

# NEVAC *blad*

JAARGANG 48 / UITGAVE 2

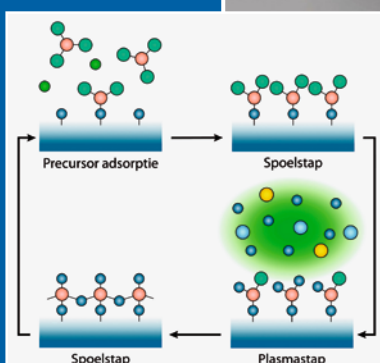
## NEVAC en HET Instrument 2010

**HET  
INSTRUMENT  
2010**



### Verder in de uitgave:

- Voorwoord
- Atoomlaagdepositie voor het verbeteren van het rendement van silicium zonnecellen
- In memoriam Prof.dr. Jacob Kistemaker



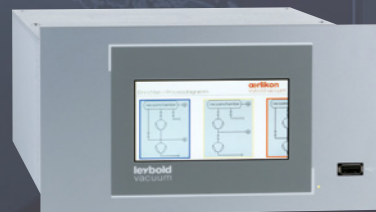
# VACVISION

## The new Vacuum Controller: Intelligent and multi-tasking.

The new **VACVISION** monitors and controls the entire vacuum process. The large TFT graphic display with touch panel offers intuitive operation, a guided configuration menu (wizard), simple hardware interfacing as well as plug and play functions.

The controller automatically detects up to three active vacuum gauge heads, five valves, one fore vacuum and one high vacuum pump.

**VACVISION** offers a basis for flexible vacuum system configuration and smart operation.



VACVISION controller benchtop version

Get the details at  
[oerlikon.com/leyboldvacuum](http://oerlikon.com/leyboldvacuum)

Oerlikon Leybold Vacuum Nederland B.V.  
Proostwetering 24 N  
3543 AE Utrecht  
T +31 30 24 26 330  
F +31 30 24 26 331  
sales.vacuum.ut@oerlikon.com  
[www.oerlikon.com/leyboldvacuum](http://www.oerlikon.com/leyboldvacuum)

**oerlikon**  
leybold vacuum

## Colofon

### Redactie

Dr. G. Palasantzas  
Dr. ir. B.J. Kooi

### Web-adres

[www.nevac.nl](http://www.nevac.nl)

### Redactiesecretariaat

Dr. G. Palasantzas / Dr. ir. B.J. Kooi  
Rijks Universiteit Groningen  
Applied Physics  
Zernike Institute for Advanced Materials  
Nijenborgh 4  
9747 AG Groningen  
telefoon: 050-3634272 / 050-3634896  
e-mail: [g.palasantzas@rug.nl](mailto:g.palasantzas@rug.nl) / [b.j.kooi@rug.nl](mailto:b.j.kooi@rug.nl)

### Adres abonnementsadministratie

Dr. A.R.H.F. Ettema  
SPECS Nanotechnology BV  
Delftechpark 26  
2628 XH Delft, The Netherlands  
Telefoon: +31 15 2600406  
Fax: +31 15 2600405  
e-mail: [ettema@specs-nanotechnology.nl](mailto:ettema@specs-nanotechnology.nl)

### Abonnementen

Binnenland € 25,- per jaar  
Buitenland € 35,- per jaar

### Advertentie-exploitatie en druk

AriëS Grafische vormgeving / Ben Mobach  
Torenberglaan 42  
5628 EP Eindhoven  
Telefoon 040-2422366 / 06 248 60 322  
e-mail: [ben.mobach@chello.nl](mailto:ben.mobach@chello.nl)

### Grafische vormgeving en realisatie

AriëS Grafische vormgeving / Ben Mobach  
Eindhoven

### Verschijningsstijpsten 2010

Tweede helft februari  
Eerste helft mei  
Tweede helft september  
Eerste helft december

### Diversen

Kopij inzenden naar het redactiesecretariaat. Lidmaatschap opgeven bij de ledenadministratie. Abonnementen opgeven bij abonnementsadministratie.

### Vergoeding kopij

Artikelen in het Nederlands van welke aard dan ook over vacuümtechniek en haar toepassingen worden door de redactie zeer op prijs gesteld. In bepaalde gevallen kan voor artikelen zonder commerciële achtergronden een vergoeding van € 20,- per pagina tekst worden gegeven. Voor studenten is er een kopij vergoeding van € 100,- per artikel.

ISSN 0169-9431

## Verenigingsgegevens

### Ereleden

L.G.J.M. Hassink, Stibbe 23, 2421 MR Nieuwkoop  
G. Ikking, Artemisstraat 34, 2624 ZN Delft  
† Prof.dr. J. Kistemaker, Jan Steenlaan 27, flat C2, 3723 BT Bilthoven  
† 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

Dr.ir. W.M.M. Kessels, voorzitter  
J.W.M. van Kessel, secretaris  
Prof.dr. P.M. Koenraad, vice-voorzitter  
Dr.A.R.H.F. Ettema, penningmeester

### Adres secretariaat

Jan W.M. van Kessel  
Heyendaalseweg 135, 6525 AJ Nijmegen, Postbus 9010, 6500 GL Nijmegen.  
Telefoon: 024-3653068, e-mail: [j.vanKessel@science.ru.nl](mailto:j.vanKessel@science.ru.nl)

### Adres ledenadministratie

p/a Dr.A.R.H.F. Ettema  
SPECS Nanotechnology BV, Delftechpark 26, 2628 XH Delft, The Netherlands  
Telefoon: +31 15 2600406, Fax: +31 15 2600405, e-mail: [ettema@specs-nanotechnology.nl](mailto:ettema@specs-nanotechnology.nl)

### Inlichtingen over opleidingen en examens

Dr.ir. E.P.Th.M. Suurmeijer  
Elzenlaan 11, 9321 GL Peize. Telefoon: 050-5032556, e-mail: [eptm.suurmeijer@kpnplanet.nl](mailto:eptm.suurmeijer@kpnplanet.nl)

### Penningmeester NEVAC

Postgiro 1851529, o.v.v.: Penningmeester NEVAC, t.a.v. Dr.A.R.H.F. Ettema, Delftechpark 26, 2628 XH Delft

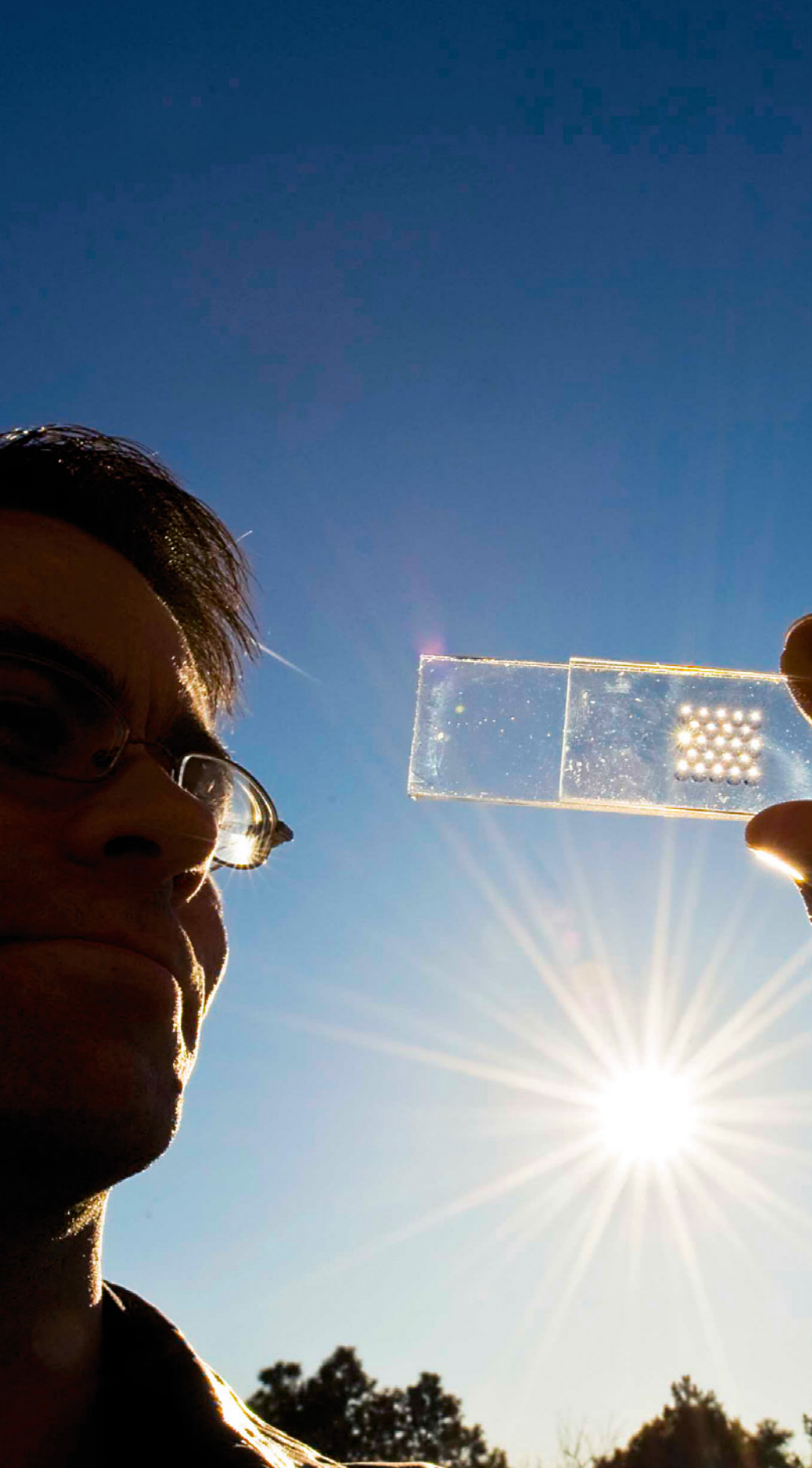
### Contributies

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

## Inhoud

Redactioneel	pagina 4
Voorwoord	pagina 5
Atoomlaagdepositie voor...	pagina 6
In memoriam Prof.dr. J. Kistemaker	pagina 10
Bijdragen	pagina 11
HET Instrument	pagina 13
Agenda	pagina 22





## Redactioneel

Na het uitvoerige voorwoord van de voorzitter van de NEVAC willen we graag nog het volgende toevoegen.

Dit tweede nummer van 2010 bevat naast de elementen die gericht zijn op HET Instrument een uitgebreid artikel over de Atoomlaagdepositie voor het verbeteren van het rendement van silicium zonnecellen. Toepassing van Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> aangebracht met atoomlaagdepositie leidt tot uitstekende oppervlaktepassivatie van c-Si. Zo verbeterde het rendement van een n-type zonnecel met 1% absoluut na toepassing van een ultradun Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> laagje op de p-type emitter.

Verder zijn er verschillende korte stukjes, bijvoorbeeld over de cursussen Praktijk vacuümtechniek die D&M Vacuümssystemen sinds 2003 aanbiedt en een voorbeeld van hoe veilig om te gaan met kijkvensters.

Ook een in memoriam voor Prof. Jacob Kistemaker, één van de oprichters en de eerste voorzitter van de NEVAC, mag niet ontbreken.

De sluitingsdatum van kopij voor het derde nummer van het NEVAC-blad 2010 is 1 november 2010.

## Voorwoord

### “The Sound of Vacuum”

Voor u ligt een speciale uitgave van het NEVAC blad, het tijdschrift uitgegeven door de Nederlandse Vacuümvereniging. Het betreft een speciale uitgave omdat deze editie deels gericht is op HET Instrument, het grootste technologie evenement van de Benelux. Deze tweejaarlijkse beurs vindt dit jaar plaats van 28 september tot 1 oktober in de RAI te Amsterdam. HET Instrument is ook de plek waar bezoekers en vertegenwoordigers van alle industrieën en toepassingsgebieden die vacuümtechnologie gebruiken massaal aanwezig zijn. Naast een vacuümcongres dat zal handelen over de nieuwste ontwikkelingen binnen vacuümtechnologie (op woensdagochtend 29 september) zal er dit jaar op HET Instrument ook sprake zijn van een heus Vacuümpaviljoen waar een groot aantal bedrijven op het gebied van vacuüm zich zullen presenteren. Tevens zijn er vacuümdemo's om zo vacuümtechnologie een aansprekende manier zicht- en tastbaar te maken bij de bezoekers. Dit alles zal plaatsvinden onder de noemer “The Sound of Vacuum”. Wat ons betreft voldoende aanleiding om HET Instrument onder de aandacht te brengen bij onze leden.

De grote aandacht voor vacuüm op HET Instrument is ook bij uitstek een gelegenheid om een ieder die geïnteresseerd is in vacuüm verder kennis te laten maken met de NEVAC en haar activiteiten. Dit is dan ook de reden dat we besloten hebben deze editie van het NEVACblad een speciaal tintje te geven en gratis te verspreiden onder de bezoekers van HET Instrument. Het speciale bestaat hem daarin dat deze uitgave niet enkel reguliere onderdelen bevat maar ook juist extra informatie over de NEVAC, waarbij een aantal bedrijfsleden van de NEVAC zich presenteren. Tevens zult u allerlei wetenswaardige aankondigingen en oproepen terugvinden die het actieve karakter van de NEVAC en haar leden, nu en in de toekomst, zullen onderstrepen.

Dit laatste brengt me op enkele nieuwe “elementen” binnen de NEVAC. Allereerst, om maar bij mezelf te beginnen, ben ik recentelijk als voorzitter aangetreden. Op de NEVAC jaarvergadering, tijdens de zeer geslaagde NEVACdag in Delft, heb ik de

voorzittershamer overgenomen met als ambitie om deze positie de komende 3 jaar met veel enthousiasme en verve te bekleden. Voor degenen die mij nog niet kennen, ik ben als universitair hoofddocent verbonden aan de Faculteit Technische Natuurkunde van de Technische Universiteit Eindhoven. Dit is ook de plek waar mijn voorganger, Prof.dr. Paul Koenraad (nu vice-voorzitter van de NEVAC) werkzaam is en die ik vanaf deze plek hartelijk wil bedanken voor zijn inspanningen voor de NEVAC in de afgelopen jaren.

Maar op mijn werk terugkomend, op de TU/e houd ik me bezig met depositie- en andere vacuümprocessen, al dan niet plasma-geassisteerd, voor het vervaardigen van ultradunne lagen en nanostructuren voor een breed scala aan toepassingen: nanoelektronica, nieuwe geheugens, sensoren, zonnecellen, etc.. Het begrijpen van oppervlakterprocessen m.b.v. allerlei meetinstrumenten (opererend in vacuüm) speelt daarbij een belangrijke rol. Kortom, in mijn



onderzoek is het vacuüm al om! Uit mijn ambitie spruit ook een ander nieuw element voort en dat is de studentenprijs die we jaarlijks willen gaan uitdelen. We nodigen studenten en promovendi uit om een artikel te schrijven voor het NEVAC blad en daarmee mee te dingen naar een aantrekkelijke prijs die het werk van de student of promovendus ook nog verder in de schijnwerpers zal zetten. En om de “jeugd” nog verder bij de NEVAC te betrekken willen we ook actiever leden gaan werven onder studenten en promovendi. Bovendien zouden we promovendi willen oproepen om zich kandidaat te stellen voor een nieuwe bestuursfunctie binnen het algemene bestuur van de NEVAC.

Dit is het derde nieuwe element dat we als NEVAC bestuur willen introduceren. Bij deze gelegenheid wil ik ook meteen ook andere geïnteresseerden oproepen om zich te kandidideren voor het NEVAC bestuur. Op zeer korte maar ook langere termijn zullen er weer een aantal functies vrijkomen en ik wil iedereen die de NEVAC een warm hart toedraagt oproepen om zich als kandidaat voor het bestuur op te werpen. Zonder actieve (bestuurs)leden zou de NEVAC de NEVAC niet zijn en het actieve karakter willen we ook graag in de toekomst zou houden.

Tenslotte rest het mij nog om u veel leesplezier toe te wensen!

Erwin Kessels  
Voorzitter NEVAC



# Atoomlaagdepositie voor het verbeteren van het rendement van silicium zonnecellen

Jan-Pieter van Delft, Gijs Dingemans en Erwin Kessels, Faculteit Technische Natuurkunde, Technische Universiteit Eindhoven

Toepassing van  $\text{Al}_2\text{O}_3$  aangebracht met atoomlaagdepositie leidt tot uitstekende oppervlaktepassivatie van c-Si. Zo verbeterde het rendement van een n-type zonnecel met 1% absoluut na toepassing van een ultradunne  $\text{Al}_2\text{O}_3$  laagje op de p-type emitter.

Het verhogen van het rendement van zonnecellen is een speerpunt in het vaak multidisciplinaire onderzoek naar zonne-energie binnen bedrijven, instituten en universiteiten. Wat voor een buitenstaander een relatief kleine rendementsverbetering lijkt, kan in de praktijk een significante vermindering van de kostprijs van zonnestroom betekenen en daarmee de concurrentiepositie van duurzame energie sterk verbeteren.

Om het rendement van de "eerste generatie" kristallijn silicium (c-Si) zonnecellen (85% marktaandeel) significant te verbeteren, zijn nieuwe productietechnieken en nieuwe functionele materialen onmisbaar. Een recente ontwikkeling die dit onderschrijft is de introductie van een relatief nieuwe technologie: "atoomlaagdepositie" (Atomic Layer Deposition, ALD), die gebruikt kan worden bij de vervaardiging van zonnecellen.

ALD is een depositiemethode voor het aanbrengen van ultradunne laagjes materiaal. De methode wordt sinds kort gebruikt in de halfgeleiderindustrie om de continue schaalverkleining van chips mogelijk te maken. ALD onderscheidt zich van andere depositiemethoden door de hoge kwaliteit van het aangebrachte materiaal, de goede uniformiteit over grote oppervlakten, en een ongeëvenaarde bedekking van extreem kleine driedimensionale structuren. Door deze unieke eigenschappen speelt ALD ook een belangrijke rol in de nanotechnologie.

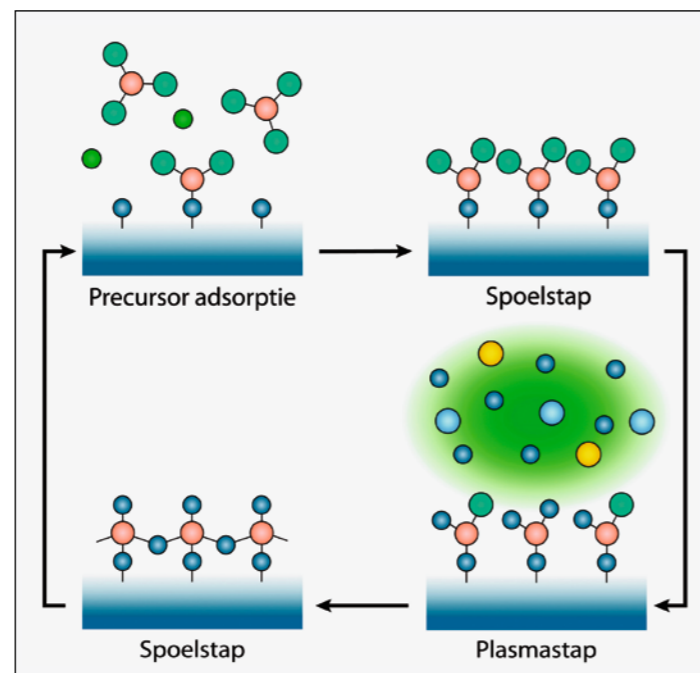
Hoewel er op het gebied van zonnecellen verscheidene toepassingen zijn voor ALD, vindt er pas sinds kort onderzoek plaats naar de toepassing van ALD voor eerste generatie c-Si zonnecellen. Onze onderzoeksgroep aan de Technische Universiteit Eindhoven (TU/e) heeft in samenwerking met het Duitse Fraunhofer instituut voor zonnecel-

veelbelovende resultaat laat dus duidelijk de voordelen zien van het gebruik van alternatieve technieken en nieuwe materialen in de ontwikkeling van zonnecellen.

## Atoomlaagdepositie

De ALD methode is gebaseerd op zelflimiterende oppervlaktereacties. Deze oppervlaktereacties vinden plaats door het afwisselend blootstellen van het substraatoppervlak aan verschillende precursorgassen in een vacuumkamer (zie Figuur 1).

In zo'n oppervlaktereactie reageert een precursormolecuul met een oppervlaktegroep en als reactieproducten ontstaan een vluchtig molecuul, dat van het oppervlak desorbeert, en een nieuwe oppervlaktegroep dat niet reageert met de aanwezige precursormoleculen. Vervolgens worden de precursormoleculen afgepompt en wordt het oppervlak blootgesteld aan een tweede precursorgas. De precursormoleculen van dit gas reageren met de nieuwe oppervlak-



Figuur 1: Schematische weergave van een cyclus van het plasma-geassisteerde atoomlaagdepositie (ALD) proces van  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . De precursor is  $\text{Al}(\text{CH}_3)_3$  en het plasmagas is  $\text{O}_2$ . Een ALD cyclus levert typisch een dikte van 0,1 nm  $\text{Al}_2\text{O}_3$  op en kan worden herhaald totdat de gewenste dikte van de laag bereikt is.

tegroepen, deponeren daarbij een tweede laagelement en herstellen de oorspronkelijke oppervlaktegroepen. Deze combinatie van reacties vormt een ALD-cyclus waarbij per cyclus een (sub)atomaire laag van een dunne-film gedeponerd wordt. Typisch wordt er 0,5 Å tot 1,0 Å per cyclus gedeponerd. De gewenste dikte van de dunne-film kan vervolgens bereikt worden door een aantal cycli achter elkaar uit te voeren.

In tegenstelling tot het conventionele chemisch opdammen (Chemical Vapour Deposition, CVD) is de depositiesnelheid bij ALD niet evenredig met de flux van precursormoleculen naar het oppervlak. Dit heeft als gevolg dat er per cyclus overal op het oppervlak eenzelfde hoeveelheid materiaal wordt gedeponerd, tenminste als de flux voldoende hoog is. Dit maakt de bedekking van extreem kleine driedimensionale structuren met hoge aspect verhoudingen voortreffelijk. Andere voordelen van ALD zijn bijvoorbeeld de uitstekende uniformiteit voor grote oppervlakken, de relatief lage substraattemperaturen die gebruikt kunnen worden (typisch 100-350°C), en het feit dat de methode uitermate geschikt is om multi-laagstructuren aan te brengen.

Een veel gebruikt en goed begrepen ALD proces is dat van  $\text{Al}_2\text{O}_3$  en wordt meestal uitgevoerd door gebruik te maken van trimethylaluminium ( $\text{Al}(\text{CH}_3)_3$ ) of TMA dat dient als bron voor het aluminium, en water, ozon, of zuurstofradicalen als oxidant. Elke cyclus bestaat uit de injectie van TMA gevolgd door een spoelstap en vervolgens wordt het oppervlak blootgesteld aan een oxidant gevolgd door wederom een spoelstap. Afhankelijk van de depositietemperatuur en de keuze van de oxidant wordt er in elke cyclus typisch 0,9 Å tot 1,2 Å  $\text{Al}_2\text{O}_3$  gedeponerd.

De keuze van de oxidant tijdens het ALD proces hangt af van de beoogde toepassing. In het algemeen zijn zuurstofradicalen, geproduceerd door een plasmabron, reactiever dan water. De reactiviteit van water is sterk afhankelijk van de substraattemperatuur, terwijl bij het gebruik van een plasma de reactieve deeltjes door het plasma geleverd worden en de temperatuurafhankelijkheid dus kleiner is. Bovendien kan deze extra reactiviteit tot een hogere materiaalkwaliteit leiden die minder verontreinigingen bevat. Een ander voordeel is dat een zuurstof plasma snel aan en uit te zetten is hetgeen kortere cyclus-tijden mogelijk maakt. In het geval van water als oxidant is het afpompen

van het water veelal een beperkende stap, vooral bij hogere temperaturen.

Omdat ALD een proces is dat wordt uitgevoerd onder vacuüm condities is het gemakkelijk te combineren met andere depositieprocessen tijdens zonnecelproductie zoals het veel gebruikte plasma-geassisteerde CVD (Plasma Enhanced CVD, PECVD). Echter voordat ALD echt kan worden toegepast voor de productie van zonnecellen zijn er nog een aantal belangrijke uitdagingen te overwinnen zoals het realiseren van een economisch haalbare productiedoorvoer gezien de betrekkelijke lage depositiesnelheid van ALD. Deze uitdagingen zullen nu verder worden besproken in relatie tot oppervlaktepassivatie.

## ALD in zonne-energie onderzoek

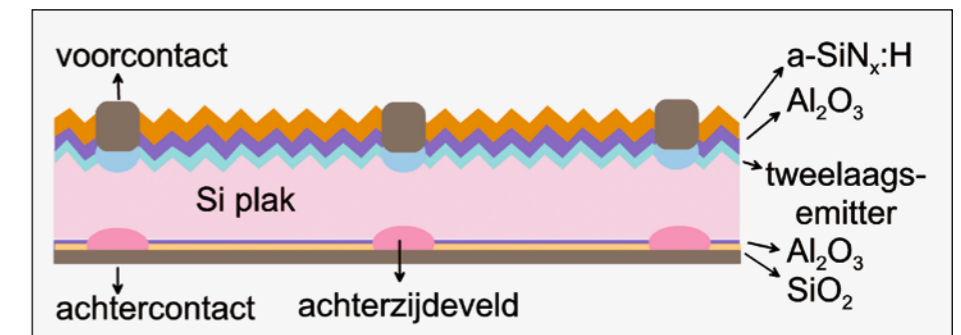
Het gebruik van ALD voor verschillende zonneceltoepassingen is niet nieuw en wordt al vanaf het begin van de jaren 90 onderzocht. Er zijn verschillende toepassingen van

zijde reflector. Door toevoeging van zwavel en magnesium wordt de ZnO laag uitermate geschikt als bufferlaag tussen de absorberende laag en vensterlaag van koper-indium-gallium-selenide (CIGS) zonnecellen [3]. Ook derde generatie kleurstofzonnecellen maken gebruik van ZnO, bijvoorbeeld als fotoanode in de vorm van grote oppervlakte nanobuizen. De ZnO nanobuizen worden gemaakt door de combinatie van een anodische aluminiumoxide (AAO) substraat en ALD [4].

Hoewel ALD slechts sinds kort wordt toegepast binnen de eerste generatie c-Si zonneceltechniek, lijkt deze toepassing op korte termijn toch een van de meest belovende zonneceltoepassingen te zijn. Dit zal nu verder in detail besproken worden.

## Recente doorbraken voor c-Si zonnecellen door ALD- $\text{Al}_2\text{O}_3$

Een van de grootste uitdagingen om het rendement van c-Si zonnecellen te verbeteren is het voorkomen van recombinatie van de la-



Figuur 2: Schematische weergave van een c-Si zonnecel met een  $\text{Al}_2\text{O}_3$  passivatielaag aan zowel de voor- als achterkant van de cel.

lagen gedeponerd met ALD bijvoorbeeld als absorberende laag, bufferlaag, grensvaklaag, transparante voorcontacten, fotoanodes, en zoals geïllustreerd in Figuur 2, meest recentelijk als oppervlaktepassivatielaag [2].

Bijvoorbeeld zinkoxide (ZnO) is een transparant geleidende oxide (Transparent Conducting Oxide, TCO) en wordt meestal gedeponerd door gebruik te maken van diethylzink (DEZ) en water. Door toevoeging van aluminium kan de geleiding worden verbeterd, en gecombineerd met de hoge transparantie van ZnO maakt de combinatie van deze materialen, ZnO:Al, een interessant alternatief voor indium tin oxide (ITO).

ZnO wordt over het algemeen toegepast in tweede generatie dunne-film zonnecellen bijvoorbeeld als voorcontact of als achter-

dragers (elektronen en gaten) die door invallend zonlicht in het silicium worden gecreëerd. Een van de problemen is dat de ladingsdragers vroeg of laat een oppervlak of grensvak bereiken waar ze door aanwezigheid van defecten gemakkelijk kunnen recombineren. Om dit te voorkomen kan het c-Si oppervlak worden gepassiveerd door het aanbrengen van een dunne laag siliciumdioxide of siliciumnitride.

Siliciumdioxide ( $\text{SiO}_2$ ) wordt normaal gesproken thermisch gegroeid, d.w.z. tijdens een hoge temperatuurstep van ~1000°C, en wordt vervolgens ook thermisch nabehandeld om te zorgen voor een hoge kwaliteit grensvak met een lage defectendichtheid. Hoewel de toepassing voor hoogefficiënte c-Si zonnecellen op laboratoriumniveau succesvol is, is de toepassing in de industrie

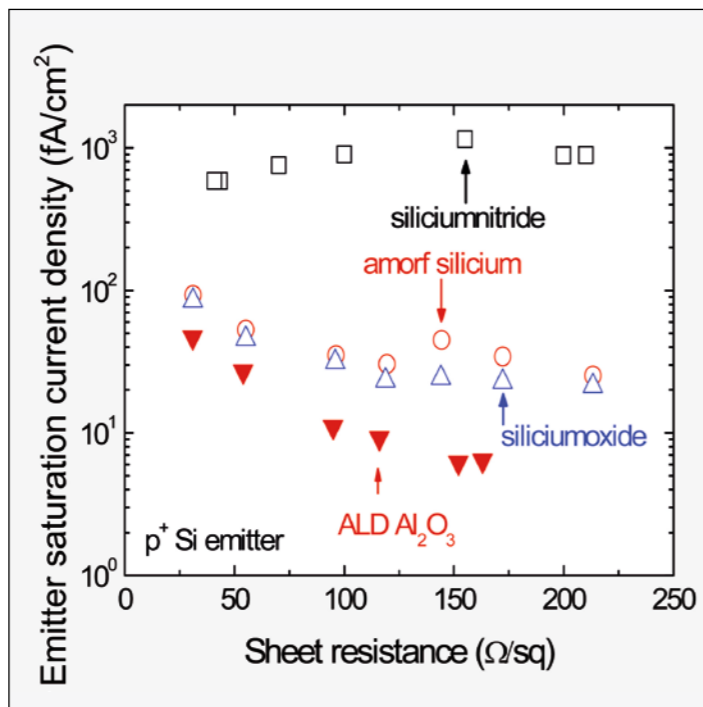


echter gelimiteerd door de hoge temperatuur die nodig is om  $\text{SiO}_2$  thermisch te groeien. Naast praktische nadelen zoals een beperkte productiedoorvoer en hoge energiekosten leidt zo'n proces op hoge temperaturen vooral ook tot degradatie van de kwaliteit van het silicium.

Siliciumnitride ( $\text{a-SiN}_x\text{:H}$ ) is tot nu toe de meeste gebruikte passivatielaag in industriële zonnecellen en wordt typisch gedeponeerd door middel van PECVD.  $\text{a-SiN}_x\text{:H}$  zorgt voor erg goede oppervlaktepassivatie als gevolg van een elektrisch veld dat wordt veroorzaakt door de aanwezigheid van positieve lading in het materiaal met een typische dichtheid van  $10^{12}\text{cm}^{-2}$ . De passivatie als gevolg van een elektrisch veld onder het silicium oppervlak wordt ook wel veld-effect passivatie genoemd en deze toepassing is vooral te gebruiken voor zonnecellen met een hooggedoteerde  $n$ -type  $c$ -Si emitter. In dit geval wordt de recombinatie van ladingsdragers verminderd doordat de minderheidsladingsdragers (gaten) worden afgestoten van het oppervlak.

In tegenstelling tot  $\text{a-SiN}_x\text{:H}$  is de polariteit van de lading die aanwezig is in  $\text{Al}_2\text{O}_3$  negatief. Onlangs heeft onze onderzoeksgroep en onderzoekers van IMEC laten zien dat ultradunne ALD- $\text{Al}_2\text{O}_3$  lagen (5-30nm) voor uitstekende passivatie zorgen voor zowel lage-resistiviteit  $n$ -type als  $p$ -type silicium als na de depositie een thermische nabehandeling op ongeveer  $400^\circ\text{C}$  wordt uitgevoerd [5,6,7]. De uitstekende oppervlaktepassivatie van  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , welke beter is dan enig ander passivatielaag (zie Figuur 3), kan worden verklaard door de combinatie van een voldoende lage defectendichtheid en een erg hoge dichtheid van de negatieve lading ( $\sim 10^{13}\text{cm}^{-2}$ ). De lading bevindt zich op het grensvlak van  $\text{Al}_2\text{O}_3$  en het onderliggende siliciumsubstraat [8]. Door het verschil in polariteit tussen de aanwezige ladingen van  $\text{a-SiN}_x\text{:H}$  en  $\text{Al}_2\text{O}_3$  is  $\text{Al}_2\text{O}_3$  ook uitstekend geschikt als passivatielaag voor hooggedoteerde  $p$ -type  $c$ -Si emitters.

De uitstekende passivatie van laaggedoteerd  $p$ -type silicium door  $\text{Al}_2\text{O}_3$  is voor het eerst aangetoond in samenwerking met onderzoekers van het Duitse instituut voor zonne-energie onderzoek in Hameln/Emmerthal (ISFH). Door het toepassen van ALD- $\text{Al}_2\text{O}_3$  en lagenstructuren opgebouwd uit ALD- $\text{Al}_2\text{O}_3$ /PECVD- $\text{SiO}_2$  aan de achterzijde van een PERC (Passivated Emitter and Rear Cell) zonnecel werd een energieomzettingsrendement van 20.6% en een recombinatiesnel-



Figuur 3: De gemeten verzadigingsstroomdichtheid van B-gedoteerd ( $p$ -type Si) emitters als functie van de viervlaksweerstand van de emitter. De oppervlakten van thermisch gegroeide  $\text{SiO}_2$ , PECVD- $\text{a-SiN}_x\text{:H}$ , PECVD- $\text{a-Si}$  en plasma-geassisteerde ALD- $\text{Al}_2\text{O}_3$  zijn gepassiveerd door een thermische nabehandeling. Een lagere verzadigingsstroomdichtheid betekent een betere passivatie van het oppervlak.

heid aan het achteroppervlak van  $70\text{cm/s}$  gerapporteerd [9]. Ter vergelijking, voor een zonnecel met thermisch gegroeid  $\text{SiO}_2$  als passivatielaag waren de maximaal haalbare waarden 20.5% en  $90\text{cm/s}$ . Ook was er geen aparte thermische nabehandeling nodig omdat de zonnecellen tijdens de fabricatie al een thermische behandeling ondergaan die voldoende bleek te zijn om uitstekende passivatie te verkrijgen. Bovendien werd bevestigd dat de zonnecel met de  $\text{Al}_2\text{O}_3$  oppervlaktepassivatielaag geen last heeft van het zogenaamde parasitaire shunt effect. Dit laatste gebeurt bijvoorbeeld als  $\text{a-SiN}_x\text{:H}$  wordt toegepast op het achteroppervlak van metaalcontacten [10]. De reden dat dit bij  $\text{Al}_2\text{O}_3$  niet gebeurt is dat de hoge negatieve ladingsdichtheid in het  $\text{Al}_2\text{O}_3$  een accumulatielaag onder het achteroppervlak van het  $c$ -Si induceert in plaats van een inversielaag.

De aanwezigheid van een hoge dichtheid van negatieve lading maakt  $\text{Al}_2\text{O}_3$  ook een uitstekende kandidaat voor de passivatie van hooggedoteerd  $p$ -type silicium. Dit laatste is vooral belangrijk voor  $n$ -type zonnecellen die economisch gezien een enorme potentie hebben maar waar de passivatie van de  $p$ -type emitters (gedoteerd met de elementen B of Al) een grote uitdaging blijkt te zijn. De passivatie van hooggedoteerd  $p$ -type silicium vereist een hoge dichtheid van negatieve

lading in plaats van positieve lading. Aan de TU/e hebben we experimenteel aangetoond dat de oppervlakterecombinatiesnelheid op hooggedoteerd  $p$ -type silicium met  $\text{Al}_2\text{O}_3$  veel lager is dan met thermisch gegroeid  $\text{SiO}_2$ , PECVD- $\text{a-SiN}_x\text{:H}$  en amorf silicium (zie Figuur 3) [11].

Onlangs is aangetoond dat de uitstekende oppervlaktepassivatie ook op volledige zonnecellen verkregen kan worden. In een samenwerking met het Duitse Fraunhofer ISE instituut hebben we  $p$ -type emitters van  $n$ -type PERL zonnecellen gepassiveerd met  $\text{Al}_2\text{O}_3$  en de zonnecellen leverden een rendement op van 23.2% [1]. Het  $\text{Al}_2\text{O}_3$  werd door middel van plasma-geassisteerde ALD gedeponeerd en de oppervlaktepassivatie bleek uitstekend te zijn [11,12].

Het blijkt dat zowel thermisch als plasma-geassisteerde ALD- $\text{Al}_2\text{O}_3$  uitstekend geschikt is als oppervlaktepassivatielaag [13]. Dit resultaat is verkregen in verschillende ALD reactoren, onder andere in de OpAL™ reactor van Oxford Instruments (zie Figuur 4). Hoewel in thermisch ALD- $\text{Al}_2\text{O}_3$  minder negatieve lading aanwezig is – en zorgt dus voor een minder goede veld-effect passivatie – zorgt het materiaal wel voor een betere chemische passivatie in vergelijking met plasma-geassisteerde ALD- $\text{Al}_2\text{O}_3$ . Uiteinde-

lijk wordt voor zowel thermisch als plasma-geassisteerde ALD- $\text{Al}_2\text{O}_3$  op  $p$ -type  $c$ -Si een enorm lange levensduur van de ladingsdragers gemeten [13]. Deze resultaten laten duidelijk de potentie zien van ALD- $\text{Al}_2\text{O}_3$  toegepast op  $c$ -Si zonnecellen. Naast de aanwezigheid van een hoge negatieve ladingsdichtheid en de lage defectendichtheid aan het grensvlak, zijn de voordelen van ALD en  $\text{Al}_2\text{O}_3$  dat er geen absorptie is in het zichtbare gedeelte van het zonnenspectrum ( $\text{Al}_2\text{O}_3$  heeft een bandafstand van  $\sim 8.8\text{eV}$ ) en dat het  $\text{Al}_2\text{O}_3$  een hoge UV stabiliteit heeft. Ook het feit dat ultradunne lagen te gebruiken zijn bij een lage proces temperatuur (om te voorkomen dat de bulk levensduur van  $c$ -Si achteruitgaat), de depositiecondities goed zijn (bijna geen oppervlakteschade door energetische ionen), en uitstekende uniformiteit op grote oppervlakken verkregen wordt maakt het proces zeer aantrekkelijk.

### Opschaling van het ALD proces

Uit het bovenstaande blijkt dat door de unieke eigenschappen, ALD een erg interessante depositiemethode is voor de zonnecelindustrie. Vooral de toepassing van ALD- $\text{Al}_2\text{O}_3$  als oppervlaktepassivatielaag van  $c$ -Si zon-

cellen is veelbelovend omdat deze 85% van de zonnecelmarkt voor hun rekening nemen. Echter, gezien de betrekkelijke lage depositiesnelheid zal eerst een productie-doorvoer gerealiseerd moeten worden van minstens 2000 wafers per uur voordat ALD kan worden geïmplementeerd in toekomstige productielijnen. Onlangs hebben Levitech (spin-off van ASM International) en TNO ieder afzonderlijk het initiatief genomen om te voldoen aan deze wens. Beide bedrijven zijn op dit moment bezig met de ontwikkeling van een prototype ALD machine die een doorvoer mogelijk maakt van meer dan 2400 wafers per uur [14,15]. Hierna moeten de prototypes verder worden doorontwikkeld tot productiemachines voor de zonnecelindustrie. Door deze recente ontwikkelingen komt de introductie van ALD- $\text{Al}_2\text{O}_3$  voor oppervlaktepassivatie van commerciële  $c$ -Si zonnecellen een stapje dichterbij. De combinatie van ALD en zonnecellen hebben dus een veelbelovende toekomst.



Figuur 4: De Oxford Instruments OpAL™ reactor zoals gebruik voor de depositie van  $\text{Al}_2\text{O}_3$  door middel van zowel thermisch als plasma-geassisteerde ALD.

### References

- [1] J. Benick, B. Hoex, M.C.M. van de Sanden, W.M.M. Kessels, O. Schultz, and S. Glunz, *Appl. Phys. Lett.* 92, 253504 (2008)
- [2] W.M.M. Kessels, B. Hoex, and M.C.M. van de Sanden, *Proceedings of the 33rd IEEE Photovoltaics Specialists Conference, San Diego, U.S.A.* (2008)
- [3] U. Malm, J. Malmström, C. Platzer-Björkman, L. Stolt, *Thin Solid Films* 480, 208 (2005)
- [4] A.B.F. Martinson, J.W. Elam, J.T. Hupp, and M.J. Pellin, *Nano Lett.* 7, 2183 (2007)
- [5] G. Agostinelli, A. Delabie, P. Vitanov, Z. Alexieva, H.F.W. Dekkers, S. de Wolf, and G. Beaucharne, *Sol. Energy Mater. Sol. Cells* 90, 3438 (2006)
- [6] B. Hoex, S.B.S. Heil, E. Langereis, M.C.M. van de Sanden, and W.M.M. Kessels, *Appl. Phys. Lett.* 89, 042112 (2006)
- [7] B. Hoex, J. Schmidt and P. Pohl, M.C.M. van de Sanden, and W.M.M. Kessels, *J. Appl. Phys.* 104, 044903 (2008)
- [8] B. Hoex, J.J.H. Gielis, M.C.M. van de Sanden, and W.M.M. Kessels, *J. Appl. Phys.* 104, 113703 (2008)
- [9] J. Schmidt, A. Merkle, R. Brendel, B. Hoex, M.C.M. van de Sanden, and W.M.M. Kessels, *Prog. Photovoltaics* 16, 461 (2008)
- [10] S. Dauwe, L. Mittelstadt, A. Metz and R. Hezel, *Prog. Photovoltaics* 10, 271 (2002)
- [11] B. Hoex, J. Schmidt, R. Bock, P.P. Altermatt, M.C.M. van de Sanden, and W.M.M. Kessels, *Appl. Phys. Lett.* 91, 112107 (2007)
- [12] S.B.S. Heil, J.L. van Hemmen, C.J. Hodson, N. Singh, J.H. Klootwijk, F. Roozeboom, M.C.M. van de Sanden, and W.M.M. Kessels, *J. Vac. Sci. Technol. A* 25, 1357 (2007)
- [13] G. Dingemans, R. Seguin, P. Engelhart, M.C.M. van de Sanden, and W.M.M. Kessels, *Phys Status Solidi RRL*, 4, 10 (2010)
- [14] Website Levitech: <http://www.levitech.nl/>
- [15] Website TNO: <http://www.tno.nl/>





In memoriam

## Prof.dr. Jacob Kistemaker

Jacob Kistemaker werd op 23 april 1917 geboren te Kolhorn, Noord-Holland als zoon van een boer. Als eerste van de familie doorliep hij de HBS. Daarna ging hij naar Leiden, in eerste instantie om sterrenkunde –een van zijn hobby's- te studeren, maar al heel snel schakelde hij over naar wis- en natuurkunde. Na zijn promotie (1945) raakte hij geïnteresseerd in het verrijken van uranium, met de ambitie om de grote achterstand van Europa op de VS op het gebied van de kernfysica in te lopen. Hij ging een jaar naar het Niels Bohr-instituut in Kopenhagen, om vervolgens in 1947 het FOM-laboratorium voor Massaspectrografie op te zetten. Met een grote massaspectrograaf was hij de eerste in Europa die in staat bleek lichtverrijkt uranium te produceren. Voor de Amerikanen reden om de geheimhouding op te heffen, zodat radio-isotopen beschikbaar kwamen voor wetenschap en medische toepassingen.

Omdat isotopenscheiding met een massaspectrograaf weinig efficiënt was, stapte Kistemaker samen met Joop Los vanaf 1953 over op scheiding met gascentrifuges. De centrifuge waarmee in 1960 voor het eerst wat uranium verrijkt werd, was van het type waarmee uiteindelijk Urenco tot een groot, succesvol bedrijf is uitgegroeid: een verticale centrifuge, draaiend op een wrijvingsloos en zelfrichtend taats-lager. Een fraai voorbeeld van 'valorisatie' avant la lettre! En de basis voor het feit dat hij misschien wel een van de laatste fysici in Nederland was die 'iedereen' in ieder geval van naam kende.

Nadat het onderzoek aan centrifuges het instituut had verlaten, introduceerde Kistemaker een aantal nieuwe onderzoekthema's, die voortkwamen uit het werken met de massaspectrograaf: elektronen- en atombotsingen, oppervlaktfysica, moleculaire bundels, plasmafysica en zelfs isotopengeologie. Deze vernieuwing was ook aanleiding een nieuwe naam te kiezen voor het instituut: FOM-Instituut voor Atoom- en Molecuulfysica. Kistemaker was ook zeker meer atoomfysicus dan kernfysicus, zoals hij vaak genoemd werd.

Het instituut AMOLF groeide onder zijn leiding uit tot een top-instituut van wereldfaam, wat het 50 jaar later nog steeds is. Voor een belangrijk deel was dat te danken aan de unieke werksfeer die hij wist te creëren: hij was als een vader voor alle medewerkers, van hoog tot laag. Zo toonde hij ook bijzondere waardering voor het kunnen van de technische medewerkers. In dat beeld past ook het feit dat hij mede-oprichter van de NEVAC en de eerste voorzitter daarvan was (1962-1966). Creatieve mensen gaf hij alle ruimte, maar hij hield hen tegelijkertijd op hun tenen door hen kritisch te volgen en hen bij de werkbesprekingen te stimuleren maar net zo goed op hun nummer te zetten.

Zijn stijl van management was er een die je nog maar zelden tegenkomt in de academische wereld. Kistemaker werkte alle post op de dag van binnenkomst af: zijn antwoorden waren kort, glashelder en zeker niet al te diplomatiek, maar het probleem was weer van zijn bordje zodat hij ruimte had in zijn hoofd om over nieuwe dingen na te denken. Aanbevelingsbrieven dicteerde hij ter plekke aan de persoon die er om vroeg, en als iemand

die hij 'onmisbaar' vond voor het onderzoek in militaire dienst dreigde te verdwijnen, pakte hij ter plekke de telefoon naar 'Heerlen' en dreigde de minister te bellen als er geen vrijstelling kwam. Hoe bijzonder deze stijl was dringt niet tot je door als je, zoals in mijn geval, in je eerste baan zo'n baas blijkt te hebben; pas later merk je hoezeer hij een –moeilijk te evenaren- rolmodel voor je is geweest.

Na zijn pensionering in 1982 kwam Jaap vele jaren nog vrijwel elke dag op AMOLF, maar hij was zo verstandig onderwerpen ver van de actualiteit binnen AMOLF te kiezen: Chinese sterrenbeelden en de oorsprong van het alfabet. Dit heeft hij tot zijn 90e jaar in langzaam afnemende mate volgehouden.

Op 28 mei 2010 overleed hij in Bilthoven. Niemand is onvervangbaar, zei hij altijd. Voor wat betreft het instituut, dat geheel in zijn geest is doorgegaan op de weg naar succes, klopt die uitspraak, maar als mens was hij toch wel heel bijzonder.

Marnix van der Wiel



## Veiligheid! Viewport RGA (Restgasanalysestelsel)



Foto: Gesprongen kijkvenster

**Dit is er gebeurt!** Na het geforceerd beluchten met stikstof, van een vacuümsysteem, is tijdens het losmaken van een flens met viewport (kijkvenster), het glas van de flens kapot gesprongen (zie foto links). De rondvliegende glasscherven verwondden de medewerker, in zijn buikstreek en aan zijn hand. Daarbij liep hij alleen maar snijwonden op. De glasscherven hebben zich door de ruimte verspreid. De viewport was onderdeel van een restgasanalyse systeem voor het analyseren van gassen in vacuüm. De viewport werd tevens gebruikt voor het verwisselen van producten in de opstelling.

### Hoe heeft dit kunnen gebeuren!

De feiten:

- Deze installatie wordt al jaren binnen .....gebruikt. (en bij andere),
- De ervaren operator was bekend met de installatie en op de hoogte van de instructie.
- Er waren geen procesgrenzen voor de geforceerde beluchting gedefinieerd. Het systeem maakt gebruik van een reduceerventiel. Beluchten met N<sub>2</sub> wordt geadviseerd.
- Er waren geen eisen aan de handelingen met de glazen viewport gesteld. De zienswijze van het ontwerp was gefocuseerd op de risico's van het vacuüm
- Bij het beluchten is na circa 45 seconden het vacuüm opgeheven en er wordt standaard nog 4 minuten extra belucht. Druk in systeem is dan de reduceerdruk van de stikstof
- De viewport werd niet homogeen verwarmd.

Meer info/vragen:

Mark Driessen, [m.driessen@dm-vacuumsystemen.nl](mailto:m.driessen@dm-vacuumsystemen.nl)

Tel: 0495-491967

### Wat kunt u doen!

- Vervang de viewport door een blindflens indien de viewport geen functie heeft (nice to have).
- Indien een viewport noodzakelijk is, beveilig het glas met een lexaanplaat aan de buitenkant of zorg voor een andere afscherming
- Controleer viewports op het ontstaan van scheuren voor gebruik (gebruik geen oude 'onbekende' viewports)
- Laat het systeem aan de 'buitenlucht' beluchten in plaats van geforceerd met stikstof. Als geforceerde beluchting noodzakelijk is, zorg voor een minimaal drukverschil. (standaard viewports kunnen niet tegen overdruk!)
- Zorg voor een overdrukventiel en mogelijk een breekplaat in het systeem.
- Controleer bij verwarming of de viewports homogeen verwarmd worden.
- Bekijk andere gelijksoortige opstellingen op de combinatie van overdruk in combinatie met een viewport



## Praktijk ervaring telt!

### 'Vacuümtechniek in de praktijk'

Vacuümtechniek is en blijft een boeiend vak, de disciplines zoals natuurkunde/scheikunde/mechanica/elektronica maken vacuümtechniek zeer boeiend. Echter veel mensen die in aanraking komen met vacuümtechniek ervaren dit ook als een complex vak.

Door de toenemende vraag vanuit de industrie en universiteiten/instituten is D&M Vacuümsystemen eind 2003 begonnen met aanbieden van praktijkcursussen.

#### Schrijf nu in want praktijk ervaring telt!

Naam \_\_\_\_\_

Bedrijf \_\_\_\_\_

#### Voorkeur tijdstip

- 16 September 2010

- 21 Oktober 2010

Kosten praktijkdag: € 150,- p.p incl. lunch

#### Inschrijvingen sturen naar:

Locatie: D&M Vacuümsystemen BV

Adres: Albert plesmanstraat 3, 6021 PR Budel, [www.dm-vacuümsystemen.nl](http://www.dm-vacuümsystemen.nl)

Of e-mail: [m.driessen@dm-vacuümsystemen.nl](mailto:m.driessen@dm-vacuümsystemen.nl)

\* Let op! Er geldt een minimum van van 6 deelnemers voor het doorgaan van de cursus.

Opzet hierbij is een compleet ingerichte ruimte (ruim 80m<sup>2</sup> praktijk!) waar cursisten gedurende een dag metingen/ervaringen kunnen opdoen met een 6-tal opstellingen:  
Hoog vacuümopstelling (compressieverhouding bepalen voor Argon en Helium, massaspectrum meten, pomptype bepalen) Pumpsnelheidsmetingen door een diafragma Pumpsnelheidsmetingen door een capillair Lekttestopstelling Opstelling 'meten=weten' (het meten van vacuüm met Pirani, Baratron, McLeod, bourdon idem met een verzadigde damp)

Verder is er een zeer uitgebreide collectie opengewerkte pompen, onderdelen van pompen, drukmeters, afsluiters en afdichtingen, waarbij de cursist m.b.v. het boek aangeeft waarover het gaat, wat de belangrijke onderdelen zijn en wat de algemene werking is. Standaard wordt de praktijkcursus na de theoretische cursus gegeven om de praktijkdag zo efficiënt mogelijk te laten verlopen. De standaard cursus van D&M Vacuümsystemen wordt samen met het Mikrocentrum gegeven. Ook bestaat de mogelijkheid deze op wens van de klant in te richten voor grotere groepen. Zodoende volgen +/- 30 cursisten per jaar dit in Nederland unieke concept.

Graag willen we dit trainingscentrum voor iedereen bereikbaar maken waarbij onafhankelijkheid een van de belangrijkste speerpunten blijft. Deze praktijkruimte/ cursus zou dus voor de NEVAC een uitstekende aanvulling kunnen zijn op het programma van theoretische cursussen.

## Glovecube

Wij zijn een startende onderneming en willen een nieuw innovatief product op de markt introduceren. Ons product heeft grote raakvlakken met de vacuümtechnologie en daarom zouden we het graag willen beschrijven in uw blad. Hieronder een korte beschrijving van ons product en de toepassing/ raakvlakken m.b.t. vacuümtechniek:

Het door ons ontwikkelde product betreft een modulaair bouwsysteem waarmee van de omgeving geïsoleerde ruimtes (vergelijkbaar met een Glovebox) kunnen worden gecreëerd. Bij het ontwerpen van dit systeem stonden twee



belangrijke eisen ten grondslag, namelijk  
(1) het eenvoudig opbouwen en uitbreiden van de door de onderzoeker gewenste ruimte (3d modulariteit)  
(2) het op eenvoudige wijze mogelijk maken om vacuümsystemen aan te koppelen of deze te integreren met de beschermde atmosfeer.

Deze doelstellingen hebben we gerealiseerd met een kubusvormig ontwerp: Een zelfdragend frame dat in alle richtingen naar behoefte kan worden uitgebreid en waarop functionele panelen kunnen worden bevestigd om de ruimte te isoleren van de omgeving. Deze

panelen kunnen naar wens worden voorzien van aansluitssystemen of vacuümdoorvoeren zoals CF, KF, ISO etc..  
De aldus ontstane ruimte kan worden aangesloten op een gaszuiveringsinstallatie waarmee zeer schone gascondities kunnen worden bereikt zoals bekend is bij gloveboxen en cleanrooms.

Meer informatie over ons product kunt u vinden op onze website ([www.glovecube.com](http://www.glovecube.com)). De website is nog in ontwikkeling en alleen nog in het Nederlands te raadplegen maar geeft al een redelijk beeld van de mogelijkheden van ons product.

Walter Legerstee  
Co-founder Glovecube

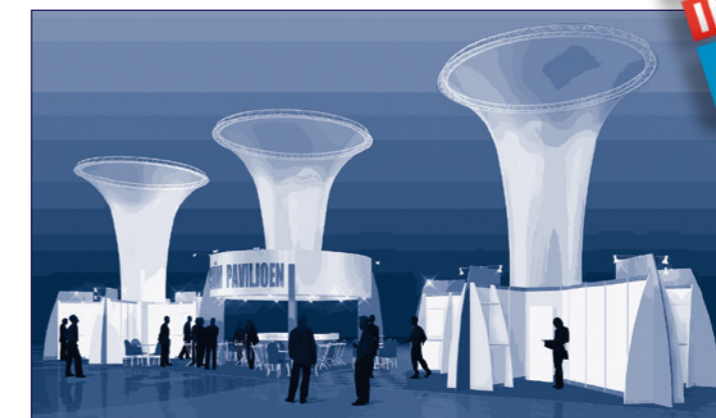
**GloveQb Nederland**  
Administratie: Talmastraat 33, 2021 CL, Haarlem  
Bezoekadres: Julianalaan 136, 2628 BL, Delft  
Email: [info@glovecube.com](mailto:info@glovecube.com)  
Telefoon: +31(0)6 1974 2063  
Fax: +31(0)8 4220 5678

### HET Instrument: "Sound of Vacuum"

## Vacuümtechnologie krijgt centrale plek op de beurs

Zelden heeft vacuümtechnologie zo veel aandacht gekregen op een technologiebeurs als dit jaar op HET Instrument dat van 28 september t/m 1 oktober 2010 gehouden zal worden in de RAI te Amsterdam. Centraal in hal I van de RAI, te midden van de drie organiserende branches Industriële Automatisering, Elektronica en Laboratoriumtechnologie pakt de Nederlandse vacuümcommunity uit op een gigantisch paviljoen van 300 m<sup>2</sup>! Op dit paviljoen is van alles te beleven rondom vacuüm. Een leuk aantal demo's maakt vacuümtechnologie tast-, ruik- en voelbaar. Exponerende vacuümspecialisten kunnen u al het nodige vertellen over het steeds groeiend aantal toepassingen voor vacuümtechnologie en natuurlijk over de nieuwste ontwikkelingen binnen dit technologiegebied. Vacuümtechnologie blijkt immers belangrijker dan ooit!

**Deelnemende bedrijven zijn**  
A. de Jong T.H.  
Adixen  
Lamers (deel van Air Liquide)  
DeMaCo Holland B.V.  
Gardner Denver Nash Benelux B.V.  
Oerlikon Leybold Vacuüm Nederland B.V.  
Pfeiffer Vacuüm GmbH  
Vacotec  
VatValves



Impressie van het vacuümpaviljoen op de beurs HET Instrument dat van 28 september t/m 1 oktober 2010 gehouden zal worden in de RAI te Amsterdam.

Op de woensdagmorgen - 29 september - organiseert FHI samen met Nevac traditiegetrouw het congres over vacuümtechnologie.

Dit jaar is het thema "Vacuum in Harsh Conditions" met sprekersbijdragen over gebruik van vacuümtechnologie in extreme hitte (800 -900 °C) en in cryogene omgeving. Het congres zal worden geleid door Erwin Kessels, de nieuwe voorzitter van Nevac.

## Oproep voor kandidaatstelling NEVAC bestuur

NEVAC leden worden opgeroepen om zich kandidaat te stellen voor bestuursfuncties binnen het NEVAC Algemeen Bestuur; op de korte termijn:

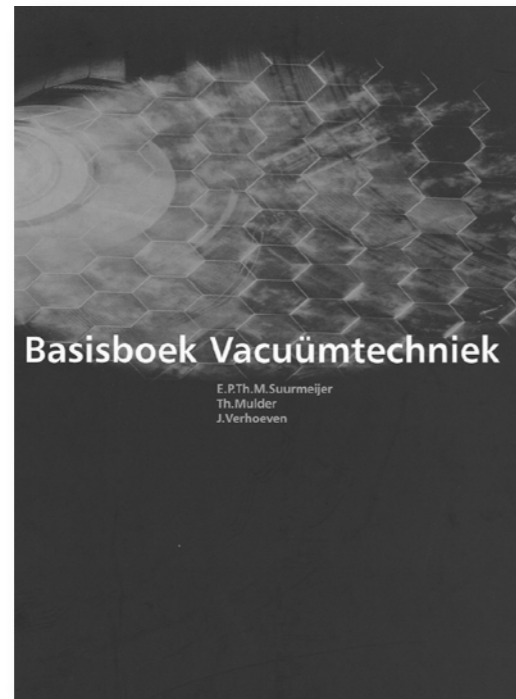
Voorzitter excursiecommissie, Promovendus-bestuurslid en op de langere termijn: diverse functies

Geïnteresseerden kunnen contact opnemen met Jan van Kessel ([secretaris@nevac.nl](mailto:secretaris@nevac.nl))



# Verkrijgbaar, het NEVAC Basisboek Vacuümtechniek

door: E.P.Th.M. Suurmeijer, Th. Mulder en J. Verhoeven



## Geheel herziene uitgave van maar liefst 710 pagina's

- ▶ *Nederlandstalig*
- ▶ *Rijk geïllustreerd*
- ▶ *MBO niveau met verdiepingsstof op HBO en academisch niveau*
- ▶ *Te gebruiken als leerboek en als naslagwerk*
- ▶ *Door de NEVAC uitgegeven in eigen beheer*

In gebonden vorm voor **€65,-**  
(excl. €10,- verzendkosten)

Het NEVAC basisboek vacuümtechniek is verkrijgbaar bij: Mw. C. Bot  
Busch B.V.  
Pompmolenlaan 2  
3447 GK Woerden  
tel: 0348-417900  
e-mail: c.bot@busch.nl



## CryoZone

CryoZone levert industriële oplossingen voor kennisintensieve koude-vraagstukken. Wij ontwerpen en maken klantspecifieke cryogene systemen die als functionele hardware in productieprocessen ingepast kunnen worden. Dat maakt onze producten en systemen zeer geschikt voor OEM'ers.

“The Cryo Creatives” is meer dan een originele bijnaam voor ons team van specialisten. Wij werken op de grens van wat technisch mogelijk is in cryogenie. Onderzoeksinstituten met specifieke wensen op het gebied van cryogene koeling vertrouwen op de out-of-the-box benadering van CryoZone. Wij gaan altijd voor de beste oplossing en dat betekent dat we samen met de klant vaak eerst nog eens goed kijken naar zijn applicatie. Het resultaat is daardoor altijd een optimaal systeem dat perfect aan alle eisen voldoet.



**Cryozone BV**  
Ekkersrijt 4611  
5692 DR Son  
www.cryozone.nl  
l.ekeren@d-h-industries.com

## Hauzer Techno Coating

Sinds 1983 bouwt Hauzer Techno Coating machines voor plasma coating toepassingen in een vacuüm omgeving. Wereldwijd zijn meer dan driehonderd Hauzer machines geleverd.

**Hauzer Techno Coating BV**  
Van Heemskerckweg 22, 5928 LL Venlo  
T. (077) 355 97 77, F. (077) 396 97 98  
info@hauzer.nl, www.hauzer.nl

### Toepassingen:

In decoratieve markt: glanzende, krasvaste coatingen op metaal en plastic  
In automobiemarkt: verminderde uitstoot CO2 en brandstofbesparing dankzij coating op motorcomponenten (minder slijtage, minder wrijving)  
In gereedschapsmarkt: verlengen levensduur van verspanend gereedschap en matrijzen (hardheid, anti-sticking eigenschappen)  
In nieuwe markten: Hauzer zet haar jarenlange expertise op het gebied van plasma coating processen, engineering en vacuüm graag in om innovatieve machines op maat te bouwen.

Ontstaan als onderdeel van het familiebedrijf Hauzer in Venlo, maakt de machinebouwer nu deel uit van het Japanse moederconcern IHI Corporation. Het bedrijf telt ongeveer negentig medewerkers waarvan zo'n veertig procent ingenieurs. De innovatieve, technologisch hoogwaardige status van het bedrijf blijkt uit de vele patenten die in de loop der jaren zijn vergaard en die het bedrijf een voorsprong geven in de internationale industriële markt.

 **Hauzer** TECHNO COATING  
PVD / PACVD TECHNOLOGY





# Your European Vacuum supplier



**VACUUM TECHNOLOGY**  
**Hositrad**

De Wel 44  
3871 MV Hoevelaken  
Holland

Postbus 114  
3870 CC Hoevelaken  
Holland

phone (+31) 33 - 2537210 - fax (+31) 33 - 2535274  
info@hositrade.com - www.hositrade.com

## Hositrad

Hositrad Vacuum Technology heeft al meer dan 40 jaar ervaring op het gebied van vacuümtechniek. Wij leveren standaard vacuüm CF, KF en ISO componenten uit voorraad, maar maken ook "specials" volgens tekening in onze eigen werkplaats zoals vacuüm kamers en speciale flenzen met elektrische doorvoeren of balgen. Wij zijn experts op het gebied van TIG - Laser en Microplasma lassen en He. lektesten <math>1 \times 10^{-10}</math> mbar l/sec. Wij hebben eigen productie en een eigen AutoCad design office in Nederland en het Verre Oosten.

### Tevens leveren wij:

balgen, kleppen, elektrische doorvoeren, isolatoren, vensters, fiber optics, glas metaal verbindingen, manipulators, ferrofluidics doorvoeren, schuif en hoekafsluiters, Iongetter/Ti. Sublimatiepompen, cryopompen, cryostatens en laag diktemeters. Levering en maintenance van vacuum e-Guns, opdamp/sputter en MBE/CVD systemen,

RF/DC magnetrons.

### Wij vertegenwoordigen:

Extrel: Massaspectrometers voor TPD/TDS, MS/MS en Plasma analysis, Ion-optics/guides, Clusters/Biomolecules/Nanoparticles, RF 440 kHz Powersupplies, Conical Octopole/Hexapoles en Oscillators. Lake Shore: lage temperatuur sensoren en controllers,

gaussmeters, probe-Stations, Hall-Effect en VSM Systemen.

Voor meer informatie bezoek onze vernieuwde website [www.hositrade.nl](http://www.hositrade.nl)

**VACUUM TECHNOLOGY**  
**Hositrad**

### Hositrad Holland BV

De Wel 44  
3871 MV Hoevelaken  
Holland  
T: 033-2537210  
F: 033-2535274  
W: [www.hositrade.nl](http://www.hositrade.nl)  
E: [info@hositrade.nl](mailto:info@hositrade.nl)

## Lamers High Tech Systems

Lamers High Tech Systems is al meer dan 25 jaar leverancier van systemen voor het transporteren van hoogzuivere media aan diverse industrieën. Het is onze missie om samen met onze klanten op een kosten efficiënte, veilige en betrouwbare manier oplossingen te leveren voor het conditioneren, en doseren van vloeistoffen en gassen.

### Lamers High Tech Systems B.V.

A subsidiary of Air Liquide S.A.  
De Vlotkampweg 38, 6545 AG Nijmegen  
Postbus 46, 6500 AA Nijmegen, The Netherlands  
Tel: +31 (0)24 - 3716777, Fax: +31 (0)24 - 3777695  
E-mail: [info-lamers@airliquide.com](mailto:info-lamers@airliquide.com)  
[www.lamershightechsystems.com](http://www.lamershightechsystems.com)

Lamers HTS heeft vestigingen in Nijmegen en Kerkrade, waar producten voor diverse OEM's in RVS, koper en kunststof ontworpen en geproduceerd worden. Tevens worden hier prefab onderdelen gemaakt welke later worden verwerkt in installatieprojecten bij klanten. In 1999 is Lamers onderdeel geworden van de Air Liquide groep, en is mede daardoor uitgegroeid tot een ideale partner om aan de huidige en toekomstige vraag van haar klanten te voldoen.

Lamers High Tech Systems heeft de volgende mogelijkheden:

- Ontwerpen en vervaardigen van standaard en klantspecifieke modules (seriematig of proto's)
- Orbitaal lassen en reinigen van gas en vacuüm leidingen onder clean room condities
- Toevoer en afvoer leidingsystemen voor vloeistoffen en gassen
- Gas verdeelpanelen voor bulk en speciale gassen
- Gecertificeerde "hot commissioning" en kwalifikatie procedures
- Helium lektesten, contaminatie, stof en vocht metingen
- Aktief in alle markten waar (hoog)zuivere gassen en vloeistoffen gebruikt worden

Eindcontrole in onze  
1000 m<sup>2</sup> cleanroom



**LAMERS** High Tech Systems  
**AIR LIQUIDE**  
ELECTRONICS

Voorbeeld van een  
vacuüm installatie



**HET  
INSTRUMENT  
2010**

**LIVE**



**LOÏS LANE**  
DINSDAG 28 SEPTEMBER



**SLAGERIJ VAN KAMPEN**  
WOENSDAG 29 SEPTEMBER

**DRIE AVONDACTS  
TECHNOLOGY FESTIVAL  
450 BEURSVLOER SUBACTS**

**WWW.HETINSTRUMENT.NL**



**BIG BLACK & BEAUTIFUL**  
DONDERDAG 30 SEPTEMBER



**AMSTERDAM RAI**

Pfeiffer Vacuum:

## A Passion for Perfection.

Leading. Dependable. Customer Friendly.  
Pfeiffer Vacuum stands for innovative and custom vacuum solutions worldwide, for German engineering art, competent advice and reliable service. Ever since the invention of the turbopump, the company has been setting standards in the vacuum industry and this claim to leadership will continue to drive Pfeiffer Vacuum in the future.

### The range of Pfeiffer Vacuum products and services

Turbopumps, Rotary vane pumps, Roots pumps, Dry pumps, Diaphragm pumps, Screw vacuum pumps, Helium leak detectors, Components and valves, Vacuum measuring and control devices, Gas analysis, Leak test systems, Vacuum pumping stations, Customer training, Application support and technical service

### The range of vacuum applications

Analytical instruments, Biotechnology, Research and Development, Glass coating, Semiconductor industry, Medicine and Life Science, Pharmaceuticals, Process technology, Tool coating, Industrial applications, Additional markets such as packaging and automotive industries

### Data and facts

**Headquarters:** Aslar, Germany (35 miles North of Frankfurt).  
**Management Board of Pfeiffer Vacuum Technology:** AG, Manfred Bender (CEO), Dr. Matthias Wiemer.  
**Managing Directors of Pfeiffer Vacuum GmbH:** Manfred Bender, Dr. Matthias Wiemer.  
**Founded:** in 1890.  
**Employees:** together with Trinos Vakuum-Systeme active throughout the world with a workforce of some 860 people.  
**Marketing and service:** 13 subsidiaries and more than 20 representatives worldwide.  
**Export share:** 65 %.  
**Quality management:** ISO 9001:2000 certified.  
**Environmental management:** ISO14001:2004 certified



**PFEIFFER VACUUM**

### Pfeiffer Vacuum GmbH

Berliner Str. 43  
35614 Aslar  
Germany  
Phone +49 (0) 6441 802 0  
Fax +49 (0) 6441 802 202  
netherlands@pfeiffer-vacuum.com  
www.pfeiffer-vacuum.net

## SPECS Nanotechnology

(Rechts) Hoge druk (1 mbar) XPS systeem.



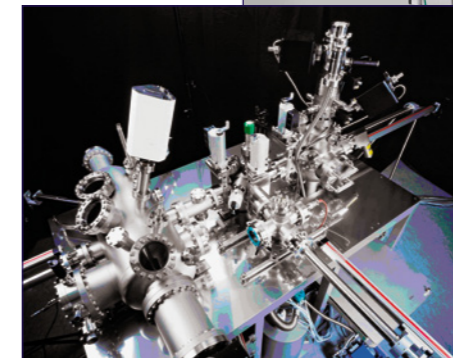
Specs Nanotechnology ontwikkelt en levert instrumentatie op het gebied van ultra hoog vacuüm en nanotechnologie. Gebaseerd op 15 jaar ervaring met dunne film depositie en analyse technieken is Specs Nanotechnology begin 2005 ontstaan als een spin-off van de TUDelft.

### Netwerk

Dankzij een sterk expertise netwerk van Specs GmbH en Bestec GmbH in Berlijn, Createc GmbH nabij Stuttgart en Cambridge Nanotech in Cambridge MA (USA) kunnen de meest veeleisende experimenteer-, meet- en testopstellingen worden gebouwd voor research en development doeleinden.

### Voorbeelden

XPS system bij 1 mbar voor biologische materialen, katalyse studies, *in situ* ALD analyse.  
MBE-FIB systeem voor depositie van dunne



films en ion beam milling van kleine structuren tot ca 10 nm.  
EUV reflectometer met EUV lichtbron en volautomatische goniometer voor het testen van EUV spiegels. Vacuümkamer van ca 6m<sup>3</sup>!

(Links) MBE-FIB systeem voor de fabricage van kleine halfgeleider structuren met ion beam milling.

### Specs Nanotechnology

Dr A.R.H.F. Ettema  
Delftechpark 26, 2628 XH Delft, tel: 015-2600406  
Ettema@specs-nanotechnology.nl





**Vacuum technology:**

- Vacuum pipelines
- Components
- Vacuum Chambers
- UHV systems
- Space simulation chambers
- Central vacuum systems
- Helium leak detection systems
- Turnkey projects

**Cryo technology:**

- LN<sub>2</sub> transfer lines
- Cryostats
- Helium siphons
- Helium transfer lines
- Helium recycling systems
- Gas mix systems
- Cryo-condensation
- Turnkey projects



**Vacuüm Specials B.V.**  
 Rosmolenlaan 3  
 3447 GL Woerden  
 Postbus 314  
 3440 AH Woerden

Tel: +31 (0)348 436 080  
 Fax: +31 (0)348 436 089  
 E-mail: [vs@vacuumspecials.nl](mailto:vs@vacuumspecials.nl)  
[www.vacuumspecials.nl](http://www.vacuumspecials.nl)

**Vacuüm Specials B.V.**  
**Specialist for Vacuum- and Cryogenic Applications**

VG Scienta:

## The First Choice for UHV and Surface Science

VG Scienta brings over forty years of experience, innovation and expertise in the design and manufacture of vacuum components, surface analysis instruments and UHV systems.

Products range from high-performance vacuum instrumentation including valves, drives and transfer devices to multi-axis cryogenic manipulation, complex fabrications and standalone vacuum systems.

VG Scienta remains at the cutting edge of science supplying high quality solutions to meet the exacting standards of advanced UHV technology.

**VG Scienta product lines include:**

Vacuum Components, Sample transfer devices, UHV components and vessels, High precision manipulators, SoftShut and UHV valves, Drives and Feedthroughs

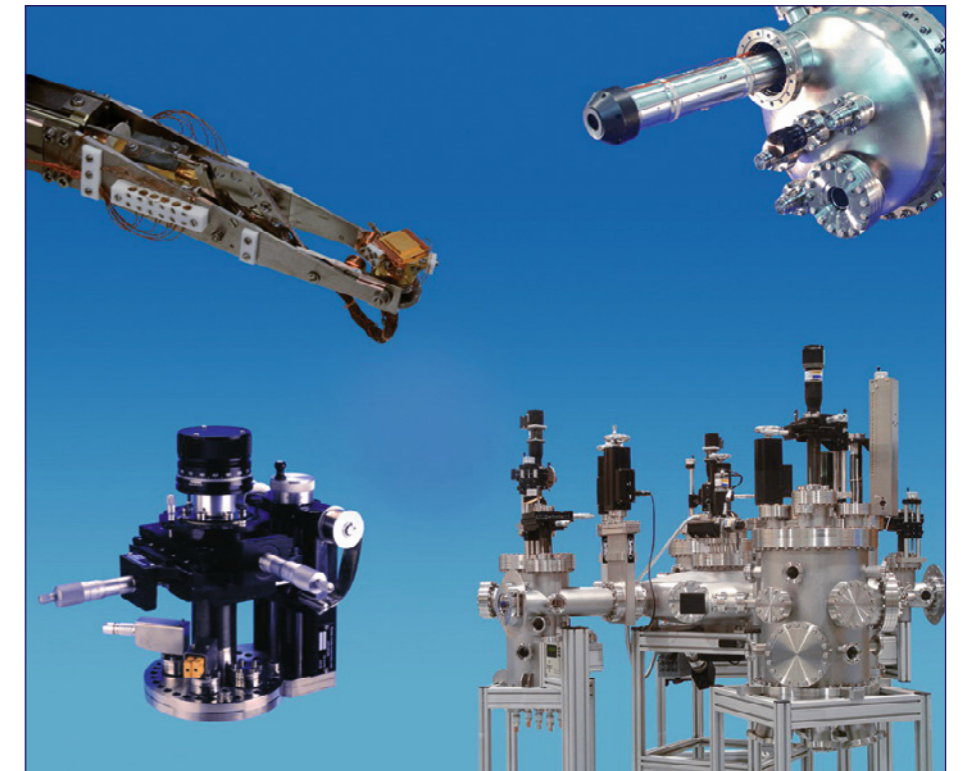
**Surface Analysis Instruments**

High performance electron spectrometers, Soft X-ray emission spectrometers, Chambers designed for surface analysis, High intensity UV and X-ray sources

**VG Scienta Systems**

OLED systems, MBE systems, End stations for synchrotrons, Customised UPS and XPS systems.

For all your technical and research needs VG Scienta manufacture quality solutions to meet the most complex of requirements.



To request a Product Catalogue or further information please visit [www.vgscienta.com](http://www.vgscienta.com) or contact your local representative.

**VG Scienta Systems**  
 Dietmar Hallfarth  
 Tel: +49 (0) 172 6115 661 or  
 +44 (0) 1424 851 291  
 Email: [germany@vgscienta.com](mailto:germany@vgscienta.com)  
[www.vgscienta.com](http://www.vgscienta.com)



## VAT: Leader in Vacuum Valves

VAT Vakuumentile AG is de marktleider in Vacuümafsluiters met meer dan 1000 standaard afsluiters die u direct kunt bestellen vanuit de catalogus.

VAT heeft diverse gepatenteerde afdicht-technologieën t.w.: VATLOCK, VATRING en MONOVAT. VAT producten staan bekend als "zeer betrouwbaar"

VAT levert haar producten in o.a. de volgende industrieën:

- Semiconductor
- Solar
- Flat Panelproductie
- Glas en tool coating

- Metallurgie
- Oppervlakteanalyse
- High energy physics
- Synchrotrons
- Laser technologie
- Space simulation

Onze producten zijn standaard componenten in zowel productiemachines als in Research & Development.

Uw partner in Vacuüm Sealing !



**VAT Benelux**  
 Zuiderstraat 30  
 3434 BH Nieuwegein  
 +31 30 6018251  
 +31 30 6018252  
 NL@vatvalve.com  
[www.vatvalve.com](http://www.vatvalve.com)



## Agenda

### 5-8 July 2010

The Cluster-Surface Interactions (CSI) Workshop, Stratford-upon-Avon, UK,  
Voor meer informatie zie: <http://www.csi.bham.ac.uk/>

### 11 - 16 July 2010

Gordon Research Conference on Plasma Processing Science, New London, New Hampshire USA.  
Voor meer informatie zie: [http://www.grc.org/programs.aspx?year=2010&program=grs\\_plasma](http://www.grc.org/programs.aspx?year=2010&program=grs_plasma)

### 11-16 July 2010

37<sup>th</sup> International Conference on Vacuum Ultraviolet and X-ray Physics, Vancouver, Canada  
Voor meer informatie zie: <http://www.vuvx2010.ca/>

### 26- 30 July 2010

The 23<sup>rd</sup> International Vacuum Nanoelectronics Conference Palo Alto, California, USA  
Voor meer informatie zie: <http://livnc2010.org/>

### 23-27 August 2010

18<sup>th</sup> International Vacuum Congress, Beijing International Convention Center, Beijing, China  
Voor meer informatie zie: <http://www.ivc18.com/en/index.html>

### 6 - 9 September 2010

25<sup>th</sup> European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition (25<sup>th</sup> EU PVSEC) / 5<sup>th</sup> World Conference on Photovoltaic Energy Conversion (WCPEC-5), Valencia, Spain.  
Voor meer informatie zie: <http://www.photovoltaic-conference.com/>

### 29 August- 3 September 2010

The 27<sup>th</sup> edition of the European Conference on Surface Science (ECOSS 27), University of Groningen, The Netherlands  
Voor meer informatie zie: <http://www.ecoss27.eu>

### 20-24 September 2010

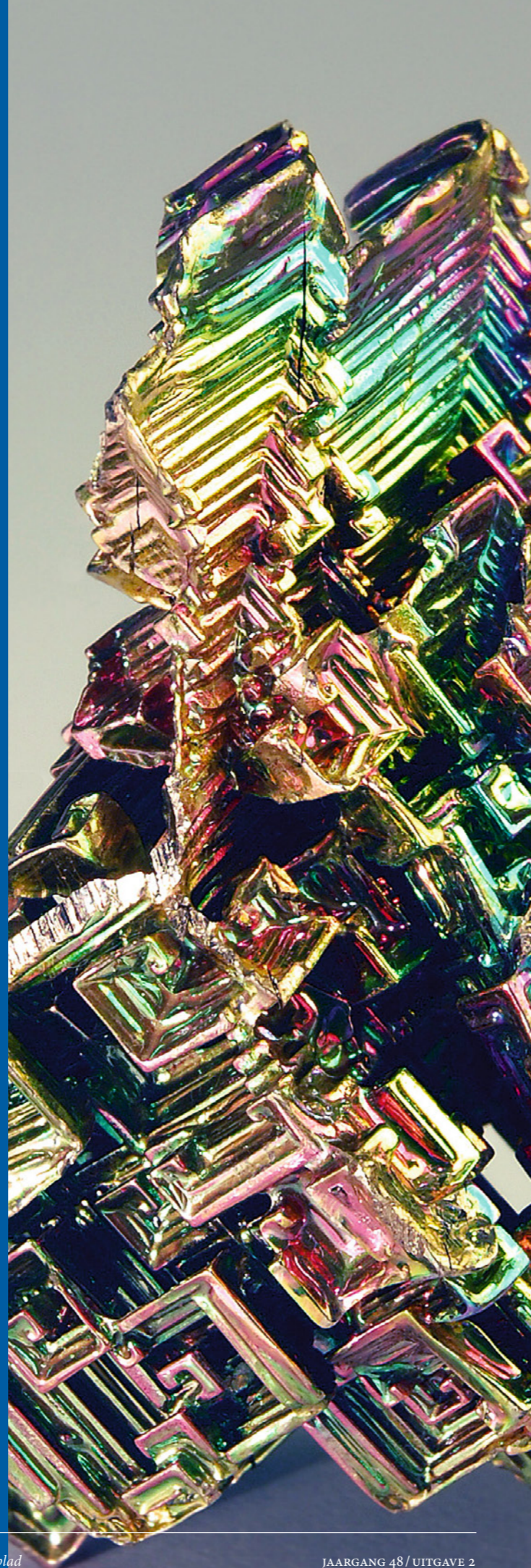
11<sup>th</sup> European Vacuum Conference, EVC-11 / 8<sup>th</sup> Iberian Vacuum Meeting, IVM-8 / 6<sup>th</sup> European Topical Conference on Hard Coatings, Salamanca, Spain  
Voor meer informatie zie: <http://www.icmm.csic.es/asevalevc11.html>

### 14-16 October 2010

8<sup>th</sup> International Vacuum Electron Sources Conference (IVESC 2010) and NANOCarbon 2010, Nanjing, CHINA  
Voor meer informatie zie: [ivesc-nanocarbon2010@pub.seu.edu.cn](mailto:ivesc-nanocarbon2010@pub.seu.edu.cn)

### 17-22 October 2010

AVS-57, Albuquerque Convention Center, Albuquerque, New Mexico, USA  
Voor meer informatie zie: <http://www2.avs.org/symposium>



Press releas - Pfeiffer Vacuum Asslar, Germany, June 2010

## HiPace M

### Compact, magnetically levitated turbopumps

Pfeiffer Vacuum has brought to market a new series of magnetically levitated turbopumps named HiPace M. They cover pumping speeds of 300, 700 and 800 liters per second and achieve high compression ratios for all gases. These pumps are characterized by their high flexibility in all installation orientations. A special rotor design affords

unlimited rotor service life and dependable operation. Moreover, achievement of Protection Class IP 54, enables these pumps to be employed in industrial environments. The low dynamic magnetic field does not interfere with even highly sensitive nearby equipment. This makes these pumps ideally suited for the stringent requirements of analytical applications. Their broad spectrum of applications includes the analytical industry,

coating and semiconductor technology, as well as a variety of applications in research & development and industry.

### Integrated electronic drive unit. Optimum integration

The integrated electronic drive unit in the HiPace M reduces the need for costly and cumbersome cabling. Innovative technologies have significantly reduced the power consumption of the drives – a further step toward energy conservation. And runup time, too, has been reduced. This means that the pumps can return to service even faster. Their functional aluminum housings make these pumps extremely light weight. An optional sealing gas connection safeguards the bearings against particulate matter or oxidizing gases. This makes for optimum integration capability. And the quiet, low-vibration operation of these pumps is setting new standards.



### Profile Pfeiffer Vacuum

Pfeiffer Vacuum is one of the world's leading manufacturers of components and systems for vacuum generation, measurement and analysis. Ever since the invention of the turbomolecular pump by Pfeiffer Vacuum, the company has stood for innovative solutions and high-technology products that are used in the analytical segment, in research and development, environmental technology, chemistry, semiconductor production and coating technology, as well as in the automotive industry and any number of further sectors. Founded in 1890, Pfeiffer Vacuum is today together with Trinos Vakuum-Systeme active throughout the world with a workforce of some 870 people as well as 13 subsidiaries and over 20 agencies. Further information is available at [www.pfeiffer-vacuum.de](http://www.pfeiffer-vacuum.de)

### Press contact

Pfeiffer Vacuum GmbH  
Public Relations  
Sabine Neubrand-Trylat  
T +49 (0) 6441 802 169  
F +49 (0) 6441 802 500  
E [Sabine.Neubrand@pfeiffer-vacuum.de](mailto:Sabine.Neubrand@pfeiffer-vacuum.de)  
[www.pfeiffer-vacuum.net](http://www.pfeiffer-vacuum.net)



# SPECS Nanotechnology

new technology for new science



## Cambridge Nanotech ALD systems

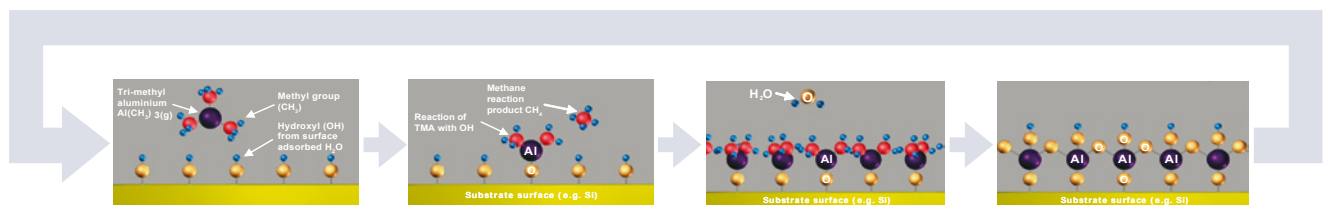


### ALD System Benefits

- Precise process control
- Defect free coating process
- Total area deposition without any dark corners
- High productivity batch mode
- Low cost of ownership
- Easy maintenance

### The Science of Atomic Layer Deposition

Single ALD Cycle



[www.cambridgenanotech.com](http://www.cambridgenanotech.com)

CambridgeNanoTech  
Simply ALD

Specs Nanotechnology • Delftechpark 26 • Delft • The Netherlands

Tel: +31 (0)15 2600 406 • [info@specs-nanotechnology.nl](mailto:info@specs-nanotechnology.nl)

[www.specs-nanotechnology.nl](http://www.specs-nanotechnology.nl)