

NEVAC

BLAD

jaargang 54 / nummer 1 – april 2016

Een nieuw atoomlaag-
depositieproces voor
efficiëntere zonnecellen

Broadband transmission grating
spectrometer for measuring the
emission spectrum of EUV sources

NEVAC-dag
vrijdag 27 mei
Gorlaeus Laboratorium
Leiden



NEDERLANDSE
VACUÛMVERENIGING

European Chamber Manufacturer



High Precision UHV Chambers Delivered On Time



Customise & Build Your Own Vacuum Chamber - Use Our **Free** Online Chamber Builder™ Service

- Highly skilled in-house technicians
- 100% quality Faroarm® inspection
- Optional bake out with RGA
- 316LN flanges & materials in stock
- Unique Hydra~Cool™ water cooling technology - unrivalled performance, low cost
- [Contact us for a chamber enquiry today!](#)

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

Kurt J. Lesker
Company

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



Op de voorpagina staat een foto van de ALD-opstelling die is gebruikt voor de depositie van MoO_x voor efficiëntere zonnecellen.

- 5 **Van de voorzitter:** Een grote stapel geschiedenis *Sander Otte*
- 7 **Uitslag NEVAC-prijs 2016** *Hans van Eck*
- 8 **Een nieuw atoomlaag-depositieproces voor efficiëntere zonnecellen** *Martijn Vos, Bart Macco, Erwin Kessels*
- 14 **Broadband transmission grating spectrometer for measuring the emission spectrum of EUV sources** *Muharrem Bayraktar, Bert Bastiaens, Caspar Bruineman, Boris Vratzov and Fred Bijkerk*
- 20 **Richtlijnen bedrijfsrubrieken**
- 21 **NEVAC day 2016**
- 22 **Programme and abstracts NEVAC day 2016**
- 26 **Concept notulen NEVAC ALV 2015**
- 27 **Agenda ALV 2016**
- 28 **Financieel jaarverslag 2015**
- 31 **Agenda**

De sluitingsdatum van kopij voor het tweede nummer van het *NEVAC blad* 2016 is 1 juni 2016.



HIPACE[®] 300 H

Turbopumps with highest compression

- Specifically designed for light gases
- Especially developed for HV and UHV applications
- Best UHV pressures even in combination with diaphragm pumps



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



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

Een grote stapel geschiedenis

Een paar maanden geleden kwam een collega mijn kamer binnen met een grote stapel papier. Of ik hier nog iets aan had: negentien complete jaargangen van het *NEVAC blad*. Of om precies te zijn, het *Nederlands Tijdschrift voor Vacuümtechniek* (1979–1981), het *Mededelingenblad van de Nederlandse Vacuümvereniging* (1982) en pas daarna het *NEVAC blad* (1983–1997). De tijdschriften zijn wat minder kleurrijk dan de huidige uitgaven, maar verder geven ze een heel vertrouwde indruk. Wetenschappelijke artikelen worden afgewisseld met advertenties van flitsend nieuwe vacuümapparatuur (“Twijfelt u aan uw restgassenstelling? Leybold-Heraeus geeft u zekerheid met de Q-200!”), en eens per



jaar een verslag van de algemene ledenvergadering. Met name dat laatste trok mijn aandacht. Zo las ik dat er rond mijn geboortjaar 1979 grote moeite was om het *NEVAC blad* in stand te houden. Voor een deel kwam dit door de fysieke afstand tussen de hoofdredacteur en de drukker (“De hulp, die meer nabij wonende leden van de commissie bieden, wordt zeer gewaardeerd”), maar het was met name toch een zaak van structureel gebrek aan kopij. De situatie was zo nijpend, dat in 1980 zelfs werd besloten om dan maar het hele *book of abstracts* van de ECOSS-conferentie te publiceren in het *NEVAC blad*, wat dat jaar daarvoor ineens tien keer dikker werd dan normaal.

Deze toevallige blik op het verleden zet de huidige toestand van de vereniging in perspectief. Tijdens mijn drie jaar als voorzitter heb ik me wel eens afgevraagd of de NEVAC van vandaag geen vergane glorie is: een herinnering aan iets dat ooit veel sterker en levendiger was. Maar niets is minder waar. Vacuümtechniek is over de jaren weliswaar meer een wetenschappelijke basisvereiste geworden dan een doel op zich, maar de gebruikers en makers ervan weten elkaar te vinden, informeren en enthousiasmeren als nooit tevoren. Anno 2016 biedt de NEVAC jaarlijks een sprankelende bijeenkomst met internationale topsprekers, we ondersteunen vacuümopleidingen voor tientallen technici per jaar, en onze leden reizen de hele wereld over met dank aan een uitstekende excursiecommissie. Maar het meest concrete bewijs van gezondheid ligt voor je: een tijdschrift dat keer op keer vol staat met artikelen van de hoogste kwaliteit. Geniet ervan! En mocht je het leuk vinden om eens in die oude jaargangen te neuzen: ze liggen op mijn kamer.

Sander Otte



Dissolved Species Analysis

HPR-40 DSA

MIMS Membrane Inlet Mass Spectrometer:

- ▶ Soil & water analysis
- ▶ Fermentation monitoring
- ▶ Photo-responsive & electro-chemical reaction studies

HPR-40 DSA MEMBRANE INLET MASS SPECTROMETER



Features

- ▶ Real-time multiple species monitoring
- ▶ Measurement to low ppb's
- ▶ Fast response

HPR-40 DSA ELECTRO-CHEMICAL REACTION CELLS



HPR-40 DSA CUVETTE-STYLE PHOTO-RESPONSIVE INTERFACES



Multiple Interface Options

- ▶ Insertion probes and flow-through cells
- ▶ Cuvette-style sample cells for bio-reactions studies
- ▶ DEMS Cells for electrochemical analyses

HPR-40 DSA FLOW-THROUGH MEMBRANE CELL



represented by

BENELUX PROCESS
PROCESS & VACUUM TECHNOLOGY

www.benelux-process.com

Uitslag NEVAC-prijs 2016



NEVAC-prijs 2016

€ 1000,-

Leiden 27 mei 2016

Martijn Vos

De NEVAC-prijs is de beloning voor het beste Engels- of Nederlandstalig artikel dat wordt ingestuurd voor publicatie in het NEVAC blad. De prijs, die bestaat uit een bedrag van € 1.000,- wordt jaarlijks uitgereikt door een jury die de artikelen beoordeelt op zaken als leesbaarheid, wetenschappelijk en technisch niveau en het gebruik van illustraties.

Na jaren trouwe dienst heeft Pedro Zeijlmans van Emmichoven zich wegens drukte uit de beoordelingscommissie teruggetrokken. Gelukkig bleek Meike Stöhr, organisator van de laatste NEVAC-dag in Groningen, bereid zijn plek in te nemen. Hiermee was de jury, die verder bestaat uit Bas Dielissen en ondergetekende, weer op volle sterkte.

Dit jaar hebben we zes artikelen ontvangen, drie Nederlandse en drie Engelse. Het niveau van de inzendingen was

hoog. Toch was ook nu weer een duidelijke winnaar aan te wijzen. In het winnende artikel beschrijft Martijn Vos van de Technische Universiteit Eindhoven hoe een nieuw atoomlaagdepositieproces gebruikt kan worden om het rendement van zonnecellen te verhogen. Het is duidelijk geschreven en de illustraties ondersteunen de tekst erg goed. Door de logische opbouw en het efficiënt gebruik van kaders is het artikel geschikt voor een breed publiek. De commissie wil Martijn van harte feliciteren met deze prijs. Tijdens de NEVAC-dag op 27 mei in Leiden zal de prijs persoonlijk aan Martijn overhandigd worden. In een korte voordracht zal hij zijn werk dan verder toelichten.

De top 3 wordt verder ingenomen door Patrick Machura (Technische Universiteit Eindhoven) en Rik Mom (Universiteit Leiden).

Met de zes ingezonden artikelen hebben we weer voldoende materiaal voor de komende jaargang. De auteurs van de andere artikelen ontvangen, na plaatsing in een komende editie van het NEVAC blad, de standaardvergoeding van 250 euro. Het prijswinnende artikel van Martijn Vos is in deze editie opgenomen.

Hans van Eck

Voorzitter beoordelingscommissie 2016

Een nieuw atoomlaag-depositieproces voor efficiëntere zonnecellen

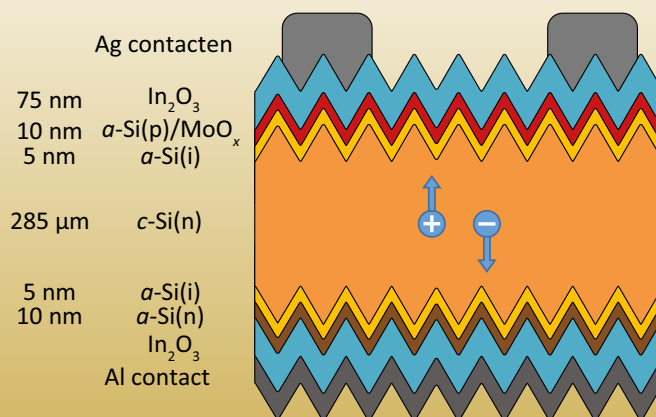
De prijs van zonnecellen is de laatste jaren aanzienlijk gedaald, waardoor geïnstalleerde zonnecellen tegenwoordig binnen afzienbare tijd zijn terugverdiend. Echter, om vooruitgang in het rendement en de kostprijs te kunnen blijven boeken zijn nieuwe technieken en materialen nodig. Een techniek die interessante mogelijkheden biedt voor de zonnecelindustrie is atoomlaagdepositie (ALD). Deze techniek wordt gebruikt om zeer dunne lagen, van slechts enkele nanometers dik, te 'deponeren' of 'aan te groeien'. Op deze manier kunnen deze 'films' met zeer grote controle over de dikte én de materiaaleigenschappen aangebracht worden. In dit artikel beschrijven we hoe we een nieuw ALD-proces voor molybdeenoxide (MoO_x) hebben ontwikkeld en hoe dit proces mogelijk gebruikt kan worden om het rendement te verhogen van zonnecellen van het zogenaamde type 'silicium-heterojunctie'. We laten zien dat het materiaal zeer puur en transparant is en dat we goede prestaties kunnen verwachten voor een zonnecel met MoO_x .

Martijn Vos, Bart Macco, Erwin Kessels

Faculteit Technische Natuurkunde, Technische Universiteit Eindhoven, Postbus 513, 5600MB Eindhoven
m.f.j.vos@tue.nl

Silicium-heterojunctiezonnecellen

De basis van een SHJ-zonnecel is een plak (*wafer*) c-Si, die dient als het lichtabsorberend materiaal. Op het moment dat een foton wordt geabsorbeerd in het c-Si, wordt een elektron-gatpaar gevormd. Deze ladingdragers dienen vervolgens aan verschillende kanten van de zonnecel te worden gecollecteerd om een stroom te genereren; de gaten aan de bovenkant en de elektronen aan de onderkant. Om de ladingdragers te scheiden worden dunne lagen van a-Si gebruikt die gedoteerd zijn. Aan de bovenkant van de cel wordt normaliter positief (p) gedoteerd a-Si gebruikt om gaten naar boven te laten bewegen, in tegenstelling tot de onderkant waar a-Si(n) nodig is. Echter, om ongewenste recombinatie van elektronen en gaten te voorkomen is een dunne laag van ongedoteerd of intrinsiek (i) a-Si nodig tussen het c-Si en a-Si(p/n) als zogeheten *passivatielaag*. Ten slotte worden er aan de boven- en onderkant lagen van een transparant geleidend oxide, In_2O_3 in dit geval, geplaatst om de stroom naar de contacten te geleiden.



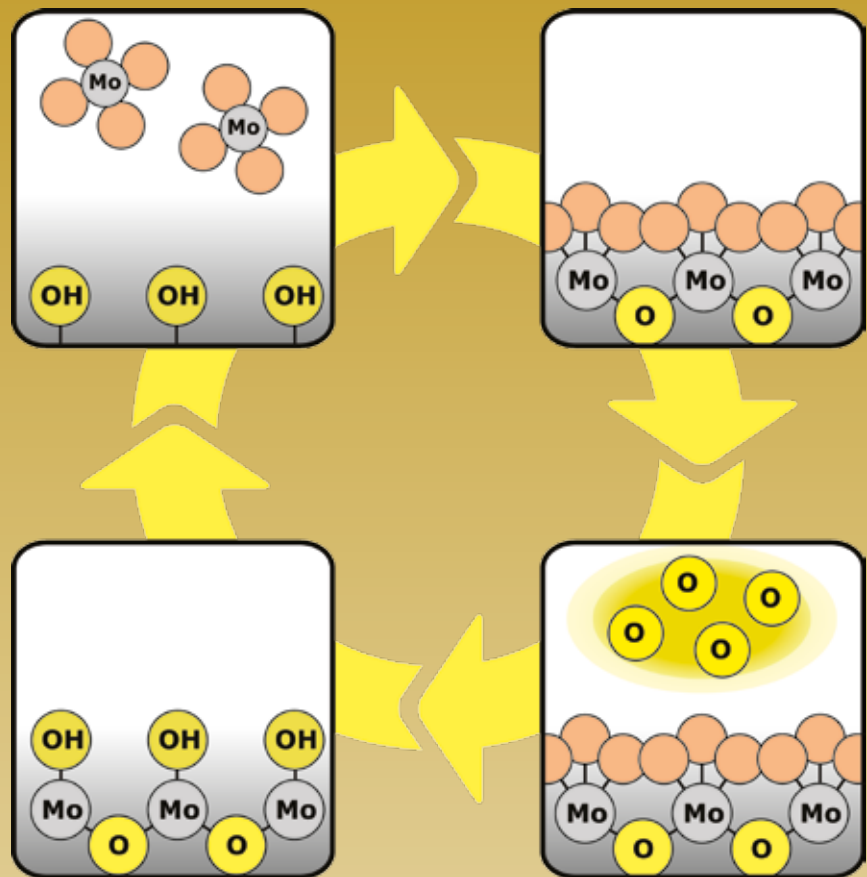
Figuur 1 Schematische weergave van een zonnecel van het type silicium-heterojunctie.

Atoomlaagdepositie

Momenteel bestaat ongeveer negentig procent van de zonnecelmarkt uit zonnecellen die gemaakt zijn van silicium (Si) [1]. Deze zonnecellen kunnen ruwweg verdeeld worden in twee categorieën. De conventionele Si zonnecel is een homojunctie, bestaande uit alleen kristallijn Si (c-Si). Een nieuwer type zonnecel bestaat uit een heterojunctie van c-Si en amorf silicium (a-Si): de silicium-heterojunctie (SHJ) -zonnecel (zie figuur 1). De homojunctie Si zonnecel heeft in 1994 een record-rendement van 24 % bereikt, maar dit is sindsdien slechts met 1 % gestegen. De SHJ-zonnecel daarentegen heeft momenteel een record-rendement van 25,6 %, en er wordt verwacht dat dit verder zal toenemen [2]. Om deze reden is er veel interesse voor dit type zonnecel en wordt er uitgebreid onderzoek verricht om de cel te verbeteren.

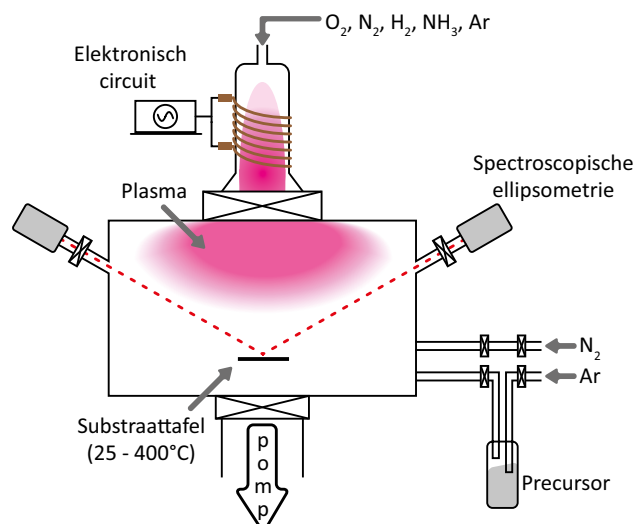
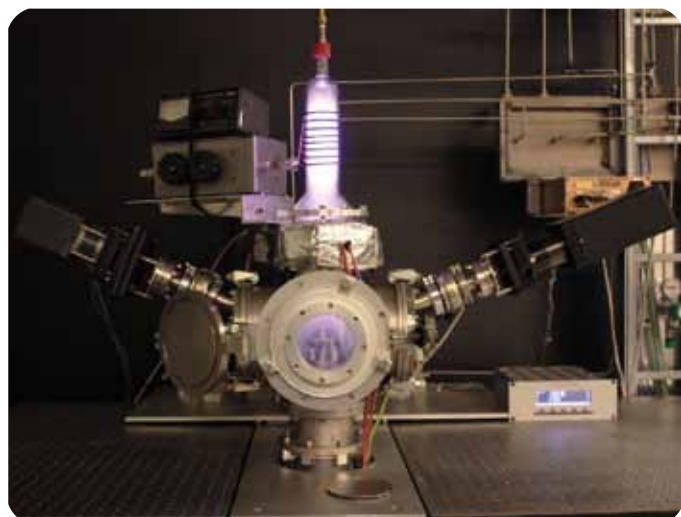
Een belangrijk nadeel van de huidige SHJ-zonnecel is dat deze cel aan de bovenkant lagen van a-Si bevat die een deel van het inkomende zonlicht absorberen, voordat het licht het c-Si bereikt. Dit is niet wenselijk omdat zoveel mogelijk van het zonlicht in het c-Si geabsorbeerd dient te worden om het maximale rendement te kunnen halen, aangezien in deze laag het zonlicht wordt omgezet in stroom. Deze ongewenste absorptie limiteert momenteel het rendement dat met de SHJ-zonnecel behaald kan worden en is reden voor onderzoekers om op zoek te gaan naar materialen die de a-Si lagen aan de bovenkant van de cel kunnen vervangen [2].

Een materiaal dat de juiste eigenschappen heeft om een van de a-Si lagen (de p-type a-Si laag, zie figuur 1) te vervangen is molybdeenoxide (MoO_x , $x \approx 3$). Dit materiaal wordt daarom momenteel onderzocht voor deze toepassing [3-5]. MoO_x heeft een bandkloof (*band gap*) van ongeveer 3 eV, terwijl die van a-Si rond de 1,7 eV ligt. Dit betekent dat MoO_x minder absorberend is dan a-Si en dus meer licht doorlaat naar het c-Si, waar het licht wordt omgezet in stroom. Uit optische simulaties blijkt dat MoO_x



Figuur 2 Schematische weergave van een ALD-cyclus voor de depositie van MoO_x . $(\text{N}^i\text{Bu})_2(\text{NMe}_2)_2\text{Mo}$ wordt gebruikt als precursor en een O_2 plasma als reactant.

In figuur 2 is een schematische weergave van een ALD-cyclus te zien. Eén ALD-cyclus kan onderverdeeld worden in twee delen. Gedurende de eerste helft van de cyclus wordt een precursor de reactor ingebracht. Voor MoO_x is *bis(tert-butylimido)-bis(dimethylamido)-molybdeen* $((\text{N}^i\text{Bu})_2(\text{NMe}_2)_2\text{Mo})$ gebruikt als precursormateriaal, wat bestaat uit een molybdeenatoom omringd door vier zijgroepen die N, C en H bevatten. Deze precursor reageert met het sampleoppervlak, waarna een deel van het molecuul gebonden is aan het oppervlak. De nieuw gevormde groepen aan het oppervlak reageren niet met het precursormolecuul, waardoor de reactie zelflimiterend is. Zodra het volledige oppervlak is bedekt met precursormoleculen wordt de reactor schoongespoeld met argon om reactieproducten te verwijderen. Vervolgens wordt in de tweede helft van de cyclus een reactant de kamer ingebracht die de zijgroepen van het originele precursormolecuul 'weg reageert' en zuurstof aanbrengt in de laag. Deze reactie is wederom zelflimiterend. In het specifieke geval van MoO_x ALD wordt gebruikgemaakt van een zuurstofplasma als reactant, maar voor bepaalde andere processen is een gas, zoals O_2 of waterdamp, ook een mogelijkheid.



Figuur 3 Foto (links) en tekening (rechts) van de ALD-opstelling die is gebruikt voor de depositie van MoO_x .

de ongewenste absorptie met 50 % kan verminderen, wat in theorie tot een toename in het rendement zou moeten leiden. Verschillende onderzoekers hebben zich tot nu gericht op het thermisch opdampen van het MoO_x en onlangs is een rendement van 22,5 % behaald met een laagje MoO_x dat met deze techniek was aangebracht [3-5]. Het opdampen van deze laag wordt echter geacht niet industrieel opschaalbaar te zijn. Een techniek die veel perspectief biedt is atoomlaagdepositie (ALD). Deze techniek geeft namelijk zeer goede controle over de dikte van de gedeponeerde film, ook op grotere oppervlakken, en zelfs op oppervlakken die een textuur hebben om bijvoorbeeld de lichtkoppeling te verbeteren.

Om met ALD een film aan te groeien ondergaat het sampleoppervlak een aantal cycli (zie figuur 2) [6]. Een ALD-cyclus is gebaseerd op zelflimiterende oppervlaktereacties, waardoor in iedere cyclus maximaal één atoomlaag (in de praktijk vaak minder dan een monolaag) van een materiaal wordt aangebracht. Door het herhalen van deze cyclus wordt de film atoomlaag voor atoomlaag opgebouwd en door het juiste aantal cycli te kiezen kan de dikte van de uiteindelijke laag zeer nauwkeurig bepaald worden. Omdat de dikte van de laag dus bepaald wordt door

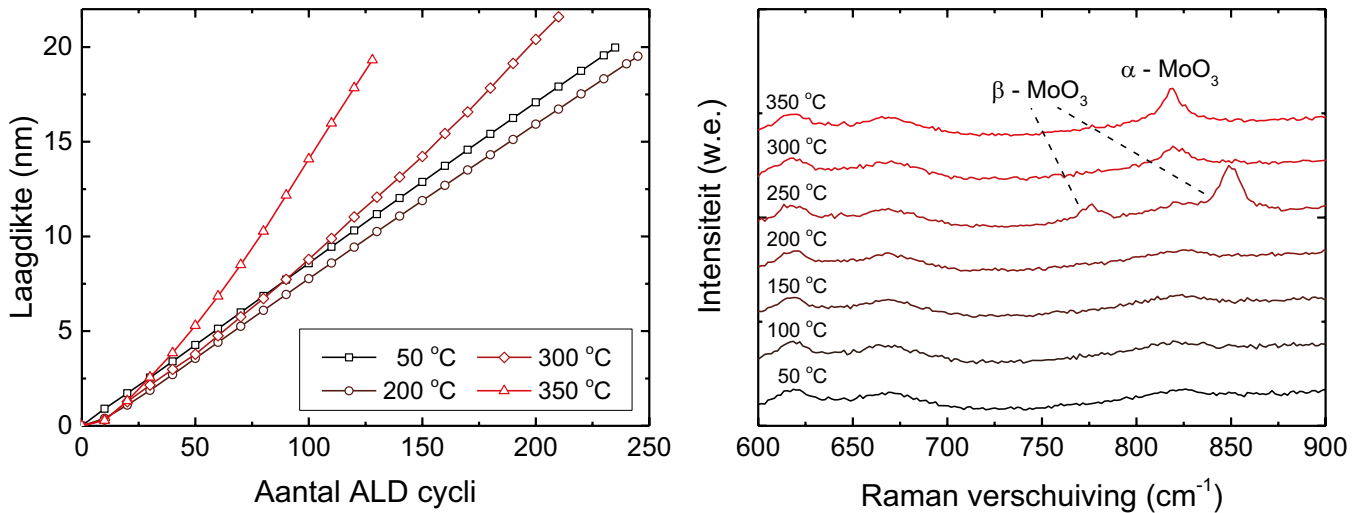
het aantal cycli wordt de aangroei-snelheid aangeduid met de term groei-per-cyclus (GPC). Typisch varieert de GPC tussen de 0,01 en 0,2 nm, afhankelijk van het specifieke proces.

De opstelling die gebruikt wordt voor de depositie van MoO_x is te zien in figuur 3 en bestaat uit een vacuümkamer die aangesloten is op een voorpomp en een turbomoleculaire pomp [7]. De voorpomp is een droge rootspomp, de ACP 15G van Aditex, die wordt gebruikt om de kamer af te pompen tot 0,1 mbar, terwijl de ATH 500M van Aditex de kamer afpompt tot een basisdruk van $1,3 \cdot 10^{-6}$ mbar. Om een plasma te kunnen gebruiken tijdens de tweede helft van de ALD-cyclus is de kamer voorzien van een inductief gekoppelde plasmabron. Het precursormateriaal wordt bewaard in een metalen vaatje dat verwarmd is tot 50 °C en wordt met behulp van argongas (Ar) de kamer ingebracht. Een zeer belangrijke analysetechniek is in situ spectroscopische ellipsometrie (SE), een optische techniek die onder andere gebruikt kan worden om de dikte en de bandkloof van een laag te bepalen [8].

ALD van molybdeenoxide

Hoewel verschillende processen voor ALD van MoO_x staan beschreven in de literatuur, was er tot voor kort geen ALD-

proces beschikbaar dat geschikt is voor toepassing in SHJ-cellen [9-11]. Daarom hebben we aan de TU/e een nieuw proces ontwikkeld met $(n\text{-Bu})_2(\text{NMe}_2)_2\text{Mo}$ als precursor en een O_2 plasma als reactant [12]. Een MoO_x ALD-cyclus bestaat uit een precursordosering van 6 s, een spoelstap van 3 s, vervolgens een blootstelling aan het plasma van 4 s en ten slotte weer een spoelstap van 3 s. Om het proces in kaart te brengen zijn er lagen gegroeid bij verschillende temperaturen. Door in situ SE te gebruiken is het verloop van de dikte als functie van het aantal ALD-cycli gemeten (zie figuur 4). Voor lage temperaturen is een lineair verband gevonden, wat verwacht kan worden voor ALD; in iedere cyclus wordt dezelfde hoeveelheid materiaal gedeponerd, met een GPC van ongeveer 0,08 nm. Voor temperaturen van 300 en 350 °C wordt echter een afwijkend gedrag gevonden en stijgt de GPC langzaam tot maximaal 0,19 nm. Het afwijkende gedrag voor hogere temperaturen kunnen we verklaren door een overgang van amorf materiaal naar kristallijn materiaal tijdens de depositie van de laag. Met behulp van ramanspectroscopie is gevonden dat lagen van 20 nm die gedeponerd zijn bij een lage temperatuur amorf van structuur zijn, terwijl de lagen bij 300 en 350 °C kristallijn zijn (zie figuur 4).

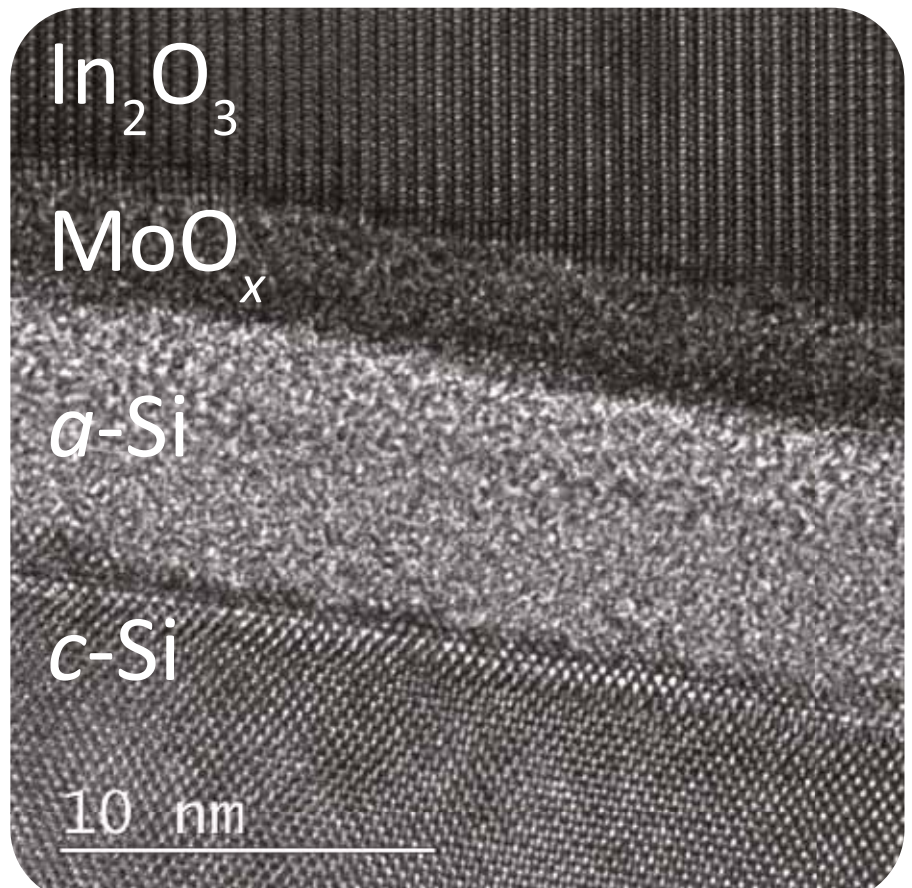


Figuur 4 Links: Verloop van de laagdikte als functie van het aantal ALD-cycli voor depositietemperaturen tussen 50 en 350 °C. Rechts: Ramanspectra voor 20 nm dikke MoO_x lagen. Voor hogere temperaturen zijn pieken te zien die overeenkomen met de kristallijne α- en β-fasen van MoO₃ (w.e. = willekeurige eenheden).

Bij hogere depositietemperaturen ontstaan er tijdens de aangroei van de laag kristallieten aan het oppervlak, die waarschijnlijk sneller reageren met het precursormolecuul en leiden tot een toename in oppervlakte, wat zorgt voor een toename in de depositiesnelheid.

Geschied voor SHJ-zonnecellen

Nadat het depositieproces is onderzocht, zijn de eigenschappen van het materiaal bestudeerd met een aantal methoden om te bepalen of het materiaal geschikt is voor SHJ-zonnecellen. Ten eerste is rutherfordverstrooiing-spectroscopie (*Rutherford backscattering spectroscopy*, RBS) gebruikt om de elementaire compositie van de lagen te bepalen. Hieruit blijkt dat de lagen zeer puur zijn; ze bevatten nauwelijks vervuiling van bijvoorbeeld stikstof en koolstof. Daarnaast laten de RBS-metingen zien dat het materiaal licht substoichiometrisch is, dat wil zeggen de verhouding tussen O en Mo ligt net onder de drie. Dat is goed nieuws, want juist MoO₃ (en niet MoO₂) is het materiaal dat geschikt is om het p-type a-Si te vervangen in de SHJ-zonnecel. Bovendien is met behulp van de SE-metingen bepaald dat de bandkloof ongeveer 2,9 eV is. Zoals verwacht is het materiaal dus erg transparant, wat een vereiste is voor toepassing in de SHJ-zonnecel.



Figuur 5 Transmissie-elektronenmicroscop (TEM) afbeelding van een dwarsdoorsnede van een stapeling (*stack*) van lagen op een c-Si wafer: a-Si(i), MoO_x en ten slotte In₂O₃.

Vervolgens is een stapeling (*stack*) van lagen gemaakt met de opbouw zoals in een SHJ-zonnecel. Dit is dus een c-Si wafer, met daarop intrinsiek a-Si, MoO_x en

In₂O₃. Van dit sample is een dwarsdoorsnede gemaakt om het te bestuderen met een transmissie-elektronenmicroscop, waarmee het sample op nanometerschaal

TURBOVAC TURBOLAB



All new smart **High vacuum** pumps and systems

Rely on the state-of-the-art vacuum solutions provided by Oerlikon Leybold Vacuum for your high vacuum needs. Turbomolecular pumps from the **TURBOVAC i/iX** line with integrated electronic drive will allow you to optimize pump-down times and consistently hit your target regarding pressures and gas flows. Designed to offer the best performance: size ratio available in the ISO 63/100/160 size range, they feature a rotor and drag stage design to achieve maximum performance and unparalleled speed, especially for light gases.

TURBOLAB are plug-and-play high vacuum pump systems, comprising turbomolecular pump, backing pump and the innovative TPU display power unit. TURBOLAB systems are available as table top or cart versions. The basic TURBOLAB can be upgraded with accessories and gauges to cover individual demands.

Highlights

- Enhanced pump performance
- Compact benchmark design, reliability and functionality
- Covering a wide range of applications

COMPACT • POWERFUL • SMART • PLUG & PLAY

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

oerlikon
leybold vacuum

bekeken kan worden [13]. De afbeelding in figuur 5 laat duidelijk zien dat ALD gebruikt kan worden voor uniforme depositie van de zeer dunne laag MoO_x .

Verwachte prestatie van de zonnecel

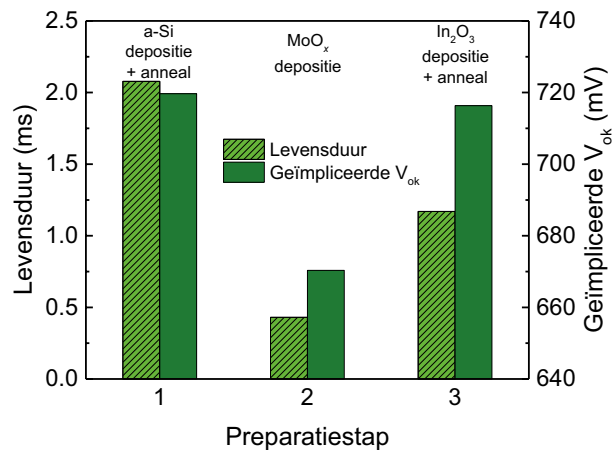
Het type sample uit figuur 5 is vervolgens gebruikt om de passivatie te bestuderen. De passivatie van het oppervlak van het c-Si is een zeer belangrijk aspect van een zonnecel en kan uitgedrukt worden in de levensduur van de elektronen of gaten in het c-Si. De levensduur geeft aan hoe lang het gemiddeld duurt voordat een elektron met een gat recombineert, en dus verloren gaat, waardoor het niet meer bijdraagt aan de opgewekte stroom. In figuur 6 is de levensduur te zien voor de drie verschillende stappen in de preparatie van het sample. Figuur 6 laat zien dat na depositie van het a-Si de levensduur rond de 2 ms ligt en een stuk afneemt door het aanbrengen van het MoO_x . Deze afname komt door schade aan de onderliggende a-Si laag, die veroorzaakt wordt door energetische deeltjes in het O_2 plasma. Gelukkig is deze schade grotendeels hersteld nadat het In_2O_3 is gedeponerd en het hele sample voor 10 minuten is verhit (*annealed*) tot 200°C . Deze *anneal*-stap zorgt er namelijk voor dat de microstructuur van het a-Si verandert, waardoor er minder ongewenste recombinatie plaatsvindt. Voor de complete stack wordt uiteindelijk een levensduur gevonden van 1,2 ms, wat een redelijk goede waarde is.

Naast de levensduur is de geïmpliceerde open-klemspanning (V_{ok}) bepaald. Deze parameter geeft aan wat voor spanning er verwacht kan worden voor de zonnecel en ligt rond de 750 mV voor de beste SHJ-zonnecellen. Voor de stack van a-Si, MoO_x en In_2O_3 wordt na de depositie van het In_2O_3 en de *anneal*-stap een geïmpliceerde V_{ok} van 717 mV gevonden (zie figuur 6). Met deze eerste serie experimenten zijn we dus al erg dicht bij de recordwaarden gekomen en door verdere optimalisatie van de depositieparameters en de verschillende *anneal*-stappen kan

dit nog verbeterd worden. Een andere parameter die de prestatie van een zonnecel beschrijft is de kortsluitstroomdichtheid (J_{ks}). Met optische simulaties vinden we dat we voor een zonnecel met MoO_x een J_{ks} van $41,7 \text{ mA/cm}^2$ kunnen verwachten, terwijl voor de conventionele SHJ-cel met a-Si(p) een J_{ks} van $40,7 \text{ mA/cm}^2$ volgt uit de simulaties. Deze toename van 2,5 % lijkt misschien minimaal, maar is een zeer significante verbetering, aangezien de maximaal haalbare J_{ks} 44 mA/cm^2 is.

Perspectief

In dit artikel is de ontwikkeling van een nieuw proces voor ALD van MoO_x beschreven. Het materiaal lijkt geschikt voor toepassing in zonnecellen en kan leiden tot een hoger rendement voor de SHJ-zonnecel. De verwachte prestaties zijn veelbelovend en optimalisatie van het depositieproces biedt nog enige ruimte voor verbetering. Momenteel wordt samen met onderzoekspartners gewerkt aan de verdere implementatie van het ALD MoO_x in SHJ-zonnecellen en fabricage van een complete zonnecel, hopelijk met een nieuw recordrendement. Bovendien biedt het nieuwe proces wellicht ook mogelijkheden voor andere typen zonnecellen, zoals organische en perovskietzonnecellen, waarvoor onderzoekers eerder hebben laten zien dat MoO_x ook een zeer interessant materiaal is.



Figuur 6 Levensduur en geïmpliceerde open-klemspanning (V_{ok}) na verschillende stappen in de preparatie van het sample dat bestaat uit a-Si, MoO_x en In_2O_3 . De stappen worden achtereenvolgens uitgevoerd.

Referenties

1. International Energy Agency (2014).
2. De Wolf, S., Descoedres, A., Holman, Z. C. & Ballif, C. *Green* **2**, 7–24 (2012).
3. Battaglia, C. *et al. Nano Lett.* **14**, 967–71 (2014).
4. Battaglia, C. *et al. Appl. Phys. Lett.* **104**, 113902 (2014).
5. Geissbühler, J. *et al. Appl. Phys. Lett.* **107**, 081601 (2015).
6. George, S.M. *Chem. Rev.* **2010**, 111–131 (2009).
7. Heil, S.B.S., Langereis, E., Roozeboom, F., van de Sanden, M.C.M. & Kessels, W.M.M. *J. Electrochem. Soc.* **153**, G956 (2006).
8. Langereis, E. *et al. J. Phys. D: Appl. Phys.* **42**, 073001 (2009).
9. Diskus, M., Nilsen, O. & Fjellvåg, H. *J. Mater. Chem.* **21**, 705 (2011).
10. Tseng, Y.C., Mane, A.U., Elam, J.W. & Darling, S.B. *Sol. Energy Mater. Sol. Cells* **99**, 235–239 (2012).
11. Bertuch, A., Sundaram, G., Saly, M., Moser, D. & Kanjolia, R. *J. Vac. Sci. Technol. A Vacuum, Surfaces, Film.* **32**, 01A119 (2014).
12. Vos, M.F.J., Macco, B., Thissen, N.F.W., Bol, A.A. & Kessels, W.M.M. (Erwin). *J. Vac. Sci. Technol. A Vacuum, Surfaces, Film.* **34**, 01A103 (2016).
13. Macco, B., Vos, M.F.J., Thissen, N.F.W., Bol, A.A. & Kessels, W.M.M. *Phys. status solidi - Rapid Res. Lett.* **9**, 393–396 (2015).

Broadband transmission grating spectrometer for measuring the emission spectrum of EUV sources

Extreme ultraviolet (EUV) light sources and their optimization for emission within a narrow wavelength band are essential in applications such as photolithography. Most light sources however also emit radiation outside this wavelength band and have a spectrum extending up to deep ultraviolet (DUV) wavelengths. This out-of-band radiation can be hazardous in the rest of the lithography process, hence monitoring of it is necessary. In this article we present a broadband spectrometer based on a transmission grating for spectral monitoring of EUV sources from EUV to DUV wavelengths. The transmission geometry enables a compact design and a straightforward alignment. Measurements that were carried out with the spectrometer at two different EUV sources provide detailed spectral information that is immediately available for analysis and optimization of the source conditions.

Muharrem Bayraktar^{1*}, Bert Bastiaens², Caspar Bruineman³, Boris Vratzov⁴ and Fred Bijkerk¹

1 Industrial Focus Group XUV Optics, MESA + Institute for Nanotechnology, University of Twente, PO Box 217, 7500 AE, Enschede

2 Laser Physics and Nonlinear Optics, MESA + Institute for Nanotechnology, University of Twente, PO Box 217, 7500 AE, Enschede

3 Scientec Engineering, The Netherlands

4 NT&D – Nanotechnology and Devices, Germany

** m.bayraktar@utwente.nl*

Extreme ultraviolet (EUV) light sources are currently of much interest for a number of scientific and high-tech applications such as free-electron laser research, astronomy, elemental fluorescence analysis and photolithography. The latter, which will be under focus in this article, is a process to fabricate integrated circuit chips to be used virtually in all electronic devices. The EUV light sources for lithography are designed to emit at a wavelength of 13.5 nm but they inevitably emit also at some longer wavelengths. For achieving a high throughput of integrated circuit chips in the lithography process, it is important to maximize the emission in a narrow wavelength band (called in-band and defined as 2 %

bandwidth around the central 13.5 nm) and conversely to minimize parasitic emission at other wavelengths. This need for critical optimization implies a demand for spectral diagnostic of the source with high precision. In the past, a team from the EUV community developed a measurement scheme comprising a monochromator, in the form of a EUV reflecting multilayer mirror, and a detector, based on a filtered photodiode. This compact scheme enabled the measurement of in-band EUV source emission and allowed a worldwide benchmarking of EUV sources under development in those days [1]. This device and the benchmarking action, nicknamed Flying Circus (FC), due to its mobile nature,

was very successful as it allowed a true performance comparison of the EUV light sources around the world. Moreover, it managed to unify the many different measurement methods used by the source manufacturers and as a consequence set a measurement standard that is maintained up to present. Currently, source manufacturers are developing in-band detectors that are very similar to the FC measurement scheme.

In contrast to the success of the in-band measurements, no information could be collected on the parasitic out-of-band light that may cause undesired exposure of the light sensitive photoresist in the lithography process. Assessment of the undesired out-of-band light requires a

Box 1: Transmission grating spectrometer

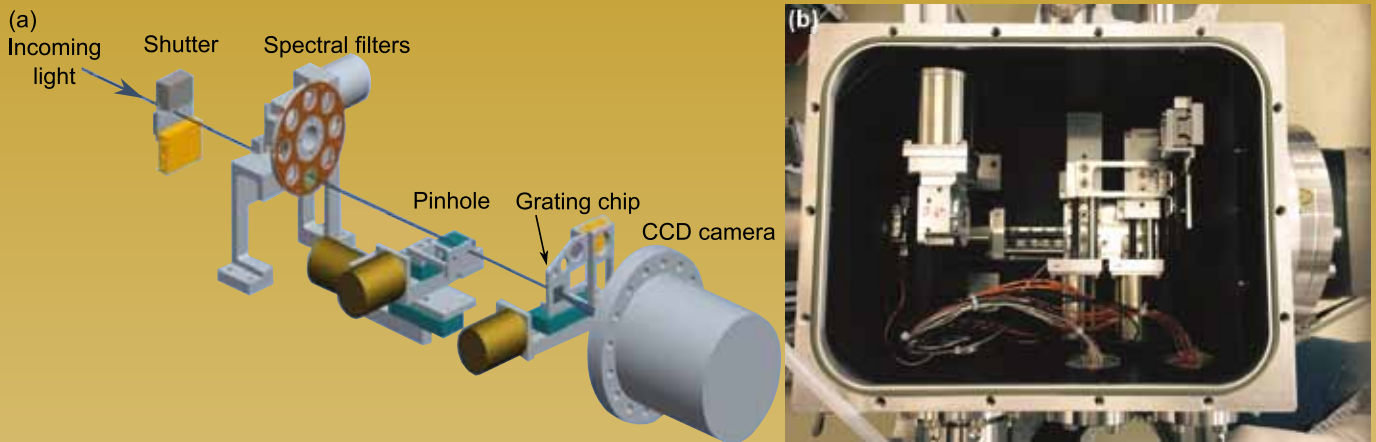


Figure 1 (a) Schematic drawing of the components of the spectrometer. (b) Top-view picture showing the spectrometer vacuum chamber and the components in it.

The inner structure of our spectrometer, as shown in figure 1(a), comprises a shutter at the entrance of the spectrometer, a filter wheel for selecting specific wavelength bands from the source spectrum, a pinhole or a slit, a transmission grating chip for dispersing the light and a detector that is a back-illuminated CCD camera for detection of the spectrum. The light from the EUV source is directed to the grating which diffracts each wavelength at a different angle towards the CCD camera: light with a long wavelength is diffracted at larger angles. Consequently the spectral content of the incoming beam can be calculated back from the image recorded by the CCD camera. All the components of the spectrometer are contained in a vacuum chamber, figure 1(b), that is equipped with a turbomolecular pump (Pfeiffer HiCube 80 Eco) and a pressure gauge (Granville-Phillips 390 Micro-Ion ATM). The chamber can be pumped down to 10^{-6} mbar and used in a differential pumping

configuration with ultra-high-vacuum source chambers. The inner walls of the vacuum chamber are blackened by anodization for stray light suppression. The components in the vacuum chamber are mounted on vacuum-compatible motorized translation stages that can be controlled with a computer using a graphical user interface. The control system allows automated and in situ alignment with ease. A typical measurement setup where the spectrometer is mounted to a EUV light source is shown in figure 2.

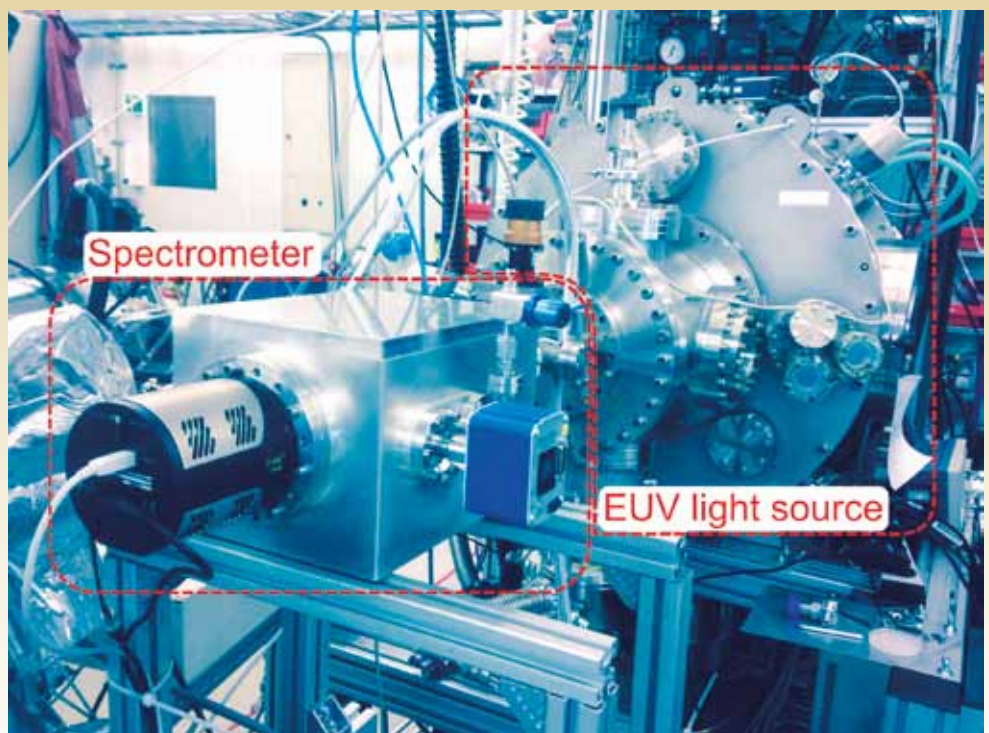


Figure 2 A typical measurement setup with the spectrometer.

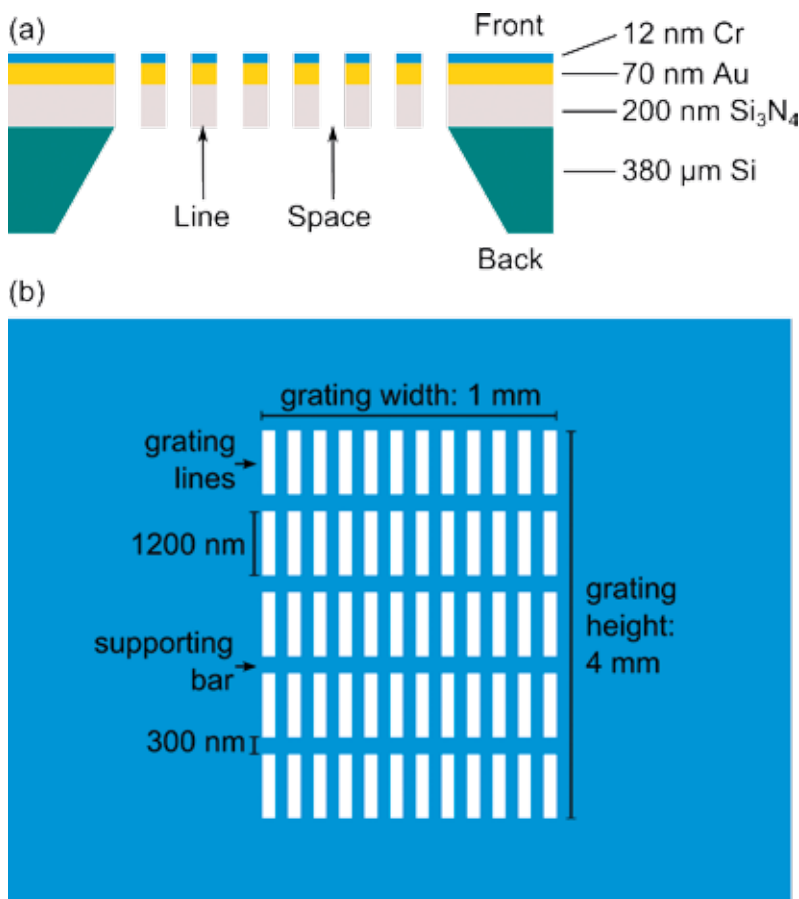


Figure 3 (a) Cross-section and (b) front view from part of a single grating.

broadband measurement method since the out-of-band spectrum spans a very broad wavelength range, from EUV to deep ultraviolet (DUV) wavelengths. Spectrometers are highly relevant for this purpose as they allow to disperse incoming light into its spectrum and measure the power level for each wavelength. However, currently available spectrometers have several disadvantages: typically they work in reflection mode using a grazing incidence geometry that leads to bulky designs and difficulties in alignment.

Transmission grating spectrometer

In this article, we present a compact and easy-to-align spectrometer based on a transmission grating (see box 1) and show the measured in-band and out-of-band spectra of two different EUV light sources. The spectral range and the spectral resolution is mainly determined by the line density of the grating. The grat-

ing chip contains an array of gratings with different line densities. Gratings with a specific line density can be selected *in situ* via the graphical user interface, allowing easy adjustment of the spectral range and the spectral resolution. With these features, the spectrometer allows direct measurement of both the in-band and out-of-band spectrum, the pulse-to-pulse intensity stability, the source size and source-facing condenser lifetime/cleanliness. When the light source is measured from its different ports, it is also possible to determine the angular distribution of the source output.

Structure of the high resolution transmission grating

As the transmission grating is one of the most essential components in the spectrometer, we first explain the structure of such a grating and then its fabrication process. The cross-section and front view of the grating is shown schematically

in figure 3. As shown in figure 3(a), the free-standing grating comprises a 12 nm thick Cr layer, a 70 nm thick Au layer and a 200 nm thick Si_3N_4 layer that are carried by a frame of a 380 μm thick Si substrate. These specific materials and thicknesses are chosen to yield a flat transmission efficiency curve down to a wavelength of 10 nm. The overall dimensions of a single grating, shown in figure 3(b), are 1 mm \times 4 mm, and it is divided into smaller areas that are 1200 nm high and separated by 300 nm high support bars. The support bars are necessary in order to increase the mechanical stability of individual grating lines that can be extremely fine in order to be able to resolve fine spectral features at short wavelengths. For instance, to achieve a spectral resolution of at least a few tenths of a nanometer at 13.5 nm wavelength, the grating period needs to be as small as 100 nm. For a 50 % bar-width-to-period ratio, the bar needs to have a very fine width of only 50 nm. This small dimension of the bar implies a very strict fabrication accuracy that is challenging even with state-of-the-art nanofabrication methods. Currently used methods for nanofabrication of high density transmission gratings include electron beam lithography (EBL) [2] and interference lithography [3, 4]. However, EBL is limited in terms of speed, and interference lithography is limited in terms of resolution.

Fabrication of the transmission gratings

For the fabrication of the gratings, we utilized UV based nanoimprint lithography (UV-NIL) that is especially suitable for our purpose since it has a comparable resolution to EBL and significantly higher speed. A summary of the fabrication process for the transmission gratings is shown in box 2 and figure 4, whereas the details can be found in [5].

A scanning electron microscopy (SEM) image of one of the 10,000 lpmm gratings is shown in figure 5. The SEM im-

Box 2: Fabrication of the transmission grating

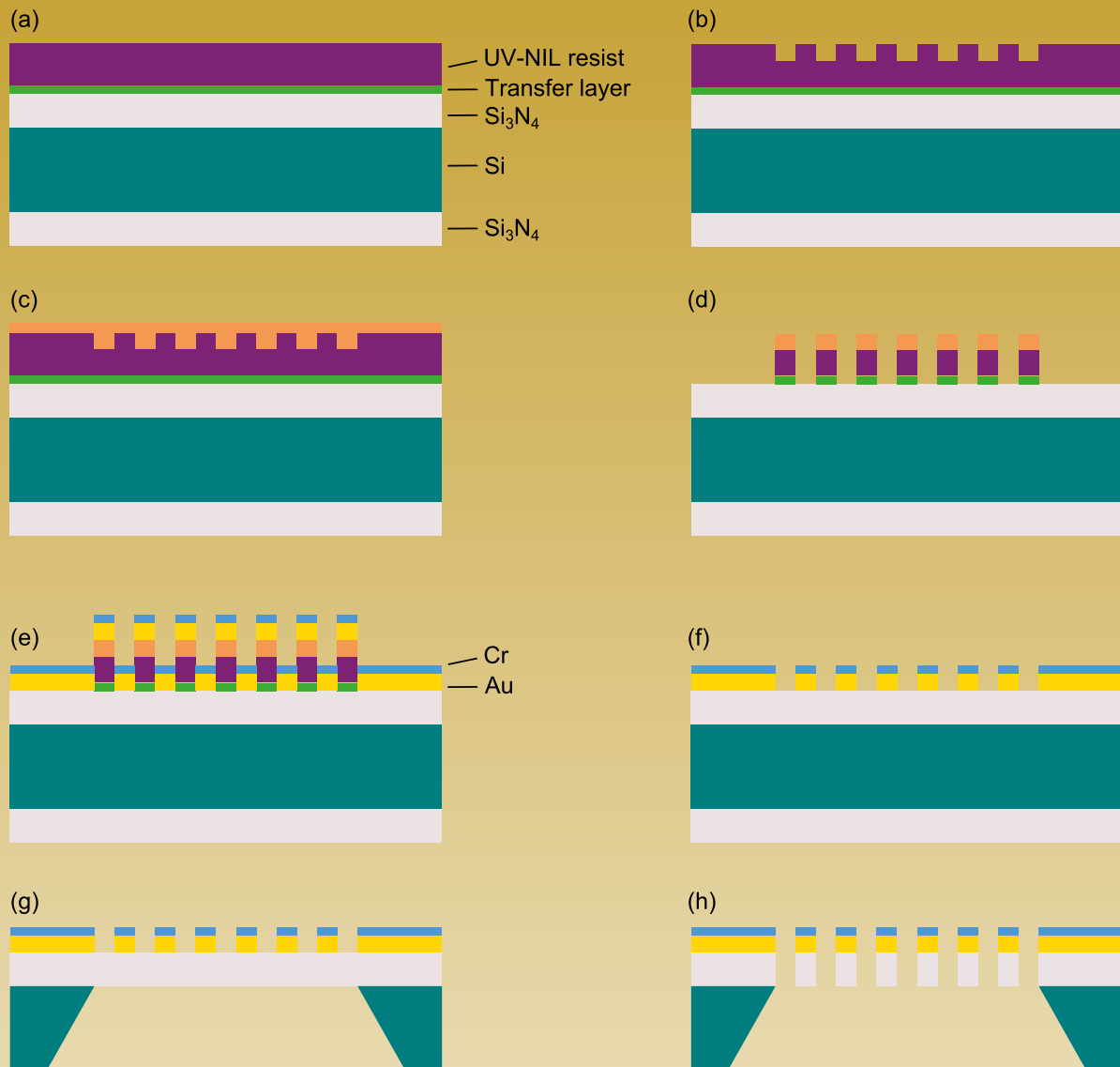


Figure 4 Eight steps, a-h, in the fabrication of the transmission grating.

In the first step of fabrication, a Si wafer is coated from both sides with 200 nm thick Si_3N_4 layers, followed by deposition of a 100 nm thick transfer layer and a UV-NIL resist layer to the front of the substrate [figure 4(a)]. In the second step, high-resolution grating patterns are defined by pressing the imprint template to the UV-NIL resist and curing with UV exposure. The imprint template has a 16 mm \times 16 mm area that is containing 21 individual gratings arranged in a 3 by 7 matrix. Line densities of the gratings in the matrix are 500 lpmm, 780 lpmm, 1000 lpmm, 1500 lpmm, 1850 lpmm, 2000 lpmm, 2500 lpmm and starting from 3000 lpmm up to 10,000 lpmm (multiple from it) with 1000 lpmm in-

crements [figure 4(b)]. A planarization layer is deposited [figure 4(c)], and the planarization layer, imprint resist and transfer layer over the patterned hills are removed by reactive ion etching (RIE) for the pattern transfer [figure 4(d)]. The Au absorber layer (70 nm) and the Cr etch-stop layer (12 nm) are deposited using metal evaporation [figure 4(e)]. In the following, a lift-off step is used to define the Au absorber layer and the Cr etch-mask [figure 4(f)]. The openings for the individual gratings (1 mm \times 4 mm size) at the back are formed by photolithography and etching [figure 4(g)]. In the final step, the top Si_3N_4 layer is removed by RIE from the front using the Cr layer as the etch-mask [figure 4(h)].

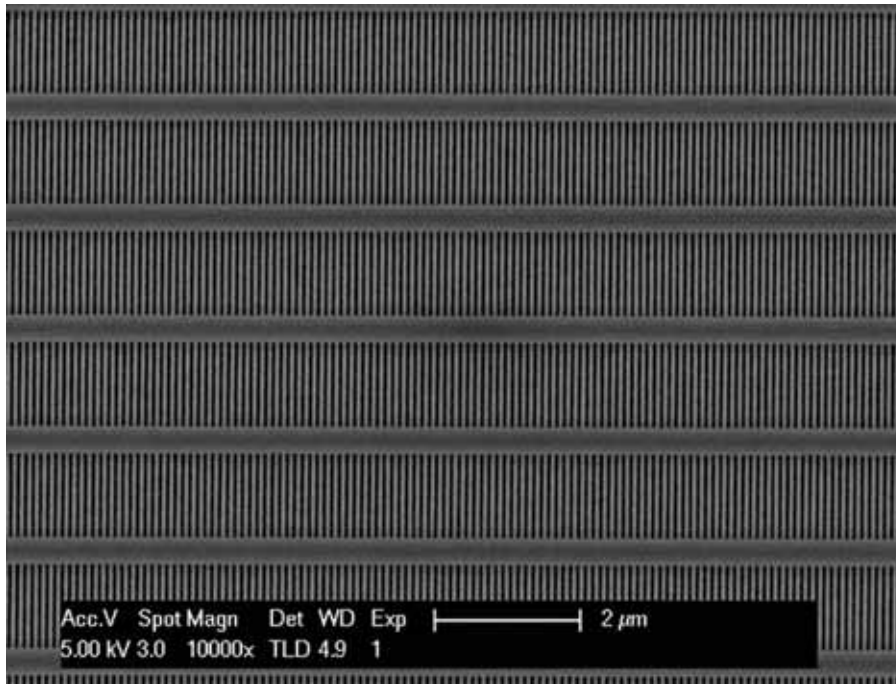


Figure 5 Scanning electron microscopy image of the fabricated 10,000 lpmm gratings.

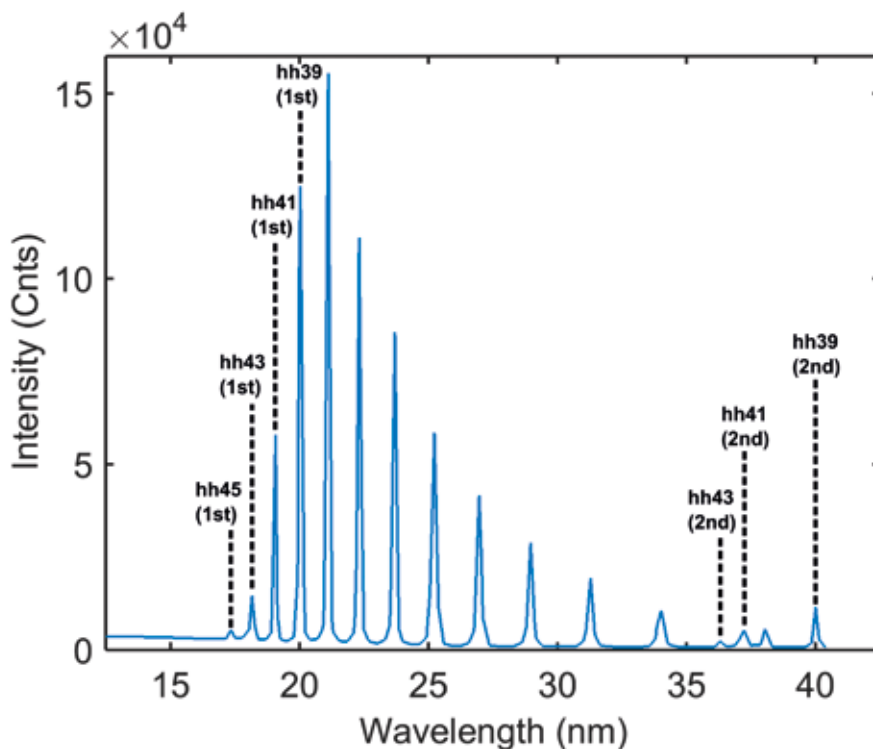


Figure 6 Spectral measurement of a high harmonic generation light source in the extreme ultraviolet wavelength range. Spectral peaks up to the 45th harmonic and their second diffraction orders are labeled [5].

age shows that the fine vertical grating lines are periodic and also the line edge roughness is rather low. Both of these observations demonstrate the success of

the UV-NIL method in fabricating high resolution gratings and are important for enhancing the performance of the spectrometer.

Spectral measurements and discussion

Spectral measurements were performed at two different sources. The first source is a high harmonic generation (HHG) source in which the radiation is generated in the highly non-linear interaction of a focused high intensity beam from an infrared (IR), ultrashort pulse laser and a gas medium, typically a noble gas. The radiation produced in the HHG process is broadband including EUV wavelengths and comprises narrow spectral peaks occurring at the odd integer fractions of the focused laser wavelength, i.e. odd harmonics of the focused laser frequency. In this measurement EUV radiation was produced by focusing a Ti:Sapphire IR laser with 780 nm central wavelength to a Ne gaseous medium. With this setup [5], it is expected theoretically to observe up to the 45th harmonic order which corresponds to 17.5 nm wavelength. In the spectral measurement, two 200 μm Al filters were used to block the IR beam that is co-propagating with the HHG radiation. An important point in this measurement is that the peaks in the HHG spectrum are very narrow and can be used to demonstrate the high spectral resolution of the spectrometer. The measured spectrum in figure 6 reveals the distinct spectral peaks of the HHG radiation and demonstrates that the spectrometer can resolve each peak successfully. It is possible to identify the highest harmonic (45th harmonic) at 17.5 nm wavelength as expected theoretically. Also the second diffraction orders of the harmonics are visible in the spectrum. The spectral resolution determined from the full-width-at-half-maximum of the strongest harmonic order, i.e. 37th harmonic, at 21.1 nm is found to be 0.13 nm. This fine resolution capability of the spectrometer can be extremely useful in identifying very narrow spectral features such as atomic line transitions at EUV wavelengths. The second source that was measured is a laser produced plasma (LPP) source

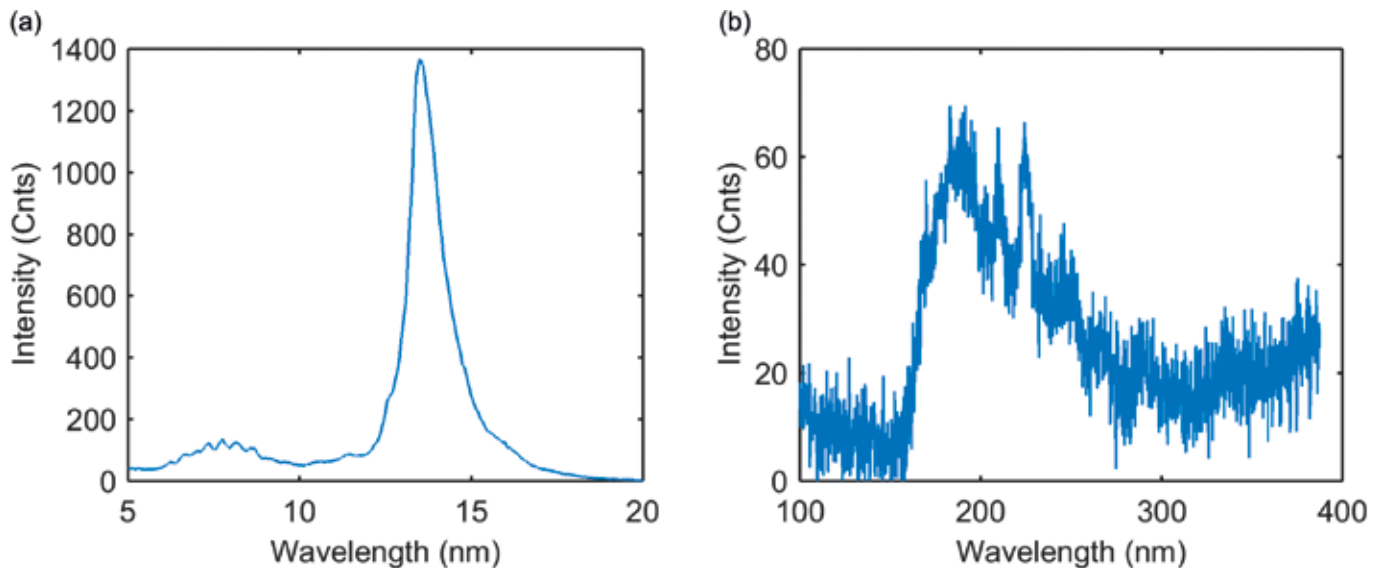


Figure 7 Spectral measurement of a laser produced plasma source in the (a) extreme ultraviolet and (b) deep ultraviolet wavelengths.

in which a pulsed, high power IR laser is focused onto molten droplets of tin to produce a highly ionized plasma. The resulting plasma emits strongly around 13.5 nm wavelength, and also at shorter and longer wavelengths, though weakly. In figure 7, two different spectra measured from the LPP source are shown. The EUV spectrum in figure 7(a) shows a strong peak at 13.5 nm as expected, but also reveals intensity peaks in the 5 nm to 8 nm wavelength band, apparently due to higher ionization stages in the tin plasma. This is a valuable information for further development of the EUV source as there is still room for enhancing the intensity at the 13.5 nm wavelength through optimization of the plasma conditions. For the same LPP source the DUV spectrum is also measured by changing *in situ* to a coarser grating. The level of intensity in this wavelength range is much lower compared to the 13.5 nm wavelength, so a quartz filter is used to suppress the 13.5 nm peak and a long exposure (10 s) is used to bring the DUV intensity above the noise level. The quartz filter efficiently suppresses the 13.5 nm peak and allows observation of the emission spectrum above 150 nm. The DUV spectrum presented in figure 7(b) has a distinguishable increase in the intensity for wavelengths

longer than 150 nm as an indication of the transmission behaviour of the quartz filter and shows many spectral features of the source spectrum.

In conclusion, we have presented a micro-mechanical vacuum based broadband spectrometer using proprietary high resolution transmission gratings for monitoring the spectral emission of EUV sources. With the spectrometer it is possible to resolve very fine spectral features as narrow as 0.13 nm, enabling detailed spectral analysis. The spectrometer enables to record both EUV and DUV spectra of EUV light sources with *in situ* exchange of gratings. The spectrometer provides broadband spectral information to make an in-depth analysis of the plasma conditions and optimize the light source for enhanced EUV emission.

References

- 1 F. Bijkerk, S. Alonso van der Westen, C. Bruineman, R. Huiting, R. de Bruijn, and R. Stuik, "Flying Circus EUV Source Metrology and Source Development Assessment," chapter 27 in book *EUV Sources for Lithography*, 721-734 (SPIE, Bellingham, 2006).
- 2 M.J. Word, I. Adesida, and P.R. Berger, "Nanometer-period gratings in hydrogen silsesquioxane fabricated by electron beam lithography," *J. Vac. Sci. Technol. B* **21**(6), L12-L15 (2003).
- 3 T.A. Savas, M.L. Schattenburg, J.M. Carter, and H.I. Smith, "Large-area achromatic interferometric lithography for 100 nm period gratings and grids," *J. Vac. Sci. Technol. B* **14**(6), 4167-4170 (1996).
- 4 D.R. McMullin, D.L. Judge, C. Tarrío, R.E. Vest, and F. Hanser, "Extreme-ultraviolet efficiency measurements of freestanding transmission gratings," *Appl. Opt.* **43**(19), 3797-3801 (2004).
- 5 S.J. Goh, H.J.M. Bastiaens, B. Vratzov, Q. Huang, F. Bijkerk, and K.J. Boller, "Fabrication and characterization of freestanding, high-line-density transmission gratings for the vacuum UV to soft X-ray range," *Opt. Exp.* **23**(4), 4421-4434 (2015).

Richtlijnen bedrijfsrubrieken

Vacuümtechniek

2-5 pagina's

Tekst van maximaal 2000 woorden, max. 12 afbeeldingen

In dit uitgebreide artikel worden nieuwe producten/technieken/processen beschreven die ontwikkeld zijn door een bedrijf. In de inleiding van maximaal 150 woorden, wordt in het kort beschreven waar het artikel over gaat. Begin daarna met het in perspectief zetten van het nieuwe aan het/de product/techniek/proces. Wat bestond er al en wat was nog niet mogelijk met de oude technieken. Vervolgens, bijvoorbeeld: Wie hebben er gewerkt aan de vernieuwing en wat hebben ze bereikt. Eventueel de problemen die er tijdens de productontwikkeling waren en die nu opgelost zijn. Wat zijn nieuwe eigenschappen en waarvoor kunnen die gebruikt worden. Beschrijving van tests/experimenten met nieuwe producten/technieken/processen. Tenslotte: iets over verwachte verdere ontwikkelingen en conclusie.

Niveau:

Richt uw tekst op een breed publiek met een achtergrond in de vacuümtechniek. Werk ingewikkelde concepten/technische

details uit in een informatief kader en gebruik waar mogelijk afbeeldingen van opstellingen/resultaten/metingen/details om dingen uit te leggen.

Nieuw product

Maximaal 1 pagina

Tekst max. 300 woorden, 1-3 afbeeldingen

De tekst gaat over wat er nieuw is aan het product en waarvoor het gebruikt kan worden. Het heeft een informatieve toon, geen 'verkooppraatje'. Eventueel een kader toevoegen met technische informatie (max. 75 woorden).

Viewport

Maximaal 1 pagina

Tekst max. 400 woorden incl. een kader met contactinformatie en webadres voor meer informatie, 1-2 afbeeldingen

In deze tekst gaat het bedrijf zich voor aan de leden van de NEVAC. Wat is de core business van het bedrijf en wat is speciaal interessant om te weten voor de leden van onze vereniging. Het heeft een informatieve toon, geen 'verkooppraatje'.



Oproep aan bedrijfsleden

Het NEVAC blad heeft drie bedrijfsrubrieken:

- Vacuümtechniek
- Nieuw product
- Viewport

Uw bijdrage voor deze rubrieken kunt u sturen naar:
redactie@nevac.nl

NEVAC DAY 2016

Vacuum related science and
technology



Universiteit
Leiden

MERGER



Speakers: Tjerk Oosterkamp (UL) – Jo van den Brand (VU/NIKHEF) – Sonia Conesa Boj (TU/e) –
Johannes Jobst (UL) – Ivo van Vulpen (UvA/NIKHEF) – Ingmar Swart (UU)

**Student poster session – NEVAC prize winner Martijn Vos (TU/e) – Industrial exhibition –
NEVAC meeting – Lunch and drinks**

Registration (until May 8): www.nevac.nl

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

Industrial exhibition contact: pieter.heidema@pfeiffer-vacuum.nl

Organisation: Sense Jan van der Molen, Molen@Physics.LeidenUniv.nl

Friday, May 27
Gorlaeus Laboratories
Einsteinweg 55, Leiden



Programme NEVAC day 2016

May 27, 2016 – Gorlaeus Laboratories, Leiden



9.30 **Arrival and registration (coffee and tea)**

Morning session

10.00 **Welcome and opening**

10.05 **Tjerk Oosterkamp**

(Leiden Institute of Physics, Leiden University):
Probing quantum matter

10.45 **Jo van den Brand**

(National Institute for Subatomic Physics
(NIKHEF), Amsterdam):
Gravitational waves from a binary black hole merger

11.25 **NEVAC prize presentation: Martijn Vos**
(Department of Applied Physics, TU/e)

11.45-12.15 **General meeting NEVAC**

11.45-13.30 **Student and postdoc poster session,
exhibition, lunch**



Afternoon session I

13.30 **Sonia Conesa Boj**

(Department of Applied Physics, TU/e):
*Nanomaterial characterization with Transmission
Electron Microscopy: from structure to
performance*

14.10 **Johannes Jobst**

(Leiden Institute of Physics, Leiden University):
*Measuring electronic states in artificial, layered
materials*

14.50 **Coffee break**

Afternoon session II

15.10 **Ivo van Vulpen** (UvA/NIKHEF):

*The search for the elementary building blocks of
nature*

15.50 **Ingmar Swart** (Debye Institute for Nanomaterials
Science, Utrecht University):

*Studying chemistry on the single molecule
level with scanning probe microscopy*

16.30 **Conclusion**

From 16.35 on **Reception, drinks**

Registration

Please register (and announce your poster) by filling out
the online form (until May 8) at www.nevac.nl

NEVAC poster prize

Junior researchers are invited to present advances in
science and technology on A0 portrait-oriented posters.
The best poster will be awarded a prize, consisting of a
certificate and 100 euro. Please register your poster via
the NEVAC website www.nevac.nl

NEVAC day lectures

Probing quantum matter

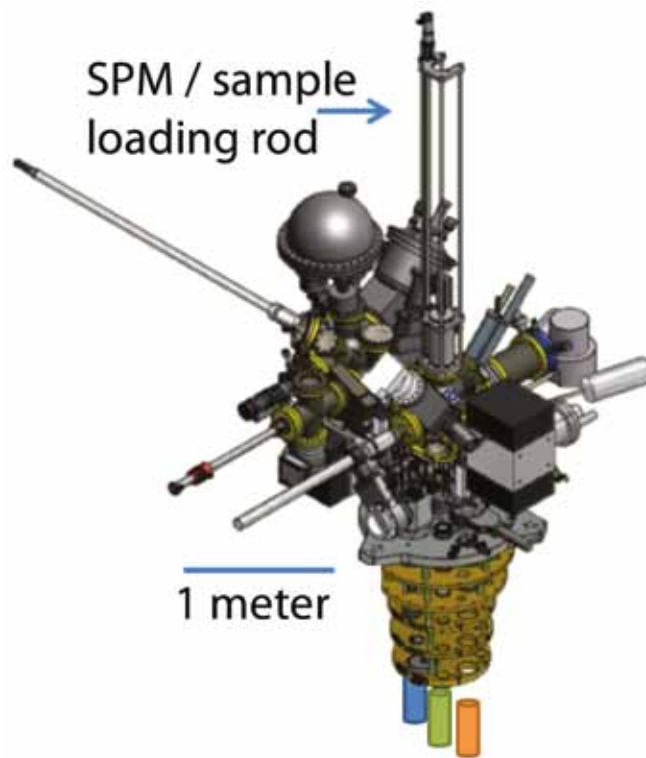
Tjerk Oosterkamp, Leiden Institute of Physics, Leiden University

The subject of this talk is a world-class Low Temperature Scanning Probe Microscopy system planned in Leiden, which recently received funding through a so-called 'NWO-groot' grant. This measurement system will enable exciting quantum research at the nanoscale, and is of relevance to a number of groups in the Dutch research community on a variety of new materials and using several different scanning probe microscopes.

In some materials electrons interact very strongly and cannot be described by non-interacting waves. This project allows the building of a machine in order to investigate the properties of these materials in which electrons are heavily entangled and 'do quantum computations all by themselves'.

In the physics community in the Netherlands, there are many groups which investigate strongly correlated materials. They would greatly benefit from an accessible facility, that would make it possible to investigate a few of the material systems they study in their own groups, but now to do so at very low temperatures and with the possibility of UHV preparation. This is important because the quantum entanglement under investigation is very fragile and becomes more stable at low temperatures.

We believe now is the time to invest in a system which can combine ultra-low temperature (1 mK to 4 K) spectroscopy and imaging by various Scanning Probe Microscopy techniques, for example with the possibility to find a patterned sample by AFM



or to manipulate a sample with scanning gates. For many of the material systems to be studied it is very important that their surfaces can be cleaned and characterized in a UHV environment at room temperature prior to cooling down the samples to cryogenic temperatures.

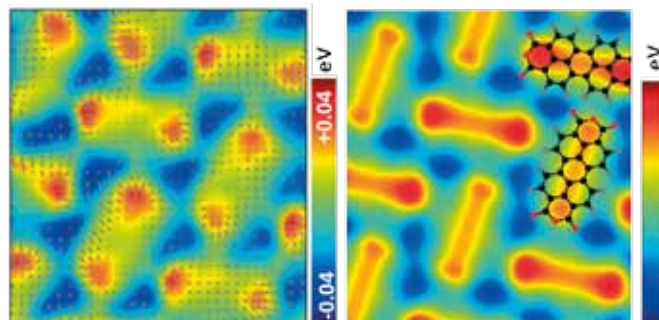
The running costs are significantly reduced by the fact that the system does not require a continuous supply of liquid helium as a refrigerant, since the system is cooled by a pulse-tube.

Studying chemistry on the single molecule level with scanning probe microscopy

Ingmar Swart, Debye Institute for Nanomaterials Science, Utrecht University

In essence, chemical reactions are processes on the single molecule level. It is therefore natural to also study chemistry at this length scale. Due to recent developments scanning tunneling microscopy and atomic force microscopy have now reached the point where it becomes possible to study chemistry at its fundamental limit.

In particular, I will show how these techniques can be used not only to image molecules with atomic resolution, but also to chemically identify them, and to determine their charge distribution. Finally, I will show you some results highlighting how



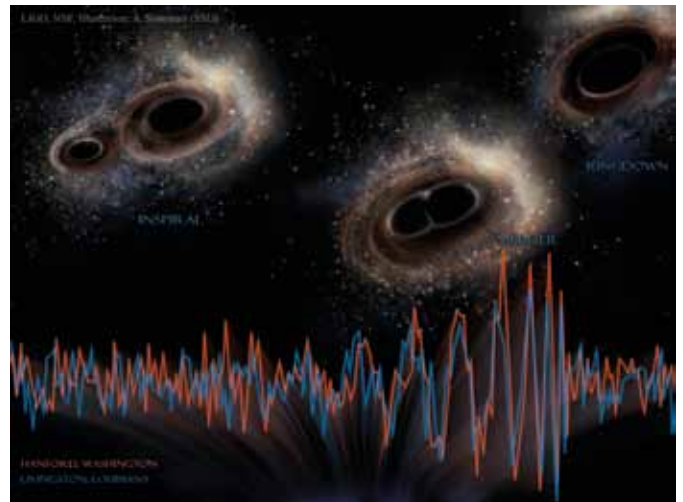
these techniques can be used to study chemical reactions on the single molecule level.

Gravitational waves from a binary black hole merger

Jo van den Brand
National Institute for Subatomic Physics (NIKHEF), Amsterdam

Recently, the LIGO Virgo Consortium achieved the first detection of a gravitational wave. A century after the fundamental predictions of Einstein and Schwarzschild, we report the first direct observation of a binary black hole system merging to form a single black hole. The detected waveform matches the predictions of general relativity for the inspiral and merger of a pair of black holes and the ringdown of the resulting single black hole. These observations demonstrate the existence of binary stellar-mass black hole systems. Our observations provide unique access to the properties of space-time in the strong-field, high velocity regime and confirm predictions of general relativity for the nonlinear dynamics of highly disturbed black holes.

The scientific impact of the recent detection will be explained, but the focus will be on technological aspects: the interferometric detection principle, optics, sensors and actuators, and how to beat the “quantum limit”. Particular attention is paid to the Dutch contributions to Advanced Virgo, the Italian-French-Dutch detector near Pisa, including optical wave front sensing,



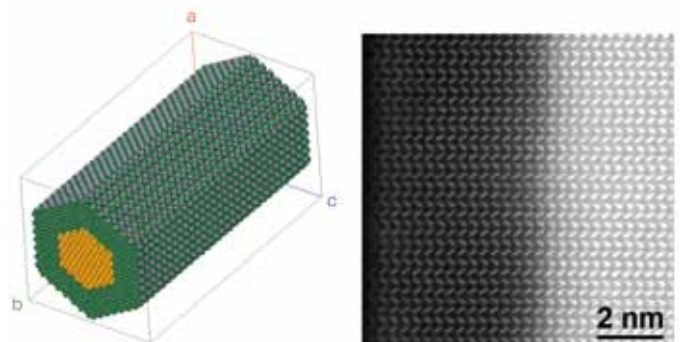
optical alignment, seismic sensing, vibration isolation systems and vacuum technology.

The largest challenges in the field will be discussed, including plans for a detector in space (eLISA) and the European Einstein Telescope (ET) project, a large, underground, cryogenic version of the present type of detector. Nikhef has contributed significantly to the design study for ET, in particular to the science case and to aspects of site selection.

Nanomaterial characterization with transmission electron microscopy: from structure to performance

Sonia Conesa Boj, Department of Applied Physics, TU/e

In the last decade a significant progress has been made in controlling the growth and properties of low-dimensional systems, such as nanowires. Their small radial dimension enables more freedom for the combination of different materials. The ability of nanowire systems to overcome existing limitations of heterostructures is one of the key ingredients for the design of next generation devices. In turn, this requires a detailed understanding of the crystalline structure and the mechanisms for strain relaxation in these systems, in order to eliminate defect formation and thus to boost optical and electronic properties. Therefore, the characterization of their structure and chemical composition with atomic resolution is essential to achieve a full understanding of how their various physical properties are correlated. Transmission electron microscopy (TEM) provides a unique toolbox to achieve this goal. TEM is extremely versatile,



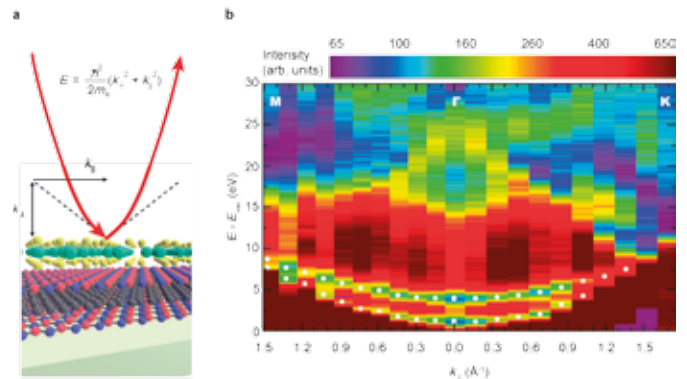
combining within a single instrument the complementary capabilities of imaging, diffraction and spectroscopy. In this talk, I discuss the crucial role that electron microscopy plays in the characterization of the structure, properties and performance of nanomaterials, and then present the results of recent studies illustrating this central role for the specific case of core-shell nanowires.

Measuring electronic states in artificial, layered materials

Johannes Jobst, Leiden Institute of Physics, Leiden University

The properties of any material are fundamentally determined by its electronic band structure. The occupied bands, that is, the filled electron states below the Fermi level, can routinely be measured nowadays. However, it is remarkably difficult to characterize the empty part of the band structure experimentally. We are now introducing a technique to do exactly this (J. Jobst et al. *Nature Communications* 6, 8926 (2015)). It relies on the dependence of the reflectivity of low-energy electrons on both their kinetic energy and their incidence angle onto a sample (figure 1a). Since this angle-resolved electron spectroscopy (ARES) is based on state-of-the-art low-energy electron microscopy it has a spatial resolution of 10 nm, which is five orders of magnitude better than other techniques.

We use ARES to study the unoccupied band structure of so-called van der Waals crystals. Those custom-made materials are built up by stacking layers of two-dimensional materials, such as graphene, boron nitride, or transition metal dichalcogenides



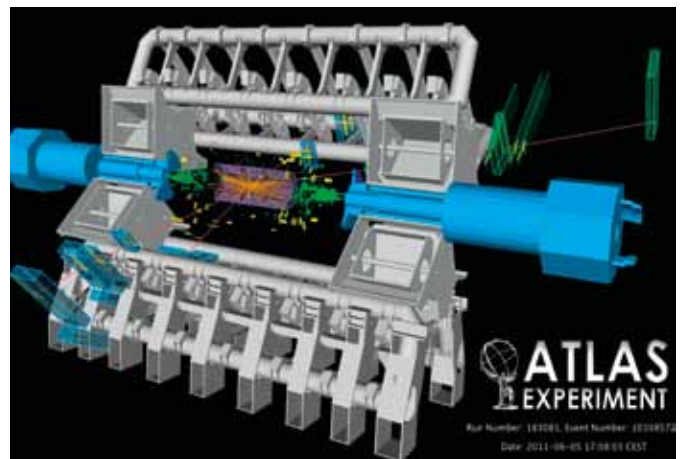
(figure 1a). This allows one to construct crystals with specific properties that are not available in conventional materials. We demonstrate ARES on few-layer graphene (figure 1b) and hexagonal boron nitride, two of the most widely used building blocks of Van der Waals materials. We also show how this novel technique can be used to shed light on the interaction between electronic states of individual layers. This knowledge is crucial for the understanding of how to tailor the properties of Van der Waals crystals in a LEGO-like fashion.

The search for the elementary building blocks of nature

Ivo van Vulpen, UvA/NIKHEF

The last hundred years have revealed many secrets of nature in our quest to find the elementary building blocks of matter. Particle accelerators have allowed us to overcome the fundamental limitations of microscopes and zoom in to distance scales around 10^{-20} m. It has been an extraordinary journey. We have been able to construct a model that not only describes the elementary building blocks of matter, but also the three forces that govern their interactions. This so-called Standard Model forms the foundation of our understanding matter at its smallest scale.

The world largest particle accelerator, the Large Hadron Collider at CERN, collides protons at a center-of-mass energy of 7, 8 and, since a month, even 13 TeV. During the first period of data-taking the existence of the elusive Higgs boson, a theoretical cornerstone of the Standard Model, was finally confirmed to exist. I will discuss how a particle accelerators work and how you can discover things that are 'hidden in the vacuum'. We will see the place of the Higgs boson in the Standard Model and discuss what impact this has had on our understanding of the structure of the vacuum.



But the journey is not over. Despite its beauty, the Standard Model is not complete. There are many mysteries left, notably the nature of dark matter, but also the structure of space-time itself and the role of gravity. To solve these problems a wide variety of new ideas and models have been constructed. I will discuss a few of their characteristics and the (weird) phenomena we'll look for in run2 of the LHC.

Conceptnotulen NEVAC ALV 2015

17 april 2015, Het Kasteel, Groningen

Aanwezig: Sander Otte, voorzitter, Ingmar Swart (vicevoorzitter), Ad Ettema (penningmeester) en Jan van Kessel (secretaris, notulen) en circa 25 leden.

1. Opening

Voorzitter Sander Otte opent de vergadering om 11:45 en heet alle aanwezige leden welkom.

2. Vaststellen agenda

Er wordt vanuit de aanwezigen geen verandering of aanvulling op de agenda voorgesteld, zodat deze wordt vastgesteld.

3. Mededelingen

Er zijn geen mededelingen.

4. Conceptnotulen van de Algemene Ledenvergadering 2014

De conceptnotulen van de Algemene Ledenvergadering van 2014 in Utrecht worden zonder wijzigingen aangenomen en bij deze vastgesteld.

5. Jaarverslagen van de Werkgroepen en Commissies

Constructies

Er is geen verslag ontvangen. Er zal contact met deze werkgroep worden opgenomen om te bezien of deze in de toekomst weer actief wordt of als beëindigd moet worden beschouwd.

Excursies

In 2014 is er geen excursie georganiseerd. In 2015 is er een excursie naar de VS; er hebben zich 40 leden aangemeld, waarmee deze excursie ook is volgeboekt. Rob Klöpping, noch een van de andere organisatoren is aanwezig om verdere toelichting te geven.

Opleidingen

David Schijve meldt dat Dick van Langeveld ziek is. Jan van Kessel geeft info

betreffende de Commissie Opleidingen. Een verslag van de Commissie is te vinden in het *NEVAC blad*. Er hebben zich in 2014 45 kandidaten voor de examens aangemeld: 27 EVT en 18 VT. Hiervan zijn 21 EVT en 15 VT geslaagd.

Voor 2015 hebben zich 46 kandidaten voor het examen aangemeld, 20 EVT en 26 VT. De examens worden 20 april afgenomen.

De informatie over de VTPlus opleiding is van de webpagina's verwijderd. Afgelopen jaren hebben zich daarvoor niet voldoende kandidaten aangemeld. Het *Supplement Basisboek Vacuümtechniek* is niet meer verkrijgbaar bij Bert Suurmeijer. De docenten hebben de beschikking over een digitale versie.

[NEVAC blad / website](#)

Jan van Kessel meldt dat de website binnenkort een nieuw CMS-systeem krijgt. Het *NEVAC blad* ziet er zeer verzorgd uit en Claud ontvangt een applaus van de aanwezigen als blijk van erkenning.

6. Financieel overzicht 2014 en begroting 2015

Ad Ettema (penningmeester) licht het in het *NEVAC blad* gepresenteerde financieel jaarverslag 2014 en de begrotingen 2014 resp. 2015 toe. Hans van Eck vraagt of de betalingsdiscipline slechter geworden is; het antwoord is dat dit al jaren ongeveer hetzelfde beeld geeft.

Sense Jan van der Molen stelt een vraag over het feit dat er nog maar één NEVAC-prijs wordt uitgereikt. Hier is toe overgegaan toen bleek dat er vanuit de technische hoek geen artikelen werden aangeboden.

In de begroting 2015 is voor de excursie nog € 10.000,- begroot. Door de grote belangstelling en de ongunstige \$/€-verhouding stelt het DB voor deze bijdrage te verhogen naar € 15.000,-.

Het begrote tekort zal dan dus € 7.700 gaan bedragen.

De aanwezige leden gaan hiermee akkoord.

7. Verslag van de kascommissie

De leden van de kascommissie zijn niet aanwezig, maar de bevindingen betreffende de controle van de verenigingsfinanciën is verwoord in een verslag dat in het *NEVAC blad* is gepubliceerd. Omdat de financiën en de administratie ervan in goede staat verkeren stelt de kascommissie voor de leden van het bestuur van hun verantwoordelijkheden betreffende het jaar 2014 te dechargeren.

8. Decharge van het bestuur en benoeming van de nieuwe kascommissie

De algemene ledenvergadering gaat akkoord met de decharge van het bestuur betreffende het jaar 2014.

Paul Smeets en Pedro Zeijlmans van Emmichoven hebben zich bereid verklaard ook volgend jaar als kascommissie op te treden: de aanwezige leden gaan hiermee akkoord.

9. Bestuursmutaties

Binnen het bestuur is op dit moment niemand aan het einde van zijn driejarige periode en er zijn ook geen bestuursleden die bekend hebben gemaakt dat zij vervroegd willen stoppen.

10. Rondvraag

Er meldt zich niemand voor de rondvraag.

11. Sluiting

Sander Otte sluit de vergadering af om 12:03 met dank aan de aanwezige leden.

Agenda ALV 2016

1. Opening.
2. Vaststellen van de agenda.
3. Mededelingen.
4. Concept notulen van de Algemene Ledenvergadering 2015.
5. Jaarverslagen van de Werkgroepen en Commissies.
 - Constructies (opheffen en/of vernieuwen)
 - Excursies
 - Opleidingen
 - Redactie *NEVAC blad* / Website
6. Financieel overzicht 2015 en begroting 2016.
7. a. Verslag van de kascommissie.
b. Benoeming van de nieuwe kascommissie.
c. Decharge van het bestuur.
8. Bestuursmutaties.
9. Rondvraag.
10. Sluiting.

Jaarverslag 2015 Commissie Opleidingen NEVAC

Commissieleden:

A.D. van Langeveld (voorzitter), C.W. Hagen (TUD), J.W.M. van Kessel, Th. Mulder, H.J.M. Oerbekke (UT), M. van Oossanen (TUD), D. Schijve (Vactec), E.P.T.M. Suurmeijer, en J.B.A. van Zon (Philips Nat.Lab.).

NEVAC-examens:

De schriftelijke examens 2015 werden op maandag 20 april op 2 niveaus afgenomen, te weten Elementaire Vacuümtechniek (EVT) en Vacuümtechniek (VT). Voor het examen EVT verschenen 20 kandidaten; hiervan zijn er 17 geslaagd. Van de 26 kandidaten voor het examen VT zijn er 21 geslaagd.

De schriftelijke NEVAC-examens EVT en VT 2016 zijn gepland op maandag 18 april. Er worden in 2016 geen examens VTPlus afgenomen.

A.D. van Langeveld
Voorzitter



Jaarverslag 2015 Excursiecommissie

In 2015 organiseerden we weer een verre buitenlandexcursie. De vorige, naar Seoul, was alweer drie jaar geleden. Dit jaar was de westkust van de Verenigde Staten het reisdoel. In San José, de hoofdstad van Silicon Valley, werd het jaarlijkse congres van de American Vacuum Society (AVS) gehouden, waarmee het eigenlijke reisdoel was vastgelegd. Daarnaast waren er tijdens de excursieweek trips naar universiteiten, onderzoeksinstituten en bedrijven in de onmiddellijke omgeving. Het overblijvende Tech Museum In San José werd daarbij niet overgeslagen.

Ook het gezelligheidsaspect werd niet vergeten, mede dankzij menig meereizende echtgenoot. Er waren ruim voldoende bezienswaardigheden en activiteiten voorhanden waardoor iedereen aan zijn trekken kwam. In het *NEVAC blad* van eind 2015 werd een speciaal artikel gewijd aan de buitenlandexcursie met foto's en textuele bijdragen van alle deelnemers. De hele onderneming was een succes getuige de reacties van de 35 deelnemers en de ontvangende gastheren.

Rob Klöpping

Nieuw contactpersoon bij Oerlikon Leybold Vacuum

Evert-Jan Eweg, een gevestigde naam binnen Oerlikon Leybold Vacuum gaat vanaf 10 mei 2016 genieten van zijn welverdiende pensioen. Sinds 1984 is Evert-Jan werkzaam binnen onze organisatie als salesmanager op diverse continenten en vanaf 2007 is hij één van uw contactpersonen voor Oerlikon Leybold Vacuum Nederland BV. Inmiddels is Ferry Jansen (zie foto) aangesteld als opvolger van Evert-Jan.

Zijn contactgegevens zijn:

Ferry Jansen, Sales Manager	T 030 242 6330
Oerlikon Leybold Vacuum	F 030 242 6331
Floridadreef 102	M 06 826 76574
3565 AM Utrecht	Ferry.jansen@oerlikon.com



Financieel jaarverslag 2015

Resultaatrekening

Inkomsten			Uitgaven		
Contributies			Bestuurskosten	€	838,45
<i>studentleden</i>	6	€ 30,00	Bank- en administratiekosten	€	1.398,99
<i>gewone leden</i>	231	€ 3.763,15	IUVSTA	€	750,00
<i>bedrijfsleden</i>	62	€ 9.550,00	NEVAC blad	€	13.061,45
BBVT	88	€ 5.905,00	BBVT	€	900,00
Advertenties NEVAC blad		€ 8.875,00	Website	€	1.381,25
NEVAC-dag		€ 3.150,00	NEVAC-dag	€	1.332,49
Commissie opleidingen		€ 565,90	NEVAC-prijs	€	1.000,00
Diverse inkomsten		€ 34,95	Conferentiebijdragen	€	500,00
Excursie		€ 38.775,61	Diversen	€	-
Renten		€ 969,66	Excursie	€	50.392,13
Tekort		€ -	Saldo	€	64,51
Inkomsten totaal		€ 71.619,27	Uitgaven totaal	€	71.619,27

Balans per 31 december 2015

Activa		Passiva	
Kas	€ -	Crediteuren	€ -
Betaalrekeningen			
ING	€ 4.545,92		
ABN AMRO	€ 480,04		
Spaartegoeden	€ 90.000,00		
Kas Cie Opleidingen	€ 7.453,49		
Debiteuren	€ 150,00	Eigen vermogen	€ 102.564,94
BBVT in voorraad	377	Saldo resultaat 2015	€ 64,51
Totaal Activa	€ 102.629,45	Totaal passiva	€ 102.629,45

Begroting 2015

Inkomsten			Uitgaven		
Contributies			Bestuurskosten	€	2.000,00
<i>studentleden</i>	10	€ 50,00	Bank- en administratiekosten	€	750,00
<i>gewone leden</i>	225	€ 4.500,00	IUVSTA	€	750,00
<i>bedrijfsleden</i>	60	€ 9.000,00	BBVT	€	500,00
BBVT	50	€ 3.500,00	NEVAC blad	€	12.000,00
NEVAC blad		€ 7.000,00	NEVAC-dag	€	7.500,00
NEVAC-dag		€ 3.500,00	Excursies	€	15.000,00
Cie opleidingen		€ 3.500,00	NEVAC-prijs	€	1.000,00
Renten		€ 1.250,00	Website	€	500,00
			Saldo	€	-7.700,00
Inkomsten totaal		€ 32.300,00	Uitgaven totaal	€	32.300,00

Begroting 2016

Inkomsten				Uitgaven			
Contributies				Bestuurskosten	€		2.000,00
<i>studentleden</i>	6	€	30,00	Bank- en administratiekosten	€		1.500,00
<i>gewone leden</i>	230	€	4.600,00	IUVSTA	€		750,00
<i>bedrijfsleden</i>	62	€	9.300,00	Excursies	€		1.000,00
BBVT	80	€	6.000,00	BBVT	€		1.000,00
NEVAC blad		€	9.000,00	NEVAC blad	€		13.000,00
NEVAC-dag		€	3.000,00	NEVAC-dag	€		7.500,00
Opleidingen		€	1.500,00	NEVAC-prijs	€		1.000,00
Renten		€	1.000,00	Website	€		1.500,00
				Saldo	€		4.680,00
Inkomsten totaal		€	34.430,00	Uitgaven totaal	€		34.430,00

Nieuwegein 27 januari 2016

Aan de leden van de NEVAC

De kascommissie heeft de financiële administratie van de NEVAC in goede staat aangetroffen.

Het jaar 2015 is afgesloten met een klein positief saldo, wat een goed resultaat is, aangezien het saldo op de begroting voor 2016 negatief was. Dit begrote negatieve saldo werd vooral veroorzaakt door een uitgavenpost van € 10.000,00 voor de buitenlandexcursie. De uiteindelijke kosten voor deze excursie zijn wat hoger uitgevallen dan begroot. Daarnaast zijn de inkomsten van de commissie opleidingen lager uitgevallen dan begroot. Dat het jaar 2015 toch is afgesloten met een klein positief saldo komt vooral door meevallende uitgaven voor de NEVAC-dag, lagere bestuurskosten t.g.v. het niet organiseren van een 'get together dag' in 2015 en door hogere inkomsten uit de verkoop van het boek *Basis Vacuümtechniek*.

Onder verantwoordelijkheid van het bestuur van de NEVAC wordt door de commissie opleidingen een eigen financiële administratie gevoerd. Deze administratie maakt onderdeel uit van het financieel verslag van de vereniging en geeft duidelijk inkomsten en uitgaven weer. Zoals vermeld zijn de inkomsten van de commissie opleidingen in 2015 lager uitgevallen dan begroot.

De commissie raadt aan om in de toekomst een vast bedrag op de begroting te zetten ten aanzien van uitgaven voor conferentiebijdragen.

De kascommissie adviseert om de financiële afrekening vast te stellen en het bestuur decharge te verlenen van zijn verantwoordelijkheid over het boekjaar 2015.

De Kascommissie
Paul Smeets
Pedro Zeijlmans van Emmichoven

Ultra high vacuum components for research and industry

Nor-Cal Europe: **FLEXHOSE RANGE:** FOR THOSE TOUGH TO LINK SITUATIONS

Nor-Cal FLEXHOSE comes in US and European sizes, whichever suits your requirement best. The hoses are ideal for expansion and compression between components but also offer excellent vibration dampening.

Our Medium Wall product offers:

- High bend radius
- High manufacturing standards
- Fully leak checked and cleaned to UHV standards
- Available with CF, ISO, KF flanges
- New Highly competitive prices in \$ & €
- From European stock for fast delivery

Nor-Cal European sales team

+44 13 23 81 08 54

 **DEMACO**

Netherlands representative

+31 (0)226 33 21 00



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



Agenda

8 april 2016

FYSICA 2016, Nijmegen

11-15 april 2016

14th IUVSTA school on Nano-Optics: from Principles to Basic Research and Applications
Braga, Portugal

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

31 mei-3 juni 2016

The 60th International Conference on Electron, Ion, and Photon Beam Technology and Nanofabrication
Pittsburgh, VS

6 -10 juni 2016

EVC14, Portoroz, Slovenië

27 -30 juni 2016

IUVSTA-76/ASEVA-27 workshop: structure of ultra thin films of oxides on metal surfaces
Ávila, Spain

11-15 juli 2016

IVNC, the 29th International Vacuum Nanoelectronics Conference
Vancouver, Canada

24-27 juli 2016

ALD 2016, Dublin, Ireland

17-21 augustus 2016

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

21-26 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



Wordt nu NEVAC-lid

en ontvang drie maal per jaar het *NEVAC blad*

Andere voordelen

Contact met vakgenoten

Vakexcursies

Symposia

Voor bedrijfsleden:

vermelding op de NEVAC-website

Kosten per jaar

Gewone leden € 20,-

Studenten en promovendi € 5,-

Bedrijfsleden € 150,-

U kunt zich aanmelden met het formulier op

www.nevac.nl

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