

NEVAC **BLAD**

jaargang 53 / nummer 3 – december 2015

NEVAC-excursie naar Silicon Valley en de AVS

Contrastvormingsmechanisme
van hoge resolutie atomaire-
krachtmicroscopie

A 3D motion controlled
scanning tunneling
microscope



NEDERLANDSE
VACUÛMVERENIGING



AutoSIMS

Automatic Surface Analysis System

The self-contained **AutoSIMS** is powerful tool for the analysis of **surfaces and layer structures**. Using the sensitivity of SIMS (secondary ion mass spectrometry) AutoSIMS maps the surface chemistry and records material composition changes in thin films with nanometre depth resolution.

At home in both laboratory and production environments it requires minimal training to run the automated analysis programmes. However, advanced users will appreciate the flexibility and potential of the tool.

Features

- ▶ Automatic tuning and set up
- ▶ Large motor driven stage
- ▶ Customisable sample platter
- ▶ Low cost of ownership
- ▶ High up-time
- ▶ Plug and play installation
- ▶ Mass spectrum, 3D imaging and depth profiling
- ▶ Stable oxygen primary ion beam for high sensitivity

Applications

- ▶ Thin film
- ▶ Surface contamination
- ▶ Product monitoring
- ▶ Reverse engineering



represented by

www.benelux-process.com



Colofon

Redactie

Claud Biemans, eindredacteur
Bas Dielissen
Hans van Eck, hoofdredacteur
Ad Ettema
Fred Schenkel

Web-adres

www.nevac.nl

Redactiesecretariaat

NEVAC
Delftechpark 26
2628 XH Delft
redactie@nevac.nl

Abonnementenadministratie

NEVAC
Delftechpark 26
2628 XH Delft

Abonnementen

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

Advertentie-exploitatie

NEVAC
Delftechpark 26
2628 XH Delft
penningmeester@nevac.nl

Grafische vormgeving

Claud Biemans
www.frontlinie.nl

Verschijningstijdstippen 2016

April
Juli
December

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

Bij de omslag



De voorpagina geeft een kijkje in 's werelds langste, maar zeker niet modernste gebouw: dat van de Linac Coherent Light Source van het Stanford Linear Accelerator Center. De NEVAC was in oktober op excursie in Silicon Valley. In dit nummer een uitgebreid verslag.

FOTO KARINE VAN DER WERF

- 5 Van de redactie: Tijd om te lezen *Hans van Eck*
- 6 Het ontrafelen van het contrastvormingsmechanisme van hoge resolutie atomaire-krachtmicroscopie *Joost van der Lit*
- 9 Viewport: Kurt J. Lesker
- 10 Een 10 voor het NEVAC-examen Vacuümtechniek *Claud Biemans*
- 11 Vacuümspecialisten laten het huisvuil toch niet meer luchten?
- 12 Testing monoatomic gold chains using a 3D motion controlled scanning tunneling microscope *Sumit Tewari, Jacob Bakermans, Christian Wagner, Federica Galli, Jan M. van Ruitenbeek*
- 18 De NEVAC-excursie naar het AVS-symposium en Silicon Valley
- 25 Agenda
- 27 *Vacuum Science and Technology* zet Nederland internationaal op de kaart
- 29 Wat kun je met het 'niets'?
- 31 Student of promovendus? Win 15 minutes of fame & 1000 euro!

De sluitingsdatum van kopij voor het eerste nummer van het *NEVAC blad* 2016 is 15 februari 2016.

De deadline voor de NEVAC-prijsvraag is 1 februari 2016.

Surrounding You With Support & Expertise

Exclusive Partnership UHV Design UHV MOTION AND HEATING



Highest Quality
Products Available
at Competitive Prices

.....

Highly Trained, Multi-lingual
Sales Representatives

.....

Same Day
Shipping Across
Europe

.....

Largest Inventory of Vacuum
Components in the Industry

.....

KJLC® Offers the Largest Inventory in the Vacuum Industry

The Kurt J. Lesker® Company is the leading global provider of high quality vacuum products and systems. With 100% customer satisfaction and technical expertise, we aim to be our customers number one supplier.

Enabling Technology for a Better World | www.lesker.com

Kurt J. Lesker
Company



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

Dr. A.F. Otte, voorzitter
Dr. I. Swart, vice-voorzitter
J.W.M. van Kessel, secretaris
Dr. A.R.H.F. Ettema, penningmeester

Verenigingssecretariaat

Jan W.M. van Kessel
jwmvankessel@gmail.com of
secretaris@nevac.nl

Adres ledenadministratie

p/a Dr. A.R.H.F. Ettema
NEVAC, Delftechpark 26,
2628 XH Delft, The Netherlands
Telefoon: +31 15 2600406
Fax: +31 15 2600405
e-mail: penningmeester@nevac.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

Penningmeester NEVAC

IBAN: NL50 INGB 0001 8515 29 o.v.v.:
Penningmeester NEVAC,
t.a.v. Dr. A.R.H.F. Ettema,
Delftechpark 26,
2628 XH Delft

Contributies

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

Tijd om te lezen

Buiten verkleuren de bladeren en daarmee breekt voor mij de favoriete tijd aan om te lezen. Met een goed boek, of in dit geval de gloednieuwe uitgave van het NEVAC-blad, in een comfortabele stoel bij de open haard. Terwijl ik dit schrijf is het echter prachtig weer en lijkt de koude winter nog ver weg. Toch denken wij als redactie dat het gelukt is om het blad zodanig met interessante artikelen te vullen, dat u zich graag in uw favoriete leesstoel nestelt.

In deze uitgave vindt u twee wetenschappelijke artikelen. Het eerste artikel, van de hand van promovendus Joost van der Lit (Universiteit Utrecht), gaat over contactloze atomaire-kracht-microscopie (cAKM). Deze techniek wordt veelvuldig gebruikt om de atomaire structuur van moleculen op een oppervlak te visualiseren. In het artikel wordt met metingen aangetoond dat het contrastvormingsmechanisme van cAKM toe te schrijven is aan het buigen van het laatste atoom van de naald. In het tweede artikel van Sumit Tewari (Universiteit Leiden) wordt beschreven hoe de onderzoeksgroep de functionaliteit van een ultra-hoog vacuüm rastertunnelmicroscop (STM) heeft uitgebreid met behulp van realtime moleculaire simulaties. Door deze combinatie is het gelukt om op een gecontroleerde manier een ketting van goudatomen te maken tussen het oppervlak en de naald van de STM.

In dit nummer ook de eerste aflevering van een nieuwe vaste rubriek waarbij we de beste cursist van de NEVAC-cursus Vacuümtechniek interviewen. De eer van deze primeur is aan Jordy Vernimmen, onderzoekstechnicus bij DIFFER. Zijn docent Theo Mulder bereidde hem zo goed voor op het examen dat hij slaagde met een 10, iets dat al enkele jaren niet was voorgekomen. Jordy vertelt hoe hij het studiemateriaal meteen in de praktijk kon toepassen.

Verder in dit nummer een uitgebreid reisverslag met veel foto's van de NEVAC-excursie naar San Jose en Silicon Valley in de VS. De reis vond plaatst van 17 tot 24 oktober 2015 en bestond onder andere uit deelname aan het symposium van de AVS, een bezoek aan het Stanford Linear Accelerator Center (SLAC) van de Universiteit van Stanford en een dag naar de Advanced Light Source (ALS) faciliteit van het Lawrence Berkeley National Laboratory (LBL). Het verslag is samengesteld uit stukjes, geschreven door de deelnemers aan de excursie. Op deze manier kunnen de achterblijvers meegenieten. Ze weten nu wat ze hebben gemist en willen de volgende keer misschien ook mee.

Rest mij niets anders dan u veel leesplezier in deze laatste weken van het jaar te wensen.

Hans van Eck
Hoofdredacteur NEVAC blad



Waarom het goed is een beetje flexibel te zijn

Het ontrafelen van het contrastvormingsmechanisme van hoge resolutie atomaire-krachtmicroscopie

In 2009 werd de wereld verrast met het eerste atomaire opgeloste plaatje van een molecuul. Pentaceen, vijf aan elkaar gesmolten benzeenringen, werd zichtbaar gemaakt door middel van een atomaire-krachtmicroscopie waarvan de naald eindigde in een enkel koolmonoxidemolecuul. Sindsdien is deze techniek veelvuldig gebruikt om de atomaire structuur van moleculen op een oppervlak te visualiseren. Onlangs is er beweerd dat ook intermoleculaire bindingen, waterstofbruggen, zichtbaar gemaakt kunnen worden. Tot nu toe werd de Paulirepulsie tussen de elektronen van de naald en de binding van de atomen als het voornaamste contrastvormingsmechanisme gezien. Omdat waterstofbindingen weinig elektronendichtheid bevatten – het is een voornamelijk elektrostatisch effect – is het niet direct duidelijk waarom zij gevisualiseerd kunnen worden.

Joost van der Lit

Correspondentieadres: J.vanderLit@uu.nl

In contactloze atomaire-krachtmicroscopie (cAKM) wordt de naald van de microscoop geoscilleerd om de kracht tussen naald en oppervlak te meten. Het is de amplitude van de oscillatie die vervolgens bepaalt voor welke kracht de naald van de microscoop gevoelig is. Grote oscillaties (> 20 nm) maken de naald gevoelig voor lange-afstandskrachten (bijvoorbeeld, elektrostatische en Van der Waals-krachten) terwijl kleine oscillaties juist signaal geven voor korte-afstandskrachten (Paulirepulsie). Met de uitvinding van de qPlus-sensor voor cAKM in 1998 werd het mogelijk om bij kleine oscillaties (typisch kleiner dan 1 Å) te meten (zie het kader qPlus). Om te voorkomen dat op deze korte afstanden, vergelijkbaar met een chemische binding, de naald reageert met het oppervlak is het noodzakelijk de naald te passiveren. Dit gebeurt gewoonlijk door een enkel koolmonoxidemolecuul (CO) op het uiteinde

van de naald te zetten. Door op deze manier in het Paulirepulsie-regime te meten is het gelukt de atomaire structuur van een molecuul te visualiseren (figuur 1a). Door deze metingen leek het erg aannemelijk dat de elektronendichtheid op het molecuul verantwoordelijk was voor het contrast. Nu blijkt dat waterstofbindingen met weinig elektronendichtheid ook gevisualiseerd kunnen worden op deze manier (figuur 1b). Daarom werd een nieuw model voor het contrastvormingsmechanisme gezocht.

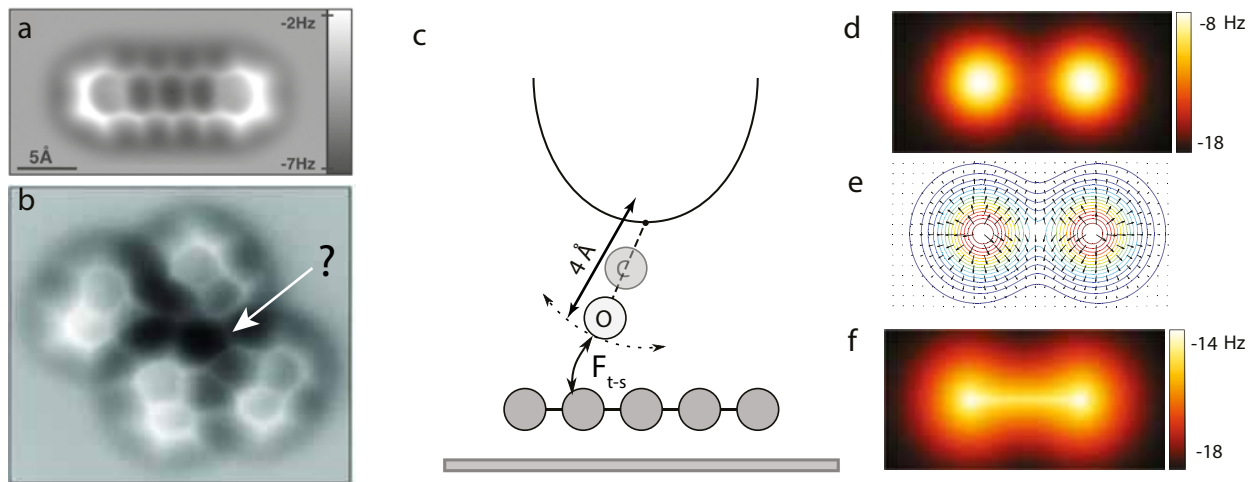
Een nieuw model

Halverwege 2014 verschenen er artikelen waarin een nieuw contrastvormingsmechanisme werd beschreven [4,5]. Het model neemt de flexibiliteit van het CO molecuul aan het eind van de naald mee in beschouwing (figuur 1c). Het model veronderstelt dat alle atomen in een molecuul een bolvormige potentiaal opwer-

pen in de ruimte (figuur 1d). Het model zal verderop in dit artikel in meer detail beschreven worden. Tussen twee naburige atomen vormt zich een zadelpunt in het potentiaalveld. Het CO molecuul aan de naald is erg gevoelig voor dit veld en zal afbuigen naar gebieden met een lagere energie (figuur 1e). Dit effect veroorzaakt een verscherping van het zadelpunt tussen de twee atomen. Doordat de contactloze atomaire-krachtmicroscopie dit potentiaalveld aftast, zal er een 'binding' te zien zijn tussen de atomen (figuur 1f). Het enige wat het model veronderstelt voor het visualiseren van een binding in cAKM is dat er twee atomen dicht bij elkaar zitten. Dit zou een goede verklaring kunnen zijn voor het waargenomen contrast op de plek van de waterstofbruggen.

Metten is weten

Ook al klinkt het nieuwe model erg aannemelijk, het is lastig te bewijzen,



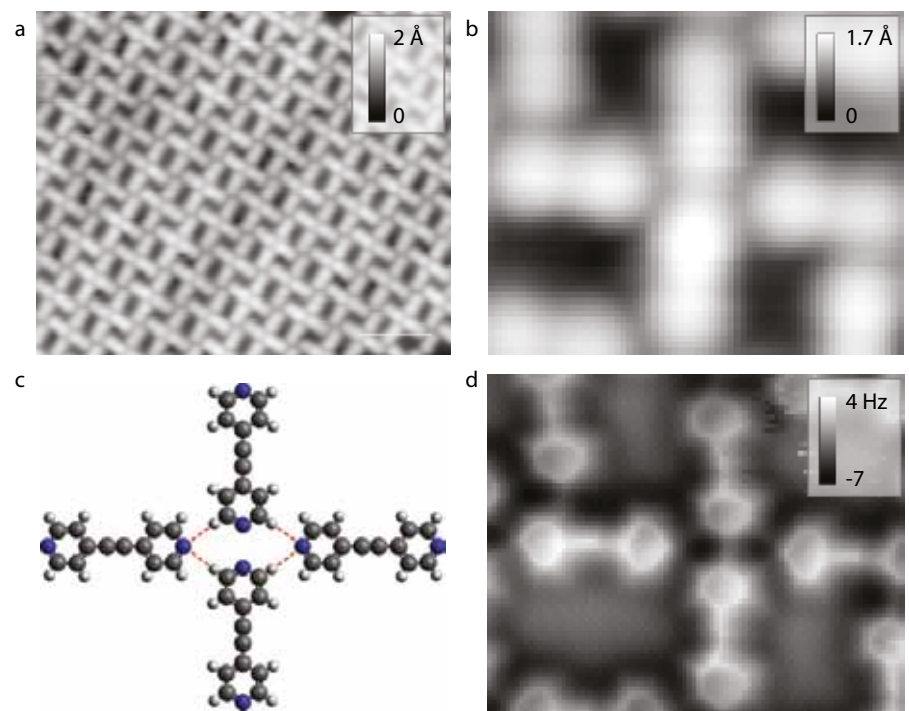
Figuur 1 a) Atomair opgeloste structuur van pentaceen. b) Inter-moleculair contrast tussen moleculen kan worden geïnterpreteerd als waterstofbruggen. c) Schematische weergave van het nieuwe model. Alleen het laatste zuurstofatoom aan de naald beweegt ten gevolge van de kracht tussen de naald en het monster (F_{t-s}). d) Berekend cAKM-contrast boven twee atomen met een oneindig stijve naald. Er is geen binding zichtbaar. e) Laterale kracht die het zuurstofatoom ondervindt boven de twee atomen, op het zadelpunt is deze kracht nul. f) Berekend cAKM-contrast boven twee atomen met een laterale stijfheid van 0,6 N/m. Er is een binding tussen de atomen zichtbaar. Afbeeldingen uit [1-3].

omdat alle voorgaande metingen altijd atomen bevatten die waterstofbruggen vormen. Een goede controle zou een systeem zijn waarin atomen dicht bij elkaar zitten zonder aanwezigheid van waterstofbruggen. Wij hebben een dergelijk systeem gevonden door kleine moleculen genaamd bis-(para-pyridyl) acetyleen (BPPA) op te dampen op een goud(111)oppervlak. Een schoon en vlak goud(111)oppervlak wordt geprepareerd door verschillende sputter- en gloeistappen. Nadat het kristal afgekoeld is, worden de BPPA-moleculen opgedampt via een Knudsencelverdamper. Het kristal wordt vervolgens naar de lage-temperatuurrastertunnelmicroscopie / atomaire-krachtmicroscopie (LT STM/AFM, Omicron GmbH, 4.8 K) verplaatst. Dit apparaat is aan hetzelfde vacuümsysteem gemonteerd (achtergrondruk: $< 10^{-10}$ mbar).

Deze BPPA-moleculen vormen spontaan een netwerk dat geïnspecteerd wordt met rastertunnelmicroscopie (figuur 2a). In dit netwerk liggen steeds twee BPPA-moleculen tegenover elkaar, waardoor twee stikstofatomen dicht bij elkaar komen. De afstoting tussen deze twee atomen wordt gecompenseerd door twee andere BPPA-moleculen die haaks tegen de middelste twee liggen. Een uitvergro-

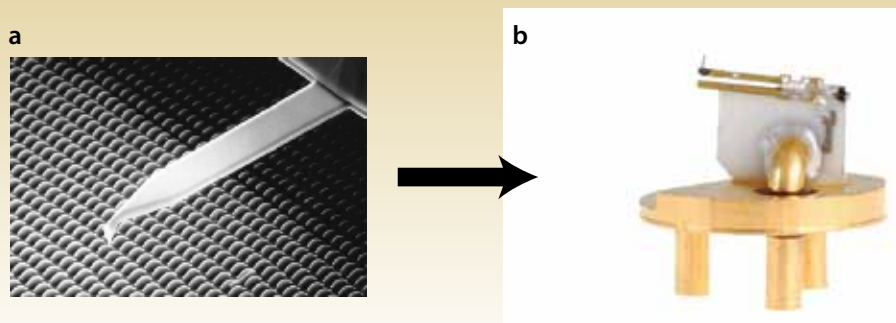
ting van de gevormde 'tetrameer' is zichtbaar in figuur 2b. De tetrameer vormt vier waterstofbruggen naar de middelste twee BPPA-moleculen waardoor ze sta-

biel blijven liggen (rode stippellijnen in figuur 2c). De twee centrale stikstofatomen liggen nu dicht bij elkaar zonder dat er een binding is.

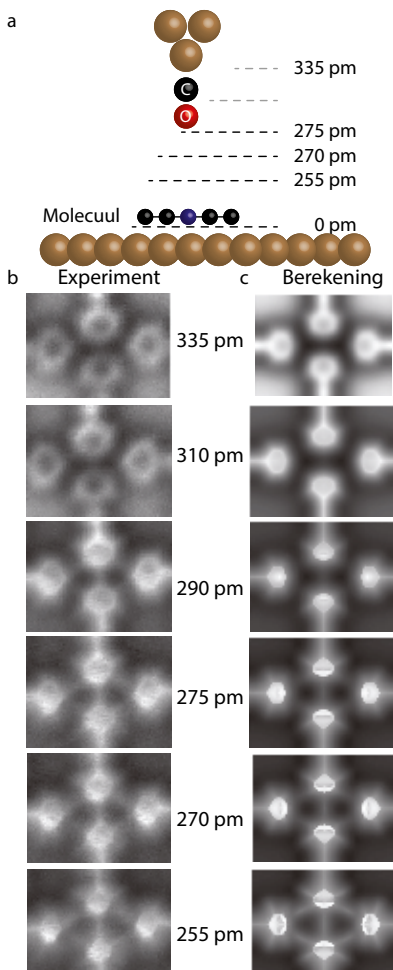


Figuur 2 a) Rastertunnelmicroscopie-meting van zelfgeorganiseerde BPPA-moleculen op het Au(111)oppervlak. b) Rastertunnelmicroscopie-uitvergroting van een tetrameer van BPPA. c) Atomair model van een BPPA-tetrameer, waar de rode stippellijnen de positie van de stabiliserende waterstofbindingen aangeven. Tussen de twee centrale stikstofatomen (blauw) zit geen waterstofbinding. d) Constante-hoogtemeting met de contactloze atomaire-krachtmicroscopie van de tetrameer met intermoleculair contrast. Er zijn bindingen zichtbaar op zowel de plekken met waterstofbindingen als tussen de twee stikstofatomen die geen bindingen zouden vormen. Afbeeldingen uit [3].

De eerste atomaire-krachtmicroscopie maakte gebruik van silicium cantilevers waaraan een naald geëtst is (figuur 3a). Om in contactloze modes gebruikt te worden, waarbij de naald geoscilleerd wordt, moeten door de lage stijfheid van dit materiaal redelijk grote oscillatieamplitudes gebruikt worden. Dit is om de 'sprong-naar-contact' van de naald op het laagste keerpunt van de oscillatie te voorkomen (de opgeslagen interne energie van de cantilever moet groter zijn dan de aantrekking van het oppervlak). In 1998 werd voor het eerst gebruikgemaakt van kwarts stemvorken, die door hun hoge stijfheid tot zeer kleine oscillatie-amplitudes geëxciteerd konden worden [6]. Kleinere oscillatie-amplitudes geven een verbeterde signaal-ruisverhouding in cAKM. Kwarts stemvorken zijn ruim voorradig vanwege hun toepassing als tijdmeters in polshorloges. De eerste qPlus-sensor werd gemaakt door een naald, vaak een dunne wolfram draad, aan een van de armen van de stemvork te bevestigen (figuur 3b). Kwarts is een piëzoelektrisch materiaal, waardoor de mechanische respons van de stemvork elektrisch kan worden uitgelezen. Op de metalen draad kan tevens een potentiaal worden aangelegd, zodat de sensor tegelijkertijd voor rastertunnelmicroscopie kan worden gebruikt.



Figuur 3 a) SEM opname van een Si-cantilever boven een oppervlak. b) Commercieel verkrijgbare qPlus-sensor (Omicron GmbH).



Wanneer vervolgens de naald wordt gepassiveerd met een CO molecuul kan met de atomaire-krachtmicroscopie worden gekeken naar de atomaire structuur. Dit wordt gedaan door op constante hoogte de frequentieverschuiving (proportioneel met de kracht) van de naald te meten als functie van zijn positie (figuur 2d). Tussen de twee centrale chemisch niet gebonden stikstofatomen zien wij een 'binding'. Om dit resultaat te vergelijken met het nieuwe model hebben collega's uit Finland berekend hoe het netwerk eruit zou moeten zien. Hiervoor

zijn alleen de atomaire posities van alle moleculen in de tetrameer nodig. Deze zijn verkregen door de atomaire structuur van de moleculen over de rastertunnelmicroscopiemetingen te leggen.

Het model

In het rekenmodel krijgen alle atomen een bolvormige '9-6 Lennard-Jonespotentiaal' toegekend. Deze potentiaal beschrijft de Van der Waals-aantrekking en Pauli-repulsie tussen verschillende atomen als functie van hun afstand (figuur 1c). Vervolgens wordt een naald met CO molecuul in dit potentiaalveld geplaatst. Het uiterste zuurstofatoom kan bewegen in het veld om zo zijn laagste-energiepositie te vinden. De flexibiliteit van het zuurstofatoom is bepaald door zijn veerconstanten (ongeveer 0,25 N/m). Direct boven een zadelpunt tussen twee atomen kan het zuurstofatoom niet afbuigen (figuur 1e, laterale kracht is nul) en zal een 'binding' zichtbaar worden. Als de afstand tussen de naald en een atoompaar

Figuur 4 a) De naald van de atomaire-krachtmicroscopie is gepassiveerd met een enkel CO molecuul. Deze wordt op een constante hoogte over de BPPA-moleculen bewogen tijdens de meting. b) Het centrum van de tetrameer wordt op verschillende hoogten afgetast met de CO naald en vergeleken met het model. Bij metingen op korte afstanden worden de intermoleculaire bindingen duidelijk zichtbaar.

kleiner wordt zal het zadelpunt steiler worden en de 'binding' dus smaller.

Om het model verder te testen hebben wij op verschillende hoogten boven de moleculen de frequentieverschuiving als functie van de positie gemeten (figuur 4a). Figuur 4b (linker kolom) toont de metingen met de atomaire-kracht-microscopie genomen op verschillende hoogten. Als de afstand tot het molecuul afneemt, verandert het contrast. Deze plaatjes kunnen direct vergeleken worden met de voorspellingen van het model (figuur 2b, rechts). Omdat bij contactloze atomaire-krachtmicroscopie de absolute afstand tot het molecuul onbekend is, wordt de afstand uit het model overgenomen. De relatieve afstanden tussen metingen zijn identiek voor het experiment en de berekening. In dichtbij gemeten plaatjes zijn sterke vervormingen van

het molecuul te zien. Deze vervormingen worden door het model goed gereproduceerd en kunnen worden toegeschreven aan het afbuigen van het CO molecuul. Hoe groter de verbuiging, hoe duidelijker de intermoleculaire bindingen worden.

Conclusie

Met deze metingen hebben wij laten zien dat het contrastvormingsmechanisme van hoge resolutie c-AKM toe te schrijven is aan het buigen van het laatste atoom van de naald in het potentiaalveld boven een molecuul. De toekenning van intermoleculair contrast aan waterstofbindingen is dus incorrect. Er kan enkel gezegd worden dat er op de posities van de waterstofbruggen twee atomen dicht bij elkaar zitten.

Dit artikel is gebaseerd op: 'Intermolecular Contrast in Atomic Force Microscopy Images without Intermolecular Bonds', Sampsa K. Hämäläinen, Nadine van der Heijden, Joost van der Lit, Stephan den Hartog, Peter Liljeroth en Ingmar Swart, *PRL* **113**, 186102 (2014).

Referenties

- 1 L. Gross, F. Mohn, N. Moll, P. Liljeroth, and G. Meyer, *Science* **325**, 1110 (2009).
- 2 J. Zhang, P. Chen, B. Yuan, W. Ji, Z. Cheng, and X. Qiu, *Science* **342**, 611 (2013).
- 3 S. K. Hämäläinen, N. van der Heijden, J. van der Lit, S. den Hartog, P. Liljeroth, and I. Swart, *Phys. Rev. Lett.* **113**, 186102 (2014).
- 4 P. Hapala, G. Kichin, C. Wagner, F. S. Tautz, R. Temirov, and P. Jelínek, *Phys. Rev. B* **90**, 085421 (2014).
- 5 M. P. Boneschanscher, S. K. Hämäläinen, P. Liljeroth, and I. Swart, *ACS Nano* **8**, 3006 (2014).
- 6 F. J. Giessibl, *Appl. Phys. Lett.* **73**, 3956 (1998).

Kurt J. Lesker

Founded in 1954 as a regional distributor and manufacturer of vacuum components in Pittsburgh, Pennsylvania, Kurt J. Lesker has since enjoyed rapid successful growth on an international scale. With offices in the US, Europe, China and Hong Kong, KJLC® has established itself as a leading global provider of high-quality vacuum products and systems while also maintaining a strong focus on customer service and needs. The company has developed dramatically since its humble beginnings, evolving its worldwide expertise into four focussed divisions of Materials, Mart, Manufacturing and Process Equipment.

KJLC's European Headquarters, which is ideally located on the UK's South Coast for ease of distribution, holds the largest inventory of vacuum components in the industry. KJLC is proud to announce further expansion into European Manufacturing with the introduction of a



brand new facility. Enhanced capabilities include; 5 axis high precision machining, TiG welding, ultrasonic cleaning, FARO® arm inspection and vacuum bakeout. Expansion has allowed KJLC® to support the high demand for quality vessels and components across Europe with shorter lead times.

Being at the forefront of science and technology, with dedicated Centres of Excellence, particularly Organic Deposition

for Europe allowing KJLC to promote passion and commitment to producing products tailored to support innovative research and development. KJLC are proud of ongoing collaborations and valuable relationships with some of the most prestigious institutions across the globe – among them Oxford and Penn State University. Kurt J. Lesker Company really is true to its reputation of "Enabling Technology for a Better World."

Een 10 voor het NEVAC-examen Vacuümtechniek

Het is een drukke en spannende tijd voor onderzoekstechnicus Jordy Vernimmen, als ik hem eind september bezoek op het vrijwel verlaten terrein van de voormalige locatie van DIFFER: het kasteel Rijnhuizen in Nieuwegein. Zijn begeleider, Hennie van der Meiden, roept me toe: “Hij is een hele goede. Hij is heel enthousiast. We willen hem niet kwijt!” Jordy werkt hier nu bijna een jaar en deze week wordt besloten of zijn contract wordt verlengd.

Jordy was afgelopen zomer de beste cursist van de NEVAC-cursus Vacuümtechniek (VT). Hij slaagde met een 10, iets dat al enkele jaren niet was voorgekomen. De cursus is gericht op technische medewerkers die in aanraking komen met het dimensioneren en testen van vacuümsystemen en daarmee met ‘reken-technische’ problemen.

Jordy studeerde vorig jaar af in de technische natuurkunde aan de Fontys Hogeschool in Eindhoven. Voor zijn afstudeerstage was hij begin 2014 op zoek naar een

onderzoeksinstituut in de fundamentele natuurkunde, dat sprak hem altijd al aan. Toen hij hoorde van de FOM-instituten ontdekte hij dat DIFFER onderzoek doet naar kernfusie en dat vond hij een mooi onderwerp. Tot ieders tevredenheid liep hij enkele maanden stage in Nieuwegein en toen hij zijn diploma had, kreeg hij daar half oktober 2014 een jaarcontract.

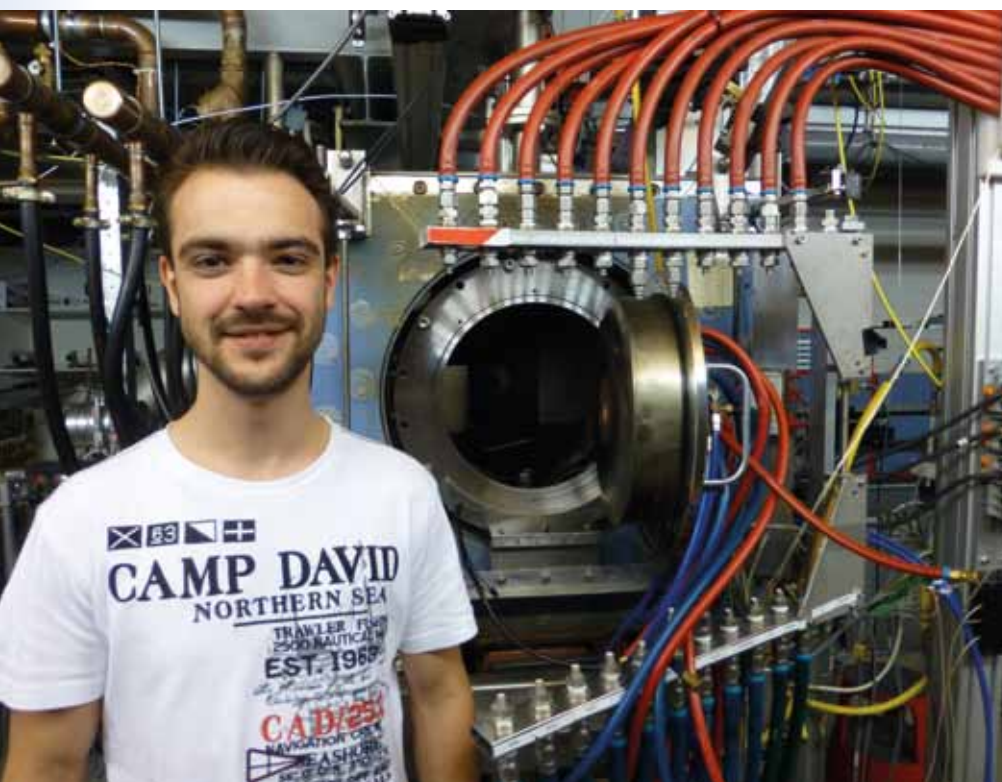
Het eens zo levendige DIFFER-gebouw is tijdens het gesprek met Jordy vrijwel verlaten. De grote opstelling van Magnum-PSI, voor onderzoek aan de inter-

actie tussen plasma's en oppervlakken, is al naar de nieuwe locatie van DIFFER in Eindhoven verhuisd en wordt daar momenteel opgebouwd. Er werkt nog maar een kleine groep in Nieuwegein. Alle ondersteunende diensten zijn al verhuisd. Jordy is samen met Kirill Bystrov op dit moment bezig met het opbouwen van een experiment met de Pilot-PSI lineaire plasmagenerator, een voorganger van Magnum-PSI. Op 16 oktober zal het experimenteel programma op Pilot-PSI in Nieuwegein stoppen. De huidige opstelling zal in gewijzigde vorm in Eindhoven weer worden opgebouwd en gekoppeld worden aan de nieuwe ionenbundelfaciliteit.

Kirill en Jordy zijn bezig met het installeren van een plasmabron, het uitlijnen van diagnostieken en plaatsen van aluminium targets. Ze gaan kijken naar hoe gesputterd aluminium zich ruimtelijk gedraagt tijdens plasmacondities die relevant zijn voor ITER, de fusiereactor die op dit moment in Zuid-Frankrijk gebouwd wordt. Het gedrag van aluminium lijkt op het gedrag van beryllium, dat in de wand van ITER gebruikt wordt als thermische bescherming, maar dat element is giftig en vraagt om allerlei veiligheidsmaatregelen. De diagnostiek bestaat uit een conventioneel deel, en een deel waarin een fysieke afscherming voor aluminium deeltjes is aangebracht op plaatsen waar simulaties voorspellen waar het aluminium terechtkomt. Dit is de test of die simulaties correct zijn.

Lektesten

Jordy laat nog een ander experiment zien dat twee weken geleden is afgerond. In de opstelling wordt met behulp van een laser en vier kruislings tegenover elkaar opgestelde kathoden een heel stabiel plasma gemaakt, waarin de elektrische



Jordy Vernimmen bij de Pilot-PSI lineaire plasmagenerator.

velden in het plasma elkaar opheffen. Met behulp van Thomsonverstrooiing is eerst gekeken naar de dichtheid en temperatuur van het plasma. In de toekomst zullen metingen verricht worden aan thermische fluctuaties die ontstaan door stofdeeltjes van wolfram in het plasma.

Jordy: "Het was een testopstelling die ik samen met mijn begeleider in een week in elkaar heb gezet. Wat ik tijdens de VT-cursus geleerd heb, heb ik hier in de praktijk toegepast, want we bouwen bijvoorbeeld plasmabronnen en die moeten gelectest worden. Tegenwoordig doe ik dat bijna wekelijks. Voor deze opstelling in de laserkamer moest ik ook kijken welke pomp gebruikt moest worden. Dus dan maak ik de keuze voor de pomp en de pompsnelheid."

"Ook het werk aan Pilot betekent flenzen, diagnostieken en bronnen bouwen, en dat moet allemaal gelectest worden. Dus daarbij is de toepassing van vacuümtechniek belangrijk. Mijn begeleider stelde voor dat ik de VT-cursus ging vol-

gen, mijn eerste kennismaking met de NEVAC. Op school had ik wel een vak over vacuümtechniek gehad, maar dat was vrij beknopt. Voor meer informatie konden we het boek raadplegen van de docent van de VT-cursus, Theo Mulder. Op school lagen een paar inlijxemplaren, maar het was geen verplichte literatuur."

"Mijn collega Erik Vos heeft tegelijkertijd met mij de cursus gevolgd (en slaagde met een 9), verder werkten bijna alle andere deelnemers bij ASML. De eerste week werd de cursus daar gegeven, daarna in het Koningshof in Veldhoven. De lessen betonden uit veel theorie, maar Theo Mulder gaf ook heel veel praktijkvoorbeelden. Alle pompen zijn aan bod gekomen, sensoren, lektesten. Het is fijn voor de praktijk om weten welke pompen er zijn en te weten op welk principe ze berusten. Het mooiste vond ik de cryopomp, die berust op een fraai natuurkundig principe. Ik vond dat Theo alle theorie heel duidelijk heeft uitgelegd. We zijn zelf

helaas niet praktisch bezig geweest met vacuümopstellingen. Ik vond het daarom wel goed dat ik hier eerst wat ervaring op had gedaan met vacuümtechniek, voordat ik aan de cursus begon." Jordy vond het examen niet moeilijk. "De toets was in twee delen gesplitst: theorie en rekensommetjes en de rekensommetjes waren wel heel eenvoudig. Theo Mulder had al van tevoren gezegd dat er maar een paar formules zijn die je moet kennen. Als je kunt vermenigvuldigen en delen dan zou dat verder geen probleem moeten zijn.

Behoeft aan een vervolgcursus heeft Jordy niet. "De verworven kennis heeft me bewust gemaakt van de vacuümtechnische aspecten die ik dagelijks tegenkom, en daarmee is het doel bereikt."

Tijdens het schrijven van dit artikel is Jordy's contract met een jaar verlengd. Hij kan zich nu richten op het opbouwen van Magnum-PSI en het verder ontwikkelen van collectieve Thomsonverstrooiing.

Claud Biemans

Vacuümspecialisten laten het huisvuil toch niet meer luchten?

Ondernemers Roald Prins, werkzaam in de installatietechniek, en Willem Boomsma, werkzaam in de accountancy, hebben beiden een gezin. Zoals gebruikelijk in een gezin met kinderen puilt hun afvalcontainer vaak uit. Dan staan ze weer te duwen om alles in de container te krijgen of zelfs bovenop de vuilniszakken te stampen. Voor velen een herkenbaar fenomeen waarvan je jezelf afvraagt of daar nog nooit een passende en praktische oplossing voor is gevonden.

Ongeveer een jaar geleden ontstond bij Roald en Willem het idee hier eens onderzoek naar te doen en te zoeken naar oplossingen. Roald en Willem hebben gedurende dit jaar vele besprekingen met elkaar gehad en uiteindelijk besloten ze hun oplossingen voor het huisvuil, maar



ook bedrijfsvuil, op papier te zetten.

Na evaluatiegesprekken bleven er van de vele ideeën en oplossingen twee innovatieve, betaalbare en praktische oplossingen over. Deze twee oplossingen, of zoals u wilt uitvindingen, hebben Roald en Willem uitgewerkt en vast laten leggen.

Bij de eerste oplossing is sprake van een mechanische techniek en bij de ander van vacuümtechniek. Het idee is om de vuilniszakken vacuüm te zuigen waardoor het volume afneemt wat goed is voor het milieu. Tevens is het een oplossing is voor de nare geuren. Voor de uitvin-

ding op het gebied van vacuümtechniek hebben Roald en Willem de Nederlandse Vacuümvereniging (NEVAC) benaderd met de vraag of zij een bedrijf kunnen aanbevelen dat openstaat voor innovatie op het gebied van vacuümtechniek voor het verder ontwikkelen van deze oplossing tot een eindproduct. Roald en Willem willen hun marketing-expertise inzetten om samen met dit bedrijf het product in de markt te zetten.

Is uw bedrijf geïnteresseerd in dit initiatief dan kunt u contact opnemen met Roald (RoaldPrins@me.com).

Testing monoatomic gold chains using a 3D motion controlled scanning tunneling microscope

A new way to control individual molecules and monoatomic chains is devised by adding a 3D motion control system to a conventional scanning tunneling microscope (STM). A real-time molecular dynamics (MD) simulation system is also attached to the ultra-high vacuum (UHV) STM setup to provide an 'eye' to the STM. The strength of this system is demonstrated by preparing and peeling out a monoatomic chain of gold atoms out of Au(111) surface in a well-controlled manner.

Sumit Tewari¹, Jacob Bakermans¹, Christian Wagner^{1,2}, Federica Galli¹, Jan M. van Ruitenbeek¹

¹ Leiden University, ² Peter Grünberg Institut (PGI-3) Jülich
Tewari@Physics.LeidenUniv.nl

Electronic devices are becoming smaller and faster day by day. In a mere 2.5 decades a massive 2500 kg Cray 2 super-computer, powered by 195 kW and the world's fastest computer in 1985, was replaced by an equivalent 0.6 kg iPad2 launched by Apple in 2011. The size of electronic components and devices is decreasing exponentially, following Moore's law very well. Intel has reached the current minimum feature size of 22 nm [1] with silicon technology. Moore's law predicts that by the end of this decade the fundamental size limit is reached, i.e. the size of single molecules and atoms. At this scale (less than 5 nm), electrons get trapped and their energy becomes quantized. Quantized energy levels are called orbitals. Reaching this limit electronic circuits will have to be designed according to the laws of quantum mechanics. In 1974 the field of 'molecular electronics' started with a seminal article showing theoretically that single molecules could behave like diodes, transistors etc. [2]. A major challenge in doing molecular electronics experiments is connecting or coupling (one dimensional)

single molecules to higher dimensional electrical leads. After the invention of

the STM in 1981 by IBM Zürich single atoms and molecules could be visualized

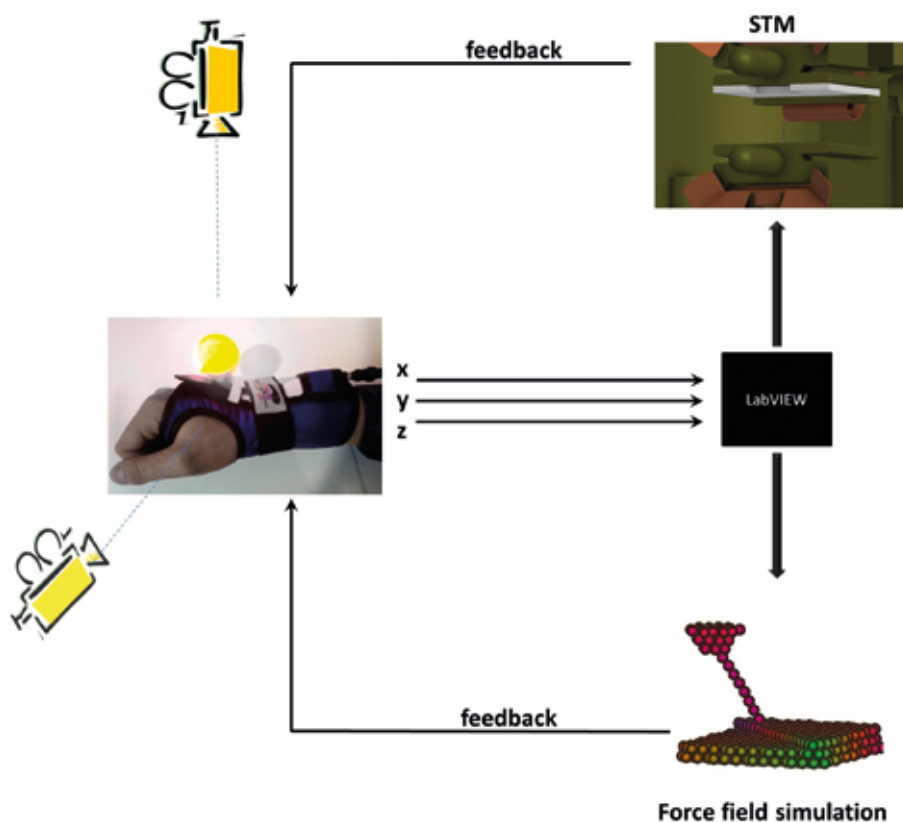


Figure 1 Scanning tunneling microscope coupled with a 3D motion sensor and real-time molecular dynamics simulation.

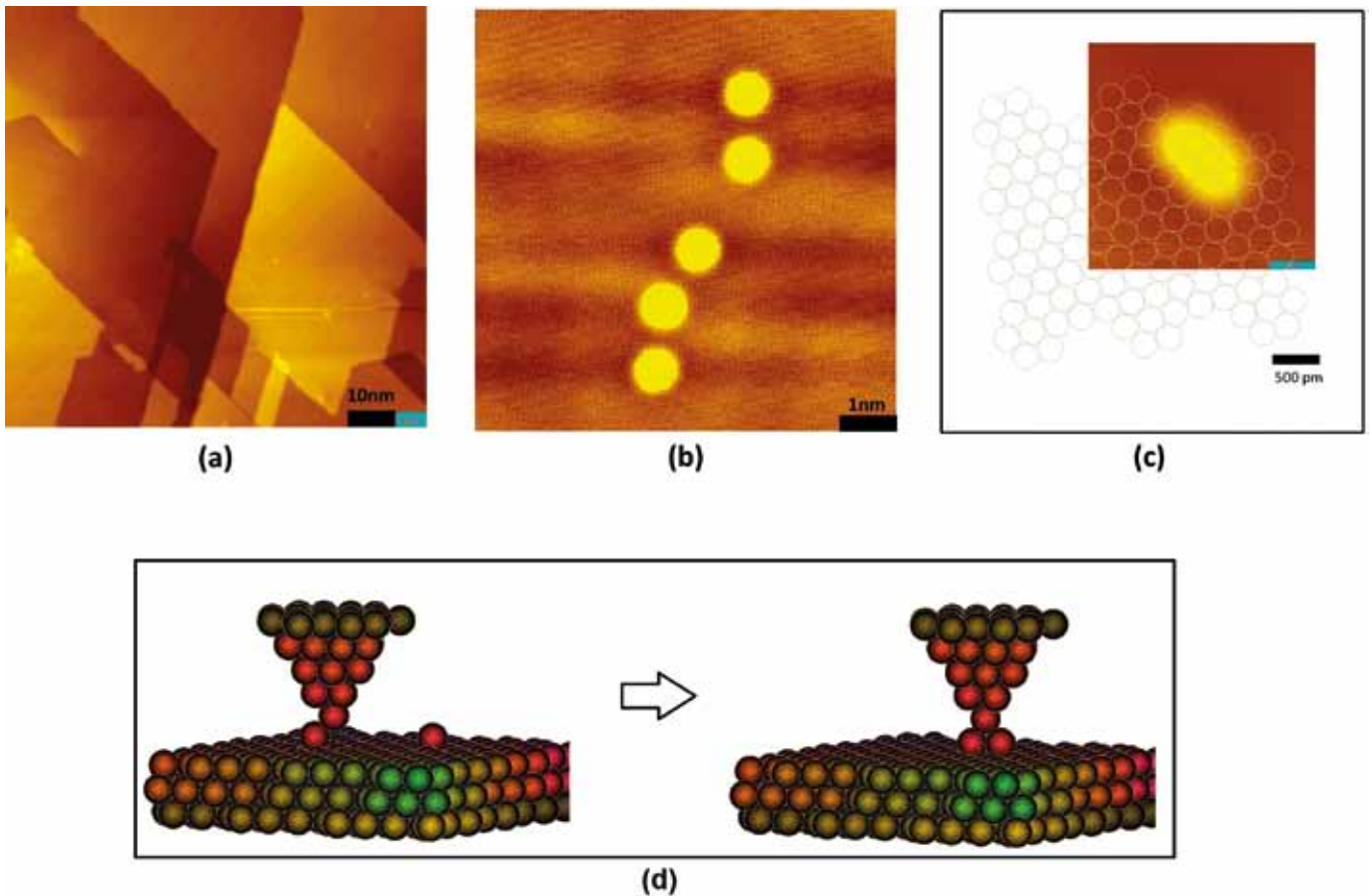


Figure 3 (a) Herringbone reconstruction and terrace structure of Au(111) surface, (b) Gold ad-atoms deposited on Au(111) surface from the STM tip, (c) a 3-atom chain made by joining atoms one by one, and (d) Molecular dynamics simulation showing the atomic manipulation technique by dragging.

face by pushing. In this technique the last atom of the tip is positioned about 1 nm behind the ad-atom, at a height corresponding to 0.4 μA tunneling current at 100 mV bias. The tip is moved towards the ad-atom, and the tip's last atom pushes it over the surface. Gold ad-atoms sit in the hollow sites formed between the surface atoms. In Au(111) these sites are arranged in a hexagonal pattern, so the tip needs to be placed behind the ad-atom in order to push it in the direction of the next hollow site. This is shown as the meandering pattern in figure 4(a). The 3D motion STM (3dMSTM) is coupled with the RTMD simulation mentioned earlier, so the operator can see the effects of the motion in the simulation. To set up the RTMD simulation it is important to know the exact configuration of the surface atoms. The pushing behavior depends on the repulsive part of the in-

teratomic potential. Therefore a Born-Mayer interaction potential is used in the RTMD simulation.

Lifting of monoatomic chains

Figure 4 shows the result of lifting monoatomic gold chains (3 atoms including the tip's last atom) using 3dMSTM with RTMD simulation. At first the ad-atoms are brought in line using the pushing technique, measuring their exact position over the surface atoms with respect to each other. Figure 4(a) shows the x,y,z motion of the tip and figure 4(b) shows the x,y motion and the conductance G during the above experiment. The start and end of the experiment are marked. Initially the tip's z -position is synchronized (points 1-2 in figure 4(a,b)) in both experiment and simulation, by putting the left ad-atom in point contact with the tip's last atom.

This is done by switching off the feedback loop, so that the tip approaches this ad-atom. Then the tip is retracted and repositioned 1 nm behind the ad-atom to be pushed, at a height equivalent to 0.4 μA tunneling current at 100 mV bias (3-4-5). After this the ad-atom is pushed from behind (6) with the tip's last atom. At this point the conductance is $1 G_0$ (i.e. one quantum of conductance, $2e^2/h$ where h is Planck's constant), demonstrating the point contact configuration. Subsequently, this ad-atom is pushed from one hollow site to the next hollow site towards the second ad-atom. This motion (7) is shown as the meandering part in figure 4(a),(b). Finally a 2-atom chain is formed on the surface and the tip's last atom is behind the first ad-atom. When the 2-atom chain is now lifted (8-9) from the surface, the conductance drops from $1 G_0$ to $0.8 G_0$.

Parity oscillation test

To test if the gold atomic chain is connecting the tip and surface, and not any cluster of gold atoms, a ‘parity oscillation test’ (POT) can be performed. The phenomenon of parity oscillations in gold atomic chains is known from statistical measurements using MCBJ [7]. In these experiments it was observed that the conductance is very close to the quantized value ($2e^2/h$) when the number of atoms in the chain is odd, and when it is an even number the conductance becomes a bit lower. Such conductance oscillations could be due to interference effects of electron waves within the atomic wire [7], or due to transitions between zigzag and linear atomic configurations [8]. However, these conductance oscillations are specific for atomic chains; observation of such oscillations are a proof of atomic chain configurations. POT is performed in the experiment shown in figure 4(a),(b) once the chain is brought down again to the surface making a nearly circular trajectory (10). As soon as the second atom is placed back on the surface, the number of atoms changes from even to odd and so the conductance rises to $1 G_0$ – the atoms which are lying on the surface become part of the electrode (surface). Then the chain is lifted again and pulled until it breaks, leaving one atom on the surface. Figure 4(c) shows the z -displacement and the conductance recorded during the experiment in a time plot. It can be clearly seen here that the conductance oscillates sharply between odd and even when we pull the chain off or put it back on the surface and restart.

Conclusion

The experiment described above is designed to study electronic transport through 1D atomic chains. With the help of 3dMSTM coupled with RTMD simulation, working at 10^{-10} mbar pressure and 3K temperature, it was possible to make and attach a monoatomic gold chain between the STM tip and the surf-

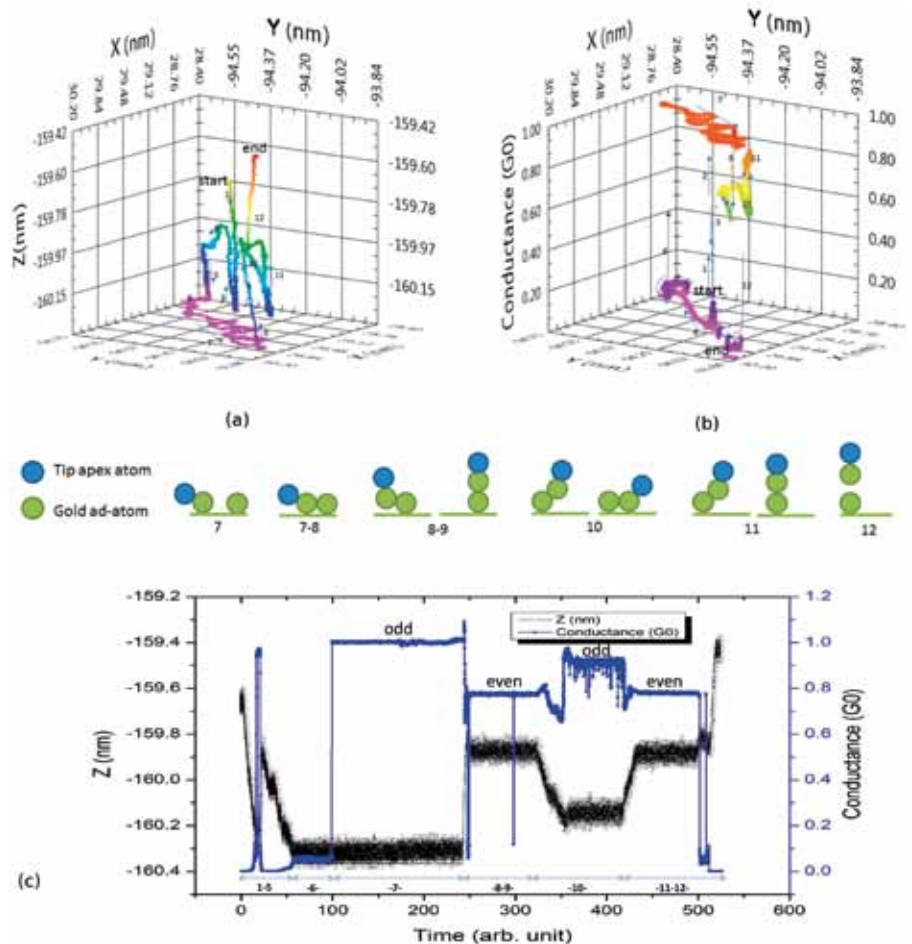


Figure 4 (a) x, y, z (nm) trajectory of the STM tip recorded using a 3D motion sensor, (b) Conductance measurement corresponding to (a), (c) Time plot of z -displacement and conductance, showing parity oscillations of conductance.

ace in a controlled way and a one-shot measurement can be performed. In the future molecules deposited on metal surfaces could be connected between two monoatomic chains using a similar technique. By doing such experiments the uncertainty in the electronic transport measurement, due to an unknown tip structure, could be avoided. Once such an experiment is possible, this system with 3dMSTM coupled with RTMD simulation will become a benchmark testing machine for the electronic transport properties of different molecules.

References

- 1 <http://www.intel.com/content/www/us/en/silicon-innovations/intel-22nm-technology.html>
- 2 A. Aviram and M.A. Ratner, *Chem. Phys. Letters* **29** (1974) 277.
- 3 G. Binnig, H. Rohrer, Ch. Gerber, and E. Weibel, *Appl. Phys. Lett.* **40** (1981) 178.
- 4 D.M. Eigler and E.K. Schweizer, *Nature* **344** (1990) 524.
- 5 C.J. Muller, PhD Thesis, 1998-2002.
- 6 L. Bartels, G. Meyer, and K.-H. Rieder, *Phys. Rev. Lett.* **79** (1997) 697.
- 7 R.H.M. Smit, C. Untiedt, G. Rubio-Bollinger, R.C. Segers, J.M. van Ruitenbeek, *Phys. Rev. Lett.* **91** (2003) 076805.
- 8 Ran Vardimon, Tamar Yelin, Marina Klionsky, Soumyajit Sarker, Ariel Biller, Leeor Kronik, and Oren Tal, *Nano Lett.* **14** (2014) 2988-2993.

EnviroESCA™

THE BEGINNING OF A NEW ERA



With the pioneering developments made by SPECS over the last years we are now able to present EnviroESCA. This novel and smart analysis tool overcomes the barriers of standard XPS systems by enabling analyses at pressures far above UHV. EnviroESCA is perfectly suited for high-throughput

analysis and allows for applications in the fields of medical technology, biotechnology and life sciences. It offers the shortest loading-to-measurement time for any sample also including liquids, tissue, plastics and foils, powders, soil, zeolites, rocks, minerals and ceramics.

Environmental

- Controllable atmosphere from sample loading to analysis
- Adaptable process gas dosing systems
- Specialized Sample Environments
- Compatible with all kind of samples of sizes up to Ø 60x40 mm

Networking

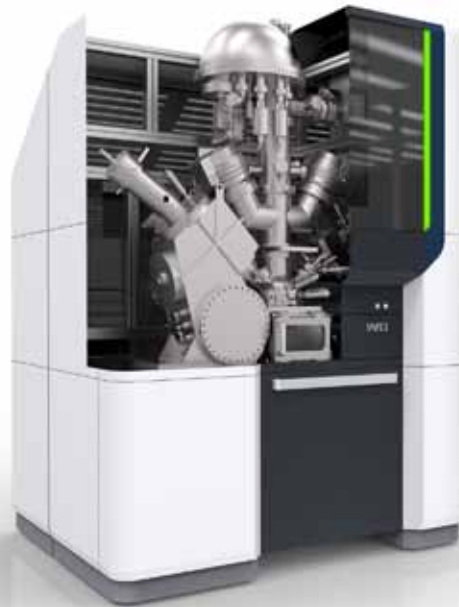
- SampleExplorer
- SmartDock
- AutoLoader
- GloveBox

Versatile

- Revolutionary analyzer technology
- μ -Focus X-ray source
- High resolution XPS
- Automated charge compensation
- Sputter depth profiling

Integral

- Ergonomic all-in-one design
- Quick installation and setup
- Minimized downtime
- Cost and time efficient servicing
- Easy consumable replacement



Reliable

- Sample journal for complete documentation
- Reproducible analysis recipes
- Comprehensive system parameter logging
- Uptime focused user support

Optimized

- Application oriented software package
- Complete remote operation
- Fully automated vacuum system
- Simple sample loading
- Optical 3D sample navigation

De NEVAC-excursie naar het AVS-symposium en Silicon Valley



San Francisco gezien vanaf Berkeley.

FOTO WIM BRAS

Bijna dertig deelnemers aan de NEVAC-excursie naar Silicon Valley verzamelden zich op zaterdagochtend 17 oktober 2015 op Schiphol voor de incheckbalies voor de lange vlucht naar San Francisco. Dankzij de genereuze sponsoring door de NEVAC en de goede voorbereidingen van de buitenland-excursiecommissie, bestaande uit Erwin Kessels, Norbert Koster, Martin Smit en Rob Klöpping, die ook alle praktische voorbereidingen voor zijn rekening nam, kon iedereen uitzien naar een week met een zeer boeiend en gevarieerd programma. Dit reisverslag is samengesteld uit stukjes, geschreven door de deelnemers aan de excursie.

Het tijdsverschil met San Francisco is negen uur, dus hoewel we om 12 uur 's middags wegvlogen, kwamen we aan om 20 uur, *Pacific Standard Time*. Met de transferbus was het nog een uur rijden naar San Jose. Op het programma stond nu een welkomstborrel, maar helaas bleek het hotel niet te beschikken over een bar. De meeste reisgenoten vonden het ook wel tijd om te gaan slapen, maar een klein groepje belandde nog na een wandeling in een soort nachtclub, waar ze binnen mochten nadat ze gefouilleerd waren door gewapende bewakers. Welkom in de Verenigde Staten!

San Francisco

Op zondag togen we in losse groepjes met het openbaar vervoer richting San Francisco. Sommigen waren er al heel

vroeg bij, anderen lieten zich eerst het typisch Amerikaanse ontbijt goed smaken en namen er uitgebreid de tijd voor. Het was tenslotte weekend. Vanuit het hotel was de Fishermans Wharf in anderhalf uur te bereiken. Daar kwamen we elkaar voortdurend weer tegen en wisselden de groepen mensen met elkaar, afhankelijk van de verdere bestemming. Een aantal mensen koos voor de huur van een fiets en sommigen besloten over de Golden Gate brug te rijden om via de andere kant, met een paar steile klimmetjes, naar Sausalito te gaan, een schilderachtig plaatsje dat in het drukke seizoen waarschijnlijk veel van zijn aantrekkelijkheid verliest. Maar nu niet. Daar kon je kiezen om met de fiets per veerboot terug te varen naar Fishermans Wharf of om via de Golden Gate brug weer terug te fietsen.

Hoewel het een beetje begon te miezeren, na een overigens uitzonderlijk heldere dag rond de San Francisco Bay, waren er toch een paar diehards die daarvoor kozen. De terugweg verliep weer even ongeorganiseerd gezellig als de heenweg en uiteindelijk rolde iedereen zijn bed in zonder nog een spoortje jetlag, met een flinke nacht voor de boeg om het echte werk aan te kunnen.

Speeltuinen voor aankomende techneuten

De maandagochtend werd ingevuld met een bezoek aan het drie verdiepingen tellende Tech Museum in San Jose. Hoewel de website van het museum (thetech.org) uitstraalde dat het vooral aantrekkelijk was voor families met kinderen, vond de NEVAC-groep het hier uitermate boei-



The Tech Museum in San Jose.



TED Talk-winnaar Bart Macco (rechts) en zijn promotor Erwin Kessels (links) op de AVS in San Jose.

end. Wat opviel was dat hedendaagse technologie hier goed werd uitgelegd en bovendien kon je alles zelf beleven. Met name de technologie rond aardbevingen was boeiend: naast een opstelling van experimenten met aardbevingssensoren kon je gebouwconstructies virtueel laten schudden, en stond er een aardbevingssimulator waarmee je zelf het gevoel van verschillende heftige aardbevingen kon beleven. Een belangrijk onderwerp voor Silicon Valley, dat ligt tenslotte vlak bij de San Andreasbreuk en is aardbevingengebied. Andere mooi belichte onderwerpen waren de revolutie van de silicium microchip, robots met interactie met de mens, moderne astronomie en ruimtevaart (je kon zelf voelen hoe het is om te bewegen in een ruimtetpak voor ruimtewandelingen), en zonne-energie. Bijzonder was de aandacht voor cybercrime (code kraken, virussen en hacken) en bodymetrics, het meten van je gemoedstoestand en lichaamsbewegingen met sensoren op het lichaam, met als doel gezond te blijven. De winkel van het museum was tenslotte ook een bezoekje waard, met een overvloedige hoeveelheid *nerdy gadgets*, zoals magnetische Einstein-aankleedpoppen en Nicola Tesla-knuffels, tot boeken over yoga.

AVS 62 in San Jose

Sommige deelnemers kozen ervoor om al op maandagochtend naar het symposium van de AVS te gaan. Daar vonden circa 1300 presentaties plaats, die naar discipline waren ondergebracht in der-

tig hoofdsessies. Voor een aantal van ons was de hoofdsessie Vacuum Technology het meest interessant, die gemiddeld werd bijgewoond door 35 mensen. Veel bijdragen kwamen van bedrijven zonder dat het overigens commerciële praatjes werden. Wel werd meestal alleen het eigen product belicht. Voordeel was de statistische informatie over onder andere levensduur en nauwkeurigheid als functie van tijd van die producten. Wat wel onmiddellijk opviel was dat in de Nieuwe Wereld de Pascal nog niet is doorgedrongen. Iedereen werkt met torr, behalve het NIST (National Institute of Standards and Technology).

In de eerste ochtendsessie kwamen drukmeting en drukmeters aan de orde (zie ook het kader **Manometers**). Het aanhoren van een historisch overzicht was zonde van het vroege opstaan: veel te veel info in de beschikbare tijd en geprojec-

teerde logboekscans van handgeschreven gekriebel.

Een goed verhaal ging over de voor- en nadelen van Pirani-sensoren. Levensduur, nauwkeurigheid en reproduceerbaarheid worden steeds belangrijker en flink verbeterd in een microPirani in MEMS-uitvoering. Een speciale coating beschermt tegen corrosieve gassen maar volgens NIST blijven ze gevoelig voor vervuiling. MKS Instruments Granville-Phillips maakt een database over de oorzaken van het stukgaan van sensoren.

TED-talk prijswinnaar

Maandagavond was er een welkomstborrel op de AVS-bijeenkomst, een goede gelegenheid om nieuwe contacten te leggen en bij te praten met bekenden. Na afloop wilden een aantal NEVAC-reisgenoten nog iets drinken en toen ontmoetten we in een nabijgelegen bar een aantal men-

Manometers voor een groter drukbereik

Het drukgebied van 'manometers' wordt vooral naar boven uitgebreid, tot meer dan 10 kPa voor de monitoring van opdamprocessen. Naast het vergelijken van bestaande instrumenten ontwikkelt het NIST zelf nauwkeurige 'drukstandaards' (van 100 kPa tot 0,01 Pa) die ook nog transportabel zijn. Ze bestaan uit een capacitieve diafragma-sensor waarvan de uitlezing gecorrigeerd wordt door barometrische sensoren (bij 1 kPa). Een nauwkeurigheid van 0,01 % is daarbij haalbaar, zelfs tot 0,1 kPa. Zo'n opstelling kost ongeveer 10.000 \$. Nieuwkoper GE TERPS 8100 (gebaseerd op resonantie) haalt 0,001 %, kost maar 1.600 \$ en lijkt goed te voldoen. Door geldgebrek kan NIST de reproduceerbaarheid van slechts een zeer beperkt aantal sensoren van hetzelfde type testen.



TOM SCHOUTEN



Flens met drie groeven van Kimball.

sen van de hier goed vertegenwoordigde groep Plasma and Materials Processing (PMP) van de TU Eindhoven, die er erg blij uitzagen. Bart Macco, promovendus bij Erwin Kessels (en winnaar van de NEVAC-prijs 2013) had die avond de James Harper Award gewonnen van de AVS Thin Film Division. Bart won van drie andere promovendi van Amerikaanse universiteiten en zijn TED-talk Competition-praatje was getiteld *Why we should be using $In_2O_3:H$ for our solar cells*. We hebben hem gefeliciteerd en zo werd het nog een feestelijke avond.

AVS-tentoonstelling

Dinsdag was de opening van de AVS-tentoonstelling, waar veel verbeterde ontwerpen op het gebied van pompen en meetinstrumenten te zien waren. Een leuke bijdrage aan de beurs kwam van de firma Kimball Physics die een andere kijk heeft op bouwdelen. Uit hoogwaardig RVS 316 worden er door dit bedrijf vacuümkamers en flenzen verspaand uit massief materiaal. Voordeel van deze methode is het spanningsvrije resultaat. De vacuümkamers zijn CF-afgedicht en behalve met Kimball-bouwdelen ook compatibel met CF-delen van elke andere leverancier. Kimball boort en snijdt veel meer dan het standaard aantal bevestigingsgaten, waardoor er ook meer posities mogelijk zijn voor alles wat je aan en in deze vacuümkamers vast wil maken. In de randen van de flenzen heeft Kimball een drietal groeven gesneden. Hierin kan met behulp van handige ac-

cessoires van alles onder elke hoek worden bevestigd. Kimball kan ook metrische draad snijden. Meer informatie over de producten en de mogelijkheden ervan vind je op kimballphysics.com.

Applied Materials

Op woensdagochtend brachten we een bezoek aan Applied Materials. Het was voor ons een verrassing te zien dat het geen productiebedrijf was van onderdelen of apparaten, maar een bedrijf dat zich vooral bezighoudt met de ontwikkeling en vervaardiging van zeer complete en complexe productiemachines. Hier in Santa Clara bezochten we de Display-afdeling.

De trend van het verhogen van de resolutie tot 8K (7680 x 4320 pixels) en de grootte van beeldschermen en de snelle ontwikkeling vraagt om het investeren van veel geld in onderzoek en ontwikkeling. Ook de nieuwe typen displays, zoals LTPS (*low temperature polysilicon*), OLED (*organic light-emitting diode*) en metaaloxide, en de nieuwe touchscreens met antireflectie- en antivingerafdruk-lagen vergen grote investeringen.

De fabricage van steeds grotere schermen uit substraten van 2850 x 3050 mm heeft als nadeel dat productiefouten een grotere invloed hebben. Met zogenaamde 'killer particles', gaat dan een groter deel van het oppervlak verloren, de efficiëntie van de productie van grote schermen is lager dan die van kleinere, daarom zijn 8K schermen aanzienlijk duurder.

De trend in Amerika zijn schermen op

Applied Materials in Santa Clara.

basis van quantumdots. Deze bevatten echter het giftige cadmium dat in Europa verboden is, OLED displays zijn ongeveer zeven tot tien keer duurder dan displays vervaardigd met behulp van chemische dampdepositie (CVD). Een probleem bij het vervaardigen van OLED-schermen is de kleur blauw, die ervoor zorgt dat de levensduur van het scherm korter is.

Zijn de schermen nu nog gemaakt op een substraat van glas (met een dikte van ongeveer 0,7 mm) de toekomstige beeldschermen zullen groot, flexibel, buigzaam en opvouwbaar zijn met een hoge resolutie, aan te raken (*touchscreen*) en briljant van kleur. Deze schermen kunnen dan vervaardigd worden door middel van roll-to-roll vacuümcoaten.

Met het bezoek aan de afdeling Display van Applied Materials hebben we maar een klein gedeelte gezien van alles wat zij ontwerpen en vervaardigen. Een bezoek aan de website (appliedmaterials.com) laat zien dat ze ook een zeer grote speler zijn op het gebied van halfgeleiders, roll-to-roll vacuümcoaten en in geringere mate fotovoltaïsche technologie.

Eénmansvestiging in Silicon Valley

Gerrit van der Straaten verzorgde op woensdag namens zijn bedrijf Settels Savenije van Amelsvoort de lunch bij Applied Materials. Gerrit is onze NEVAC-expatriate en hij had nieuws. Als leider van een werkgroep van vrijwilligers heeft hij ervoor gezorgd dat het fameuze blauwe vacuümboek in het Engels is vertaald en op het moment van spreken werd het



COURTESY OF AVS



CLAUD BIEMANS

Richard van de Sanden tijdens zijn Plasma Prize-lezing.

drukbaar gemaakt. De lunch lieten we ons na deze aankondiging extra goed smaken en intussen vertelde Gerrit over zijn aanwezigheid aan de Westkust. Hij is uitgezonden door Settels Savenije van Amelvoort en vormt een éénmansvestiging in Fremont, ten noorden van San Jose. Zijn dagelijkse werk verricht hij voor de Amerikaanse vestiging van VDL in Fremont. Toen werd het tijd om afscheid te nemen van onze gastheren van Applied Materials, die we verrasten met onze typisch Nederlandse cadeautjes.

Plasma Prize-lezing

We raakten al aardig thuis in het ontcijferen van het systeem van het openbaar vervoer in Silicon Valley, zodat enkele belangstellenden uit de groep nog net op tijd bij het Convention Centre in San Jose waren om de AVS Plasma Prize-lezing van DIFFER-directeur Richard van de Sanden bij te wonen. Richard vertelde over de focus van zijn plasma-onderzoek gedurende de jaren, en ging vooral in op de onderwerpen waar hij nu aan werkt, zoals het met behulp van een plasma omzetten van CO₂ in solar fuels voor een efficiënte opslag van elektrische energie.

Advanced Light Source

Voor donderdag stond een bezoek aan de Advanced Light Source van het Lawrence Berkeley National Laboratory gepland. De stad Berkeley ligt aan de oostkant van de Baai van San Francisco. In alle vroegte maakten wij ons op voor een ruim twee uur durende busrit die ons vanuit San

Jose in noordelijke richting door Silicon Valley voerde.

Het Lawrence Berkeley National Laboratory staat letterlijk op hoog niveau; het ligt namelijk op een heuvel. Een slingerweg met de toepasselijke naam 'Cyclotron Road' voerde ons omhoog. Nog voordat de bus tot stilstand kwam, werd het ons duidelijk dat dit een heel bijzondere plek is. De verschillende gebouwen van het complex, verspreid over de steile helling, zijn op zichzelf niet bijzonder, maar het uitzicht is werkelijk adembenemend. Vanaf deze plek kijk je niet alleen uit over de stad Berkeley maar over de gehele baai van San Francisco. De skyline van de grote stad, het beroemde eiland Alcatraz, en natuurlijk de majestueuze Golden Gate Bridge zijn ondanks de nevel duidelijk zichtbaar. Als een stel Japanse toeristen kwam iedereen met fotocamera in de aanslag de bus uit snellen om dit indrukwekkende tafereel vast te leggen.

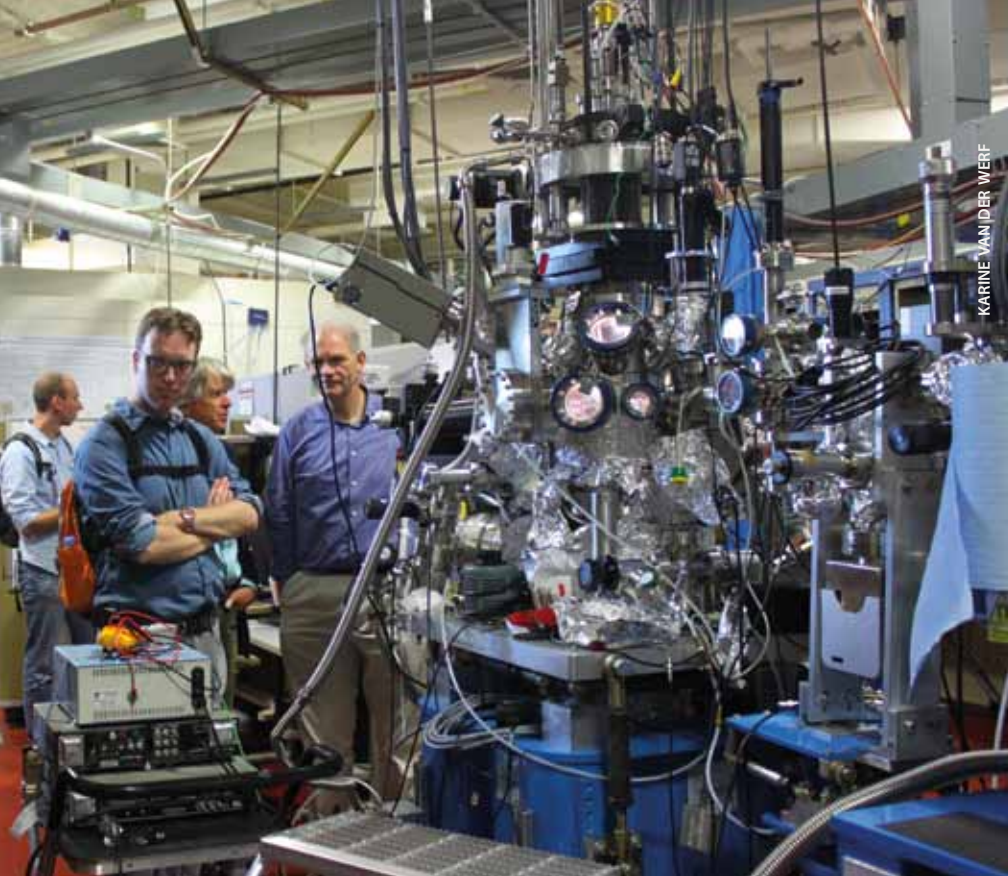
We werden vriendelijk ontvangen. De eerste indruk die we kregen was dat men echt moeite heeft gedaan om dit bezoek tot een succes te maken en dat ze ons vandaag zo goed mogelijk willen informeren. Dit blijkt later ook wel uit het feit dat er door de dag heen maar liefst zes personen direct betrokken zijn bij het presenteren aan, en het rondleiden van onze groep. Hierbij zijn de verschillende onderzoekers en technici die tijdens de rondleiding iets vertelden niet eens opgeteld.

Na twee presentaties werden we in twee groepen verdeeld om de Advanced Light Source (ALS) met eigen ogen te gaan

Dakconstructie en kraan in het gebouw van de ALS.

bekijken. Zoals gezegd zijn de meeste gebouwen van het National Laboratory inwisselbaar met gebouwen van laboratoria's waar ook ter wereld. Maar met het gebouw van de ALS is iets bijzonders aan de hand. Het is opgeleverd in 1942 om het 184-inch cyclotron van Ernest Orlando Lawrence zelf te huisvesten. Onze gids legt uit dat het laboratorium van Lawrence - de uitvinder van het cyclotron - na een serie steeds groter wordende cyclotrons niet groot genoeg meer was voor zijn nieuwste plan. Omdat de heuvels naast de campus ook eigendom van de universiteit zijn mocht Lawrence hier een geschikte plek zoeken. Het cirkelvormige gebouw is voorzien van een bijzonder mooie dakconstructie en een circulaire portaalkraan. Tegenwoordig huisvest dit monumentale gebouw een cyclotron van alweer de derde generatie.

In de ALS draaien bundels elektronen met bijna de lichtsnelheid rond. De bundels worden door magneten in een cirkelvormig pad gehouden. Daar waar de bundels door de magneten worden afgebogen wordt licht uitgezonden in het ultraviolet en röntgen deel van het spectrum. Deze hoog-energetische fotonbundels worden via bundelpijpen naar diverse eindstations geleid. Aan deze eindstations vindt een verscheidenheid aan experimenten plaats. De experimenten uit allerlei verschillende wetenschapsdisciplines worden gedaan door universiteiten, instituten en bedrijven. Berkeley National Laboratory is een open instelling. Iedereen met een goed



Meetopstelling bij een van de veertig beamlines van de ALS.

kanon geen rechte lijnen in rastervorm schrijft, zoals de meeste andere EBL-systemen doen, maar cirkelvormige banen, waarmee goed ronde patronen in hoge resolutie gemaakt kunnen worden. Deze techniek wordt gebruikt om bijvoorbeeld Fresnel-zoneplaten te maken. Dit zijn speciale lenzen voor extreem uv-licht of röntgenstraling. Deze straling wordt door conventionele lenzen te veel geabsorbeerd waardoor deze niet bruikbaar zijn. Bij Fresnel-zoneplaten wordt gebruikgemaakt van diffractie om het licht te focussen (zie afbeelding).

Vacuüm in de nieuwste versnellers

Een aansprekend voorbeeld van vacuümtechnologie en de bijbehorende problemen werd ons voorgelegd na de rondleiding door het CXRO. De volgende generatie versnellers vereist veel kleinere bundelpijpen dan in het verleden. Dit om een betere controle te krijgen over de bundelpositie en -vorm. In de designfase van de nieuwste synchrotrons worden er in bepaalde secties zelfs bundelpijpdiameters gevraagd van 4 mm. Voor zulke nauwe kamers is het geleidingsvermogen dusdanig beperkt dat het moeilijk is om een ultrahoog vacuüm te krijgen. De oplossing is om de bundelpijp en de componenten zelf de pomp te laten zijn. *Non Evaporable Getter* (NEG) -coatings zijn de oplossing (zie ook het kader **Andere nieuwe versnellers met NEG-pompen**). De NEG-coatings worden met gepulste sputtertechnieken met relatief hoge gasdrukken aangebracht.

Hiertoe wordt een aantal draden van verschillende materialen (Ti, Zr, V) in elkaar gedraaid. In een verticale opstelling wordt de draad – strak gehouden door een gewicht aan de onderkant – in de bundelpijp geplaatst. Met een plasma wordt het gettermateriaal op de binnenzijde van de bundelpijp gesputterd. Omdat de verschillende materialen in een spiraalvorm door de bundelpijp lo-

voorstel kan bundeltijd toegewezen krijgen. Voor bedrijven geldt dat alleen de operationele kosten voor de gebruikte tijd in rekening worden gebracht. Voor iedereen geldt dat de resultaten van het onderzoek gepubliceerd moeten worden. Dit laatste is interessant, gegeven het feit dat ook veel halfgeleiderfabrikanten onderzoek doen met de ALS. Sterker nog; er is een gezamenlijk onderzoeksproject opgezet door een aantal van de belangrijkste fabrikanten. Samen financieren ze honderd procent van het onderzoek waar onze rondleider leiding aan geeft. Met de zeer fijne röntgenbundel kan in detail gekeken worden naar defecten in

de maskers die gebruikt worden bij het lithografische proces. Door dit onderzoek is het produceren van halfgeleiders de afgelopen jaren veel efficiënter geworden. Hiermee wordt dan ook enorm veel geld verdiend. Op de vraag hoe deze fabrikanten, die elkaars concurrenten zijn, omgaan met de plicht om te publiceren antwoordt onze gids lachend dat er hier en daar wel eens strategisch getreuzeld wordt met publiceren tot na het moment dat nieuwe innovaties zijn doorgevoerd.

Centre for X-ray optics

Donderdagmiddag maakten we kennis met het Centre for X-ray optics (CXRO), een onderdeel van Lawrence Berkeley National Laboratory dat verschillende opstellingen heeft op de beamlines van de Advanced Light Source.

Op een van de beamlines werkt het Photoresist Testing Centre waar onderzoek wordt gedaan naar allerlei soorten photoresists voor verschillende grote bedrijven zoals Samsung en Intel. Ze werken met een Extreme Ultraviolet Lithography-machine met uv-licht waarmee ze een resolutie kunnen halen van 12 nm. Daarnaast werkt het CXRO ook met een Electron Beam Lithography-machine (EBL), de Nanowriter genaamd. Het opvallende van de Nanowriter is dat het elektronen-



Fresnel-zoneplaat.

Het gebouw van de lineaire versnel-
ler is drie kilometer lang.

pen en ook nog eens met verschillende snelheden gesputterd worden, blijkt de verkregen getterlaag niet homogeen. Het legeren van de drie verschillende materialen is ook erg lastig. Het zou voor alle partijen zeer interessant zijn geweest om ons wat langer over dit probleem te buigen. Helaas stond de bus al weer klaar om ons terug naar San Jose te brengen. Hiermee kwam een eind aan een hele leuke en informatieve dag.

SLAC National Accelerator Laboratory

Vrijdagochtend vertrokken we met de bus naar het Stanford Linear Accelerator Center (SLAC). SLAC is in 1962 opgericht en heeft inmiddels al drie Nobelprijzen voor natuurkunde voortgebracht. Verder heeft SLAC in 1991 als eerste het World Wide Web buiten Europa gehost. SLAC heeft verschillende onderzoeksprogramma's met daarbij behorende systemen zoals versnellers, lichtbronnen en telescopen. Binnen SLAC zijn wij naar de Linac Coherent Light Source (LCLS) gaan kijken. LCLS is een vrije-elektronenlaser en bestaat uit een lineaire deeltjesversneller met een lengte van ruim 3 km (in 's werelds langste, maar zeker niet het modernste gebouw) met aan het eind een heel groot aantal buigmagneetjes, de zogenaamde undulatoren. Hiermee wordt een röntgenbundel gegenereerd met voorslagnog 's werelds hoogste intensiteit. Met LCLS worden elektronen versneld tot een energie van 90 GeV. In de undulatoren treedt een sterke wisselwerking op tussen de elektronen en de in de buigmagneten opgewekte synchrotronstraling. Aan het eind van de undulatoren levert dit coherente röntgenstraling op. Door de magneetafstand van de undulatoren of door de energie van de elektronen te veranderen kan de golflengte van de röntgenbundel gevarieerd worden. Er zijn vier eindstations waar de bundel afgetakt kan worden voor de toepassing in experimenten. Maximaal twee



Andere nieuwe versnellers met NEG-pompen

Tijdens het AVS-symposium werden ook andere versnellers besproken die gebruikmaken van NEG-coatings.

MAX IV in Lund bestaat uit twee synchrotronstralingringen, respectievelijk 1,5 GeV en 3 GeV, de laatste met een omtrek van 528 m. Het wordt een volledig NEG-gepompte ring. De doorsnede van de Cu (OFHC met beetje zilver) vacuümpijp is 22 mm. Het totaal weg te koelen vermogen van de synchrotronstraling zal 1 MW bedragen bij de uiteindelijke specificaties. Dit is de reden voor de keuze van Cu. De pijp wordt voor het sputteren geëetst, toch wordt er daarna 10 % afgekeurd door oppervlakteverontreiniging. Momenteel worden de eerste lengtes vacuümpijp aanbesteed, waarbij speciale ondersteuningsconstructies nodig zijn om de spaghetti-achtige pijpen te hanteren. De beoogde einddruk is 10^{-9} Pa (met bundel). De *commissioning* van de hele ring is voor medio 2016 voorzien.

Bij KEK (Japan) wordt de elektron-positron- (resp. 7 en 4 GeV) collider voor hoge-energiefysica gemoderniseerd en wordt dan SuperKEKB. Doel is de huidige luminositeit in het botsingsgebied 40 maal te verhogen. Beide ringen hebben een omtrek van circa 3 km. De circulerende stroom in de elektronenring zal 1,6 A bedragen. Vooral van de positronenring worden vacuümpijpen, balgen, pompen etc vervangen en *clearing*-elektrodes aangebracht omdat men last had van elektronenwolken. De pijpen zijn van Cu of Al, afhankelijk van de hoeveelheid gedumpte synchrotronstraling. Er worden 1130 NEG-strip pompunits aangebracht. Na activeren werd een einddruk (zonder bundel) van 10^{-8} Pa gehaald. De *commissioning* van het hele vacuümsysteem vindt begin 2016 plaats.



Palmen, neoklassieke gebouwen en groene gazons op de campus van Stanford University.



Rob Klöpping in het T-shirt dat hij als dank kreeg.



eindstations zijn op hetzelfde moment operationeel. Bij de overige eindstations kan al wel het experiment voorbereid worden, zodat de bundel optimaal gebruikt wordt. Het grote verschil met de synchrotron, zoals we die woensdag bij Berkeley hebben gezien, is de intensiteit van de röntgenbundel, die bij LCLS ordes van grootte sterker is. SLAC is gestart met een upgrade van de huidige faciliteit, de LCLS II, die 1 miljoen röntgenpulsen per seconde moet produceren.

Stanford University

Voor de vrijdagmiddag stond eigenlijk een bezoek aan NASA op het programma. Jammer genoeg kon dit niet door gaan, maar het alternatief was ook zeker de moeite waard: een bezoek aan de campus van Stanford University. Als je daar wil studeren, moet je een flinke zak geld meenemen (zo'n slordige \$ 45.000). Onze wandeling van het drop-off punt van de bus naar het hartje van de campus, maakte meteen duidelijk waar een deel van dat geld naartoe gaat. Terwijl heel Californië zucht onder een enorme droogte, is Stanford University één groot park met palmenlanen, groene grasvelden, bronzen beelden van Rodin en 'wildlife' zoals eekhoorns en zelfs een kolibrie. Zo'n 40 % van het oppervlak staat vol met neoklassieke bebouwing. Er reden golfcaddies rond om de 50-plussers van A naar B te

De groep deelnemers voor het gebruikersgebouw van de ALS.

brennen, maar door een alumni-evenement waren die allemaal bezet. Studenten lijken overigens voornamelijk de fiets als transportmiddel te gebruiken.

De wandeling voerde ons onder andere naar de *bookstore*, die door ons communicatiemiddel Whatsapp per abuis in een *bokswedstrijd* werd veranderd, hetgeen voor de nodige spraakverwarring en een gemiste ontmoeting zorgde. Bij de bookstore was het vergeven van de alumni met hun families die behalve naar boeken ook op zoek waren naar Stanford-souvenirs. De oudste alumnus die we gespot hebben was van de 'Class of 65', een jubileum, dus!

Vervolgens werd de Hoover Tower bedwongen. Gelukkig met de lift, want hij is 87 meter hoog. Op het observatiedek (14^e verdieping) hadden we een prachtig uitzicht over de campus en de baai van San Francisco. Op dit niveau is ook een carillon van 35 klokken te bewonderen. De klokken komen oorspronkelijk uit

België, maar zijn begin deze eeuw gedeeltelijk gerestaureerd in Nederland. Op lagere niveaus is een deel van de bibliotheek gevestigd. Helaas hadden we door tijdgebrek en de grote toestroom van alumni geen gelegenheid deze te bezoeken. Op weg naar beneden overspoelde de liftbediende ons ook nog even met een boel feiten over Stanford: het is de grootste universiteitscampus ter wereld (8180 *acres*, bijna 700 gebouwen), gesticht in 1891 door Leland Stanford, etc. Interessante weetjes natuurlijk, maar het heeft er niet toe geleid dat we hem een dikke fooi gaven.

Dorstig geworden van dit alles zagen we, op onze zoektocht naar een cafeetje, een terrasje met parasols. Dit bleek echter geen etablissement voor de hongerige en dorstige mens te zijn. Het was gewoon een studieplek buiten voor de studenten. Tja, als het de tweede helft van oktober nog warmer dan 25 °C is, dan heb je wat aan zulke studieplekken!

Zoals een caissière bij de bookstore zei, is een middag veel te kort om alles te zien. Als je toevallig een keer in de buurt bent, is het in elk geval de moeite waard om zelf een bezoek te brengen aan de Stanford-campus.

Afscheid

Op vrijdagavond kwamen alle deelnemers aan de NEVAC-reis voor de laatste keer bij elkaar tijdens het afscheidsdiner, waarbij volgens enkele (inmiddels) kenners de allerbeste ossenhaas van heel San Jose werd geserveerd. Rob Klöpping, die enkele middagen op zijn fiets San Jose had rondgereden om het perfecte restaurant voor deze avond te vinden, werd door de deelnemers flink in het zonnetje gezet. Ook vanwege al zijn andere goede zorgen voorafgaande aan en gedurende de reis kreeg hij een mooi T-shirt uit het Tech Museum met het opschrift: *I am a Ctrl Freak*, en daarop alle namen van de deelnemers.

Agenda

18-22 januari 2016

PCSI-42: 42nd Conference on the Physics and Chemistry of Surfaces and Interfaces
Salt Lake City (Snowbird), Utah, VS

19-20 januari 2016

Physics@FOM Veldhoven 2016

1 februari 2016

Deadline inzending artikelen voor de NEVAC-prijs

8 -11 februari 2016

MIIFED-IBF 2016, ITER International Fusion Energy Days (MIIFED) and ITER Business Forum (IBF), Monaco

15-16 maart 2016

28th NNV-Symposium on Plasma Physics and Radiation Technology

8 april 2016

FYSICA 2016, Nijmegen

12-14 april 2016

VacuumTechExpo 2016, Moskou, Rusland

9-13 mei 2016

SVC Annual Technical Conference, Indianapolis, VS

27 mei 2016

NEVAC-dag 2016, Leiden

6 -10 juni 2016

EVC14, Portoroz, Slovenia

24-27 juli 2016

ALD 2016, Dublin, Ireland

17-21 augustus 2016

77th IUVESTA Workshop
Surface processes, gas dynamic and vacuum technology of cryogenic vacuum systems, Fuefuki, Japan

22-26 augustus 2016

IVC20, Busan, Korea

6-11 november 2016

AVS 63rd International Symposium and Exhibition
Tennessee, VS

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

PHOENIX L300i

High Speed Leak Detection



Setting new standards in Helium leak testing

Oerlikon Leybold's Helium Leak Detection systems PHOENIXL are famed as best-in-class, because they combine mobility with rugged design, precise measurement and unmatched operating efficiency.

Now, the new PHOENIX L300i helium leak detector generation represents an innovative and pioneering solution for components leak testing again, like all predecessor models did before. Designed for a production environment, numerous features makes the PHOENIX L300i easy and comfortable to use while its robustness will reduce the cost of ownership and ensure highest uptime. Apart from an attractive visual appearance and numerous reporting options, the PHOENIX L300i excels with accurate high-speed leak detection and reproducibility.

The PHOENIX L300i opens up new dimensions of productivity and reliability

Oerlikon Leybold Vacuum Nederland BV
Floridadreef 102
NL-3565 AM Utrecht
T +31 (30) 242 63 30
F +31 (30) 242 63 31
sales.vacuum.ut@oerlikon.com
www.oerlikon.com/leyboldvacuum



PHOENIX L300i Cart

Modular and mobile system,
customized to the required
leak rate, timings and gas type

oerlikon
leybold vacuum

NEVAC-ereleden vernieuwen standaardwerk

Vacuum Science and Technology zet Nederland internationaal op de kaart

Begin 2016 verschijnt *Vacuum Science and Technology*, een geheel vernieuwde, internationale editie van het standaardwerk *Basisboek Vacuümtechniek*. Bert Suurmeijer, Theo Mulder en Jan Verhoeven hebben in deze Engelstalige editie alle relevante kennis en updates opgenomen die onmisbaar zijn voor iedereen die in research, instrumentatie, ontwikkeling of productie te maken heeft met vacuümtechnologie. De auteurs hebben met name belangrijke aanpassingen toegevoegd over vacuümpompen, drukmeting, ionenbronnen, lektestmethoden en reinigings- en werkdisciplines. Sinds in 2000 het Basisboek Vacuümtechniek verscheen bij de Nederlandse Vacuümvereniging NEVAC hebben zowel de industriële als de wetenschappelijke wereld wezenlijke stappen gemaakt. Vacuüm is in meer industrieën en researchgebieden doorgedrongen en vormt in bestaande markten de basis voor hogere opbrengsten, precisie en efficiëntie. Zo zijn de productie van zonnecellen en organische displays hun kinderschoenen het afgelopen decennium ontgroeid, stortte de wetenschap zich *en masse* op nano-gerelateerde onderwerpen en intussen staat ook de chipindustrie op het punt om de meest cruciale stap in de IC-productie - de lithografie - in vacuüm uit te voeren. "Het is niet overdreven om te stellen dat we zonder de mogelijkheid om kleine en grote volumes te evacueren, nog steeds op het technologische niveau van de vroege twintigste eeuw zouden staan", stellen de auteurs terecht. Het kostte enkele jaren, maar nu ligt er een zeer uitgebreid naslagwerk over va-



cuümfysica en -technologie dat weer helemaal bij de tijd is. De auteurs hebben het hoofdstuk over dichtheidscontrole volledig herzien. Dit omdat de maximaal bereikbare gevoeligheid en de gebruiksvriendelijkheid van lektesters volgens het tegenstroomprincipe de afgelopen decennia sterk is toegenomen. Daarnaast hebben ze meerdere lektestmethodes toegevoegd, waaronder de waterstofdetector, de atmosfeermethode en *bombing*. Leuke spin-off: met het Engelstalige *Vacuum Science and Technology* zetten Suurmeijer, Mulder en Verhoeven ook Nederland op de kaart als centrum van vacuüm-gerelateerde toptechnologie. In het boek leggen de auteurs de nadruk op de basisfysica en principes die ten grondslag liggen aan de hedendaagse technologie. Het boek is een uitstekend naslagwerk en cursusboek met een duidelijke indeling: er is een scheiding tussen het hogere en middelbare niveau, waardoor het voor trainingen voor verschillende disciplines is in te zetten. Oefeningen zijn in twee moeilijkheidsgraden opgenomen. Een uitgebreid overzicht van de vernieuwingen en updates in *Vacuum Science*

and Technology is te vinden op de website van uitgever The High Tech Institute.

Over de auteurs

Bert Suurmeijer werkte bij de groep Surface Physics and Thin Films van de afdeling Technische Natuurkunde van de Rijksuniversiteit Groningen. Theo Mulder werkte bij het Iko (het latere Nikhef) in Amsterdam en was daarna 25 jaar in dienst als sales engineer bij Leybold, een Duitse leverancier van vacuümtechnologie. Jan Verhoeven leidde verschillende groepen met vacuümgerelateerd onderzoek bij het Fom-instituut Amolf in Amsterdam. Sinds 2007 werkt hij als onafhankelijke consultant op het gebied van dunne-film- en multilaagronoptiek. Verhoeven is visiting scientist bij het Advanced Research Centre for Nano Lithography (ARCNL). De auteurs zijn erelid van de NEVAC. Suurmeijer en Mulder zijn daarnaast lid van de commissie opleidingen.

Vacuum Science and Technology is verkrijgbaar via de website van uitgever The High Tech Institute. www.hightechinstitute.nl



VACUUM SOLUTIONS FROM A SINGLE SOURCE

Pfeiffer Vacuum stands for innovative and custom vacuum solutions worldwide, technological perfection, competent advice and reliable service. We are the only supplier of vacuum technology that provides a complete product portfolio:

- Pumps for vacuum generation up to 10^{-13} hPa
- Vacuum measurement and analysis equipment
- Leak detectors and leak testing systems
- System technology and contamination management solutions
- Chambers and components

Are you looking for a perfect vacuum solution? Please contact us:
Pfeiffer Vacuum Benelux B.V. · T +31 345 478 400 · F +31 345 531 076
office@pfeiffer-vacuum.nl · www.pfeiffer-vacuum.com



Wat kun je met het 'niets'?

Een vacuüm is een afgesloten ruimte zonder materie en zonder druk, een ruimte met 'niets' dus. Het kan wel zo zijn dat daar 'niets' is, maar daar ligt toevallig wel het verband tussen brillenglazen, dvd, paprikachips en mobiele telefonie. Hoe kan dat?

Om tot dit antwoord te komen en verdere vragen te krijgen, heeft Pfeiffer Vacuum de Vacuüm Experimentenkoffer ontwikkeld. Met het oog op het 125-jarige bestaan van Pfeiffer Vacuum zocht de firma een mooie manier om het 'niets' inzichtelijker te maken.

De bedoeling van deze koffer is om jonge studenten op het spoor van de natuurwetenschappen te brengen. Maar ook voor volwassenen en ervaringsdeskundigen is het een verrassing wat er mogelijk is met vacuüm-experimenten en het vacuüm in het algemeen.

Waar het 'niets' allemaal voor benut wordt, kan gaandeweg worden ontdekt bij het gebruiken van deze Vacuüm Experimentenkoffer. Bij het gebruik komen er steeds meer vragen tot leven die het thema 'niets' tot ieders verbeelding tot leven brengt.

Het vacuüm ervaren

Het idee achter dit project is om het thema vacuüm dicht bij de leerlingen en nieuwsgierigen te brengen en te laten zien dat vacuümtechnologie in ons dagelijkse leven onmisbaar is. Zonder vacuüm zijn veel producten uit ons dagelijkse leven niet te produceren. Bij het vervaardigen van lcd-schermen of geheugenkaartjes, bij het opdampen van de coating op brillenglazen, in de zonnepanelenindustrie of het vervaardigen van bankbiljetten of bij het analyseren van dopinggebruik in de sport wordt vacuüm toegepast.

De Vacuüm Experimentenkoffer

De Vacuüm Experimenten koffer bestaat uit twee rolbare transportkoffers compleet met vacuümproeven en vacuümpomp. De set bestaat uit verschillende toepasbare experimenten onder vacuüm.



Fysische eigenschappen worden op een eenvoudige en verklaarbare manier en met een handleiding uitgelegd.

De koffer bevat de volgende experimenten.

- Maagdenburger platen > naar het principe van de Maagdenburger halve bollen
- Waterbarometer
- Gewicht van lucht
- Aggregatietoestanden in het vacuüm
- Geluid in vacuüm
- Vriesdrogen onder vacuüm
- Gedrag van water onder vacuüm
- Valbuis > gewichtstoestand onder vacuüm
- Marshmallow in vacuüm
- Invloed van de luchtdruk op een voorwerp (ballon)

Mocht u de vacuümexperimentenkoffer willen gebruiken tijdens een gastles of demo, dan kunt u contact opnemen met ons.

Pfeiffer Vacuum Benelux
 Newtonweg 11
 4104 BK Culemborg
 0345 478 400



Ultra high vacuum components for research and industry

SPECIAL OFFER FOR NEVAC MEMBERS

20% OFF
ALL HARDWARE*

* ON ALL ORDERS PLACED VIA WEB
OR TELEPHONE BEFORE 31.JAN.2016
QUOTE CODE: NCENV

Nor-Cal Europe: HIGH QUALITY METRIC VACUUM COMPONENTS FROM EXTENSIVE EUROPEAN STOCK

Nor-Cal Products has manufactured ultra high vacuum components for research laboratories & industry since 1962. Our name is synonymous with quality and excellent service.



Visit our website nor-cal.eu
or call the European sales team
+44 13 23 81 08 54

Vacuum Chambers
Motion Control
Foreline Traps
Gate Valves
Angle Valves
Pressure Control Valves
Electrical Feedthroughs
Liquid Feedthroughs
Flanges & Fittings



shop online: www.nor-cal.eu

Student of promovendus? Win 15 minutes of fame & 1000 euro!



FOTO MARJAN VERSLUJUS-HELDER

Wil jij een winnaar zijn, net als Jaap Kautz, en presenteer jij je werk tijdens de NEVAC-dag in 2016 in Leiden? Win jij 1000 euro, de NEVAC-prijs voor het beste artikel gerelateerd aan vacuüm?

Deel je onderzoek en je kennis op het gebied van vacuümtechniek in een helder geschreven artikel van 2000 woorden. De lezers van het *NEVAC blad* hebben een technische, fysische of chemische achtergrond en aan jou de taak om voor dit brede publiek een begrijpelijk verhaal te schrijven. Stuur het uiterlijk **1 februari 2016** naar: redactie@nevac.nl

Geplaatste artikelen van studenten/promovendi worden **altijd beloond met 250 euro!**

Ken je iemand die het *NEVAC blad* niet leest en wel een toepasselijk artikel kan schrijven, wijs die persoon dan op de mogelijkheid om deel te nemen. Bijdragen in het Engels van in Nederland werkende niet-Nederlands-taligen zijn welkom.

Uitgebreide richtlijnen voor auteurs staan op:

www.nevac.nl/1019/richtlijnen-voor-auteurs

Do you want to be a winner, like Jaap Kautz, and are you going to present your work during the next NEVAC day 2016 in Leiden? Will you receive 1000 Euro: the NEVAC prize for the best paper related to vacuum?

Share your research and knowledge on vacuum related science in a clearly written 2000 word paper. *NEVAC blad* readers have technical, physical or chemical backgrounds and all of them should be able to understand your article. The deadline is **February 1, 2016**. Email your paper to: redactie@nevac.nl

Notice that NEVAC always rewards published articles written by (PhD) students **with 250 Euro!**

If you know a student with a great vacuum research story to tell, whom might not receive this *NEVAC blad* please pass on this message. Non-Dutch speaking students working in the Netherlands are allowed to publish in English.

Extensive author guidelines are published at:

www.nevac.nl/1370/author-guidelines

Tailored Solutions

from an unparalleled spectrum of technologies.

Products & Capabilities

With the merger of VG Scienta and Omicron to Scienta Omicron, the most advanced capabilities in Photoelectron Spectroscopy (PES), Scanning Probe Microscopy (SPM), Thin-Films and System Solutions comes together under one roof. Here, we outline some of the combined capabilities. In fact, VG Scienta and Omicron have already delivered a number of systems together in the past.

For more information please check our new website www.scientaomicron.com



APPES Systems

Scienta Omicron is currently developing the next generation platform for Ambient Pressure PES, utilising the latest advances in sample handling and sample environment control. The platform will be based on the imaging capabilities and outstanding transmission of the Scienta HiPP-3 analyser. In combination with the XM1200 monochromatic x-ray source, this will be the most efficient lab system for APPES ever.



MULTI-TECHNIQUE Systems

Omicron has a long history of delivering systems combining different analytical techniques as well as deposition and other modules. These capabilities are now even stronger with the in-house availability of the complete Scienta range of analysers. An example of an ARPES and low temperature STM combination system is shown above. System equipped with Scienta R4000 analyser and Omicron LT STM ARPES module equipped with Scienta R3000 analyser.

scientaomicron

www.scientaomicron.com