

NEVAC

jaargang 59 nummer 1 april 2021



NEDERLANDSE
VACUÛMVERENIGING

blad

**Gecontroleerde groei van
metalen éénkristallen via
elektromagnetische levitatie**



**Nieuwe VCCN-Richtlijn voor
deeltjes- en chemische vervuiling**

**Online NEVAC Symposium
18 May 2021, ARCNL**

ACCLON TECHNOLOGIES

Specialisten in vacuüm

Revisie



Servicecontract



On-site service



Sensoren kalibreren

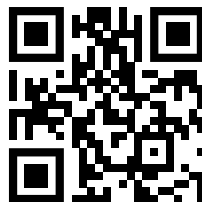


Huurpompen



Helium lektesten

Gratis inspectie op locatie
van uw vacuümpomp!



Scan of bel Florian
0615176530

Compressie 4×10^6 (H₂) – 930 l/s



200 m³/h – 230 V – 55 dB



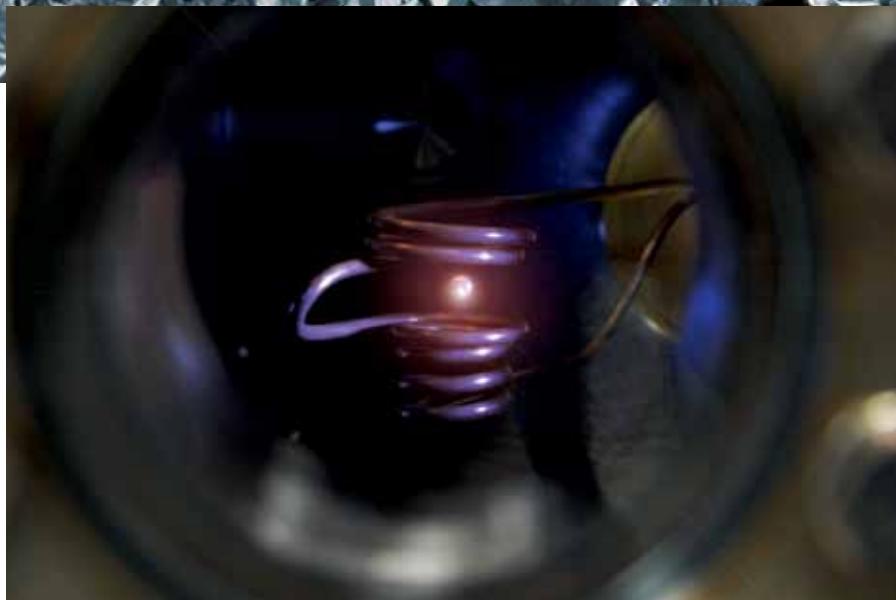
30 kg – 90 m³/h – 0,01 mbar

EDWARDS
AUTHORISED DISTRIBUTOR

T +31 (0) 85 273 7267 | Nijverheidsweg 34 | 3274 KJ Heinenoord | www.acclon.com

Inhoud

- 4 Applied Vacuum Technology training for PhD students and postdocs in 2021
- 5 **Van het bestuur:** Een virtueel begin: NEVAC-dag en ALV *Sense Jan van der Molen*
- 6 (PhD) Student? NEVAC beloont je verhaal met 1000 of 250 euro!
- 7 Gecontroleerde groei van metalen éénkristallen via elektromagnetische levitatie *J.P. Witteveen, A. van Houselt, R. van Gastel, H.J.W. Zandvliet*
- 12 **Reactie:** Berglandschap in gasontladingselektronenkanon *Bert Suurmeijer*
- 14 VCCN-Richtlijn 12 *Olof Teulings*
- 17 Program online NEVAC Symposium 2021, 18 May



- 24 Exploring the physics and chemistry of nanolithography *Roland Bliem, Jan Verhoeven, and Joost Frenken*
- 26 NEVAC ALV 2021
- 27 Notulen NEVAC ALV 2019
- 28 Financieel jaarverslag 2019 en 2020
- 30 Verslag kascommissie 2020 en 2021
- 31 Wie komt het NEVAC-bestuur versterken?

7 'Artist impression' van zwevend koper in één van de spoelen van het samenwerkingsverband tussen de Universiteit Twente, Universiteit Leiden en het Surface Preparation Laboratory.

- 31 Jaarverslag Commissie Op-leidingen
- 33 **Nieuw product:** Leybold ECODRY 25 en 35 plus
- 34 **Stel je voor:** Berend Munneke
- 35 Agenda

Colofon

Redactie

Claud Biemans, eindredacteur
Hans van Eck, hoofdredacteur
Ad Ettema
Rients de Groot
Karine van der Werf

Web-adres

www.nevac.nl

Redactiesecretariaat

NEVAC
Elektronicaweg 27
2628 XG Delft
redactie@nevac.nl

Abonnementenadministratie

NEVAC
Elektronicaweg 27
2628 XG Delft

Abonnementen

Binnenland € 25,- per jaar
Buitenland € 100,- per jaar

Advertentie-exploitatie

NEVAC
Elektronicaweg 27
2628 XG Delft
penningmeester@nevac.nl

Grafische vormgeving

Claud Biemans
www.frontlinie.nl

Verschijningsstijdstippen 2021

April
Juni
December

Kopij inzenden naar redactie@nevac.nl
Lidmaatschap opgeven bij de ledenadministratie, penningmeester@nevac.nl.
Abonnementen opgeven bij abonnementenadministratie.

Vergoeding kopij

Artikelen in het Nederlands over vacuümtechniek en haar toepassingen in de wetenschap en industrie worden door de redactie zeer op prijs gesteld. Voor studenten en promovendi is een vergoeding van € 250,- per gepubliceerd artikel beschikbaar.

ISSN 0169-9431

De sluitingsdatum van kopij voor het volgende nummer van het NEVAC blad is 15 mei 2021

Applied Vacuum Technology Training

- Do you operate high vacuum experimental setups?
- Need better understanding of the physics of your processes?
- Want to discuss your experimental setup with vacuum experts?



Who:

- ✓ Master students, PhD students and Post-doctoral researchers in Physics and Chemistry
- ✓ Both beginners and more experienced users of vacuum technology

Goal:

- ✓ Develop an understanding of vacuum phenomena
- ✓ Get familiar with the operation of vacuum equipment
- ✓ Learn practical tips and tricks
- ✓ Increase skills to define design criteria for vacuum systems

When:

Online: May 11 - June 15, 2021 (five Tuesday mornings)

Hands-on: September 15, 2021, full day

Where:

Hands-on: University of Amsterdam, Science Park 904

The costs for this advanced training are € 495.= pp, ex VAT.

Including a copy of "Vacuum Science and Technology" by Suurmeijer et al, lunch, drinks

Lecturers:

Dr. A.D. van Langeveld, D. Schijve, G. Welker

Contact:

E: advanlangeveld@gmail.com

Registration:

<https://nevac.nl/aiocursus.php>

Under the auspices of the NEVAC (Netherlands Vacuum Society)



Verenigingsgegevens

Ereleden

L.G.J.M. Hassink, Stibbe 23
2421 MR Nieuwkoop
G. Ikking, Artemisstraat 34
2624 ZN Delft
† Prof.dr. J. Kistemaker
† Ir. J.H. Makkink
Th. Mulder, Ambachtsheerelaan 60
3481 GM Harmelen
Dr.ir. E.P.Th.M. Suurmeijer, Elzenlaan 11
9321 GL Peize
Prof.dr. J. v.d. Veen, Schubertlaan 8
1411 HZ Naarden
Dr.ir. J. Verhoeven, Kon. Julianaweg 23
3628 BN Kockengen

Bestuur

Prof.dr. S.J. van der Molen, voorzitter
Dr. I. Swart, vicevoorzitter
vacature, secretaris
Dr. A.R.H.F. Ettema, penningmeester

Verenigingssecretariaat

vacature
secretaris@nevac.nl

Adres ledenadministratie

p/a Dr. A.R.H.F. Ettema
NEVAC, Elektronicaweg 27
2628 XG Delft, The Netherlands
Telefoon: +31 15 2600406
Fax: +31 15 2600405
e-mail: penningmeester@nevac.nl

Inlichtingen over opleidingen en examens

Dr. A.D. van Langeveld
Gageldonk 12, 4854 LH Bavel
GSM: 06-29561797
e-mail: advanlangeveld@gmail.com

Penningmeester NEVAC

IBAN: NL50 INGB 0001 8515 29 o.v.v.:
Penningmeester NEVAC
t.a.v. Dr. A.R.H.F. Ettema
Elektronicaweg 27
2628 XG Delft

Contributies

Contributie € 20,- per jaar
Studenten/promovendi € 5,- per jaar
Bedrijfsleden € 150,- per jaar

Een virtueel begin: NEVAC-dag en ALV

Beste NEVAC-leden,

Nu de lente begint en het zonnetje aange- naam gaat schijnen, gloort nieuwe hoop. Na een historisch jaar waarin de corona-pande- mie ons leven volledig overhoop heeft gegooid, kunnen we langzaam maar zeker vooruit gaan kijken. Dankzij de stand van de wetenschap zijn er binnen recordtempo vaccins ontwikkeld die ervoor zullen zorgen dat de samenleving steeds opener wordt.

Ook de vacuümtechniek heeft daarbij zijn rol gespeeld. De ontwikkeling van het 'Leidse' Janssen-vaccin leunde bijvoorbeeld op beeldmateriaal dat werd ge- maakt met transmissie elektronenmicroscopie (TEM), een vacuümtoepassing om trots op te zijn.

Ook de NEVAC kijkt uit naar een mooi jaar. Een jaar waarin we onze activitei- ten weer langzaam gaan uitbreiden. Toch zullen we online moeten beginnen. Tot ons grote genoegen heeft ARCNL de organisatie van de NEVAC-dag (op- nieuw) op zich genomen. En dat wordt op een zeer creatieve manier ingevuld, met mooie sprekers en met ruimte voor onze bedrijfsleden. Ik hoop jullie allen (virtueel) te ontmoeten op 18 mei a.s.

Ook zullen we binnenkort de algemene ledenvergadering houden, ook online. Om praktische redenen hebben we die dit keer losgekoppeld van de NEVAC- dag. Tijdens deze vergadering hopen we de jaarverslagen over 2019-2020 en 2020-2021 te bespreken. Daarnaast zullen we ingaan op recente bestuurswis- selingen. Het belangrijkste daarbij is dat Jan van Kessel na vele jaren afscheid heeft genomen als secretaris van de NEVAC. We willen hem ten zeerste be- danken voor alles wat hij voor de NEVAC heeft gedaan. Door het vertrek van Jan is er natuurlijk een vacature ontstaan. Mocht je/u belangstelling hebben, contacteer ons dan gerust. Daarnaast hebben Ingmar en ik stuivertje gewisseld per 1 januari 2021. Ingmar is nu vicevoorzitter en ik voorzitter. Deze wijziging zal voor goedkeuring achteraf worden voorgelegd aan de ALV. U bent allen welkom op 12 mei a.s. om 19.30!

Ten slotte is er een mooie stip aan de horizon voor de gehele NEVAC. Volgend jaar bestaan we precies 60 jaar. Dat willen we groots vieren met een speciale bijeenkomst in Leiden, dat in 2022 de officiële Europese wetenschapsstad is. Wij zijn momenteel aan het kijken hoe we beide evenementen op een mooie manier kunnen combineren.

Voor nu wens ik u veel leesplezier met het *NEVAC blad*. En ik hoop u allen bin- nenkort te zien: virtueel in mei en in levenden lijve in/na de zomer.

Sense Jan van der Molen, voorzitter NEVAC

(PhD) Student?

NEVAC beloont je verhaal met 1000 of 250 euro!



De Nederlandse Vacuümvereniging (NEVAC) reikt ieder jaar een prijs uit van 1000 euro voor het beste ingezonden artikel voor het *NEVAC blad*, geschreven door een student of promovendus. Het artikel, van ongeveer 2000 woorden, moet gaan over eigen onderzoek waarin het gebruik van vacuümtechniek wordt toegelicht. De lezerskring bestaat uit onderzoekers, medewerkers van bedrijven in de vacuümtechniek, en technici. De kunst is dus helder te schrijven voor dit brede publiek. De winnaar mag een lezing geven tijdens de NEVAC-dag, in de lente van volgend jaar. Er wordt één winnaar aangewezen door de jury, maar alle gepubliceerde artikelen van studenten en promovendi worden door de NEVAC beloond met 250 euro.

Niet-Nederlandstaligen mogen in het Engels schrijven.

De volgende deadline is 1 februari 2022. Inzendingen kunnen naar: redactie@nevac.nl.

Uitgebreide richtlijnen voor het artikel staan op nevac.nl/NEVAC_Blad/richtlijnen_auteurs.php

Each year the Dutch Vacuum Society (NEVAC) awards a prize of 1000 Euro to the student who writes the best article, related to vacuum technology, for the *NEVAC blad*. The article (around 2000 words), should describe your research and focus on the vacuum technology used. The readers of the magazine are researchers, vacuum technology company members, and technicians. Your assignment is to write an appealing story for this wide audience. The winner is invited to present the winning paper during the NEVAC-dag in spring next year.

Only one winner will be appointed, but NEVAC rewards all published articles, written by students, with 250 Euro.

If Dutch is not your native language, you are allowed to write in English.

The next deadline is 1 Februari 2022. Send your contribution to: redactie@nevac.nl.

Guidelines for the article are published here: nevac.nl/NEVAC_Blad/richtlijnen_auteurs/English.php

NEVAC rewards your article with 1000 or 250 euro!

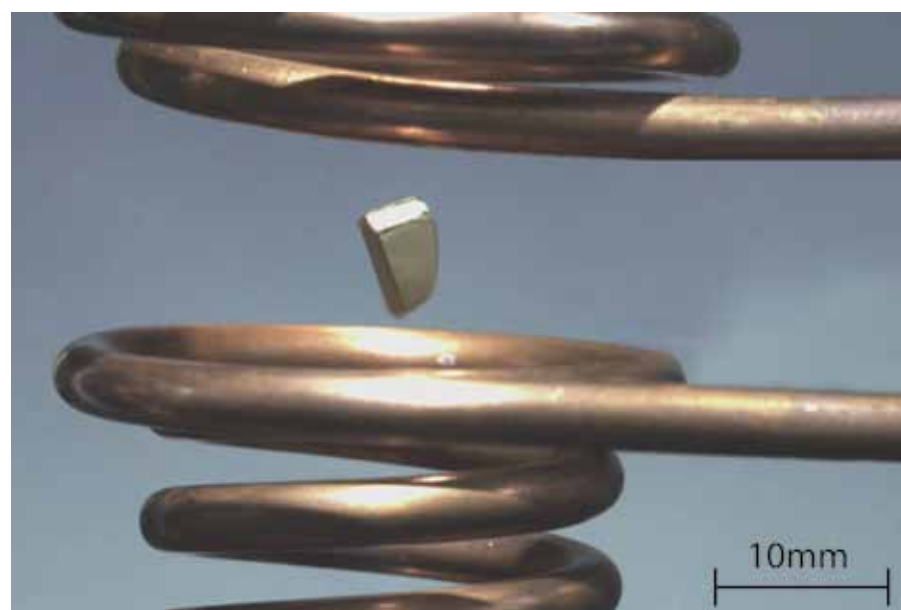
Zwevende kristalgroei

Gecontroleerde groei van metalen éénkristallen via elektromagnetische levitatie

Ontwikkelingen in de groei van éénkristallen hebben in het verleden grote technologische sprongen mogelijk gemaakt, met als voorname voorbeeld het ontstaan van de halfgeleiderindustrie. In dit artikel wordt een opstelling beschreven die ultrazuivere zwevende kristalgroei van hoge kwaliteit mogelijk maakt, met behulp van elektromagnetische levitatie (EML) in een vacuüm.

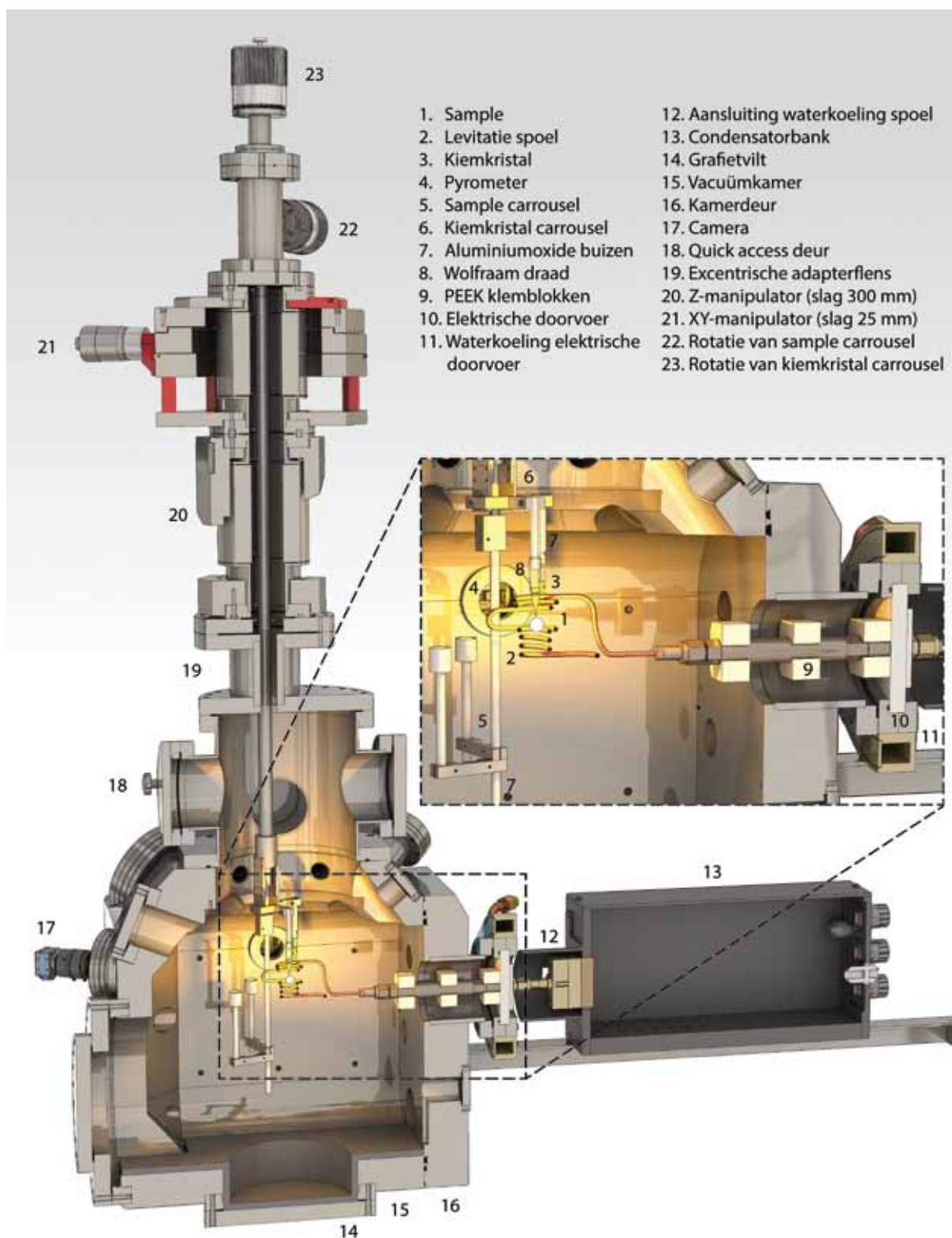
J.P. Witteveen¹, A. van Houselt¹, R. van Gastel², H.J.W. Zandvliet¹

1. Physics of Interfaces and Nanomaterials, MESA+ Institute for Nanotechnology, Universiteit Twente, Drienerlolaan 5, 7522 NB, Enschede
2. Surface Preparation Laboratory, Penningweg 69-F, 1507 DE, Zaandam



Figuur 1 Een voorbeeld van elektromagnetische levitatie: een gouden sample zweeft in een spoel.

Elementaire metalen éénkristallen worden gegroeid door het gecontroleerd laten stollen van het gesmolten metaal aan een zogenaamd kiemkristal. Er zijn verscheidene traditionele kristalgroei-methodes, zoals de Czochralski-techniek waarbij het kiemkristal langzaam uit de smelt omhoog wordt getrokken. Een andere veelgebruikte methode is de zogenaamde *floating-zone*-techniek, met name bekend van de groei van silicium *ingots* (een standaardhoeveelheid materiaal in een standaardvorm). Bij de fabricage van Si *ingots* met het *floating-zone*-proces wordt een polykristallijne siliciumstaaf lokaal gesmolten door een inductiespoel. Deze spoel beweegt zich langs de staaf vanaf het kiemkristal waarbij het polykristallijne silicium lokaal wordt omgevormd tot een éénkristal. Alle bestaande groeimethodes hebben echter twee nadelen. Ten eerste bevindt het gesmolten metaal zich vaak in een kroes, wat vervuiling met zich mee brengt [1-4]. Ten tweede zorgt het contact met de buitenwereld voor grote thermische gradiënten, wat de kristalkwaliteit niet ten goede komt, omdat er veel kristalfouten ontstaan [5-9]. Een oplossing is om kristallen te groeien in een 'containerloze' omgeving, bijvoorbeeld in de ruimte (wat uiteraard erg prijzig is), waar het gebruik van een kroes overbodig is door de geringe zwaartekracht [10-11]. Op aarde wordt zwevende kristalgroei mogelijk gemaakt met behulp van elektromagnetische levitatie.



Figuur 2 Schematische doorsnede van de opstelling voor zwevende kristalgroei.

Elektromagnetische levitatie

Een voorbeeld van een zwevend blokje goud in een EML-spoel is te zien in figuur 1. EML is gebaseerd op de lorentzkracht die werkt tussen de levitatie spoel en het metalen sample [12]. Een hoogfrequente wisselstroom in de spoel gene-

reert een magnetisch veld. Dit veld wordt gecompenseerd door een ander magnetisch veld, dat ontstaat door foucaultstromen (*eddy currents*) die worden geïnduceerd in de metalen samples. Tijdens levitatie is de zwaartekracht in balans met de lorentzkracht. Naast het genere-

ren van een lorentzkracht zorgen de foucaultstromen ook voor jouleverwarming van het sample. In een zorgvuldig ontworpen spoel kunnen de levitatiekracht en de temperatuur afzonderlijk worden geregeld, zodat deze geschikt is voor kristalgroei.

Experimentele opstelling

Figuur 2 toont een schematische dwarsdoorsnede van de experimentele opstelling, een foto is te zien in figuur 3. In het hart van de opstelling zweeft het sample (1) in een levitatie spoel (4). Het hele systeem bevindt zich in een vacuümkamer (15) om vervuiling door deeltjes in de lucht en oxidatie bij hoge temperaturen te voorkomen. Het vacuüm wordt gecreëerd door twee Edwards STP-301 turbo-moleculair pompen met elk een pompsnelheid van 300 L/s. De keuze is gevallen op deze pompen om een voldoende hoge pompsnelheid te garanderen tijdens de experimenten, waarbij het materiaal soms extreem snel opwarmt en dus veel gas desorbeert. Aan het begin van een experiment wordt het sample op zijn plaats gehouden in een van de aluminiumoxide bekertjes van de samplecarrousel (5). Wanneer de stroom door de levitatie spoel wordt ingeschakeld, begint het sample te zweven. De samplecarrousel kan dan naar beneden worden bewogen met behulp van de z-manipulator (20) en wordt vervolgens weggedraaid van de spoel met behulp van een rotatiedoorvoer (23), waarbij we de opmerking plaatsen dat de manipulator-as niet in het verlengde van het midden van de spoel (19) ligt. Tijdens levitatie wordt de positie van het sample gevolgd met een camera (17) en wordt de temperatuur gemeten met behulp van een pyrometer (2), zodat de meest optimale groeiomstandigheden verkregen kunnen worden. Om het kiemkristal (3) in te brengen, kan de kiemkristalcarrousel (6) in een positie boven de spoel worden gedraaid met de rotatiedoorvoer (22), die onafhankelijk van de samplecarrousel roteert. Het kan zijn dat het sample niet precies in het midden van de spoel zweeft. Daarom is het mogelijk om de positie van het kiemkristal aan te passen met de xy-manipulator (21) voordat het contact maakt met het gesmolten sample. Om grote thermische gradiënten in het hete kiemkristal te vermijden, wordt het kiemkristal opgehangen aan een wolfram draad (8), die op zijn beurt weer aan een koude



Figuur 3 Foto van de opstelling voor zwevende kristalgroei. In het midden staat de vacuümkamer, op de achtergrond zijn v.l.n.r. zichtbaar: de stroombron, het koelwatersysteem en een monitor die het camerabeeld weergeeft.

aluminiumoxide buis (7) hangt. Er is gekozen voor aluminiumoxide omdat het geen stroom geleidt, aangezien al het geleidende materiaal dat in de buurt komt van de spoel zal worden verwarmd door de geïnduceerde stroom.

Na het groeien van het kristal, waar we verderop onder het kopje Groeiomodi dieper op in gaan, is het kiemkristal versmolten met het kristal. Dit maakt het makkelijk om het in zijn geheel uit de vacuümkamer te halen via de *quick access*-deur (18). Als het dunne kiemkristal het gewicht van het zojuist gegroeide kristal niet kan dragen, zal het sample vallen zodra de levitatiestroom wordt uitgeschakeld. In dit geval valt het sample op een zacht bed van uitgedroogd koolstofvilt (14), waarna het oppervlak van het sample kan worden gereinigd en gebruikt als normaal.

De stroombron heeft een uitgangsvermogen van 40 kW en kan een stroom leveren met een frequentie van 50 tot 150 kHz, afhankelijk van de configuratie van de condensatorbank (13). Voor een typische spoel ligt de maximale stroom rond

de 1500 A. De stroomvoerende staven tussen de spoel en de condensatorbank zijn door de tegengestelde stroomrichtingen aan grote lorentzkrachten onderhevig en hebben daardoor de neiging van elkaar weg te buigen. Om de staven op hun plaats te houden worden meerdere PEEK-klemblokken (9) gebruikt. Zonder deze klemblokken ligt de maximale doorbuiging aan het uiteinde van de spoel rond één centimeter! Door deze doorbuiging kan zoveel kracht worden uitgeoefend op de elektrische doorvoer (10) dat deze gaat lekken of, erger nog, dat het keramiek van de doorvoer breekt. Er is gekozen voor PEEK-klemblokken aangezien een keramiek zoals aluminiumoxide de krachten niet kan weerstaan zonder te breken (zoals proefondervindelijk is vastgesteld).

De elektrische doorvoer zelf is wel gemaakt van een aluminiumoxide ring, die met behulp van een aandrukflens tegen een O-ring in een conventionele *conflat*-flens wordt gedrukt. Dezelfde magnetische velden die het sample laten zweven en verwarmen, verwarmen ook



Figuur 4 Elektromagnetische levitatie van gesmolten aluminium in lucht, met een polykristallijne kiem.

de vacuümkamer. Hoewel de spoel zelf ver genoeg verwijderd is van de kamerwanden, wordt de elektrische doorvoer wel verwarmd door de stroomvoerende staven en is er dus actieve waterkoeling (11) vereist. Tot slot wordt de holle spoel zelf ook actief watergekoeld (12).

Spoelontwerp

Een klassieke levitatie spoel bestaat uit twee delen, zie figuur 1 en 4. Een onderste spoel zorgt voor de lift en een kleinere bovenste spoel met omgekeerde stroom-polariteit stabiliseert het sample. Een sample heeft een minimale hoeveelheid stroom nodig om te kunnen zweven, afhankelijk van de elektrische geleidbaarheid van het sample. Hoe groter de stroom, hoe hoger in de spoel het sample zweeft, tot het een maximale hoogte bereikt tussen de twee spoelen. De temperatuur is evenredig met het kwadraat van de grootte van het magnetische veld. Deze is het grootst in het midden van de onderste spoel. Hierdoor ontstaat er een contra-intuïtieve situatie: hoe groter de stroom, hoe lager de temperatuur. Dit geldt (letterlijk) tot op bepaalde hoogte. Zodra de stroom zo groot is dat het sample gefixeerd gevangen zit tussen beide spoelen, neemt de temperatuur weer toe met toenemende stroom. Dit betekent dat er twee mogelijke plekken zijn waar een metaal kan worden gesmolten, in het midden van de onderste spoel en bovenin tussen de twee spoelen.

Met behulp van een model kan de temperatuur van een sample worden berekend voor een bepaalde spoel, frequentie en stroom [13]. Zo kan per metaal een spoel worden ontworpen die een geschikte vast-vloeibaar-vast cyclus heeft om kristallen te kunnen groeien.

Groeimodi

We voorzien twee mogelijke kristalgroeimodi: containerloze onderkoelde kristallisatie en op levitatie gebaseerde Czochralski-groei. In de eerste modus wordt het sample zwevend verwarmd totdat het volledig gesmolten is. Vervolgens wordt de stroom zo aangepast dat de vloeistof

afkoelt tot net onder het smeltpunt. De zwevende vloeistof is zeer stabiel en zal pas gaan kristalliseren als er een nucleus gevormd kan worden zodra het kiemkristal wordt geïntroduceerd.

In de tweede modus wordt het sample gesmolten, maar juist iets boven het smeltpunt gehouden. De groei verloopt dan zoals gebruikelijk bij de Czochralski-techniek, met het verschil dat de smeltkroes wordt vervangen door de levitatie-spoel. In dit geval moet extra aandacht aan het ontwerp van de bovenste spoel worden gegeven, aangezien het magnetische veld dat daar wordt gecreëerd ook het kiemkristal zal verwarmen. Dit heeft als voordeel dat er minder thermische spanning is tussen de vloeistof en het kiemkristal. Het nadeel is dat het kiemkristal zelf kan smelten als de stroom te hoog is.

Proof of principle in lucht

Voordat we zijn gestart met experimenten in een vacuüm, hebben we een *proof of principle* uitgevoerd in lucht. Figuur 4 toont zwevend gesmolten aluminium in een EML-spoel. Met een polykristallijne kiem wordt langzaam een kristal uit de smelt getrokken. De ‘tjgerstrepen’ op het sample zijn aluminiumoxide vliesjes die op de vloeistof drijven, gevormd bij de hoge temperatuur. Dit toont het belang van een goede vacuümpostelling aan! Uit een Laue-diffractieanalyse bleek dat het gegroeide materiaal een éénkristal was.

Conclusie

We hebben een nieuwe kristalgroei-opstelling beschreven, die EML gebruikt om metalen éénkristallen van superieure kwaliteit en zuiverheid te groeien in vacuüm. Het systeem is in staat om metalen te laten zweven, terwijl het nauwkeurig de sampletemperatuur in zowel vloeibare als vaste toestand kan controleren. Kristalgroei is mogelijk met containerloze onderkoelde kristallisatie of op levitatie gebaseerde Czochralski-groei. Aangezien deze methodes volledig kroes-vrij zijn, is er geen vervuiling door de smeltkroes en zijn door thermische spanning veroor-

Een ongebruikelijk promotietraject

Dit onderzoek is uitgevoerd in een samenwerkingsverband tussen de Universiteit Twente, Universiteit Leiden en Surface Preparation Laboratory (SPL), een tweemanszaak gespecialiseerd in het maken, bewerken en polijsten van éénkristallijne oppervlakken. De opstelling uit dit artikel staat bij SPL, wat betekent dat deze in grote mate op ‘ambachtelijke’ wijze is opgebouwd zonder ondersteuning van alle faciliteiten op een universiteit. Hoewel complexe onderdelen in enkele gevallen zo uit de voorraadkasten van de universiteit zijn geplukt, is het merendeel handmatig getekend, gedraaid, gesoldeerd, gebogen, gelast, geboord, ge-3D-print, enzovoorts. Een ervaring die niet elke promovendus mag meemaken!

zaakte defecten ofwel sterk verminderd of compleet afwezig. Als *proof of principle* hebben we de succesvolle kristalgroei van aluminium in lucht laten zien. Om oxidatie bij hoge temperaturen te voorkomen is goed vacuüm essentieel. In de toekomst zal deze opstelling worden gebruikt om een grote verscheidenheid aan metalen éénkristallen te groeien.

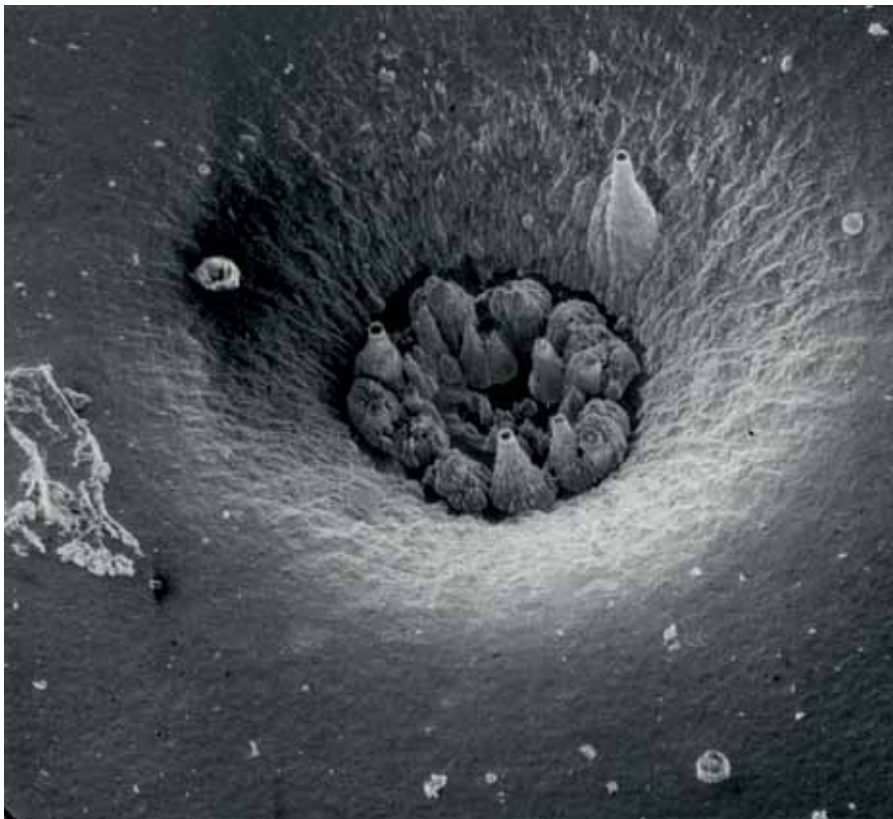
Referenties

1. Reed, T. B. & Fahey, R. E. Resistance heated crystal puller for operation at 2000C. *Rev. Sci. Instrum.* **37**, 59–61 (1966).
2. Schubert, M. C. *et al.* Impact of impurities from crucible and coating on mc-silicon quality - The example of iron and cobalt. *IEEE J. Photovoltaics* **3**, 1250–1258 (2013).
3. Patra, G. D. *et al.* Effect of OH content in the quartz crucible on the growth and quality of CsI single crystals and remedies. *J. Cryst. Growth* **544**, 125710 (2020).
4. Sturm, F. *et al.* Solid state diffusion of metallic impurities from crucible and coating materials into crystalline silicon ingots for PV application. *J. Cryst. Growth* **540**, 125636 (2020).
5. Louchev, O. A., Kumaragurubaran, S., Takekawa, S. & Kitamura, K. Thermal stress inhibition in double crucible Czochralski large diameter crystal growth. *J. Cryst. Growth* **274**, 307–316 (2005).
6. Fang, H. S., Wang, S., Zhou, L., Zhou, N. G. & Lin, M. H. Influence of furnace design on the thermal stress during directional solidification of multicrystalline silicon. *J. Cryst. Growth* **346**, 5–11 (2012).
7. Nguyen, T. P., Hsieh, Y. Te, Chen, J. C., Hu, C. & Nguyen, H. B. Effect of crucible and crystal rotations on the convexity and the thermal stress in large size sapphire crystals during Czochralski growth. *J. Cryst. Growth* **468**, 514–525 (2017).
8. Schmehr, J. L. & Wilson, S. D. Active Crystal Growth Techniques for Quantum Materials. *Annu. Rev. Mater. Res.* **47**, 153–174 (2017).
9. Plate, M., Krauze, A. & Virbulis, J. Three-dimensional modelling of thermal stress in floating zone silicon crystal growth. in *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* **355**, 012005 (Institute of Physics Publishing, 2018).
10. Yu, J., Koshikawa, N., Arai, Y., Yoda, S. & Saitou, H. Containerless solidification of oxide material using an electrostatic levitation furnace in microgravity. *J. Cryst. Growth* **231**, 568–576 (2001).
11. Bakhtiyarov, S. I. & Siginer, D. A. Electromagnetic Levitation Part III: Thermophysical Property Measurements in Microgravity. *Fluid Dyn. Mater. Process.* **5**, 1–22 (2009).
12. Okress, E. C., Wroughton, D. M., Comenetz, G., Brace, P. H. & Kelly, J. C. R. Electromagnetic Levitation of Solid and Molten Metals. *J. Appl. Phys.* **23**, 545–552 (1952).
13. Fromm, E. & Jehn, H. Electromagnetic forces and power absorption in levitation melting. *Br. J. Appl. Phys.* **16**, 653–663 (1965).

Reactie

Berglandschap in gasontladingselektronenkanon

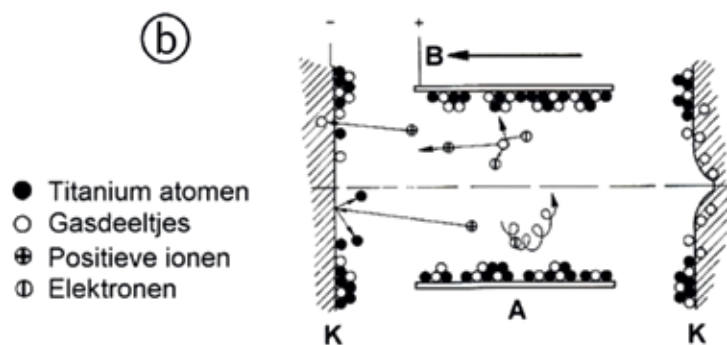
In het vorige nummer van het *NEVAC blad* stond een artikel over de ontwikkeling van gasontladingselektronenkanonnen in laagvacuümbuizen. Hiermee kunnen elektronenbundels gemaakt worden die zeer geschikt zijn voor onderzoek aan en nauwkeurige bewerking van materialen, zoals lassen, snijden en boren. Theo Schoenmakers vertelde het verhaal over de ontwikkeling begin jaren zeventig bij Philips Nat.Lab. En hij had een vraag over een foto van een kathode, figuur 4, waarop een verschijnsel te zien is dat slechts eenmalig was voorgekomen. Bert Suurmeijer stuurde hierop de volgende uitgebreide reactie.



Figuur 4 Elektronenmicroscopische foto van het oppervlak van een kathode, na gebruik als elektronenkanon. In de kathode was in het centrum een rond gaatje geboord met een diameter van 1 mm, 1/2 mm diep met vlakke bodem. Dit is de enige keer waarop de kathode dit mooie beeld vertoonde.

Ik heb met interesse het artikel over de gasontladingselektronenkanonnen gelezen. Mijn reactie betreft de intrigerende figuur 4. Ik denk dat ik in kwalitatieve zin wel wat verder kan helpen met de interpretatie van deze foto.

De erosie in het centrum van de kathode is eigenlijk hetzelfde als de erosie die optreedt in een koude-kathode-ionisatiemanometer (het mooiste te zien in de klassieke Penningmanometer) en in een getterionenpomp (GIP). Geïoniseerde gasdeeltjes worden versneld naar de kathode. Zij volgen daarbij de elektrische veldlijnen en komen in het centrum van de kathode terecht. Deze ionen geven in het geval van Theo Schoenmakers aanleiding tot secundaire elektronenemissie als bron voor het gasontladingskanon. Maar er vindt door energie-overdracht van deze energetische ionen ook (ernstige) verstuiwing (erosie) plaats van atomen en clusters vanaf het kathode-oppervlak. Dit laatste effect levert enerzijds via depositie op omliggende oppervlakken de hoofdpompwerking in een GIP, maar graaft tegelijkertijd ook putjes in het centrum van het kathode-oppervlak en kan zelfs aanleiding geven tot heuse gaten in die kathodes. Als gevolg van dit 'weggraven' komen ook de in een eerder stadium via implantatie in de kathode verpompte edelgassen weer vrij en daalt de pompwerking van de klassieke GIP voor edelgassen tot vrijwel nul. Via diverse slimme constructies heeft men dit probleem deels weten te tackelen. In ons *Basisboek Vacuümtechniek* (BBVT) evenals in de Engelstalige evenknie *Vacuum Science*



Figuur 4.102b Schematisch overzicht van pompmechanismes. A - anodecilinders, B - magneetveld, K - titaniumkathodes.

and Technology (VST), beide sinds kort ook verkrijgbaar via de NEVAC-website, is dit proces nader beschreven. Figuur 4.102b (BBVT pag 344, VST pag 326) geeft schematisch aan hoe je je dat erosieproces moet voorstellen.

Exotische microstructuur

En nu de ‘exotische’ figuur 4. Verstuiving van polykristallijne metaaloppervlakken vindt proefondervindelijk vooral plaats langs korrelgrenzen. Verstuiving van de (mono)kristallieten zelf is veel lager wegens sterkere bindingskrachten. Je kunt dus een geaccidenteerd kuiloppervlak verwachten. In het inmiddels grijze verleden ben ikzelf ook artikelen tegengekomen met (elektronen)microscopische afbeeldingen van dit soort *peeled off* oppervlakken. De ‘exotische’ microstructuur die ontstaat, hangt af van de fabricagemethode van de kathode. In GIP’s

zijn de kathodes normaalgesproken van gewalst metaal en is die microstructuur nogal willekeurig ‘berg-en-dal-achtig’, in ieder geval verwacht je daar niet direct zo’n mooie puntjesstructuur. Ik denk echter dat je in Theo’s geval met een kathode te maken hebt uit getrokken stafmateriaal. Zo’n staf bestaat uit een groot aantal dunne sliertjes in de langsrichting met daartussenin de ‘laterale korrelgrenzen’. Het ‘puntige’ landschap ontstaat als een zichzelf versterkend effect van het feit dat de verstuiving van een vaste stof sterk toeneemt met scherpe invalshoek. Zodra er dus bobbeltjes ontstaan, doordat de kern van deze sliertjes bestendig is tegen verstuiving dan hun korrelgrenzen, groeien die snel uit tot puntjes als gevolg van die invalshoek-afhankelijke verstuiving.

Het schoot mij te binnen dat je de erosie in figuur 4 op diverse plekken in de we-



Kalkrotsformaties in de Val d’Heremence.

reld ook in het groot kunt waarnemen, zie bijvoorbeeld bijgaande foto’s genomen in de Val d’Heremence in Wallis, Zwitserland. Hier heb ik met verbazing naar gekeken. Miljoenen jaren erosie hebben heel exotische kalkrotsformaties opgeleverd. De erosie is echter voorbijgegaan aan een paar heel harde granietbrokken. Die hebben het materiaal eronder min of meer beschermd tegen erosie. Wat je in figuur 4 ziet, lijken wel krater-tjes maar de donkere rondjes zijn volgens mij in werkelijkheid harde brokjes materiaal met een veel lagere verstuivingcoëfficiënt dan de rest. Vergelijk dit met bijgaande foto’s van de kalkrotsformaties in de Val d’Heremence.

Bert Suurmeijer

Gezocht:

Hoofdredacteur en redactieleden voor het NEVAC blad

Het doel van het NEVAC blad is uitwisseling van informatie tussen wetenschappers, technici en bedrijven binnen de vacuümtechniek in Nederland. Het verschijnt drie keer per jaar. De huidige hoofdredacteur, Hans van Eck (DIFFER), stopt na acht jaar als hoofdredacteur en daarom zoekt de vereniging nu een opvolger.

Taken:

- Richting geven aan de inhoud en vorm van het NEVAC blad, ideeën en contacten aandragen voor nieuwe artikelen
 - Mede-redigeren van binnenkomende teksten
 - Jaarlijks de jury samenstellen voor de beoordeling van inzendingen voor de NEVAC-prijs (en daar zelf ook aan deelnemen)
- De inzet is gemiddeld een dag per maand.

Het NEVAC blad kan ook versterking gebruiken van gewone redactieleden die ideeën en contacten aandragen voor artikelen en deze artikelen redigeren.

Heeft u interesse in het leveren van een bijdrage aan het NEVAC blad als (hoofd)redacteur, stuur dan een mail aan redactie@nevac.nl. De hoofdredacteur en redactieleden worden benoemd door het bestuur van de NEVAC. Wilt u meer informatie, neem dan contact op met Hans van Eck, H.J.N.vanEck@diffier.nl



VCCN-richtlijn 12 voor deeltjes- en chemische vervuiling

Er is een nieuwe VCCN-richtlijn gemaakt voor de industrie waarin zowel deeltjes als chemische vervuiling van belang zijn (onder andere halfgeleiders en analytisch). Het is een eerste aanzet die OEM'ers (*original equipment manufacturers*) een standaard geeft en leveranciers richtlijnen om deze te kunnen halen. De richtlijn zal op 20 mei gepresenteerd worden in een mini-symposium.

Olof Teulings, NTS Mechatronics

Begin 2018 is VCCN-werkgroep 23 gestart vanuit de behoefte van een aantal leveranciers, en later ook OEM'ers, om tot een gezamenlijke standaard en werkwijze te komen. Iedere OEM'er heeft op zijn eigen wijze reinheid (combinatie deeltjes en chemisch) gespecificeerd, naast de bestaande ISO-normen over deeltjesreinheid (ISO14644-9) en chemische reinheid (ISO14644-10). Daarnaast hebben alle leveranciers een eigen invulling gegeven aan het bereiken van deze verschillende soorten reinheid en zijn dit maar een beperkt aantal gradaties.

Aan deze richtlijn is gewerkt door onder andere OEM'ers, leveranciers aan OEM'ers, cleanliness consultants, en de Nederlandse Vacuüm Vereniging (NEVAC).

Typische stappen in het productieproces van een onderdeel of assemblage zijn fabricage van de onderdelen uit ruw mate-

riaal, reinigen van onderdelen, eventuele assemblage en daarna verpakken. Controle en kwalificatie of het onderdeel voldoet aan de (klanten)specificatie zal in meerdere fasen van het productieproces plaatsvinden. Deze stappen vormen het onderwerp van de hoofdstukken in de richtlijn.

Klantenspecificatie

De ISO-normen geven een classificatie van het aantal deeltjes op een oppervlak, de *Surface Cleanliness by Particle concentration* (SCP, zie ISO14644-9) en een classificatie van chemische verontreiniging op een oppervlak, de *Surface Cleanliness by Chemical concentration* (SCC, zie ISO14644-10). OEM'ers hebben vaak eisen ten aanzien van de combinatie van zowel deeltjes- als chemische verontreiniging van het oppervlak, zie figuur 2.

Tijdens het opzetten van de richtlijn

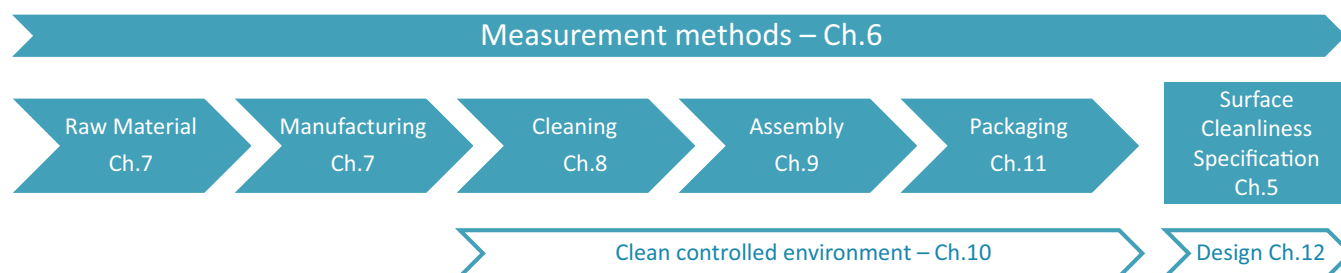
kwam steeds naar voren dat chemische reinheid bij OEM'ers vaak een eis is omdat er in vacuüm gewerkt wordt. Hierbij is niet alleen de chemische contaminatie op het oppervlak maar ook in het oppervlak van belang. Het gaat dus meer over uitgassen (mbar.l/s) van het geheel dan over grammen chemische verontreiniging op een oppervlak (g/m²).

Hiernaast zullen er altijd nog specificaties zijn voor specifieke chemische elementen (*trace contamination*) die voor het door de klant gebruikte proces ongewenst zijn.

Kwalificatie

De OEM'er legt de eindkwalificatie vast, samen met zijn specificatie. Tussentijds kan de leverancier echter ook andere methoden toepassen om het proces te monitoren. Een uitvoerige omschrijving van meetmethoden staat in de ISO-normen. Enkele praktische overwegingen:

- Direct meten op het eindproduct. Hierbij moet rekening worden gehouden met de oppervlakte-eigenschappen (onder andere ruwheid) die de meting kunnen beïnvloeden.
- Indirect meten op een 'sample'. Het sample kan gemaakt zijn via lucht, vloeistof of een vast medium. Er is dan altijd een overdrachtsefficiëntie.



Figuur 1 Stappen, tevens hoofdstukken, van de nieuwe richtlijn.

Gezien de vaak kleine afmetingen, zijn hier meer meetmethoden te gebruiken. Ten aanzien van deeltjes dient het sample-oppervlak minimaal 20 stuks van de kleinst meetbare van de gevraagde SCP-klasse te bevatten.

- Indirect meten van een 'witness plate'. Het is moeilijk om deze exact gelijk te houden aan het eindproduct.
- Meten van functie of gedrag van het eindproduct. Bijvoorbeeld: visuele eigenschappen (deeltjes of vlekken onder uv of strijklicht); wetting-eigenschappen; vacuümeigenschappen (uitgassnelheid, RGA).

Richtlijnen leveranciers

Iedere klantenspecificatie is uniek, per specificatie een richtlijn schrijven is niet mogelijk. Een idee is derhalve om een classificatie aan te brengen per combinatie van SCP en SCC. Een eerste aanzet is gegeven in figuur 3.

De lijn in figuur 3 is een gewichtsberekening waarbij het gewicht van deeltjesvervuiling gelijk is aan chemische vervuiling. Klanteneisen boven de lijn vinden deeltjes dus relatief gezien belangrijker dan chemische vervuiling.

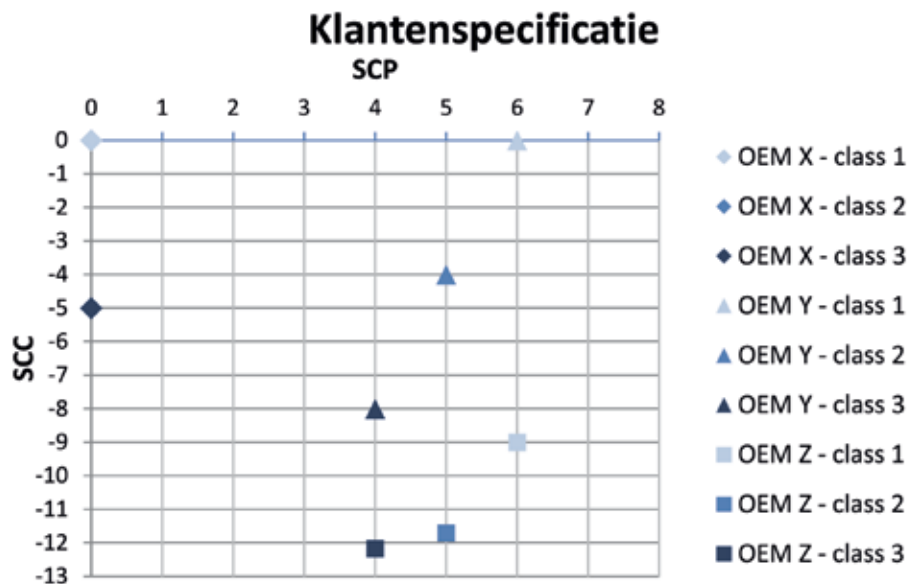
Ruw materiaal

Materiaalspecificaties worden door de klant bepaald, maar ook hier moet een leverancier kritisch naar kijken. Er zijn veel verschillende kwaliteiten te krijgen en dit kan de eindreinheid beïnvloeden. Bovendien is het uitgangspunt om redelijk schoon te beginnen, om te voorkomen dat er tijdens het bewerken vuil in het materiaal wordt gedrukt.

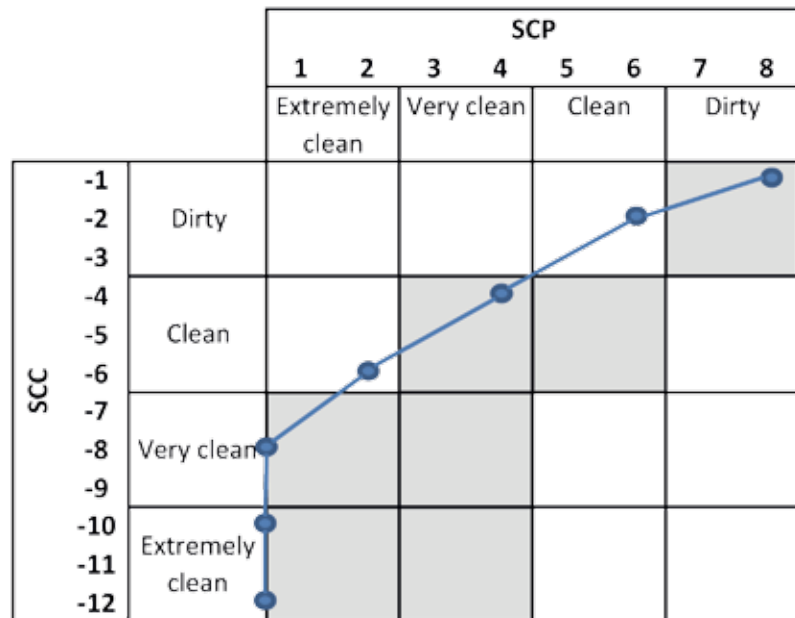
Fabricage

Tijdens fabricage komt het product in aanraking met diverse onderdelen onder een vaak hoge temperatuur. De verontreinigingen die hierdoor veroorzaakt worden, moeten allemaal verwijderd kunnen worden tijdens het navolgende reinigingsproces. De volgende aspecten worden beschouwd:

- Machine, onder andere: Welke koel- en smeermiddelen worden gebruikt



Figuur 2 Klantenspecificatie bestaat uit deeltjes- (SCP) en chemische verontreiniging (SCC).



Figuur 3 Klantenspecificatie met een eerste classificatie.

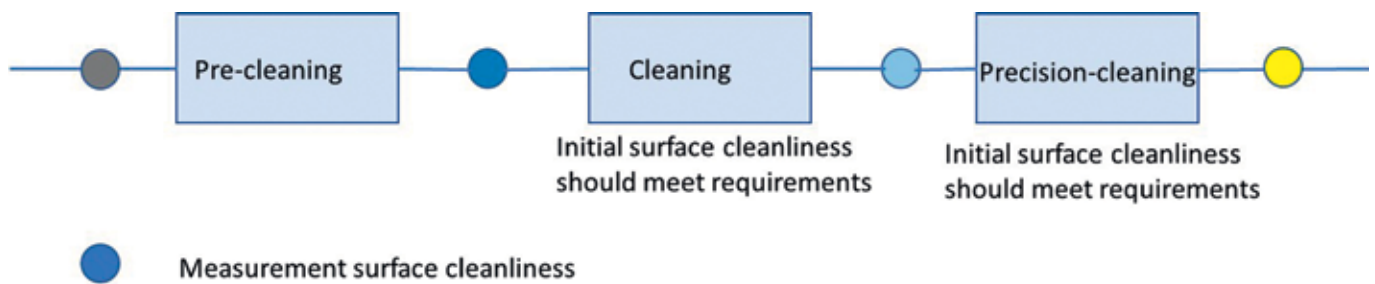
en hoe schoon zijn deze nog?; Liggen er nog spaanders van andere producten en materialen?; Tooling op de machine; Snij snelheden en scherpte en de daarmee samenhangende warmte.

- Handling, transport en verpakking van het product, onder andere: handschoenen om vet van mensen te voorkomen; afdekken/inpakken om vuil uit de omgeving te voorkomen.
- Eerste cleaning op de machine om indrogen koelemulsie te voorkomen.

- Als het product niet juist schoon is, zal chemische contaminatie door de oppervlaktebehandeling heen kunnen gaan.

Reinigen

Afhankelijk van de gevraagde reinheid zijn hier enkele of meerdere stappen voor nodig. Reinigen is een relatief proces, dat wil zeggen dat de ingangreinheid bepaalt wat de reinheid bij de uitgang zal zijn. In figuur 4 staan de typische stappen bij hoge reinheid.



Figuur 4 Verschillende reinigingsmethoden staan in ISO14644-13.



Figuur 5 Componenten van reinheid van de eindassemblage.

Met *Pre-cleaning* wordt de reiniging op de machine bedoeld, net na fabricage. Hiermee wordt indroging voorkomen die moeilijker te verwijderen is. Dit betreft het verwijderen van het met het oog zichtbaar vuil.

Cleaning is de eerste reiniging om te voorkomen dat de cleanroom of *Precision-cleaning* vervuild raakt. Dit zijn vaak handmatige reinigingen met extra aandacht voor blinde gaten waar automatische reiniging moeilijk komt.

Precision-cleaning is de eindreiniging waarbij wordt ingegaan op algemene aandachtspunten van reiniging zoals:

- voorkomen beschadigingen aan het product;
- oriëntatie van het product;
- kritieke aspecten van reiniging;
- globale verschillen en toepassing van reinigingsmethoden.

Hier geldt dat vooraf en tussendoor meten heel belangrijk is. De nieuwe VCCN-richtlijn gaat ook in op eenvoudige meetmethoden om de effectiviteit van reinigen (met name chemisch) te meten en op de aspecten van de keuze van een juist reinigingsproces.

Assemblage en contamination control

Als de onderdelen schoon zijn, wil je deze schoon houden tijdens assemblage. Er zijn twee mechanismen, voor zowel deeltjes als chemische vervuiling, die het product tijdens assemblage vervuilen:

depositie vanuit de omgeving en assemblagehandelingen door contact of door assemblage-actie (schroeven, lijmen). Daarnaast is het soms (niet altijd!) mogelijk om de eindassemblage te reinigen, zie figuur 5.

Hoeveel alle componenten mogen vervuilen tijdens assemblage dien je vooraf te bepalen tijdens een risico-inventarisatie op vervuiling. Er zijn vaak meerdere manieren om de gewenste eindreinheid te bereiken.

Depositie vanuit de omgeving houdt je middels *contamination control* onder controle. De richtlijn geeft aanvullingen op al aanwezige ISO normen hierover:

- Luchtreinheid (Deeltjes ISO14644-1&2, Chemisch ISO14644-8);
- Cleanroom-installatie (ISO14644-4&7) en de sluisen;
- Cleanroom-inventaris (Deeltjes ISO14644-14, Chemisch ISO14644-15);
- Cleanroom-cleaning;
- Cleanroom-personeel: kleding en gedrag.

Ontwerp

Het ontwerp van het product bepaalt voor een groot deel hoe schoon het uiteindelijk kan worden. Bij deeltjesvervuiling en chemische vervuiling zijn er andere aspecten waar je rekening mee moet houden. Hier helpen de technieken uit *Design for Assembly* en *Design for Cleaning*.

Afsluitend

De nieuwe VCCN-richtlijn is geschreven door een grote groep mensen waardoor het schrijf- en afstemmingsproces behoorlijk wat tijd heeft gekost. Dat heeft er wel voor gezorgd dat binnen de productieketen er een groot draagvlak voor is. Het uiteindelijke resultaat is een zeer omvangrijk en met veel informatie gevuld document geworden. De richtlijn zal zowel in het Nederlands als in het Engels beschikbaar gesteld worden aan de VCCN.



NEVAC Symposium 2021

Tuesday 18 May, online



Lecturers: Ron Heeren (Maastricht University) – Rutger Schlatmann (Helmholtz Zentrum, Berlin) – Marcelo Ackermann (University of Twente) – Diederik Depla (Ghent University) – NEVAC prize winner 2020 Brian Baker (University of Groningen) – Gosse de Vries (ASML, Veldhoven) – Bart Weber (ARCNL) – Mehdi Saedi (Leiden University) – Ulrike Diebold (Vienna University of Technology)

Bullet presentation sessions – ARCNL Lab Tour and Drinks & Snacks

Registration: www.arcnl.nl/nevac

Student and postdoc poster session registration: use the form at www.nevac.nl

Industry exhibition contact: pieterheidema@gmail.com, penningmeester@nevac.nl

Organisation: Prof. Joost Frenken, Dr. Jan Verhoeven, Dr. Roland Bliem

Contact: Romy Metz, Secretary NEVAC Symposium 2021, r.metz@arcnl.nl

Advanced Research Center for Nanolithography
Science Park 106 | 1098 XG Amsterdam | The Netherlands
tel: 31-20-8517100



ADVANCED RESEARCH CENTER FOR NANOLITHOGRAPHY



Programme NEVAC Symposium 2021

Tuesday 18 May, Advanced Research Center for Nanolithography (ARCNL), Online

Organisation: Prof. Joost Frenken, Dr. Jan Verhoeven, Dr. Roland Bliem

- 9.00 **Welcome**
- 9.05 **Ions, Images and Innovation: How molecular microscopes make medicine more precise**
Ron Heeren (Maastricht University)
- 9.40 **Pushing solar energy conversion beyond today's efficiency and cost limits**
Rutger Schlatmann (Helmholtz Zentrum, Berlin)
- 10.15 **Break**
- 10.25 **Recent developments in optics for EUV-lithography**
Marcelo Ackermann (University of Twente)
- 10.50 **Impurity dominated film growth**
Diederik Depla (Ghent University)
- 11.15 **Break**
- 11.25 **NEVAC Prize 2020 winner**
Coverage-dependent metal-organic coordination networks on Au(111)
Brian Baker (University of Groningen)
- 11.45 **Bullet Presentation Session 1**
- 12.15 **Lunch break**
- 13.30 **EUV lithography and its vacuum of a kind**
Gosse de Vries (ASML, Veldhoven)
- 13.55 **The impact of capillary adhesion on friction: from single asperity to multi asperity interfaces**
Bart Weber (ARCNL, Amsterdam)
- 14.20 **Break**
- 14.30 **Formation of two-dimensional materials on liquid metal catalysts: An in-situ investigation**
Mehdi Saedi (Leiden University)
- 14.55 **Bullet Presentation Session 2**
- 15.25 **Oxide Surfaces at the Atomic Scale**
Ulrike Diebold (Vienna University of Technology)
- 16.00 **ARCNL Lab Tour and Drinks & Snacks**
- 16.45 **Closing**

Bullet presentations

Bullet presentations are compact, 3-minute presentations, without questions and answers. You can submit your title and abstract by filling out that information on the registration form. The deadline is Friday, 23 April. We will get in touch with you soon after that to let you know whether your contribution was selected, after which we will provide you with instructions for the pre-recording of these mini-presentations.

Registration

Please register (and announce your bullet presentation) by filling out the online form at www.arcnl.nl/NEVAC. Early birds, registering before 2 May, will receive a small surprise package in the mail.

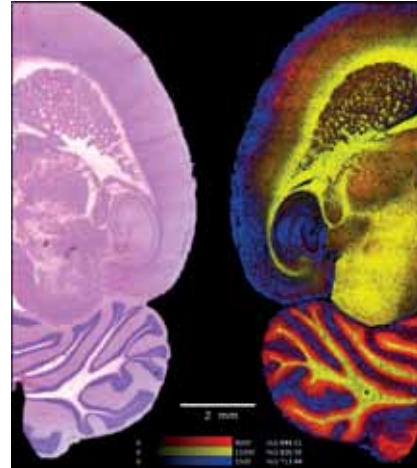
Sponsoring company member presentations:

During breaks the sponsoring company members will show short presentation videos.

Ions, Images and Innovation: How molecular microscopes make medicine more precise

Ron. M.A. Heeren, M4I, The Maastricht MultiModal Molecular Imaging Institute

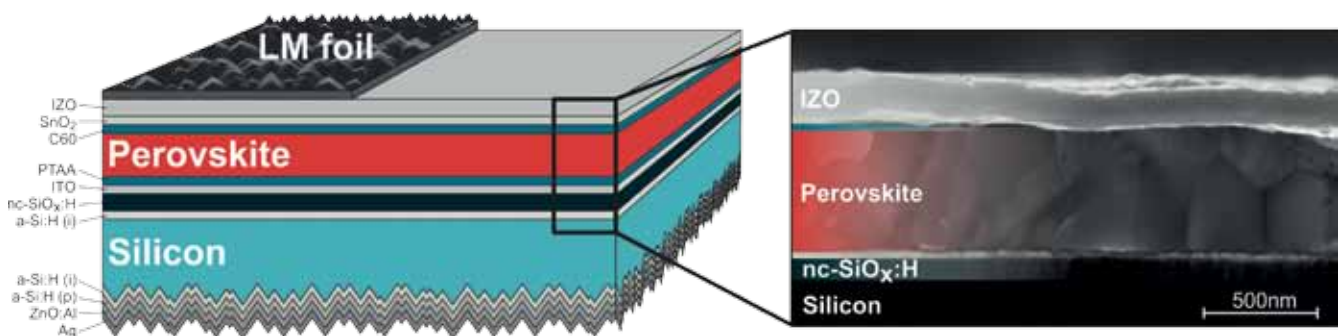
Ion sources, ion optics, ion separators, and ion detectors, all elements physicists developed over the years for various applications, from uranium enrichment in the post-war period to ion beam lithography in semiconductor production. If, however, we expand from elemental ions to molecular ions a completely new research field opens up: biological mass spectrometry. That in turn has revolutionized biological and biomedical research as it is the basis of all '-omics' technologies. Now a new revolution is happening, driven largely by Dutch research, the development of molecular microscopes that can study complex organic surfaces. New physical technology developments in mass spectrometry based chemical microscopes have now firmly established themselves in translational research. They target biomedical tissue analysis in various diseases as well as other chemically complex surfaces. In concert they elucidate the way in which local environments can influence molecular signalling pathways on various scales, from molecule to man. It is just one of the ways in which physics and vacuum technol-



ogy end up in the clinic. In Maastricht, we are developing molecular microscopes to make medical treatments more precise through multiple instrumentation innovations. This lecture will describe several recent innovations in mass spectrometry based ion imaging.

Pushing solar energy conversion beyond today's efficiency and cost limits

Rutger Schlatmann, Helmholtz-Zentrum Berlin



Despite significant progress made in lowering electricity generation costs during the past decades, an increase of the power conversion efficiency of photovoltaics provides the most important leverage for further reducing the levelized cost of electricity (LCOE), the key indicator in a competitive energy market and a powerful enabler for the transition to a sustainable energy system by further electrification of sectors such as transport, heating/cooling and energy-intensive industry. The talk will discuss the development of materials, deposition processes and solar cell device concepts to realize new photo-

voltaic devices surpassing today's efficiency limit at low cost, which should lead to long-term stable PV module technology with conversion efficiency above 30 %, i.e. beyond the fundamental Shockley-Queisser limit for today's dominant silicon technology.

More specifically, the opportunities opened up by the new class of perovskite absorber materials, in combination with established absorbers such as silicon, chalcopyrites (Cu(In,Ga)(S,Se)₂) in multijunction solar cells, will be discussed in some detail.

Recent developments in optics for EUV lithography

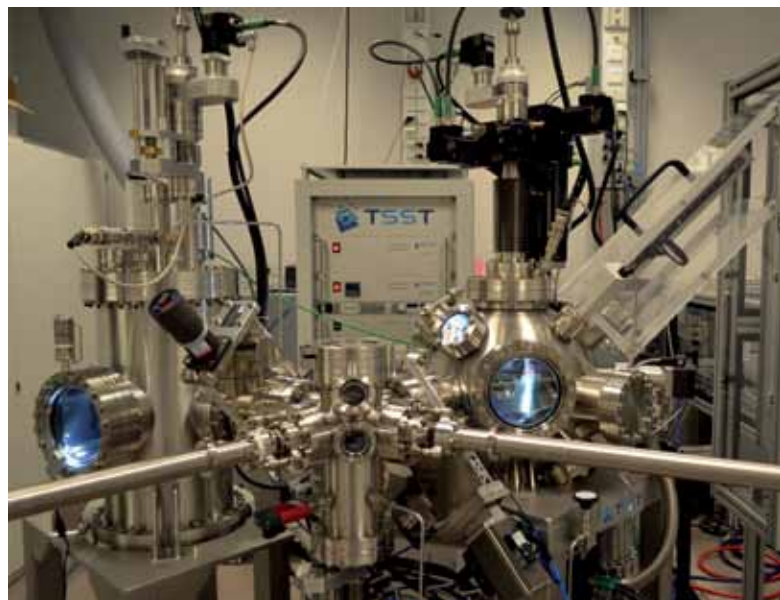
Marcelo Ackermann, XUV optics group, University of Twente

The peak reflectance of multilayer reflective optics is generally considered to be the key parameter of an EUVL optical system, but the bandwidth of the multilayers is equally important since it also determines the transmission of the system.

In reality, there are much more factors that determine the optics performance. For instance the figure of the optics, with nm accuracy, and how this is affected by the approximately half micron of multilayer coating on top, and the coating induced stress. Furthermore lifetime issues, radiation induced damage, thermal stability, oxidation and cleaning resistance.

In this talk we will present the present status of the multilayer coated optics, including the latest achievements.

Deposition set-up to develop piezo layers for adaptive optics in the NanoLab of MESA+, University of Twente.



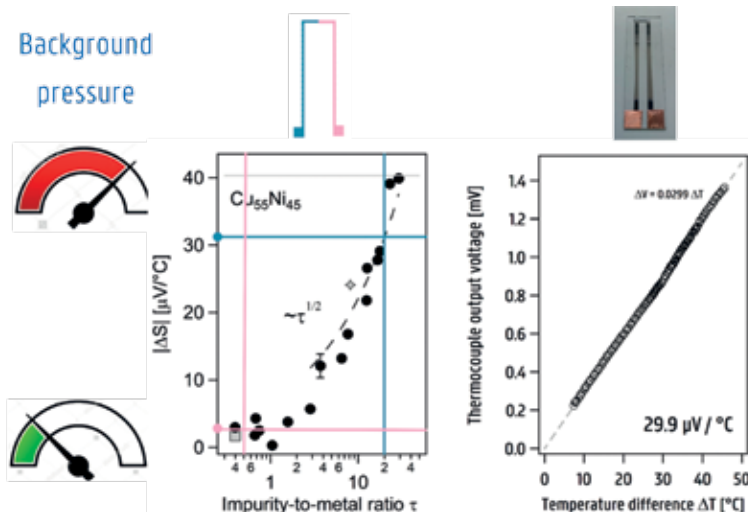
Impurity dominated film growth

D. Depla, F. Cougnon, R. Dedoncker, A. Dulmaa

Ghent University, Department of Solid State Sciences, Research group DRAFT

Diederik.Depla@ugent.be

It is a well-known fact that the growth of metal thin films by physical vapour deposition is affected by the presence of contaminants or impurities. This is understandable due to the high chemical reactivity of metal thin films. First results have already been reported in the earlier seventies of the previous century. A surprising point when analyzing this older work is the presence of a power law between the domain size and the impurity-to-metal impingement flux ratio. In this paper the correlation between the domain size on the one hand, and the impurity-to-metal impingement flux ratio was studied in more detail for different materials for metals (Cu, Cr, Al), binary alloys (NiCr, CuNi) and complex alloys (CoCrCuFeNi). The thin films were deposited by DC magnetron sputtering, and the impurity flux was controlled by leaking air in the vacuum chamber. The domain size was determined by XRD which permits also to study the thin film texture and the behaviour of the lattice parameter. The analysis revealed that a power law behaviour between domain size and the impurity-to-metal impingement flux ratio was valid for all studied materials. Further, the materials could be separated in two groups depending on the power law exponent, and some interesting textural changes



could be observed. Moreover, a linear correlation between the lattice parameter and the impurity-to-metal impingement flux ratio was observed for most materials. This material (in) dependency is intriguing which asks for a rather general valid explanation. Some of the possible reasons for this behaviour will be discussed in this paper.

NEVAC Prize 2020 winner

Coverage-dependent metal-organic coordination networks on Au(111)

Brian Baker, Zernike Institute for Advanced Materials, University of Groningen,
b.d.baker@rug.nl

The NEVAC Prize 2020 has been awarded to Brian Baker, PhD student in the Surface Science group of Meike Stöhr. His prize winning paper has been published in *NEVAC blad* 2020-3 (nevac.nl/NEVAC_Blad/Archief.php).

The advent of supramolecular chemistry (its importance was recognized by awarding the Nobel Prize in Chemistry in 1987) for the controlled fabrication of well-ordered and potentially functional three-dimensional (3D) molecular structures has granted the tools for the fabrication of two-dimensional (2D) surface-supported structures at the nanoscale. A particular type of 2D nanostructures – known as metal-organic coordination networks (MOCNs) – possess promising applications in gas storage, catalysis and energy conversion chemistry.

The formation of 2D MOCNs is driven by molecular self-assembly by linking organic molecules to metal atoms supported on a surface. In terms of molecular building blocks, porphyrins have shown to be stable candidates for the construction of MOCNs. However, the influence of molecular coverage (i.e., the amount of molecules on the surface) on the self-assembly of MOCNs has been rarely addressed. Herein, we present a study



of the influence of molecular coverage in the formation of two structurally different porphyrin-based MOCNs on Au(111) by means of scanning tunneling microscopy (STM) under ultra-high vacuum (UHV) conditions.

EUV lithography and its vacuum of a kind

Gosse de Vries (ASML, Veldhoven)

ASML's contribution to Moore's law is providing lithographic tools that enable further shrinkage of the patterns exposed in photo resist. The introduction of ultra-short EUV wavelength yields a big step in imaging smaller patterns. However, EUV light is absorbed by air, hence the total optical light path has to be in vacuum. In practice it turned out that ordinary vacuum was not a good idea. The talk will address the reasons why, the applied solutions and some of the current research activities.

Veldhoven cleanroom -
EUV workcenter.



The impact of capillary adhesion on friction: from single asperity to multi asperity interfaces

Bart Weber, ARCNL



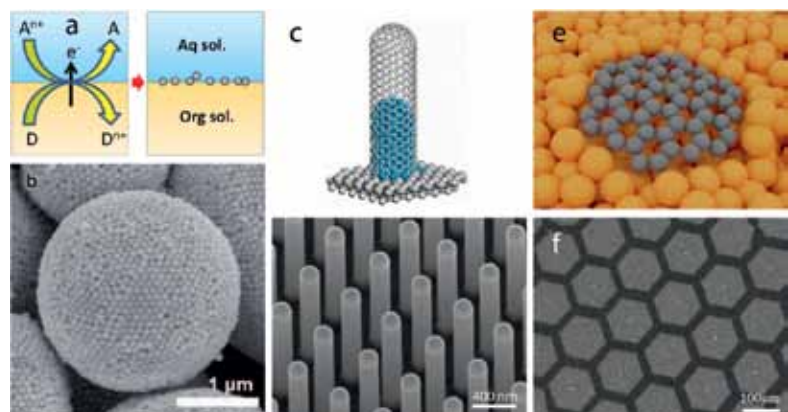
Nano-photolithography is the process by which silicon wafers are patterned with nanometre-scale structures in the production of semiconductor chips for use in computers, smartphones and other digital devices. In the lithography machines, friction occurs between the wafer and the wafer support, when the wa-

fer is pulled flat against the support prior to illumination and when it is released afterwards. This friction results in stresses and deformations in the wafer and in the support. While the friction forces are transmitted at the bottom side of the wafer, the deformations that result from these friction forces are 'visible' at the top of the wafer and in fact limit the accuracy and repeatability with which the wafer can be positioned: positioning accuracy and repeatability are among the most critical specifications of a lithography system, because chips typically consist of dozens of layers that need to 'sit' straight on top of each other while the wafer has to enter and exit the nanolithography machine for processing after each layer has been illuminated. To sustain Moore's law, ever tighter constraints on the positioning accuracy, necessary to reach ever smaller feature sizes in semiconductor chips, rapidly approach the scale of only a few atomic spacings, while the entire wafer has a diameter of 30 cm. Understanding and manipulating friction across the scales, is therefore crucial. In this talk we will discuss some of the approaches towards understanding of and control over friction that are investigated in the Contact Dynamics group at ARCNL.

Formation of two-dimensional materials on liquid metal catalysts: An in situ investigation

Mehdi Saedi, Irene Groot, Leiden institute of Chemistry, Leiden University

Liquid metal catalysts (LMCats) (e.g. molten copper) can provide a new mass-production method for two-dimensional materials (2DMs) (e.g. graphene) with significantly higher quality, speed, and economical efficiency. To reach such technological excellence, first the physical/chemical properties of LMCats, and the growth mechanisms of 2DMs on LMCats should be investigated. We have developed a unique reactor, capable of in situ characterization of graphene formation on molten copper at ~ 1370 K under reactive CVD conditions. This is achieved by protecting reactor's optical and X-rays windows from the evaporating LMCat and intense heat, using a specific gas-flow patterns inside the reactor. The reactor has been successfully used to detect graphene on molten copper and monitor its nucleation and growth kinetics via in situ optical microscopy, their atomic structures by in situ synchrotron X-ray diffraction, and



their chemical state by in situ Raman spectroscopy. A myriad of interesting phenomena has been observed, indicating the strong scientific and industrial potentials for this new field of research.

Oxide Surfaces at the Atomic Scale

Ulrike Diebold, Institute of Applied Physics, TU Wien, Vienna, Austria

The application of ultrahigh-vacuum based surface science techniques has contributed tremendously to the fundamental understanding of molecular-scale mechanisms that underlie advanced technologies including semiconductor processing, catalysis, and novel electronic devices. On metal oxides such investigations are particularly rewarding – this class of materials spans an extremely wide range of physical and chemical properties, and plays a central role in many technical areas. The talk will discuss recent experimental advancements, e.g. how the latest generation of Scanning Probe Microscopes allows to not only image atomic-scale properties of surfaces, such as reconstructions [1] or compensation mechanisms of intrinsic polarity [2], but also how to probe fundamental properties molecule-by-molecule, including the charge state of adsorbed O_2 molecules [3] or measuring the proton affinity of individual hydroxyls [4]. By using appropriate model systems, reaction mechanisms at single-atom catalysts [5] and the oxygen incorporation into cathodes of solid oxide fuel cells can be tackled [6]. Time permitting, the perennial challenge of combining UHV-based studies with ‘realistic’ environments will also be addressed [7].



References

- 1 R. Bliem, et al. Subsurface Cation Vacancy Stabilization of the Magnetite (001) Surface, *Science*, **346** (2014) 1215.
- 2 M. Setvin, et al. Polarity compensation mechanism on the perovskite surface $KTaO_3(001)$, *Science*, **359** (6375), (2018) 572-575.
- 3 M. Setvin, et al., Electron Transfer between Anatase TiO_2 and an Adsorbed O_2 Molecule: Direct Observation by Atomic Force Microscopy *Proc. Natl. Acad. Sci.*, **114** (13) (2017) E2556–E2562.
- 4 M. Wagner et al., Assessing of the proton affinity of individual surface hydroxyls, submitted.
- 5 Z. Jakub, et al., Local Structure and Coordination Effects Define Adsorption in a Model Ir/Fe_3O_4 Single-Atom Catalyst, *Angew. Chemie Intl. Ed*, **7** (2019) 2559.
- 6 M. Riva, et al., Influence of Surface Atomic Structure Demonstrated on Oxygen Incorporation Mechanism at a Model Perovskite Oxide, *Nature Comms*, **9** (2018) 3710.
- 7 J. Balajka, et al. High Affinity Adsorption leads to Molecularly Ordered Interfaces on Model TiO_2 in Air and Solution, *Science*, **361** (2018) 768-789.

Join the NEVAC network

Become a member now



Receive <i>NEVAC blad</i> 3× per year	Annual fee
Contact with colleagues	Membership € 20,-
Excursions	Student membership € 5,-
Symposia	Company membership € 150,-

Company members: Membership registration:
 Business listing at NEVAC website www.nevac.nl

Exploring the physics and chemistry of nanolithography

The advent of EUV lithography technology, using extreme ultraviolet light ($\lambda = 13.5$ nm), has opened a new chapter in semiconductor chip processing. In parallel, this development also opened a new world of largely unexplored scientific questions and frontiers of research. The Advanced Research Center for Nanolithography (ARCNL) is a young research institute devoting its attention to the fundamental understanding of the physics and chemistry in numerous different aspects of EUV nanolithography. ARCNL is a public-private partnership between the two universities in Amsterdam, the UvA and the VU, the Dutch Research Council NWO, and the semiconductor equipment manufacturing company ASML. Topics at ARCNL range from the generation of EUV light, its manipulation and its imaging properties, all the way to light-matter interaction, materials science, surface chemistry, and degradation and wear of materials. The strong interaction of EUV light with all matter dictates several aspects of EUV lithography, including the utilization of multilayer mirror optics and a vacuum-based operating environment, and strongly pervades the research program of ARCNL.

Roland Bliem, Jan Verhoeven, and Joost Frenken
Advanced Research Center for Nanolithography,
Science Park 106, 1098XG Amsterdam, The Netherlands



Figure 1 The home of ARCNL: The laboratories and offices of ARCNL occupy most of the first two floors of the Matrix-VII building in the Amsterdam Science Park.

The dominating, new role of vacuum in EUV lithography technology can be recognized in the research at ARCNL, in particular in the groups related to light generation and materials science. The research at ARCNL is organized in three departments: *Source*, *Metrology*, and *Materials*, each concentrating on a thematic area of significant relevance to EUV lithography. In the following, we provide a brief overview of activities in these departments, in which vacuum plays an important role.

Source

The central theme in the *Source Department* is the generation of EUV light. The EUV Plasma Processes group, headed by Oscar Versolato, Wim Ubachs and Ronnie Hoekstra, studies the physics of EUV-light-generating laser-produced plasma, which is the EUV light source of choice in ASML's nanolithography tools. The group employs a tin microdroplet generator in combination with high-energy pulsed solid-state laser systems to generate hot and dense plasma. A wide variety of properties of the tin droplets, the plasma, and the generated light is investigated at the fundamental level. These experiments take place under high-vacuum conditions. High-speed shadowgraphy is used to probe the laser-induced propulsion and deformation of the microdroplets as well as their fragmentation. Spectroscopic tools, covering the optical, deep-ultraviolet, and EUV domains, probe the temperature and density of the tin plasma, its charge state distribution, effects of self-absorption, and the line- and continuum emission of the EUV light. The efforts of the Ion Interactions group also go into the formation and

ejection of fast ions from the plasma into the vacuum and their scattering with the low-pressure background gas.

Metrology

The *Metrology Department* focuses on new methods for microscopy and metrology in the context of nanolithography. Special attention is paid to the generation of EUV light using high-harmonic generation (HHG), for example in the High-Harmonic Generation and EUV Science group, led by Peter Kraus, and in the EUV Generation & Imaging group, led by Stefan Witte and Kjeld Eikema. In HHG, a large number of infrared photons in a femtosecond pulse is combined in a highly non-linear process, to produce coherent light of extreme-ultraviolet (10-100 nm) or even soft-X-ray (1-10 nm) wavelengths. This provides ultrashort light pulses at a broad range of well-defined, high photon energies, that can be used for ultrafast spectroscopy and a variety of imaging applications that exploit the coherence of the generated light. The very short wavelengths produced by the HHG process introduce stringent vacuum requirements, simply because of the extremely strong absorption of EUV light, even in regular air.

Materials

The *Materials Department* concentrates on a range of fundamental materials properties that play a decisive role in EUV lithography technology. At ARC-NL, there is a strong focus on *in-situ* surface characterization, aimed to unravel the elementary steps of evolution, degradation and wear of surfaces and interfaces under the challenging conditions in nanolithography devices. The Contact Dynamics group, headed by Bart Weber and Steve Franklin, for example, investigates fundamental aspects of friction, lubrication and wear with relevance to positioning challenges of semiconductor wafers and so-called reticles (the 'masks') in the nanolithography process. In lithography machines, friction forces exerted at the interface of the wafer and

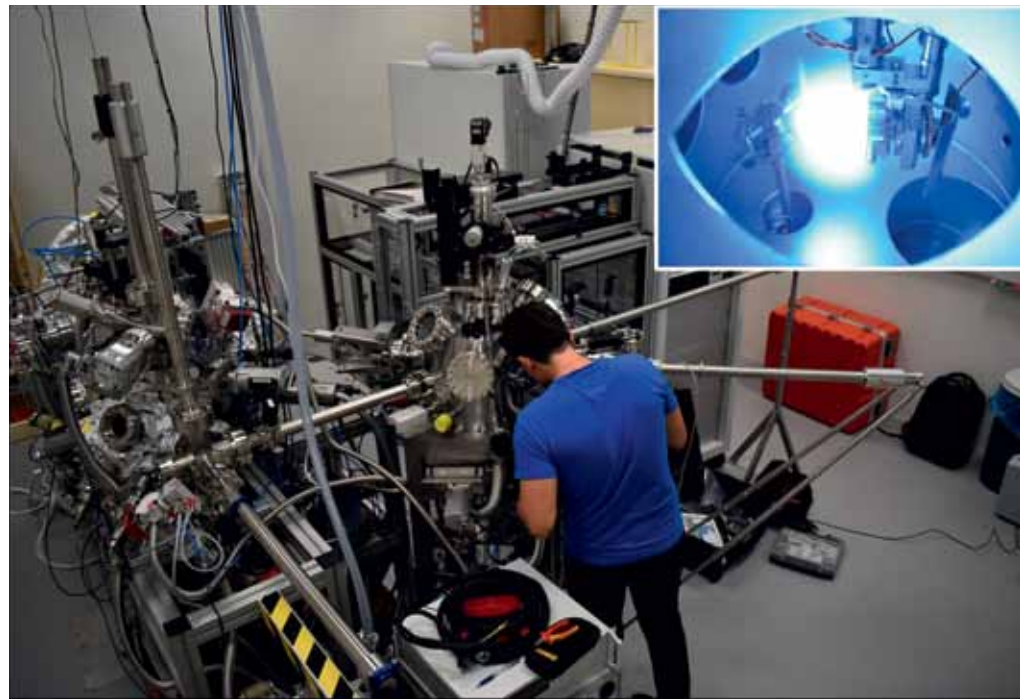


Figure 2 Combined setup for pulsed laser deposition (PLD) and near-ambient-pressure X-ray photoelectron spectroscopy (NAP-XPS) for *in-situ* experiments at pressures up to 20 mbar (Materials and Surface Science for EUV lithography group). Inset: PLD plasma plume created by ablating SrTiO₃ using a KrF Excimer laser pulse (248 nm, 20 ns).

the wafer support influence the overlay accuracy of the photolithographic patterning. The environment, in which the frictional contact is established, plays a crucial role — for instance because thin water films or oxide layers influence the local adhesion, friction and wear. Our universal mechanical tester is a high-vacuum instrument that addresses precisely this issue by allowing us to perform environmentally controlled friction experiments.

The Materials and Surface Science group, headed by Roland Bliem, studies the surface properties of materials relevant to EUV lithography with a focus on thin-film alloys and their evolution as a function of temperature and gas environment. For the challenging conditions in nanolithography, the unique mechanical and chemical properties of amorphous films deserve particular attention, giving their growth and analysis a central role in the group's research program. While ultra-high vacuum conditions are ideal for the characterization of pristine surfaces, a near-ambient-pressure x-ray photoelectron spectroscopy setup al-

lows us to follow the evolution of surface chemistry beyond perfect surfaces, closer to the actual operating conditions in nanolithography machines. Pressures in the mbar regime and high temperatures are possible; three differential pumping stages keep the pressure in the hemispherical electron analyzer low, while the X-ray source is separated from the experimental chamber by a thin Si-nitride window. Low background pressures and well-defined atmospheres are essential for determining the elementary steps of oxidation, reduction, and degradation processes of reactive metal thin films and the structure-dependent stability of their surfaces at elevated pressures and temperatures.

The Nanolayers group, led by Joost Frenken, conducts experiments on the deposition and evolution of thin films, with an emphasis on materials with relevance in the context of EUV optics. Special attention is devoted to the structure of metal films in their initial growth stages, during which the arriving atoms interact with the substrate and nucleation of the overlayer takes place. In addition to the

growth, also the changes in the films are investigated when they are exposed to changes in temperature and to impinging electrons, ions, radicals, and photons. The aim of the experiments is to correlate the structure of the films with the applied deposition technique and the precise deposition conditions and to relate this structure to relevant properties of the films, such as their stability and their permeability to e.g. hydrogen or oxygen. The experiments are conducted in ultrahigh vacuum and combine a suite of surface-science techniques for preparation and characterization of surfaces and thin films, most notably scanning tunneling microscopy. One of our STM systems has the capability to monitor a surface with atomic resolution, while a thin film is building up on it or while it is being exposed to a beam of e.g. ions or radicals.



Figure 3 Ultra-high vacuum setup for in-situ scanning tunneling microscopy during deposition by e-beam evaporation (Nanolayers group). Insets (a) and (b) show views of the STM and sample holder, inside the UHV vessel. This system was developed previously at Leiden University by Vincent Fokkema and Marcel Rost.

Please, visit our website, www.arcnl.nl, in order to learn more about our mission, our research program, and the career opportunities that we may have for you. We look forward to giving you a brief look into our laboratory during the online ARCNL lab tour at the NEVAC Symposium on 18 May 2021.

NEVAC ALV 2021

De Algemene Ledenvergadering van de NEVAC vindt dit jaar online plaats op woensdag 12 mei om 19.30 uur.

U kunt zich opgeven voor deelname aan de vergadering via het formulier op nevac.nl



Conceptagenda NEVAC ALV 2021

1. Opening
2. Vaststellen agenda
3. Bestuursmutaties
4. Mededelingen
5. Conceptnotulen van de ALV 17 mei 2019, Radboud Universiteit Nijmegen, p. 27
6. Jaarverslagen van de commissies
 - Commissie Opleidingen, p. 31
 - Redactie NEVAC blad / Website
7. Financieel overzicht 2019 en 2020 en begroting 2021, p. 28-30
8. Verslag van de Kascommissie, p. 30
 - Decharge bestuur
 - Benoeming nieuwe kascommissie
9. Rondvraag
10. Sluiting

Notulen NEVAC ALV 2019

17 mei 2019, Radboud Universiteit Nijmegen

Aanwezig: Ingmar Swart (voorzitter), Ad Ettema (penningmeester), Dick van Langeveld (voorzitter Commissie Opleidingen) en Jan van Kessel (secretaris). **Aangezien iedereen in de zaal bleef is het aantal NEVAC-leden niet geteld.**

1. Opening

De voorzitter Ingmar Swart opent de vergadering om 12:07 en heet iedereen welkom.

2. Vaststellen van de agenda

Er wordt het punt Applied Vacuum Technology Training toegevoegd onder jaarverslagen van de commissies.

3. Mededelingen

Er zijn geen mededelingen van het bestuur.

4. Conceptnotulen van de Algemene Leden Vergadering 20-04-2018 op de Universiteit Twente

De conceptnotulen van de Algemene Ledenvergadering 2018 in Enschede worden zonder wijzigingen aangenomen en bij deze vastgesteld.

5. Jaarverslagen van de Commissies

• Commissie Opleidingen

De gegevens betreffende de examens van 2018 zijn in het *NEVAC blad* weergegeven. EVT: 13 kandidaten, 10 geslaagd, VT: 20 kandidaten, 15 geslaagd. Ondertussen zijn ook de NEVAC-examens 2019 afgerond. EVT: 27 kandidaten, 25 geslaagd, VT: 28 kandidaten, 26 geslaagd. Dit is een heel mooie score in aantal en geslaagden.

Er is door de commissie opleidingen een opzet gemaakt voor een driedaagse training ten behoeve van Masterstudenten, AIO's en promovendi. Een folder is bij Dick van Langeveld te verkrijgen.

• Excursiecommissie

Rob Klöpping is niet aanwezig, maar er heeft een uitgebreid verslag van de reis naar Japan in het *NEVAC blad* gestaan. Voor 2020-2021 zijn er weer plannen om een reis te organiseren. Ideeën zijn welkom. Ook wordt er een verzoek gedaan voor een nieuw lid voor deze commissie.

• Redactie *NEVAC blad* / website

Hans van Eck meldt dat het blad goed loopt. De verzorging door Claud Biemans is uitstekend. De website is geheel vernieuwd door Claud Biemans en nu in stijl met het *NEVAC blad*.

6. Financieel overzicht 2018 en begroting 2019

Ad Ettema geeft een toelichting op het in het *NEVAC blad* gegeven overzicht 2018 en de begroting 2019. Er valt op dat er op de resultaatrekening een tekort is van € 5666,73. Dit is toe te wijzen aan de duurder uitgevallen reis naar Japan.

7. Verslag Kascommissie

Decharge bestuur

De Algemene Leden Vergadering gaat akkoord met de decharge van het bestuur betreffende het jaar 2018.

Benoeming nieuwe kascommissie

Rients de Groot is nog een keer beschikbaar en Theo Klinkhamer meldt zich aan komend jaar zitting te nemen in de kascommissie.

8. Bestuursmutaties

Ingmar Swart zou als voorzitter terugtreden en Sense Jan van der Molen zou hem opvolgen als voorzitter, maar door omstandigheden is Sense Jan op dit moment hier niet toe in staat. Er wordt voorgesteld dat Ingmar nog een jaar voorzitter blijft. De vergadering gaat hiermee akkoord.

9. Rondvraag

De Heer Beukema heeft een vraag betreffende de LinkedIn-gegevens van de NEVAC. Hij wordt doorverwezen naar Ad Ettema die dit heeft geregeld.

10. Sluiting

Ingmar Swart sluit de vergadering om 12:25 met dank aan alle aanwezigen.

Financieel jaarverslag 2019

Resultaatrekening

Inkomsten			Uitgaven		
Contributies			Bestuurskosten	€	50,00
<i>studentleden</i>	4	€ 20,00	Bank- en administratiekosten	€	897,73
<i>gewone leden</i>	168	€ 3.360,00	IUVSTA	€	750,00
<i>bedrijfsleden</i>	46	€ 6.900,00	Website	€	81,66
BBVT	10	€ 710,00	BBVT	€	141,25
NEVAC blad		€ 5.000,00	NEVAC blad	€	10.875,77
NEVAC-dag		€ 3.500,00	NEVAC-dag	€	6.650,09
Opleidingen		€ 1.257,94	NEVAC-prijs	€	1.000,00
Excursie		€ -	Excursie	€	450,00
Renten		€ 41,56			
Tekort		107,00			
Inkomsten totaal		€ 20.896,50	Uitgaven totaal		€ 20.896,50

Balans per 31 december 2019

Activa			Passiva		
Kas		€ -	Crediteuren		
Betaalrekening		€ 6.139,58	- royalties BBVT 2019	€	81,25
			- verzendkosten BBVT 2019	€	60,00
Spaartegoeden		€ 75.000,00			
Kas Cie Opleidingen		€ 10.140,17			
Debiteuren		€ -	Eigen vermogen	€	91.245,50
BBVT in voorraad	332		Saldo resultaat	€	-107,00
Totaal Activa		€ 91.279,75	Totaal passiva		€ 91.279,75

Begroting 2019

Inkomsten			Uitgaven		
Contributies			Bestuurskosten	€	500,00
<i>studentleden</i>	5	€ 25,00	Bank- en administratiekosten	€	1.000,00
<i>gewone leden</i>	160	€ 3.200,00	IUVSTA	€	750,00
<i>bedrijfsleden</i>	55	€ 8.250,00	Excursies	€	1.000,00
BBVT	40	€ 2.600,00	BBVT	€	500,00
NEVAC blad		€ 6.000,00	NEVAC blad	€	15.000,00
NEVAC-dag		€ 3.500,00	NEVAC-dag	€	5.000,00
Opleidingen		€ 3.500,00	NEVAC-prijs	€	1.000,00
Renten		€ 100,00	Website	€	1.500,00
			Saldo	€	925,00
Inkomsten totaal		€ 27.175,00	Uitgaven totaal		€ 27.175,00

Begroting 2020

Inkomsten				Uitgaven	
Contributies				Bestuurskosten	€ 50,00
<i>studentleden</i>	5	€	25,00	Bank- en administratiekosten	€ 1.000,00
<i>gewone leden</i>	170	€	3.400,00	IUVSTA	€ 750,00
<i>bedrijfsleden</i>	45	€	6.750,00	Excursies	€ 500,00
BBVT	10	€	750,00	BBVT	€ 181,25
NEVAC blad		€	5.000,00	NEVAC blad	€ 15.000,00
NEVAC-dag		€	3.500,00	NEVAC-dag	7.000,00
Opleidingen		€	1.000,00	NEVAC-prijs	€ 1.000,00
Renten		€	40,00	Website	€ 100,00
				Saldo	€ -5.116,25
Inkomsten totaal		€	20.465,00	Uitgaven totaal	€ 20.465,00

Financieel jaarverslag 2020

Resultaatrekening

Inkomsten				Uitgaven	
Contributies				Bestuurskosten	€ -
<i>studentleden</i>	4	€	20,00	Bank- en administratiekosten	€ 1.190,04
<i>gewone leden</i>	143	€	2.860,00	IUVSTA	€ 750,00
<i>bedrijfsleden</i>	53	€	7.950,00	Website	€ 82,22
BBVT	3	€	225,00	BBVT	€ 54,38
NEVAC blad		€	4.750,00	NEVAC blad	€ 15.614,98
NEVAC-dag		€	-	NEVAC-dag	€ 813,30
				NEVAC-prijs	€ 1.000,00
				Opleidingen	€ 334,68
Renten		€	37,51		
Tekort			3.997,09		
Inkomsten totaal		€	19.839,60	Uitgaven totaal	€ 19.839,60

Balans per 31 december 2020

Activa		Passiva	
Kas	€ -	Crediteuren	€ 54,38
Betaalrekening	€ 7.315,30		
Spaartegoeden	€ 70.000,00		
Kas Cie Opleidingen	€ 9.805,49		
Debiteuren	€ 75,00		
		Eigen vermogen	€ 91.138,50
		Saldo	€ -3.997,09
Totaal Activa	€ 87.195,79	Totaal passiva	€ 87.195,79

Begroting 2021

Inkomsten				Uitgaven	
Contributies				Bestuurskosten	€ -
<i>studentleden</i>	5	€	25,00	Bank- en administratiekosten	€ 1.250,00
<i>gewone leden</i>	150	€	3.000,00	IUVSTA	€ 750,00
<i>bedrijfsleden</i>	55	€	8.250,00	Excursies	€ -
BBVT	3	€	195,00	BBVT	€ -
NEVAC blad		€	4.500,00	NEVAC blad	€ 15.000,00
NEVAC-dag		€	3.500,00	NEVAC-dag	€ 5.000,00
Opleidingen		€	1.500,00	NEVAC-prijs	€ 1.000,00
Renten		€	50,00	Website	€ 100,00
				Saldo	€ -2.080,00
Inkomsten totaal		€	21.020,00	Uitgaven totaal	€ 21.020,00



Verslag kascommissie 2020

Heeze, Zeist, 30 maart 2020

De kascommissie heeft de financiële administratie van de NEVAC voor het jaar 2019 in goede staat aangetroffen. Het jaar 2019 is afgesloten met een licht negatief saldo. Alle uitgaven van 2019 zijn met nota's gedekt en traceerbaar en er zijn geen malversaties aangetroffen.

De kascommissie heeft ook inzage in de financiële administratie van de Commissie Opleidingen gehad en deze akkoord bevonden.

De kascommissie adviseert om de financiële afrekening over het boekjaar 2019 vast te stellen en het bestuur de-charge te verlenen van zijn verantwoordelijkheid.

De Kascommissie
Rients de Groot
Theo Klinkhamer

Verslag kascommissie 2021

Heeze, Zeist, 7 april 2021

De kascommissie heeft weer op afstand de financiële administratie van de NEVAC voor het jaar 2020 gecontroleerd en in goede staat aangetroffen. Het jaar 2020 is afgesloten met een flink negatief saldo. Alle uitgaven van 2020 zijn met nota's gedekt en zijn traceerbaar.

De kascommissie adviseert om de financiële afrekening over het boekjaar 2020 vast te stellen en het bestuur de-charge te verlenen van zijn verantwoordelijkheid.

De Kascommissie
Rients de Groot
Theo Klinkhamer

Wie komt ons bestuur versterken?



Recentelijk heeft onze secretaris Jan van Kessel besloten een stapje terug te zetten. Daarnaast loopt de termijn van onze penningmeester Ad Ettema af en zal hij zich niet nogmaals verkiesbaar stellen.

Daarom zoeken we per direct een competente **secretaris** (m/v) en **penningmeester** (m/v) voor het NEVAC-bestuur.

Een positie als bestuurslid biedt je/u de kans om NEVAC mede te vormen en waar nodig te vernieuwen. De tijdsbelasting valt mee.

Wij willen in het bijzonder onze leden uit het bedrijfsleven aanmoedigen om te solliciteren.

Meer informatie is te verkrijgen via het bestuur, via voorzitter@nevac.nl

Jaarverslag Commissie Opleidingen

Commissieleden:

A.D. van Langeveld (voorzitter), C.W. Hagen (TUD), Th. Mulder, H.J.M. Oerbekke, D. Schijve (Vactec), J.B.A. van Zon (Philips Nat.Lab.) en M.R. Zuiddam (TUD).

NEVAC-examens 2020:

In 2020 zijn geen NEVAC-examens afgenomen. Alle cursisten hebben een certificaat van deelname ontvangen voor de gevolgde lessen en kunnen desgewenst aan een volgend NEVAC-examen deelnemen. Om zich daarop voor te bereiden kunnen ze kosteloos opnieuw deelnemen aan de opleiding bij hun eerdere cursusleider.

Drie deelnemers van Urenco hebben het examen wel afgelegd, omdat hun loopbaan bepaald wordt door het al-of-niet behalen van het examen. Daarbij werden de COVID-19-regels in acht genomen. Van de drie is er een goed geslaagd, de andere twee gaan op voor het eerstvolgende examen.

De NEVAC-opleidingen

Voor het seizoen 2020-2021 worden de EVT- en VT-opleidingen door de cursusleiders (Theo Mulder en Dick van Langeveld) in nauw overleg met de belangrijkste opdrachtgevers georganiseerd. Dat kan inhouden dat de cursus op de klassieke wijze verzorgd wordt, maar dan uitsluitend voor een aantal geselecteerde medewerkers van de opdrachtgever, dan wel dat de lessen online verzorgd worden.

De NEVAC-examens 2021:

De examens in 2021 worden op 12 april van 14.00 tot 16.30 uur afgenomen, rekening houdend met de dan geldende coronamaatregelen.

1 april 2021

A.D. van Langeveld,
Voorzitter Cie Opleidingen

PHOENIX MOBILIS

Leak detection has never been easier



The **PHOENIX MOBILIS** is especially designed to be easy to use for fast and accurate leak detection...

where and when you need it!

- Clear and immediate results.
- Small in size, ideal for those difficult to reach places.
- Highly sensitive, particularly accurate to ammonia, helium or hydrogen.

Magnetic field resistant option available, providing reliable and repeatable measurements with no interruptions, even while the MRI is running.



Leybold Nederland B.V.
Floridadreef 102
NL-3565 AM Utrecht
sales.ut@leybold.com



Pioneering products. Passionately applied.

Leybold ECODRY 25 en 35 plus

Nieuwe compacte, ergonomische, energiezuinige vacuümpomp

Leybold breidt zijn ECODRY plus-productserie van droge meertraps Roots-vacuümpompen uit voor laboratorium-, onderzoeks- en ontwikkelings- en analytische toepassingen. De huidige ECODRY 40 en 65 plus-modellen worden nu gecombineerd met de nieuwe, kleinere pompmaten ECODRY 25 en 35 plus. Leybold compleeteert daarmee zijn assortiment stille, onderhoudsarme en zuinige voorvacuümpompen en vult de kloof tussen SCROLLVAC 18 plus en ECODRY 40 plus.

Een kenmerk van ECODRY plus, dat vooral belangrijk is in onderzoeksfaciliteiten en in analytische laboratoria, is het lage geluidsniveau. De nieuwe ECODRY 25 en 35 plus hebben ook een bijzonder compact ontwerp. Dankzij technische optimalisaties zijn de vacuümpompen kleiner en energiezuiniger dan concurrerende producten. Hierdoor bereiken we zeer hoge pompsnelheden met een relatief klein vloeroppervlak, wat betekent dat een compartiment sneller vacuüm kan worden gemaakt en dat een lagere eindruck wordt bereikt.



Bovenal zijn de nieuwe ECODRY 25 en 35 plus bijzonder stil, met een geluidsniveau van 52 dB(A). Een normaal gesprek heeft een geluidsniveau van ongeveer 55 dB(A), dus het is goed mogelijk om dicht bij de pomp te blijven en een normaal gesprek te voeren met het pompgeluid dat amper te horen is op de achtergrond.

Een ander voordeel van de nieuwe ECODRY 25 en 35 plus: ze stoten geen olie-

dampen of deeltjes uit. Dit is met name belangrijk in onderzoeksinstituten en laboratoria waar een schone werkomgeving essentieel is. De olievrije meertraps Roots-pompen ECODRY 25 en 35 plus hebben ook een onderhoudsinterval van vijf jaar. Tijdens die vijf jaar zijn ze volledig onderhoudsvrij.

Voor meer informatie:
www.leybold.com

Word nu NEVAC-lid

en ontvang driemaal per jaar het *NEVAC blad*

Andere voordelen

Contact met vakgenoten
Vakexcursies
Symposia

Kosten per jaar

Gewone leden € 20,-
Studenten en promovendi € 5,-
Bedrijfsleden € 150,-

Voor bedrijfsleden:

Vermelding op de NEVAC-website

U kunt zich aanmelden op

www.nevac.nl



Stel je voor: Berend Munneke

Waar werk je en wat is je functie?

Ik werk bij de mechanische afdeling van het Nikhef in Amsterdam als *research engineer*.

Hoelang werk je daar en wat deed je daarvoor?

In 1986 ben ik bij het Nikhef begonnen. Toen nog bij Nikhef-K (kernfysica). Ik zat in de groep versnellertechniek (GVT) en was toen betrokken bij koeling, energiebesparing, optimaliseren van regelventielen etc. In die tijd werd de temperatuur van het koelwater geregeld door pneumatisch bediende regelventielen met een vaan-tuitsysteem. Met die regeling konden we een temperatuurstabiliteit realiseren van 0,01 °C!

Welke opleiding(en) heb je gevolgd?

Ik heb de HTS werktuigbouwkunde in Groningen gedaan. Daarna allerlei cursussen, onder andere Vacuümtechniek.

Waarom ben je lid van de NEVAC?

Het is heel waardevol om over vacuüm vraagstukken te kunnen praten met mensen die bekend zijn met deze techniek.

Wanneer kwam je voor het eerst in aanraking met vacuümtechniek?

Bij de GVT ben ik in aanraking gekomen met vacuüm. We hadden toen nog een eigen elektronenversneller, MEA genaamd (Medium Energy Accelerator). Op een gegeven moment werd ik betrokken bij het ontwerpen van onderdelen die in het vacuüm geplaatst moesten worden. In die tijd heb ik ook de vacuüm cursus gedaan. Vanaf dat moment ben ik me steeds vaker met vacuüm gaan bemoeien. In die tijd ben ik ook lid geworden van de NEVAC.

Op welke manier heeft je werk te maken met vacuümtechniek?

Bij veel projecten is vacuüm nodig. Ik word dan gevraagd om een systeemontwerp te maken. Meestal doe ik dan ook het vervolgtraject. Vaak gaat het om redelijk eenvoudige systemen waarbij een einddruk van 10^{-6} mbar al voldoende is. Af en toe heb je echt een uitdaging. Zo heb ik eind jaren 90 een ontgassingsapparaat gebouwd waarmee de ontgassing van diverse materialen kan worden gemeten. Dit apparaat wordt nog steeds veel gebruikt.

Stel jezelf ook eens voor aan andere NEVAC-leden. Beantwoord de onderstaande vragen en mail de antwoorden en een foto aan redactie@nevac.nl



Op de foto sta ik bij het waterinlaatsysteem van de cryolink.

Verder begeleid ik stagiairs die met een opdracht bezig gaan waarbij vacuüm essentieel is.

Wat vind je het mooiste / boeiendste / indrukwekkendste dat je in je werk hebt meegemaakt op het gebied van vacuümtechniek?

In de tijd dat ik nog bij MEA werkte, kwam ik voor de uitdaging te staan om de einddruk in de stretcher/storage-ring te verbeteren, dit in verband met de *lifetime* van de bundel. De einddruk werd bepaald door waterstof. Na veel testwerk zijn er SAES-getters bij elke pomppoort van de ionengetterpompen geplaatst. Door deze modificatie werd de einddruk een orde beter, tot laag 10^{-10} mbar en uiteindelijk $<10^{-11}$ mbar.

In 2013 hebben we een grote cryolink (stikstof-cryopomp) voor Virgo, de zwaartekrachtgolfdetector in Italië, getest. De vraag was hoeveel water we konden verpompen voordat de druk ging stijgen. Al het water dat wordt ingelaten bevriest op de koude wanden van de cryopomp. We hadden verwacht dat het een aantal monolagen zou zijn, maar dat bleken er veel meer te zijn. De pomp was dus behoorlijk effectief. Nu staan we voor een nieuwe uitdaging: ETPathfinder. Een vacuümsysteem van 200 m³ en een gewenste einddruk van laag in de 10^{-9} mbar range.

Samengevat: Vacuüm blijft gewoon boeiend.

Heb je eventueel suggesties voor wat de NEVAC kan betekenen voor de leden?

Ik ben heel tevreden met wat de NEVAC allemaal voor ons doet. Wat ik wel een beetje mis is de werkgroep vacuümconstructies. Jaren geleden hadden we deze groep nog. Maar om de een of andere reden zijn we daarmee gestopt.

Agenda

16 april 2021

Fysica, and celebration 100 years Netherlands Physical Society NNV
TU Delft

12 mei 2021

Online algemene ledenvergadering NEVAC,
19.30 uur, aanmelden via nevac.nl

18 mei 2021

NEVAC-dag 2021, ARCNL Amsterdam, online
aanmelden via arcnl.nl/nevac

20 mei 2021

VCCN Minisymposium Product Cleanliness
High Tech Campus Eindhoven

27-30 juni 2021

ALD-ALE 2021
Tampa, Florida, VS

5-9 juli 2021

33rd International Vacuum Nanoelectronics Conference, Lyon, Frankrijk, online

11-14 oktober 2021

VASSCAA-10 & CVS 2021
Shanghai, China

24-29 oktober 2021

AVS 67th International Symposium & Exhibition
Charlotte, North Carolina, VS

16-18 november 2021

Space Tech Expo Europe
Bremen, Duitsland

21-26 november 2021

EVC 16
16th European Vacuum Conference
Marseille, Frankrijk

11-16 september 2022

22nd International Vacuum Congress
Sapporo, Japan

4-7 oktober 2022

Big Science Business Forum 2022
Granada, Spanje

Links naar websites: zie de agenda op www.nevac.nl

PFEIFFER  **VACUUM**

The new dry pump
by Pfeiffer Vacuum



HiScroll®

The extremely quiet, compact, oil-free pump. To reduce your carbon footprint.

- Dry** Ideal backing pump for low final pressures. Free of grease, oils and hydrocarbons.
- Sustainable** 15% higher efficiency, less heat generation and lower cooling requirements.
- Quiet** Low noise emission, low vibrations, self-regulating cooling.
- Intelligent** Adapted performance through intelligent use of sensor technology.

We drive sustainable solutions.

Are you looking for a perfect vacuum solution? Please contact us:
Pfeiffer Vacuum Benelux B.V. · T +31 345 478 400 · office@pfeiffer-vacuum.nl · www.pfeiffer-vacuum.com



HAXPES Lab - A window to the bulk

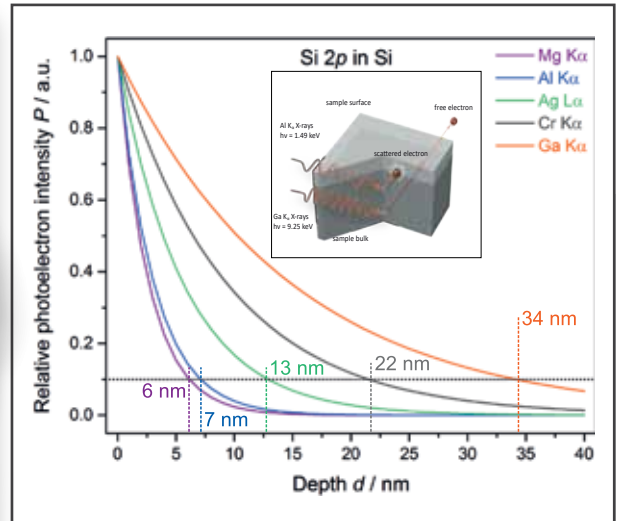


Figure 1. HAXPES using the Ga source offers 5x greater information depth, providing bulk sensitivity that is unavailable using conventional XPS.

- Robust laboratory based HAXPES solution
- Time scales comparable to synchrotron experiments
- Five times higher information depth than AlK α X-Rays
- High flux monochromated Hard X-rays at 9.25 keV
- Access to deep core levels
- Non-destructive measurements of buried interfaces
- Bulk sensitive photoemission spectroscopy

Scienta Omicron's HAXPES Lab brings hard X-ray photoelectron spectroscopy (HAXPES) capability directly to the local laboratory environment. This novel system probes bulk sample properties and accesses deep core level electrons via photoelectron spectroscopy (XPS) without the need for a synchrotron end station.

For further questions please contact us:
info@scientaomicron.com

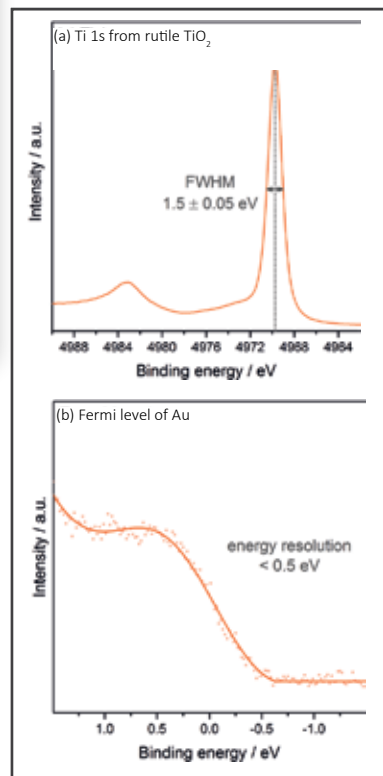


Figure 2 (a) HAXPES Lab provides unprecedented access to deep core levels, as shown in this example of a Ti 1s spectrum.

(b) Fermi edge of Au shows total instrument resolution < 0.5 eV.

