei wil opzetten. Bestuursleden zullen hierbij betrokken zijn.

Verder geeft de NVKG soms bescheiden financiële ondersteuning aan wetenschappelijke symposia en ander activiteiten die van belang zijn voor de kristalgroeiwetenschap.



Het bestuur werkt aan de instelling van een kristalgroeiwedstrijd voor middelbare scholieren. In België is een dergelijk initiatief een groot succes gebleken. De KNCV heeft belangstelling getoond om bij de organisatie betrokken te worden.

## **Notulen NVKG Bestuursvergadering 23 januari 2006, Hoog Brabant, Utrecht**

**Aanwezig:** Raoul van Gastel, Elias Vlieg, Rob Geertman en Gertjan Bögels

**Afwezig met kennisgeving:** Lianne van Oort, Jan van der Eerden, Joop ter Horst

### **Opening**

De voorzitter opent de vergadering om 14:55 uur.

### **Notulen vorige bestuursvergadering**

De notulen worden ongewijzigd goedgekeurd.

#### **1) Terugblik 2005**

-Bestuurssamenstelling: Elias Vlieg (voorzitter), Jan van der Eerden (secretaris), Jelena Arsic (penningmeester), Raoul van Gastel (FACET, website), Lianne van Oord, Gertjan Bögels en Joop ter Horst

#### **-Jaarvergadering 2005:**

-Geen van de (aanwezige) bestuursleden was aanwezig geweest. De opkomst was rond de 30, wat vrij goed is.

-Dechargeren penningmeester is tijdens de jaarvergadering niet gebeurd (kascontrolecommissie heeft de boeken wel goed gekeurd). In de FACET zal gevraagd worden of de penningmeester gedechargeerd mag worden.

#### **2) Activiteiten in 2006**

\*Jane (13-16 maart in conferentiehôtel Guldenberg, Helvoirt)

Elias is de Nederlandse voorzitter. De voorlopige sprekerslijst is gereed en de datum ligt vast. Jane zal georganiseerd worden onder de vlag van de NVKG. De aankondiging zal komen te staan in de FACET (wanneer deze te laat verschijnt via een mailing). Lijst van potentiële sprekers en mensen die 3 dagen kunnen blijven is: Alfons van Blaaderen, Marcel Rost, Thijs Vlugt, Joop ter Horst, Herman Kramer, Miko Elwenspoek en Daan Frenkel.

\*Kristalgroeisymposium

De datum voor het Kristalgroeisymposium moet gekozen worden. Hugo Meekes zal de dag organiseren op de RU. De aankondiging zal in de FACET verschijnen (actie Elias).

\*BIWIC 2006 (13-15 september)

Door de afwezigheid van Joop komt dit punt te vervallen.

\*Jaarvergadering najaar

Besloten wordt dat Coberco de eerste keus is. Er zal contact worden gezocht met Frank Hollander.

\*BAGC/DAGG (10-12 september, Edinburgh)



Aankondiging heeft al in FACET gestaan. Elias en Joost zijn voorzitters van de fundamentele sessie. Daan Frenkel is een plenaire spreker en Jacco van de Streek wordt genoemd als een potentiële spreker. Rob organiseert het pharma gedeelte van het congres.

### **3) FACET**

De volgende FACET zal verschijnen in februari. Raoul zal een oproep plaatsen aan diegene die de FACET nog per post krijgen, zij worden opgeroepen actief te reageren (anders ontvangen ze de FACET de volgende keer per email).

### **4) Kristalgroeiwedstrijd voor middelbare scholen**

Elias heeft van Luc van Meerveld (België) het draaiboek ontvangen. Elias zoekt naar personen die dit initiatief verder willen uitwerken (naar Belgisch model). Raoul heeft wel interesse maar wil dit ver van te voren weten. Bij de kristalgroeimarkt zal Elias een presentatie geven over deze kristalgroeiwedstrijd om mensen enthousiast te maken en te betrekken bij dit plan.

### **5) Samenstelling Jury voor NVKG kristalgroei prijs.**

Voorgesteld worden: Paul Verwer, Geert-Jan Wittekamp en Rob Geertman (toegezegd).

### **6) Bestuur stichting ter bevordering van kristalgroeicongressen**

Omdat nog steeds onduidelijk is wie tekenbevoegd is (en wie niet) zal Gertjan dit proberen te achterhalen en vervolgens iemand tekenbevoegd maken die net in het bestuur zit (niet de voorzitter).

### **7) ISIC 17 (Delft, 2008)**

De organisatie is begonnen (Rob, Lianne en Joop zijn actief lid, Jan en Elias sluimerend). De PCO is benoemd (Belgisch congres bureau). De locatie wordt Leiden of Maastricht.

### **8,9) Inning contributie en ledenbestand**

Rob zal de wanbetalers nog één keer herinneren daarna worden deze personen uit het ledenbestand gehaald.

### **Volgende vergadering**

Maandag 18 september 2006, 15:00h. Hoog Brabant, Utrecht

---

## Recente proefschriften

Andrzej Paweł Grzegorzcyk

### **“GaN grown on sapphire by MOCVD - Material for HEMT structures”**

Promotores: Prof. Dr. P.K. Larsen en Dr. P.R. Hageman  
Radboud University Nijmegen  
Verdedigd op: 05-04-2006

GaN is a very promising material for high power and high-frequency electronics due to its wide, direct bandgap (3.4 eV), high thermal stability, and high breakdown voltage. The valuable electrical and optical properties of GaN and its ternary and quaternary alloys with indium and aluminum make this material the key semiconductor material for future technologies and the new generation of electronic devices. Due to the outstanding material properties, III-V nitrides have the potential to fulfill the commercial and military needs for optical storage application, UV photodetectors, and devices operating at extremely hostile environments and elevated temperatures (up to 500 °C). Lack of properly matched substrates for GaN epitaxy implies large dislocation densities in the epilayers. Because of the diminishing effect on the device performance, a reduction of the dislocation density was and still is the key issue in the GaN material development. This thesis focuses on growth and basic characterization of AlGaIn/GaN based high electron mobility structures. In order to provide theoretical background for the presented research, presented in this thesis, the basic physical properties of III-V nitrides and the characteristics of the HEMT structures are discussed first. Additionally, properties of substrates used for GaN epitaxy are described.

In Chapter 3 the standard techniques used for the characterization of the samples are described. The research presented here concerns mostly the epitaxial growth of the semiconductor, and therefore fast and non-destructive methods such as AFM, SEM, XRD and XRR are discussed.

Chapter 4 deals with the growth of high quality GaN films on Si(111) substrates by Metal

Organic Chemical Vapor Deposition technique. In order to improve the quality of the epitaxial films different nucleation or buffer layers and combinations of them are introduced. The results obtained on an optimized AlN nucleation layer serve as a reference point. In order to improve the quality of the epitaxial films different combinations of nucleation and intermediate layers are applied. The first combination consists of an optimized AlN nucleation layer followed by a 1 μm thick GaN film, on which Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>/GaN intermediate layers was deposited. Based on the optimized AlN nucleation layer, AlGaIn/GaN superlattices or AlN intermediate buffer layers are introduced. Additionally, results on the modification of the Si(111) surface with NH<sub>3</sub> to promote nucleation from selective GaN islands are presented.

The maskless epitaxial lateral overgrowth of GaN on structured Si(111) substrates and its structural properties received by transmission electron microscopy and photoelectrochemical etching techniques are presented in Chapter 5. Photolithography and dry etching were used to obtain the silicon substrates structured by 4 μm deep holes of 1.5 μm in diameter, separated by 2.5 μm from each other. During the process of GaN epitaxy deposition takes first place on the Si(111) surface covered with AlN in between the holes. The GaN layer extends vertically and laterally over the holes until complete coalescence. Transmission electron microscopy shows that regions over the holes only contain dislocations in the basal plane resulting from the bending of dislocations nucleated at the Si/AlN interface and at the coalescence boundary between the two laterally overgrown layers. A drastic decrease of dislocation density in these areas of the films was obtained. The revelation of dislocations is also achieved by PEC etching technique.

The influence of hydrogen and nitrogen carrier gases used during the deposition of the nucleation layer on the structural and electrical properties of GaN layers has been investigated in Chapter 6 and 7. In this chapter the solution for one of the main problems of HEMT structure deposition, i.e. control of the resistivity of the GaN buffer layer, was

provided. The nucleation layer morphology strongly depends on the carrier gas affecting the electrical properties of GaN epitaxial films through changes of the ratio of edge to mixed and screw-type threading dislocations. The morphology of the individual NIs strongly depends on the carrier gas used during the growth and recrystallization and this is the key factor for control of the resistivity of the GaN layer grown on it. The GaN nucleation layer grown in presence of  $N_2$  has a higher density of islands with a statistically smaller diameter than the samples grown in  $H_2$  atmosphere. It has been found that the density of edge-type dislocations determines the resistivity of GaN epilayers and that one key factor for varying the density of these dislocations is the morphology of the nucleation layer. This morphology of the GaN nucleation layer can be controlled by the type of carrier gas used during the deposition of it. In this way the electrical resistivity of GaN epilayers can be varied from as low as  $0.5 \Omega\text{cm}$  to higher than  $1 \times 10^{11} \Omega\text{cm}$ .

The microscopic evolution of GaN layers grown by metal organic chemical vapor deposition was investigated in Chapter 8 using a new Ga and Al treatment method respectively. With the help of in situ reflectance measurements the coalescence and overgrowth of GaN epilayers was observed. The sample morphology was ex situ characterized by atomic force microscopy, scanning electron microscopy, and optical

microscopy. By using orthodox etching in molten KOH-NaOH eutectic the dislocation and N-polar inclusion density were revealed. Photoluminescence measurements were performed in order to determine the optical properties of the GaN layers. The experimental results demonstrated that by annealing the c-plane sapphire in trimethylgallium it is possible to control the GaN epitaxial layer polarity. The ratio between N and Ga polarity in the deposited GaN layers can be adjusted by means of changing the annealing time in TMG atmosphere of the sapphire substrate. The experimental results demonstrated that it is possible to control the GaN epitaxial layer polarity and to induce a stable growth mode by depositing a thin Al based nucleation layer on the c-plane sapphire instead of using the classical two-step growth method. It was found, that during the annealing in trimethylaluminum at  $1170^\circ\text{C}$  some amount of carbon is incorporated into the layer. The X-ray diffraction measurement revealed traces of  $Al_4C_3$  in the nucleation layer. In GaN epilayers with thickness exceeding 300 nm, inclusions of probably misoriented crystallites or of cubic GaN were observed.

Finally general conclusions regarding GaN/AlGaN based HEMT structures as well as the direction for further research are presented in the concluding part of this thesis. Additionally, the attempt has been made to compare the results obtained at Radboud University Nijmegen with other laboratories.

---

## **AANKONDIGING CONGRESSEN EN SYMPOSIA**

**NVKG Najaarssymposium en Algemene Ledenvergadering,**  
17 November 2006, TU Delft, organisator: J. ter Horst, S. Fischer en E. Vlieg  
**Zie de aankondiging in deze FACET....**

**International Conference on Crystal Growth ICCG 15,**  
12-17 Augustus 2007, Salt Lake City, Utah, USA  
Co-chairs R. Feigelson and G. Stringfellow

**International Summer School on Crystal Growth ISSCG 13,**  
5-10 Augustus 2007, Park City, Utah USA,  
Co-chairs J. DeYoreo and C. Wang

**ISIC-2008,**  
**Nadere details volgen.....**

---