

NEVAC

jaargang 58 nummer 1 april 2020



NEDERLANDSE
VACUÛMVERENIGING

blad

**Ultraschoon vacuüm:
"De juiste reinheid op de
juiste plaats"**

**Elastische mechanismes in
waferhandlers**

**Een mechanicus met talent voor
vacuümtechniek bij Photonis**

**Applied Vacuum Technology:
"Leren hoe je apparatuur heel
houdt"**



Experience deepest visibility



Residual Gas Analyzer **LEYSPEC**

All-in-one RGA devices for efficient residual gas analysis in high vacuum systems.

- 6 versions for 100, 200 or 300 amu
- EM/Faraday cup
- Bake out temperatures of up to 300°C
- Integrated digital display for immediate reading of the main masses (H_2 , H_2O , N_2 , O_2 , O_2/N_2)
- Sophisticated, intelligent and intuitive software included

Also available as fully equipped mobile gas analysis system with independent pumping system and UHV needle valve on a movable cart.



**Pioneering products.
Passionately applied.**

 **Leybold**

Shop our products online:
www.leyboldproducts.com

Leybold Nederland B.V.
Floridadreef 102
NL-3565 AM Utrecht
T +31 (30) 242 63 30
sales.ut@leybold.com
www.leybold.com

Inhoud

- 5 **Van de redactie:**
Corona Ad Ettema
- 6 **Ultraschoon vacuüm: "De juiste reinheid op de juiste plaats"** *Freek Molkenboer*
- 10 **Frits van der Velde (Photonis), Een mechanicus met talent voor vacuüm-techniek**
Claud Biemans
- 12 **Haalbaarheidsstudie naar het gebruik van lange-slag elastische scharniermechanismes in waferhandling robotapplicaties**
*Ir. S.J. van Haaren,
Ir. J.A.J. Brand,
Prof. dr. ir. D.M. Brouwer*
- 18 **Uitslag NEVAC-prijsvraag**
Hans van Eck
- 19 **Applied Vacuum Technology: "Leren hoe je apparaat heel houdt"**
Gesa Welker



- 21 **Stel je voor: Jaap Brand**
- 22 **Notulen NEVAC ALV 2019**
- 23 **Conceptagenda NEVAC ALV 2020**
- 23 **Excursiecommissie zoekt nieuwe leden**
- 23 **Jaarverslag Commissie Op-leidingen**
- 24 **Financieel jaarverslag 2019**
- 25 **Verslag kascommissie**
- 26 **VCCN-richtlijn 12**
- 27 **Agenda**

6

Vacuümreinheid bij TNO. Hoe definiëer je hoe schoon de vacuümomgeving moet zijn en hoe is dit te meten? Foto copyright "TNO/Fred Kamphues"

Colofon

Redactie

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

Web-adres

www.nevac.nl

Redactiesecretariaat

NEVAC
Elektronicaweg 27
2628 XG Delft
redactie@nevac.nl

Abonnementenadministratie

NEVAC
Elektronicaweg 27
2628 XG Delft

Abonnementen

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

Advertentie-exploitatie

NEVAC
Elektronicaweg 27
2628 XG Delft
penningmeester@nevac.nl

Grafische vormgeving

Claud Biemans
www.frontlinie.nl

Verschijningsstijdstippen 2020

April
Juni (ALD-special)
September

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

Vergoeding kopij

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

ISSN 0169-9431

Voor de sluitingsdatum van kopij voor het derde nummer van het *NEVAC blad* zie www.nevac.nl



NIEUW:

**Edwards STP-iS 1607 en 2207 vijf-assige actief gelagerde
Maglev turbopompen met geïntegreerde controller voor remote of lokale besturing.**



- eindvacuüm 10^{-9} mbar
- automatisch gebalanceerd
- 160 en 200 mm inlaat
- in alle posities te monteren
- onderhoudsvrij
- trillingsniveau <math>< 0.02 \mu\text{m}</math>



Aantrekkelijke prijzen!

Vraag meer informatie bij ons aan!

ACCLON TECHNOLOGIES

www.acclon.com
info@acclon.com

Acclon Technologies B.V.
Nijverheidsweg 34
NL-3274 KJ Heinenoord
Tel.: +31 (0) 85 273 7267

PFEIFFER VACUUM



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 down to UHV
- Vacuum measurement and analysis equipment
- Leak detectors and integrity test 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



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. I. Swart, voorzitter
Dr. S.J. van der Molen, vicevoorzitter
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, Elektronicaweg 27
2628 XG Delft, The Netherlands
Telefoon: +31 15 2600406
Fax: +31 15 2600405
e-mail: penningmeester@nevac.nl

Inlichtingen over opleidingen en examens

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

Penningmeester NEVAC

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

Contributies

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

Corona

Een editie van het *NEVAC blad* uitbrengen in een periode waarin het coronavirus wereldwijd een COVID-19-epidemie veroorzaakt geeft een dubbel gevoel.

Eenzijds moeten we het dagelijkse leven en werkzaamheden zoveel mogelijk door laten gaan. Daarbij moet contact met anderen vermeden worden, want of jij of zij/hij kan de ander besmetten zonder het te kunnen zien en zonder het te kunnen weten. Voorkomen is het devies. De foto op de voorkant van het blad is gemaakt in een periode waarin nog niets over COVID-19 bekend was. Het geeft niet een beeld van medicus die zich beschermt tegen het coronavirus, maar dat van een laboratoriummedewerker die onder ultrareine condities moet werken. Tot voor kort waren voor atomair schone oppervlakken ultrahoog-vacuümcondities een voorwaarde. Sinds de komst van de EUV-technologie van ASML is ultra-reinheid een serieuze activiteit geworden voor een flink aantal leden van de NEVAC. De laboratoriummedewerker op de foto beschermt de te onderzoeken onderdelen tegen zeer geringe en kleine verontreinigingen.

Anderzijds worden velen getroffen door dit virus, dat dodelijker is dan SARS en waarschijnlijk het snelst verbreidende. Uiteraard zal een flink aantal leden van onze vereniging in de nabije toekomst zelf, of bekenden en dierbaren, direct of indirect met het virus in aanraking komen. Daarom zullen we de adviezen van de regering en RIVM zoveel als mogelijk moeten opvolgen. Afstand houden tot elkaar en geen grote bijeenkomsten. Een beslissing die al snel werd genomen is dat de jaarlijkse NEVAC-dag verdaagd is naar een nog te bepalen datum in het najaar.

Achteraf gezien kon de foto op de voorkant niet beter gepland zijn dan voor dit nummer: ultrareinheid is belangrijk in de strijd tegen stofdeeltjes voor EUV, maar ook tegen COVID-19.



Ad Ettema

Ultraschoon vacuüm: De juiste reinheid op de juiste plaats

Nederland heeft een hoogwaardige maakindustrie voor onder meer de halfgeleider-, inspectie-instrumenten- en ruimtevaartmarkt. In deze industrieën is het voorkómen van chemische oppervlaktevervuiling extreem belangrijk om succesvol te zijn. Chemische oppervlaktevervuiling is een vervuiling die door zijn aanwezigheid en samenstelling het product, proces of het instrument waarin producten gemaakt worden negatief beïnvloedt. Deze negatieve beïnvloeding kan leiden tot afkeuren, of het moeten uitvoeren van herstelstappen met de daarbij behorende kosten. Dit artikel geeft twee voorbeelden van de gevolgen van een niet-schone vacuümomgeving en beschrijft daarna in vogelvlucht de processtappen die geadviseerd worden om uiteindelijk tot een schoon product te komen. Hierbij zal de nadruk liggen op het definiëren van hoe schoon de vacuümomgeving moet zijn en hoe dit te meten.

Freek Molkenboer, TNO

Een voorbeeld waarbij schone productie van belang is, is het lithografieproces voor de productie van chips met behulp van extreem ultraviolet (EUV) wafersteppers. Deze wafersteppers zijn de machines die door ASML gemaakt worden en gebruikt worden om de microchips te maken die bijvoorbeeld in mobiele telefoons en computers zitten.

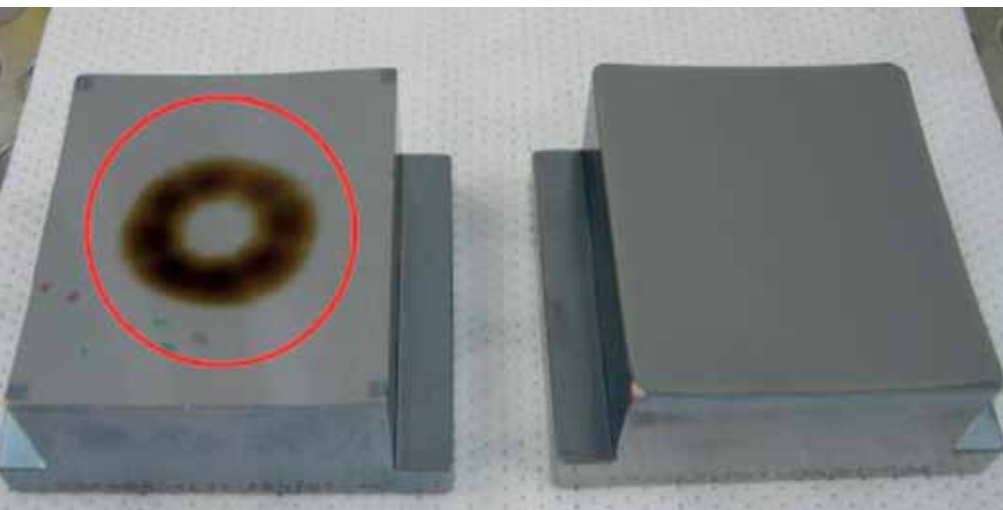
EUV heeft een extreem korte golflengte, namelijk 13,5 nm. Deze golflengte wordt extreem snel geabsorbeerd in materie. Bijvoorbeeld in atmosfeer wordt EUV-straling al binnen 0,7 mm volledig geabsorbeerd. Dit is een van de redenen dat EUV-lithografie onder vacuüm gebeurt en dat er spiegels in plaats van lenzen gebruikt worden.

De vacuümomgeving in de EUV-steppers moet ook extreem schoon zijn. Als dit niet het geval is dan kan er aanslag op de spiegels ontstaan die de reflectie van de spiegels vermindert. Een voorbeeld van deze aanslag is te zien in figuur 1. Hierop is een spiegel te zien van een van de eerdere testopstellingen die gebruikt werd om te onderzoeken of EUV-lithografie toepasbaar was. Hierop is duidelijk een bruine aanslag te zien die bestaat uit koolstof. Dit koolstof slaat neer op de spiegel door de gassenstelling van de vacuümomgeving waarin de spiegel geplaatst was.

De EUV-straling is zo krachtig dat de in het vacuüm aanwezige koolwaterstoffen (C_xH_y), als ze op een oppervlak zitten, opbreken in koolstof en waterstof. Het waterstof wordt weggepompt door de aanwezige vacuümpompen en de koolstof blijft achter op de spiegel. ASML heeft het proces om deze vervuiling te voorkomen tegenwoordig zeer goed onder controle.

Inspectie-instrumenten (TEM)

Een ander voorbeeld van vervuiling is te vinden in inspectie-instrumenten. In figuur 2 worden de resultaten getoond van de transmissieverschillen voor en na een TEM-scan op een dun SiN-window (transparant siliciumnitride). Bij de aanwezigheid van C_xH_y groeit er uit de gekraakte moleculen koolstof aan op de landingsplek van de elektronen. Dit veroorzaakt een laagdikte en daarmee transmissieverlies. De grootte van het transmissieverlies is een maat voor de contaminatie (figuur 2, boven). In sommige gevallen is het vacuüm zo schoon dat er door splitsen van water in H en O een etsende werking ontstaat van O (figuur 2, onder).



Figuur 1 Aanslag op een EUV-spiegel (links). Rechts een nieuwe spiegel [1].

Aanpak voor een schoon resultaat

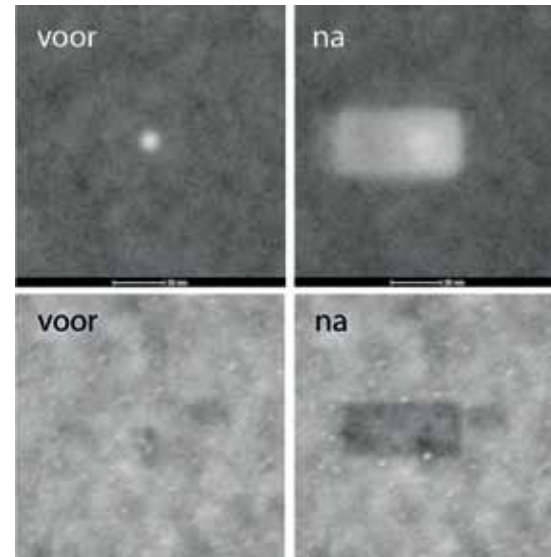
Om tot een schoon eindproduct te komen, is het van belang de gehele keten te beschouwen. Dit begint bij het definiëren van hoe schoon het product of proces moet zijn. Hierbij is het belangrijk om duidelijk te krijgen wat maximaal en minimaal acceptabel is, om te voorkomen dat er onnodig veel energie en kosten in een product of proces worden gestopt, of dat er te veel uitval is aan het eind van het proces door te veel vervuiling. Dit valt samen te vatten als: De juiste reinheid op de juiste plaats.

De definitie hoe schoon iets moet zijn voor het gehele proces is meestal aan de opdrachtgever van het product en vereist in de meeste gevallen uitgebreide kennis over vervuilingbronnen en het vervuilingsproces.

Als voorbeeld van vereiste totaal- en partieldrukken in een vacuümsysteem met hoge reinheidseisen gebruik ik EBL2 (figuur 3). EBL2 is een onderzoeksfaciliteit van TNO die gebruikt wordt voor het onderzoeken van materialen in verschil-

lende condities ten gevolge van EUV-radiatie. Meer informatie over EBL2 is terug te vinden in jaargang 55, nummer 3 van het *NEVAC blad* [3].

Het sample dat wordt blootgesteld aan EUV moet zo schoon mogelijk vanuit atmosfeer naar de exposurekamer getransporteerd worden. Het traject van het sample is als volgt: vanuit het load lock, via de vacuümhandler naar de exposurekamer. Omdat het sample een relatief korte tijd in het load lock verblijft, zijn de eisen aan deze kamer niet te streng opgesteld. In de vacuümhandler zit een vacuümrobot. Behalve de gestelde eisen aan de druk, is er ook een eis gesteld aan hoelang het sample in deze kamer mag verblijven om de vervuiling op het sample tot het minimum te beperken. In de exposurekamer verblijft het sample langere tijd, waardoor de totaaldruk en de partieldrukken veel lager moeten zijn. Deze conclusie zorgt ervoor dat er veel meer aandacht en kosten aan de exposurekamer worden besteed dan aan het load lock.

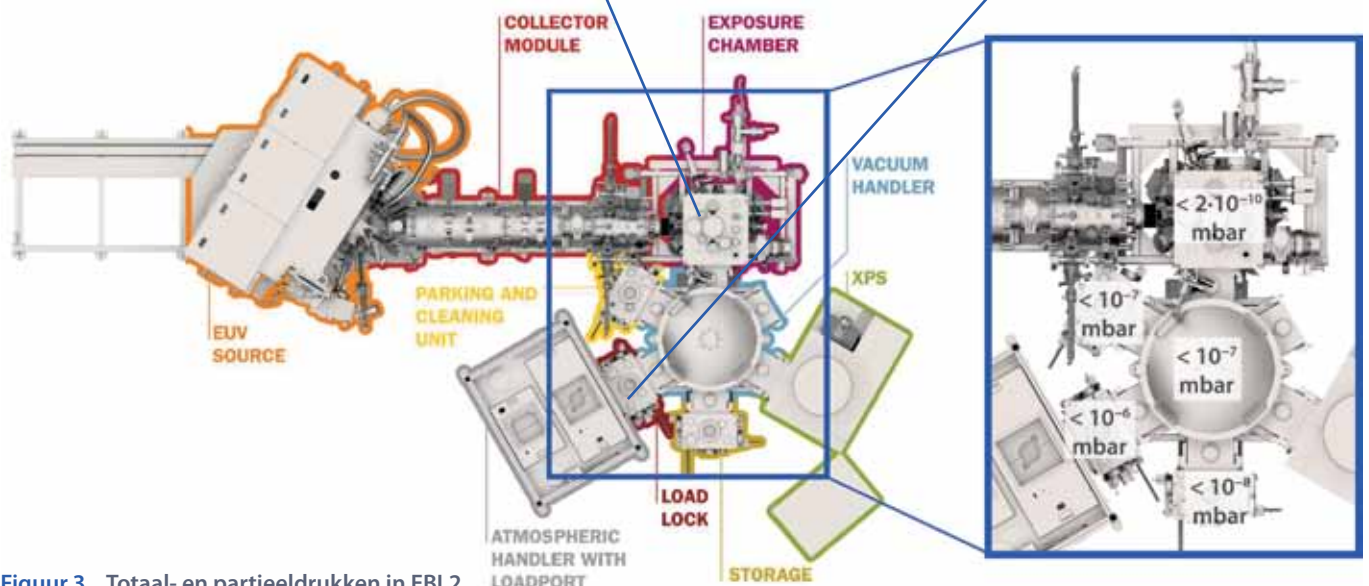


Figuur 2 Boven: contrastverschil door C_xH_y verontreiniging voor (links) en na (rechts) een TEM-scan op een dun siliciumnitride window. Onder: effect van de etsende werking van zuurstof in een vacuüm zonder C_xH_y verontreiniging [2].

Na het definiëren van hoe schoon een kamer of product moet zijn, is schone productie van belang. Dit begint bij het selecteren van het juiste ruwe materiaal. Als het verkeerde materiaal geko-

Exposurekamer	
Totale einddruk	$< 2 \cdot 10^{-10}$ mbar
partieldruk H_2	$< 10^{-10}$ mbar
partieldruk H_2O	$< 10^{-10}$ mbar
partieldruk N_2	$< 10^{-12}$ mbar
partieldruk O_2	$< 10^{-12}$ mbar
partieldruk C_xH_y 45-100	$< 10^{-12}$ mbar (samen)
partieldruk C_xH_y 101-200	$< 10^{-12}$ mbar (samen)
leksnelheid He	$< 10^{-10}$ mbar·l/s
Grade 1 cleaning, (extra schoon). Verboden materialenlijst (HIO).	

Load lock	
Totale einddruk	$< 10^{-6}$ mbar
partieldruk H_2	—
partieldruk H_2O	—
partieldruk N_2	$< 10^{-7}$ mbar
partieldruk O_2	$< 10^{-8}$ mbar
partieldruk C_xH_y 45-100	$< 10^{-9}$ mbar
partieldruk C_xH_y 101-200	$< 10^{-10}$ mbar



Figuur 3 Totaal- en partieldrukken in EBL2.



Figuur 4 Een wasstraat met zes baden.



Figuur 5 Twee uitstookovens.

zen wordt dan kan er uiteindelijk niet een schoon product gemaakt worden. Het geselecteerde materiaal moet, naast de normale mechanische eisen, bijvoorbeeld ook bestendig zijn tegen de reinigungsstap.

Voor het schoon kunnen produceren en het goed kunnen reinigen van een product, is het ontwerp ook van belang. Diepe tapgaten zijn bijvoorbeeld erg moeilijk te reinigen en moeten daarom zoveel mogelijk vermeden worden.

Tijdens de productie moet het product niet vervuild raken. In de praktijk betekent dit dat de productiemachines en gereedschappen geselecteerd moeten zijn voor het proces dat tot een schoon pro-

duct moet leiden en dat ze niet gebruikt worden voor productie van producten die niet zo schoon hoeven te zijn.

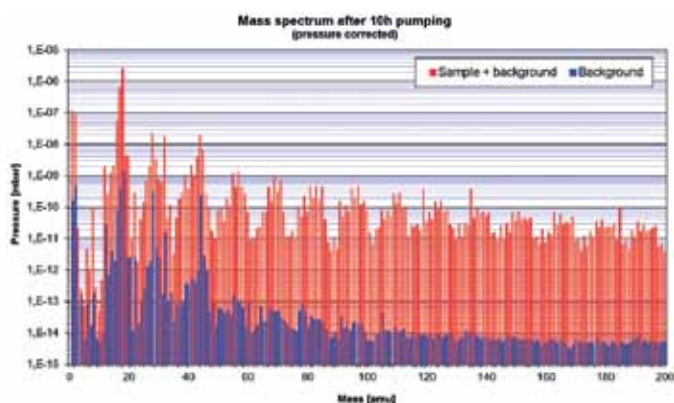
Nadat de productie gereed is, zal in veel gevallen een natte chemische reinigungsstap plaatsvinden. Een voorbeeld van een nat-chemische reinigungsstraat is te zien in figuur 4. Hier zijn in totaal zes baden te zien. Het product zal door elk bad gaan met in elk bad een specifieke zeepsamenstelling, temperatuur en reinigungsduur, waarna het product uiteindelijk in een uitstookoven geplaatst zal worden.

De getoonde uitstookoven in figuur 5 is een oven die naast een verhoogde temperatuur ook op vacuüm staat. Een uitstookoven zal het water, dat tijdens het

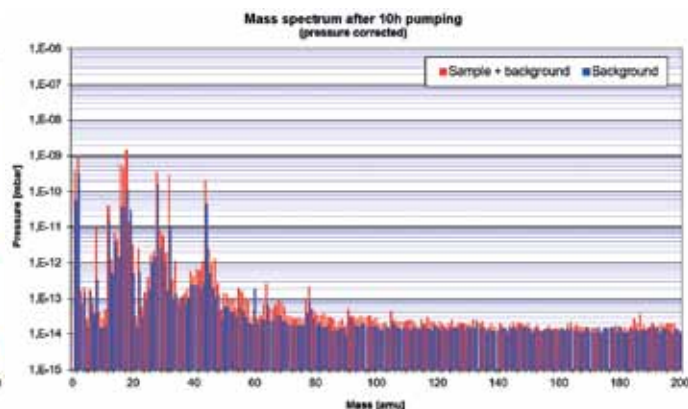
nat-chemische reinigungsproces gebruikt is, en nog eventuele andere koolwaterstoffen verwijderen. Het type zeep dat wordt gebruikt, de duur dat het product in de oven blijft, en de temperatuur van de oven kan per materiaal verschillen.

Validatiemethode

Na productie en reiniging zal in veel gevallen gecontroleerd moeten worden of het product of samenstelling (assembly) zo schoon is als geëist. Een veel gebruikte methode is een restgasmeting (uitgasmeting) van het product of assembly. In een restgasmeting wordt gemeten hoeveel en welke moleculen er van een product afkomen. Moleculen die gemeten kunnen



Figuur 6 Voorbeeld van een ernstig vervuild product in een restgasmeting.



Figuur 7 Voorbeeld van een schoon product in een restgasmeting.

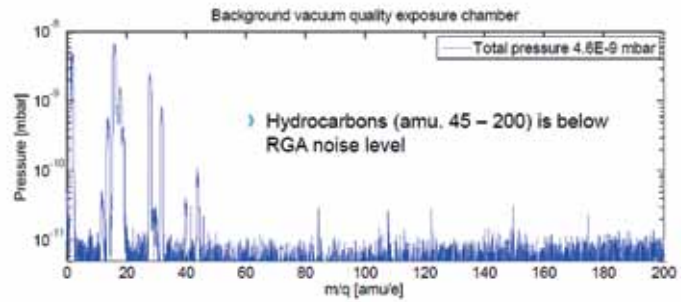
worden en die ook van belang zijn, zijn bijvoorbeeld water, zuurstof en koolwaterstoffen (C_xH_y).

Voor deze meting wordt het product in een vacuümkamer geplaatst waarop een RGA gemonteerd zit. Een RGA is een restgasanalyse-meetinstrument dat kan meten welke en met welke concentratie de moleculen in het vacuüm zitten.

Door een RGA-meting van de vacuümkamer te doen voordat het product in de vacuümkamer is geplaatst, én een meting met het product in de vacuümkamer, kan er berekend worden hoeveel er van het product afkomt. Deze resultaten kunnen dan vergeleken met wat er geëist is. Een RGA-spectrum is te zien in figuur 6. Dit product was duidelijk niet schoon, figuur 7 laat een meting zien waarbij het product wel schoon was.

De beschreven restgasmeting is een van de validatiemetingen die in veel gevallen gedaan moeten worden. Andere validatiemetingen zijn bijvoorbeeld een meting van hoeveel deeltjes er op een product zitten, en in sommige gevallen wat de samenstelling is van de toplaag van een materiaal.

Bij ELB2 is de reinheid van de exposurekamer gevalideerd door een restgasmeting in de ketel en door een belichting van een sample dat na dit experiment gemeten is in de aan de EBL2 aangesloten XPS, een instrument dat heel nauwkeurig de samenstelling van de toplaag van een sample kan meten. Beide resultaten waren binnen de door TNO opgestelde specificaties (figuur 8 en 9).



Figuur 8 De kwaliteit van het vacuüm in de exposurekamer [4].

Conclusie

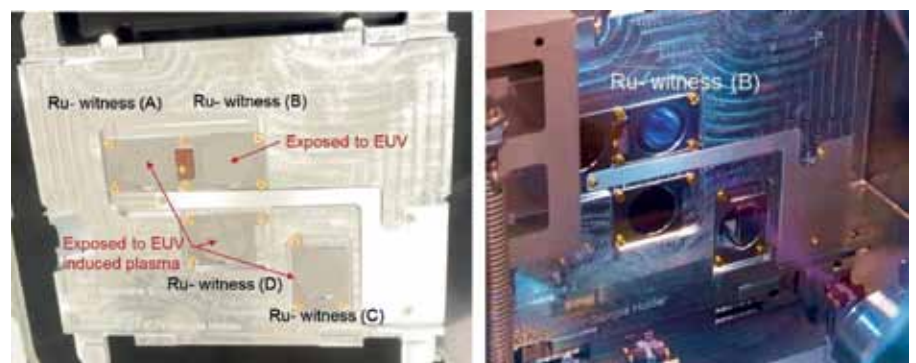
Zoals beschreven in de inleiding en de voorbeelden is voor sommige processen de chemische reinheid van producten belangrijk voor een goed eindresultaat. Om dit gewenste resultaat te krijgen moet de gehele keten, van definitie tot validatie, goed verlopen om een goed eindproduct te krijgen. De Vereniging Contamination Control Nederland (VCCN) schrijft op dit moment richtlijn 12, Product/part cleanliness with respect to particles and chemicals, over reinheid van producten. De richtlijn heeft als doel dat eindgebruikers en toeleveranciers van elkaar begrijpen wat ze van elkaar eisen en wat de stappen zijn om tot een schoon product te komen. Zo kan er meer eenduidigheid komen tussen de verschillende partijen over wat er nodig is, waarom dit nodig is, en hoe gecontroleerd kan worden of de vereiste reinheidseisen gehaald zijn. Aan deze richtlijn werken zowel toeleveranciers als eindgebruikers. Halverwege 2020 wordt deze richtlijn aan de VCCN-leden aangeboden ter review.

Delen van dit artikel zijn eerder gepubliceerd in C2MGZN, het magazine van de VCCN.

Referenties

- 1 Robert Berg (NIST) et al., A plan to measure EUV resist contamination in the presence of hydrogen, 2015 International workshop on EUV lithography, Maui, Hawaii.
- 2 Rients de Groot (Thermo Fisher Scientific), Contamination Control in the Electron Microscopy Supply Chain, VCCN mini-symposium 7 nov 2018.
- 3 Freek Molkenboer et al, Realisation of a vacuum system for EUV beam line EBL2, NEVAC blad, jaargang 55, nummer 3.
- 4 Chien-Ching Wu et.al. (TNO), EUV mask lifetime testing using EBL2, 2018 SPIE Advanced Lithography.

XPS resultaten (at%)				
Ru-sample	O	Ru/C	S	Sn
A	7,3	91,1	1,5	<
B	7,3	91,0	1,7	<
C	10,3	88,8	1,0	<
D	8,0	90,6	1,4	<



Figuur 9 De reinheid van de exposurekamer is gevalideerd door een restgasmeting in de ketel en door een belichting van een sample waarvan de samenstelling van de toplaag na dit experiment is gemeten in de aan de EBL2 aangesloten XPS [4].

Frits van der Velde, Photonis

Een mechanicus met talent voor vacuümtechniek

Vorig jaar slaagde Frits van der Velde als beste cursist met een 10 voor het examen Elementaire Vacuümtechniek (EVT). Hij werkt als mechanicus bij Photonis in Roden. Het bedrijf heeft rond de 300 medewerkers en is gespecialiseerd in de productie van beeldversterkers voor nachtzichtapparatuur. Zonder vacuümtechniek zouden de producten van Photonis niet gemaakt kunnen worden.

Claud Biemans

Tien jaar geleden kon Frits van der Velde meteen bij Photonis aan de slag, na zijn MBO-opleiding mechatronica aan het Alfa-college in Groningen. “Ik heb hier stage gelopen in mijn derde jaar en die zomer hebben ze mij al een baan aangeboden. Maar ik moest nog een jaar naar school en heb ik hier nog een keer stage gelopen. Vervolgens ben ik blijven plakken. Het is fijn werk bij een uniek bedrijf met een mooi stukje techniek, waardoor je met weinig licht kunt zien. Het is fijn

dat je bij Photonis de kans krijgt om veel te blijven leren.”

Een 10 voor zijn examen had Frits van der Velde niet verwacht. “Mijn voordeel is natuurlijk wel dat ik in de techniek zit. Ik heb een technische opleiding, dus technisch inzicht. Kennis over pompen en zo pak ik daarom best snel op.”

Bij Photonis werkt hij nu alleen indirect met vacuümtechniek. “Maar in de toekomst lijkt het me wel leuk om die kant op te gaan”, zegt hij. “Wij hebben hier een afdeling waar allemaal vacuümfornuizen staan en er zijn twee cleanrooms waarin met vacuüm wordt gewerkt, zoals met opdampers en sputtermachines.”

Als mechanicus bij de technische dienst doet hij veel metaalbewerking en mechanisch onderhoud van het gebouw en machines. Soms doet hij een speciaal stukje laswerk voor een vacuümfens of een doorvoer. “Ik heb een TIG-las diploma gehaald op rvs-gebied, maar vacuümlasen, daar zijn eigenlijk geen standaardopleidingen voor. De voorbereiding daarbij is heel belangrijk en het is heel nauwkeurig werk. Ik heb dat hier geleerd van collega’s.”

Link tussen theorie en praktijk

De cursus EVT werd dit jaar bij Photonis gegeven door David Schijve en Johan

Holstein, plus kleinere bijdragen door Minte Mulder en Dick van Langeveld. Er waren ongeveer twintig cursisten, voor de helft medewerkers van het bedrijf zelf en de andere helft kwam van de Rijksuniversiteit Groningen.

Frits van der Velde vond de cursus niet te makkelijk. “Ik heb er wel wat voor moeten doen en in de lessen heb ik goed opgelet. Het was best veel stof per les, maar de docenten legden het helder uit. Na de lessen kon je ze nog mailen met vragen en ze stuurden na afloop een samenvatting van de les. Thuis maakte ik huiswerk en ook een samenvatting. In combinatie met de samenvatting van de leraren heb je dan het grote boek niet meer nodig. Dat spitte ik dan een paar keer door, dat was in mijn geval dan dé manier. Door de cursus EVT kon ik beter de link leggen tussen theorie en praktijk en snapte ik beter waarom we hier in het bedrijf dingen op een bepaalde manier doen.”

De docenten lieten tijdens de cursus vaak apparaten en onderdelen zien, zoals een piranimeter of een turbopomp. Frits van der Velde: “Zo krijg je een beter idee dan van een schematisch plaatje.” Een praktisch onderdeel van de cursus was lekzoeken. “Dat vond ik motiverend. In de planning stond ook nog een praktijkdag in Groningen, maar die werd gecancelled. Jammer, want daardoor krijg je er echt een beeld bij, zeker als je helemaal niet thuis bent in de vacuümtechniek.”

Hoewel hij het momenteel privé vrij druk heeft overweegt Van der Velde nu om ook de middelbare cursus vacuümtechniek (VT) te doen. Hij heeft ook collega’s die daar wel oren naar hebben.



Hetty Koning met een sample van een beeldversterker.



Frits van der Velde toont een stukje laswerk dat hij maakte voor een vacuümopstelling bij Photonis.

Opleidingen geven geen vacuümtechniek

Photonis doet veel aan opleidingen binnen het bedrijf en Hetty Koning is degene die dat organiseert. Hetty Koning: “Minte Mulder komt hier al heel lang voor het geven van cursussen, en de laatste jaren David Schijve. Soms geeft Minte ook dagcursussen of dagdelen, want Elementaire Vacuümtechniek is voor de meeste medewerkers veel te veel. Als je een productiemedewerker meer verdieping wilt geven, dan is een kortere cursus vaak voldoende.”

“We bieden ook cursussen aan om onze medewerkers te triggeren. Niet bijleren betekent dat je achteruitgaat. Vacuümtechniek is ook een vak dat heel weinig wordt onderwezen op de opleidingen.

Als wij nieuwe medewerkers hier binnenhalen weten ze er bijna niets van. Dat moeten ze dus hier leren of op een cursus en dan kom je al vrij snel terecht bij de NEVAC. Als we een paar cursisten hebben, dan sturen we ze vaak naar de locatie Groningen. Als het er meerdere zijn doen we de cursus het liefst hier. Het was

de tweede keer dat we hem incompany hebben georganiseerd. Ons product zou niet bestaan zonder vacuümtechniek, want wij maken beeldversterkers voor nachtzichtapparatuur. Alles wat zich daarbinnen afspeelt werkt alleen onder vacuüm, dus voor ons is dat superbelangrijk.”



Haalbaarheidsstudie naar het gebruik van lange-slag elastische scharniermechanismes in waferhandling robot-applicaties

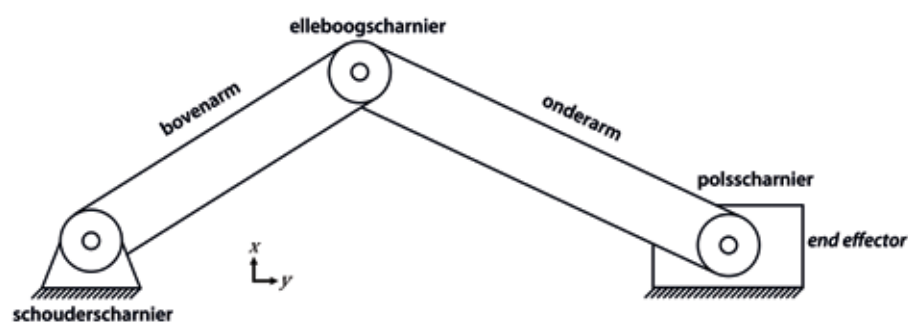
Elastische scharniermechanismes (*flexures*) zijn systemen die kunnen bewegen door middel van elastische vervorming. Hierbij zijn geen wrijvende onderdelen of speling, wat ze geschikt maakt voor nauwkeurige en schone applicaties zoals het positioneren in vacuüm. In dit artikel wordt een elastisch scharniermechanisme gepresenteerd dat industrieel toepasbaar is als rotatiepunt in een robot om silicium wafers te hanteren. Het elastische scharniermechanisme dient als het elleboog-scharnier in een kruk-geleidingsmanipulator en is volledig ontworpen, geproduceerd en gevalideerd. De belangrijkste uitdaging daarbij is om een grote rotatiehoek te realiseren zonder verlies van ondersteuningsstijfheid. Het ontwerp van het scharnier bestaat uit vier bladveren van Ti-6Al-4V, een titaniumlegering met een hoge sterkte-gewichtsverhouding, uitstekende corrosieweerstand en hoge rek-grens. Met dit ontwerp is het mogelijk om de benodigde specificaties te halen. Simulaties zijn onder andere gedaan om de eigenfrequenties te bepalen en deze simulaties zijn experimenteel gevalideerd. Resultaten komen binnen 10% overeen.

Ir. S.J. van Haaren^{a*}, Ir. J.A.J. Brand^b,
Prof.dr.ir. D.M. Brouwer PDEng^a

^a Department of Mechanics of Solids, Surfaces & Systems,
Precision Engineering Group, University of Twente

^b VDL ETG Almelo, Technology & Development

* stef.vanhaaren@hotmail.com



Figuur 1 Schematische weergave van een kruk-geleidingsmanipulator.

Cluster tools zijn robots die gebruikt worden in processen om chips te maken. Na elke processtap moet een wafer gehandeld worden. De tool bestaat uit een vacuümkamer met verschillende proceskamers eromheen gekoppeld. Een waferhandler transporteert de wafer van de ene naar de andere proceskamer. Waferhandler-robots zijn vaak gebaseerd op een SCARA-principe (*selective-compliance-articulated robot arm*) (1). R. Baade, promovendus aan de Eindhoven University of Technology, is echter een nieuwe waferhandler aan het ontwikkelen. Deze nieuwe robot is gebaseerd op een kruk-geleidingsmanipulator, bestaande uit drie rotatiepunten (schouder-, elleboog- en pols-scharnier) en twee armen (boven- en onderarm), zie figuur 1. Het te manipuleren onderdeel, de *end effector* wordt aangedreven door de onderarm en is in vijf vrijheidsgraden (x , y , z , R_x en R_y) vastgelegd middels zeven actieve magnetische lagers (2). Een membraan tussen de onderarm en end effector ontkoppelt de onderarm van de end effector in drie richtingen (z , R_x en R_y). Om deze robot toe te kunnen passen in een vacuümomgeving mogen er geen (stof-)deeltjes vrijkomen die gegenereerd worden door de rotatiepunten. Door een rotatiepunt op basis van bladveerscharnieren, zogenoemde *flexures*, te ontwerpen wordt het risico van contaminatie verlaagd, omdat elastische scharniermechanismen geen deeltjes afstoten / genereren.

Omschrijving	Eis			Eenheid	Opmerking
	min	waarde	max		
Slag karretje	330			mm	3 ^e orde bewegingsprofiel
Cyclustijd			1,05	sec	Ingetrokken naar uitgestrekt
Massa karretje			1,5	kg	
1 ^e parasitaire eigenfrequentie	100			Hz	In uitgestrekte positie
Containment radius			410	mm	Kleinste radius in welke de ingetrokken waferhandler kan roteren
Krachten op magnetische lagering			5	N	Door scharnierstijfheid en robot (de-)acceleratie
Aantal cycli	$75 \cdot 10^6$			-	Ingetrokken naar uitgestrekt
Omgevingsdruk	$1 \cdot 10^{-6}$		$1 \cdot 10^{-5}$	mbar	
Omgevingstemperatuur		22		°C	
Verticale inbouwgrootte (in z-richting)			50	mm	Van mechanisme tussen schouder- en polsscharnier, figuur 1
Setpoint error			0,1	mm	

Tabel 1 Eisen aan een op flexures gebaseerde kruk-geleidingsmanipulator.

Zoals eerder genoemd zijn elastische scharniermechanismen uitermate geschikt voor applicaties waarin (herhaal) nauwkeurigheid, reproduceerbaarheid en reinheid belangrijk zijn. Immers, er is alleen elastische deformatie en er is dus geen smering nodig en er worden geen deeltjes gegenereerd. Het nadeel van elastische scharniermechanismen is dat ze snel complex worden zodra een hoge ondersteuningsstijfheid benodigd is bij grote vervormingen. Figuren 2 en 3 laten voorbeelden zien van complexe elastische scharniermechanismen met hoge ondersteuningsstijfheid.

Veel onderzoeken omtrent flexures beperken zich tot enkel het ontwerp van een theoretisch of kunststof model. Dit model is vaak geoptimaliseerd voor de zo hoog mogelijke ondersteuningsstijfheid. Echter, er is voor zover bekend nog nooit een elastisch scharniermechanisme met een grote vervormingshoek, dat wil zeg-

gen met meer dan 60 graden uitwijking, industrieel toepasbaar gemaakt en getest. Dit is het doel van dit onderzoek: de industriële toepasbaarheid van elastische scharniermechanismen met grote rotatiehoek bewijzen. Dat wordt gedaan aan de hand van de eerder genoemde waferhandling-applicatie. Het doel is om het elleboogscharnier gebaseerd op flexures te ontwerpen, produceren en te valideren en zo de industriële toepasbaarheid van elastische scharniermechanismen aan te tonen.

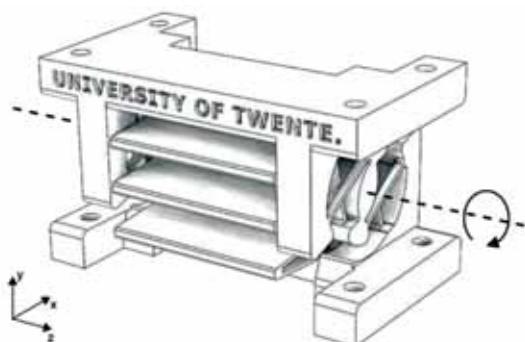
Eisen

De kruk-geleidingsmanipulator moet aan de eisen uit tabel 1 voldoen. De krachten op de magnetische lagering in het te manipuleren onderdeel, een karretje (end effector) zijn gelimiteerd. Dit maakt dat de aandrijfstijfheid van het scharnier niet hoger dan 0,9 Nm/rad mag zijn. Acceleraties van de robot en krachten

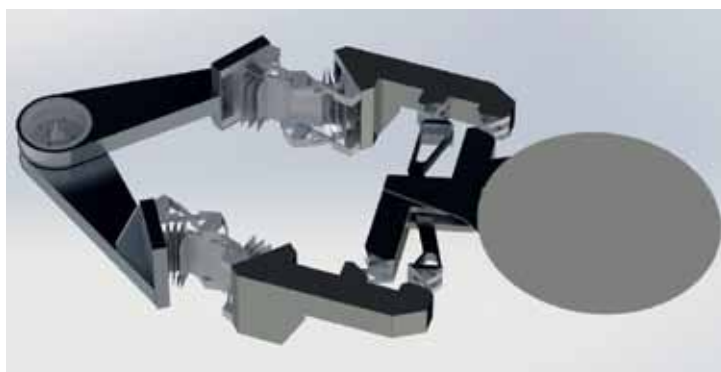
op het elleboogscharnier zijn matig, wat maakt dat de stijfheidseis van de minimale parasitaire (ofwel ongewenste) eigenfrequentie van 100 Hz erg belangrijk is. De stijfheidseis geldt alleen in de volledig uitgestrekte positie, omdat in die positie een wafer van en naar de waferhandler wordt getransporteerd.

Methode

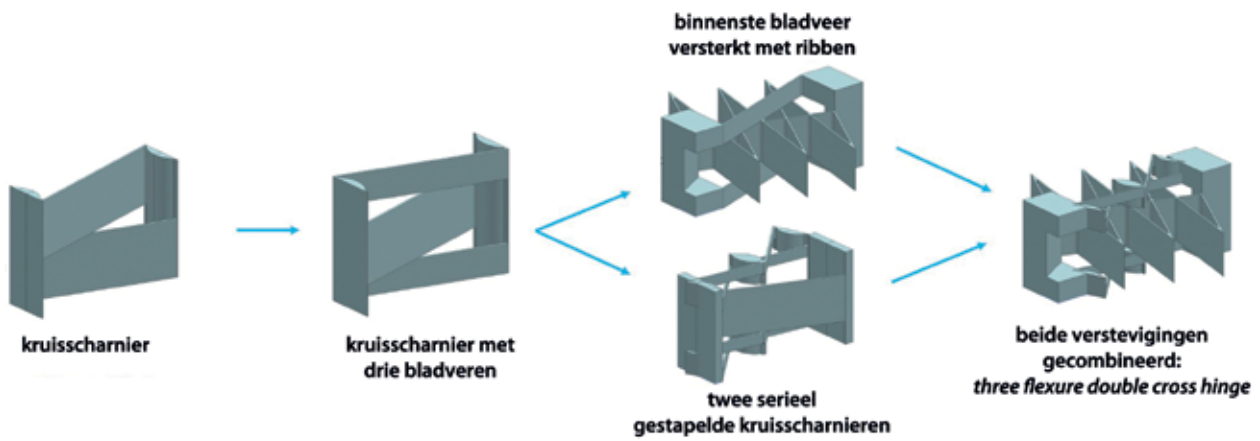
Een belangrijk en nuttig gereedschap tijdens het ontwerpen van een flexure is SPACAR: een niet-lineair *multibody* eindige elementen softwarepakket, ontwikkeld door de *Engineering Technology* faculteit van de Universiteit Twente (5). Middels SPACAR is het mogelijk om flexures zeer snel door te rekenen op stijfheid en optredende spanningen bij grote vervormingen. Het niet-lineaire gedrag van elastische mechanismen bij grote vervorming is uitgedrukt in analytische expressies in SPACAR.



Figuur 2 Geoptimaliseerde flexure voor de hoogste parasitaire eigenfrequentie (3).



Figuur 3 SCARA-robot met vier flexures (4).



Figuur 4 Eerste flexure-concept iteratieproces.

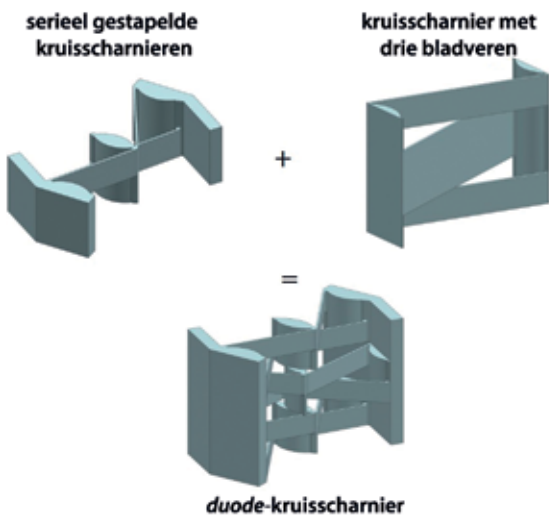
In SPACAR worden verschillende flexureconcepten ontwikkeld en berekend. Door een aantal ontwerpcriteria toe te passen, is het mogelijk om deze verschillende concepten eerlijk te vergelijken: inbouwgrrootte van het scharnier, aandrijfstijfheid en optredende spanningen. Om tot geschikte dimensies van het gekozen concept te komen is vervolgens de complete op flexures gebaseerde kruk-geleidingsmanipulator gemodelleerd in SPACAR. Met dit model kan het elleboogscharnier gedimensioneerd worden waarmee aan de eisen uit tabel 1 voldaan wordt. In dit model worden onder andere de boven- en onderarm als oneindig stijf beschouwd. Vervolgens is op basis van het SPACAR-model een model in CAD-software gemaakt. Ontwerpdetails, zo-

als connecties tussen verschillende onderdelen, zijn ontworpen, maar ook de armen worden vormgegeven. Als volgende stap is het complete en realistische CAD-model van de op flexures gebaseerde kruk-geleidingsmanipulator gemodelleerd in Ansys WorkBench. Hiermee kan worden geverifieerd of het CAD-model van het scharnier overeenkomt met het model in SPACAR. Echter nog belangrijker: de eigenfrequenties van het mechanisme en spanningen in het scharnier worden berekend. Deze zijn iets anders dan de berekende waarden in SPACAR, omdat in Ansys WorkBench het beter mogelijk is om de werkelijkheid te benaderen. Als laatste zijn de eigenfrequenties van de op flexures gebaseerde robotarm praktisch gevalideerd en vergeleken met Ansys-simulaties.

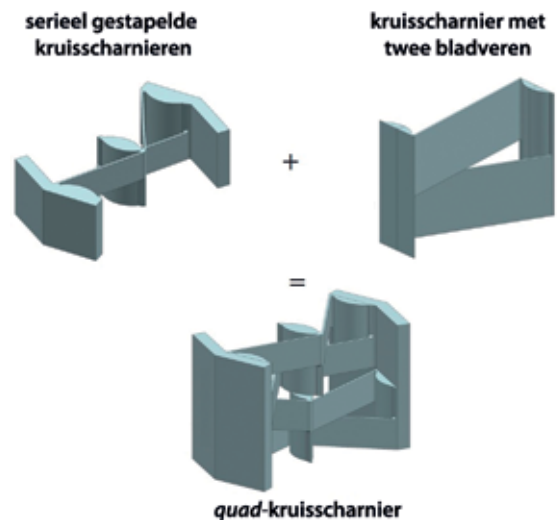
Elastisch scharniermechanisme ontwerpen

Middels verschillende concepten van flexures is het mogelijk om een gestructureerd ontwerpproces te ontwikkelen. Het hoofddoel is om tot een concept te komen dat in de eerste plaats een hoge ondersteuningsstijfheid heeft. In de tweede plaats moet het scharnier niet al te complex worden, omdat het industrieel toepasbaar moet zijn.

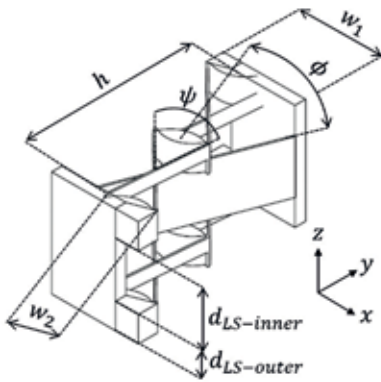
In figuur 4 is de eerste ontwerp-iteratie te zien, waarbij een kruisscharnier als startpunt fungeert. Door een derde bladveer toe te voegen neemt de stijfheid toe. Door de binnenste bladveer te versterken met ribben, wordt de torsiestijfheid verhoogd. Echter, de buitenste bladveren kunnen ook vervangen worden door twee serieel gestapelde kruisscharnieren. Dit verhoogt de translatiestijfheid.



Figuur 5 Tweede flexure-concept iteratieproces.



Figuur 6 Derde flexure-concept iteratieproces.



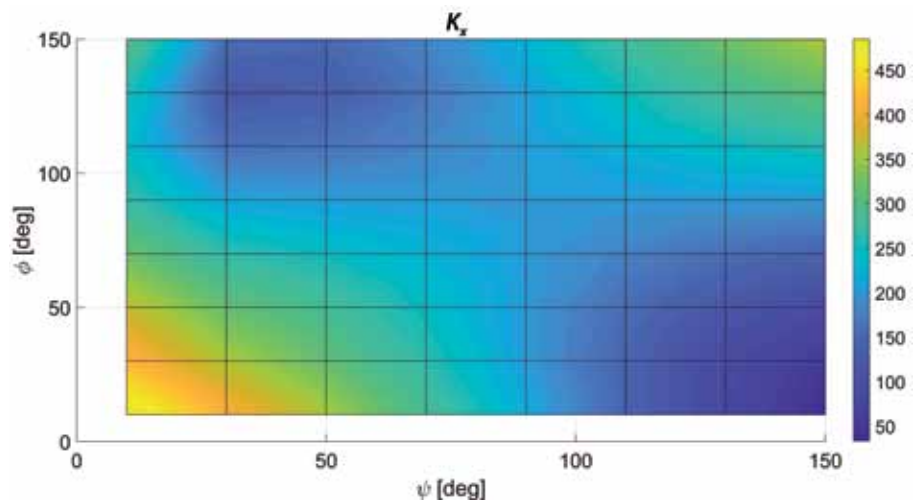
Figuur 7 Geparametriseerd ontwerp van een elastisch scharniermechanisme.

Optimale stijfheid is haalbaar door beide verstevigingen te combineren. Helaas resulteert dit in een zeer complex ontwerp, hoewel de ondersteuningsstijfheid zeer hoog is.

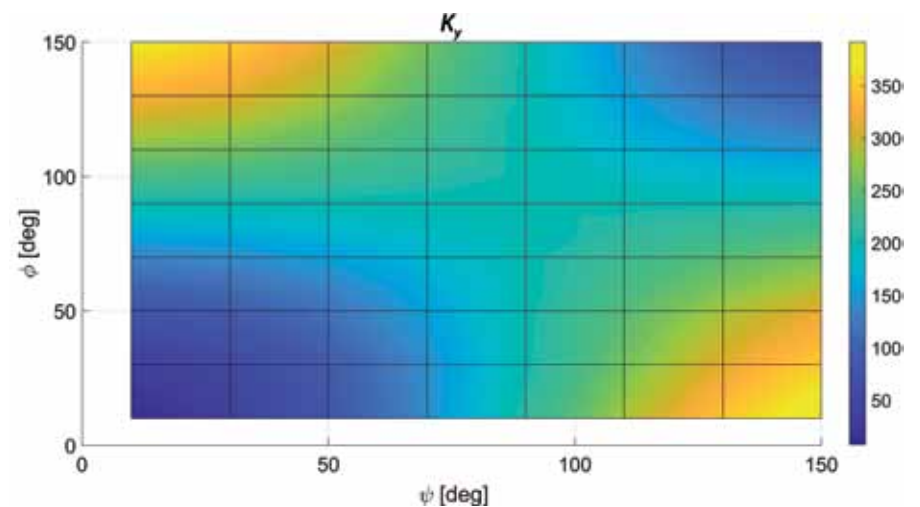
In het tweede iteratieproces is het startpunt een *three flexure cross hinge* (kruisscharnier met drie bladveren). Door alle bladveren te vervangen door twee serieel gestapelde kruisscharnieren, wordt de ondersteuningsstijfheid significant verhoogd. Helaas resulteert dit in een complex concept dat twaalf bladveren bevat (figuur 5). Daarom wordt in figuur 6 hetzelfde gedaan, maar dan met een kruisscharnier met twee bladveren als startpunt. Dit verlaagt de uiteindelijke complexiteit, terwijl de ondersteuningsstijfheid hoog genoeg blijft. Dit concept is uiteindelijk gekozen vanwege de hoge ondersteuningsstijfheid ten opzichte van de relatief beperkte ontwerpcomplexiteit.

Dimensioneren van elastische scharniermechanismes

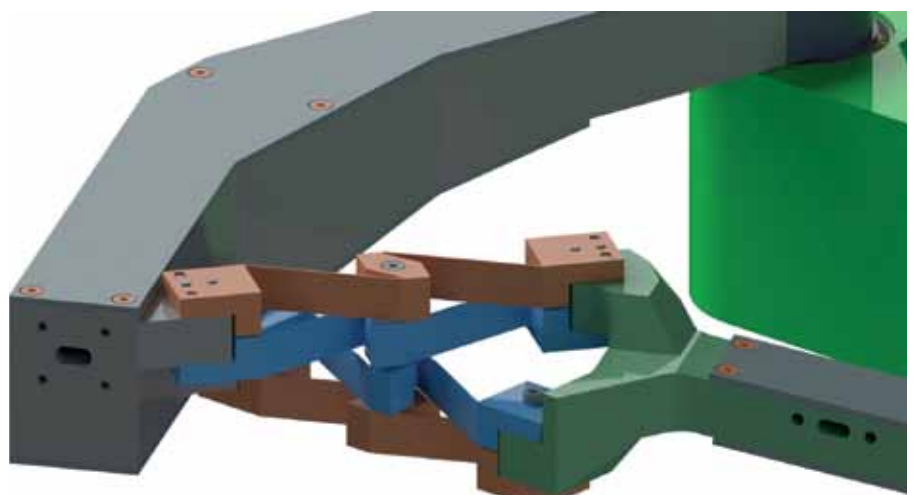
Nu het concept van het elastische scharniermechanisme is gekozen, moet het gedimensioneerd worden. Door gebruik te maken van een geparametriseerd ontwerp, kan de invloed op de stijfheid onderzocht worden. In figuur 7 is het geparametriseerde ontwerp van een scharniermechanisme gevisualiseerd. Dit concept bestaat uit een kruisscharnier met drie bladveren waarbij de buitenste bladveren vervangen zijn door twee gestapelde kruisscharnieren.



Figuur 8 Invloed van Φ en Ψ op ondersteunings-rotatiestijfheid K_x in Nm/rad.



Figuur 9 Invloed van Φ en Ψ op ondersteunings-rotatiestijfheid K_y in Nm/rad.



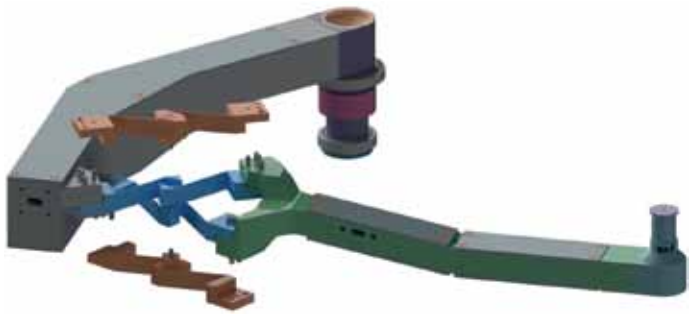
Figuur 10 Gedetailleerde weergave van op flexures gebaseerd elleboog-scharnier.

Deze figuur laat zien dat er veel ontwerpparameters zijn.

Middels een gevoeligheidsstudie is de invloed van elke ontwerpparameter op de ondersteuningsstijfheid in vijf richtingen onderzocht. Intuïtief kan al worden ingeschat dat een kleinere hoek Φ resulteert

in een dominante translatiestijfheid langs de y -as, terwijl de translatiestijfheid langs de x -as juist zal inzakken.

Figuren 8 en 9 laten de invloed zien van de ontwerpparameters Φ en Ψ op de rotatiestijfheid langs respectievelijk de x -as en y -as. Te zien is dat de invloed van deze



Figuur 11 Links: Assemblage van de op flexures gebaseerde robotarm. Rechts: Geproduceerde op flexures gebaseerde robotarm.

parameters niet-lineair is. Ook is te zien dat de keuze voor Φ en Ψ een compromis tussen de twee stijfheden is: een optimale K_x betekent een lage K_y . Aangezien het scharnier in de kruk-geleidingsmanipulator een hoge stijfheid in beide richtingen nodig heeft, is gekozen voor een hoek van zowel Φ als Ψ van 50-60 graden. Op dezelfde manier zijn waarden voor alle andere ontwerpparameters geselecteerd.

Gedetailleerd ontwerp

Figuur 10 laat het ontwerp van het op flexures gebaseerde elleboogsscharnier zien. De twee oranje bladveren zijn identiek, evenals de twee blauwe.

In figuur 11 is links te zien hoe de robotarm geassembleerd wordt. De bladveren zijn bevestigd aan de armen met twee bouten en twee paspennen. De oranje en blauwe bladveren zijn aan elkaar bevestigd bij het tussenlichaam. De boven- en onderarm zijn gebaseerd op een H-profiel. Met deksels wordt de stijfheid verhoogd. Deze zitten met bouten vast

vanwege het feit dat de kabels van het schouder-scharnier via de armen naar de magnetische lagers geleid moeten worden. In figuur 11 is rechts de geproduceerde robotarm te zien. De schouder- en polsprop zijn gelijkmd aan de armen met de epoxylijm Araldite 2030. De proppen zijn freesdelen en vormen de verbindingen tussen de scharnieren en de armen. Epoxylijm Araldite 2030 is een lijm met hoge stijfheid en lage uitgassing. Dit maakt de lijm geschikt om in vacuum te gebruiken, zoals te zien is in verschillende applicaties van bijvoorbeeld ASML. De grootte van de lijmspleet is geminimaliseerd om de uitgassing te minimaliseren.

De op flexures gebaseerde kruk-geleidingsmanipulator moet minimaal 75 miljoen cycli meegaan, zie tabel 1. Dit maakt dat de vermoeiingsspanning van de bladveren belangrijk is. Deze vermoeiingsspanning moet hoog zijn, evenals de elasticiteitsmodulus. Figuur 12 laat de vermoeiingsspanning en elasticiteitsmodulus van verschillende materialen zien.

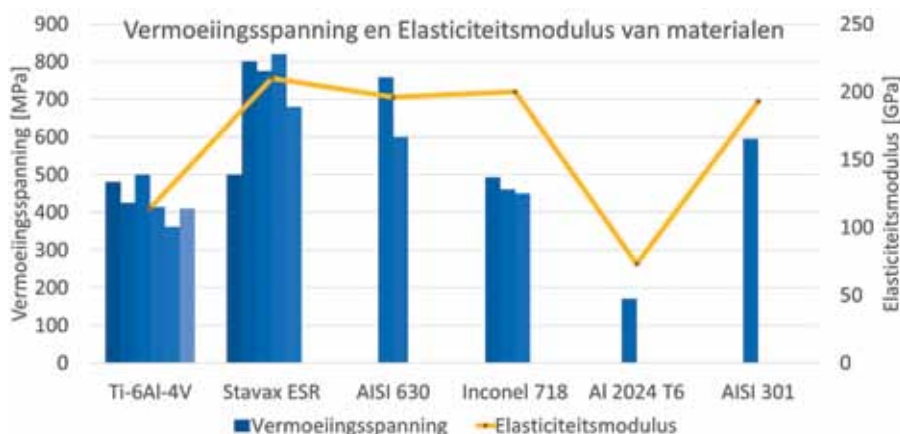
Het is gebleken dat zowel Ti-6Al-4V en de staalsoort STAVAX goede mechanische eigenschappen hebben om gebruikt te worden voor flexures. Uiteindelijk is Ti-6Al-4V gekozen, vanwege de beschikbaarheid van meer literatuurbronnen voor de vermoeiingsspanning vergeleken met STAVAX.

Resultaten

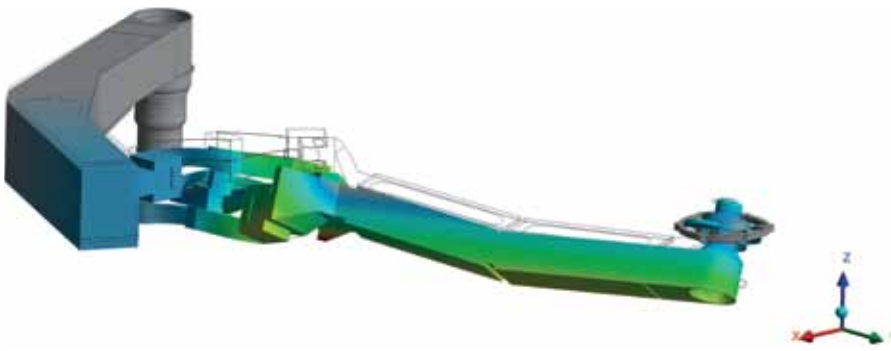
De eerste parasitaire eigenfrequentie geeft een indicatie van de stijfheid van een systeem. De eerste eigenfrequentie van de op flexures gebaseerde kruk-geleidingsmanipulator is een modus waarin het systeem zich intrekt en uitrekt. Vervolgens dient de eerste parasitaire eigenfrequentie (tweede eigenfrequentie) zo hoog mogelijk te zijn.

Nadat het SPACAR-model van het elastische scharniermechanisme vertaald is naar een model in CAD, is het doorge-rekend in Ansys WorkBench. Figuur 13 laat de eerste parasitaire eigenfrequentie zien van de volledig uitgestrekte kruk-geleidingsmanipulator. De frequentie $f_2 = 74$ Hz doordat het elleboogsscharnier tordeert en het membraan buigt. Deze frequentie is hoger wanneer het scharnier minder wordt vervormd. Door het membraan stijver te maken, wordt de frequentie verhoogd. Een frequentie van meer dan 100 Hz is dan haalbaar.

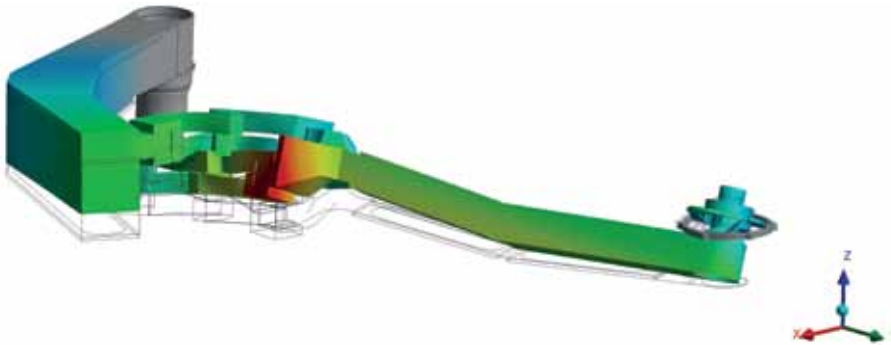
Figuur 14 laat de tweede parasitaire eigenfrequentie zien. Deze trilling komt door buiging van de bovenarm. De frequentie $f_3 = 80$ Hz en is onafhankelijk van de hoekverdraaiing van het elleboogsscharnier. Met een lichter en stijver herontwerp van de bovenarm is een frequentie van meer dan 100 Hz haalbaar.



Figuur 12 Vermoeiingsspanning en elasticiteitsmodulus van verschillende materialen, opgegeven door verschillende bronnen.



Figuur 13 Eerste parasitaire eigenfrequentie van een volledig uitgestrekt op flexures gebaseerd kruk-geleidingsmanipulator.



Figuur 14 Tweede parasitaire eigenfrequentie van een volledig uitgestrekt op flexures gebaseerd kruk-geleidingsmanipulator.

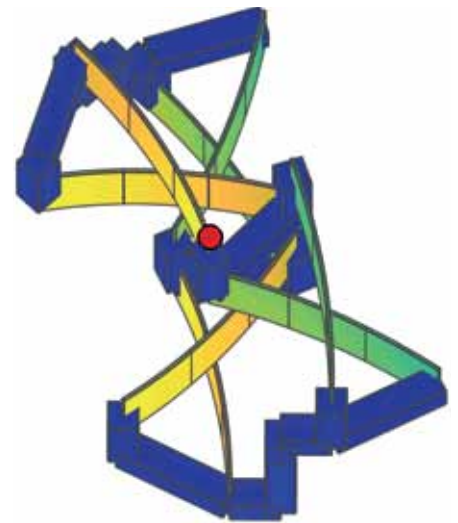
Spanningen

Volgens de literatuur is de vermoeiingsspanning van Ti-6Al-4V 432 MPa. In Ansys WorkBench zijn de spanningen berekend. Eerder zijn in SPACAR al de gemiddelde spanningen berekend. In de ingetrokken en uitgestrekte posities zijn de maximale gemiddelde spanningen 341 en 270 MPa (figuur 15 en 16). Dit correspondeert met een vervormingshoek van het scharnier van 45 en -37 graden in deze posities. In Ansys WorkBench is de invloed van spanningsconcentraties berekend. Gebleken is dat een radius van 0,5 mm (gelijk aan de bladveerdikte) resulteert in 35% hogere spanningen. Dit heeft als gevolg dat de maximale spanningen $341 \text{ MPa} + 35\% = 460 \text{ MPa}$ zijn. Dit is hoger dan de vermoeiingsspanning, maar een radius van 2 mm verlaagt de spanningsconcentratie naar +15% (figuur 17).

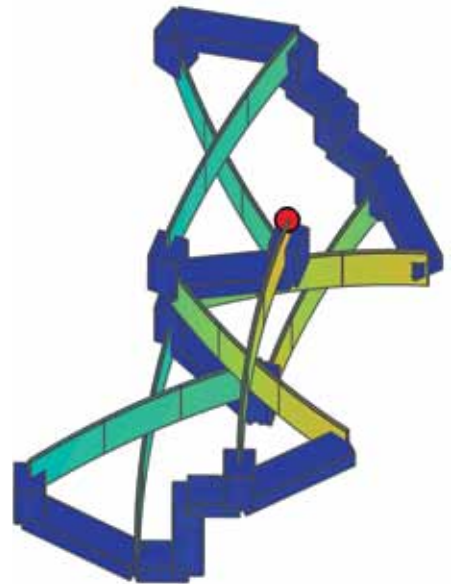
Stijfheidsvalidatie

Simulaties van de kruk-geleidingsmanipulator in Ansys WorkBench blijven altijd een benadering van de werkelijkheid. Om in te schatten hoe goed

de benadering van het systeem is, zijn de werkelijke eigenfrequenties gemeten met behulp van een modaalanalyse. Middels een elastiek wordt het mechanisme vervormd om de eigenfrequenties bij uitwijking te meten. Drie versnellingsopnemers zijn gebruikt om de eerste vier eigenfrequenties te meten. Figuur 18 laat de eigenfrequenties uit Ansys WorkBench en het experiment zien als het elleboogscharnier wordt vervormd. Beide resultaten laten dezelfde trend zien en wijken maximaal 10% af.

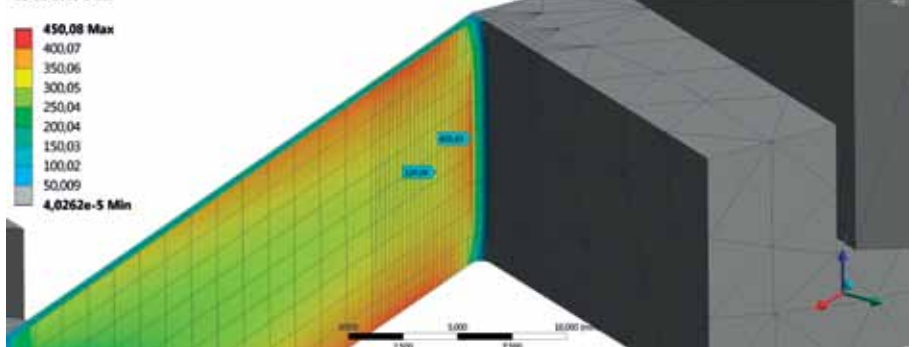


Figuur 15 Gemiddelde spanningen van het ingetrokken mechanisme (SPACAR). Max = 341 MPa.



Figuur 16 Gemiddelde spanningen van het uitgestrekte mechanisme (SPACAR). Max = 270 MPa.

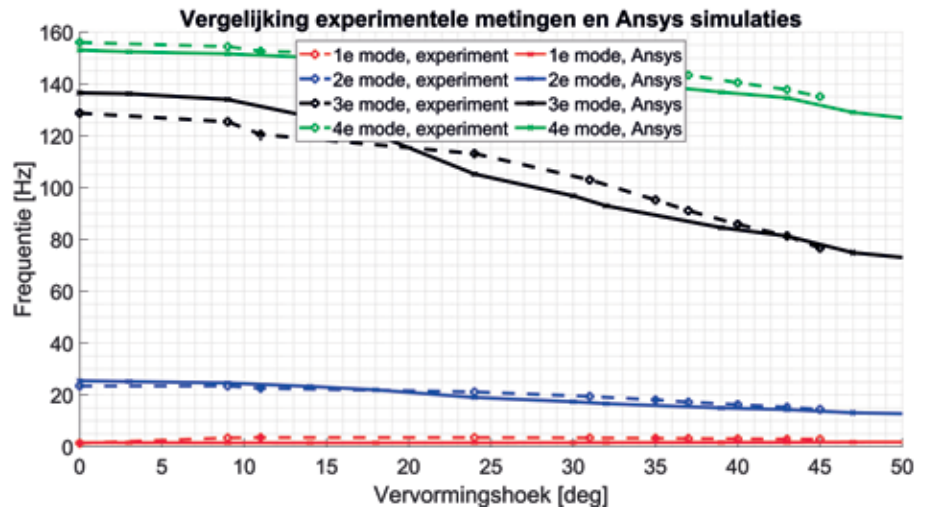
A: Stresses analysis, rigid, fully retracted
Equivalent Stress
Type: Equivalent (von-Mises) Stress
Unit: MPa
Maximum Over Time
28-12-2019 14:22



Figuur 17 Spanningsconcentratie in radius (Ansys WorkBench), Max = 460 MPa.

Conclusies

Samenvattend kan geconcludeerd worden dat het mogelijk is om een elastisch scharniermechanisme te ontwerpen voor een vacuüm waferhandling-robotapplicatie. Het ontwerp ervan is geproduceerd en succesvol gevalideerd en is direct industrieel toepasbaar. Het is haalbaar om met het elastische mechanisme aan de specificaties van de waferhandler te voldoen. De eerste twee parasitaire eigenfrequenties van de uitgestrekte kruk-geleidingsmanipulator zijn 74 en 80 Hz. Door een stijver membraan te gebruiken in het polsscharnier is het haalbaar de frequenties te verhogen naar meer dan 100 Hz. Spanningen in het elastische scharniermechanisme zijn hoog, maar het is haalbaar om de spanningen te verlagen zodat de levensduur van 75 miljoen cycli gewaarborgd wordt. SPACAR heeft zich bewezen als een krachtig programma om elastische mechanismes te ontwerpen en te berekenen.



Figuur 18 Vergelijking experiment en Ansys WorkBench-simulaties.

Bronnenlijst

- 1 Koster, M.P, *Constructieprincipes voor het nauwkeurig bewegen en positioneren*, ThiemeMeulenhoff bv, 2008.
- 2 Peijnenburg Antonius, Theodorus Adrianus en Baade, Rick, *A magnetic bearing assembly as well as a linear guideway assembly implementing one or more such magnetic bearing assemblies*. NL2019812B1 Nederland, mei 2019.
- 3 Naves, M., Brouwer, D.M. en Aarts, R.G.K.M., Building Block-Based Spatial Topology Synthesis Method for Large-Stroke Flexure Hinges, *Journal of Mechanisms and Robotics*, 9(4) 2018, 041006.
- 4 Barel, Egbert, *Design of large stroke flexures for an in-vacuum wafer handler robot*, University of Twente, 2018.
- 5 University of Twente. SPACAR, 2011.

Uitslag NEVAC-prijsvraag 2020

Ook dit jaar konden studenten en promovendi weer een geldbedrag van €1.000,- winnen door over hun eigen, aan vacuüm gerelateerde, onderzoek te schrijven. Het beste Nederlands- of Engelstalige ingestuurde en gepubliceerde artikel in het *NEVAC blad* wordt beloond met de NEVAC-prijs. Deze prijs wordt uitgereikt door een jury die de artikelen beoordeelt op onder meer leesbaarheid, wetenschappelijk en technisch niveau en het gebruik van illustraties.

Dit jaar hebben we twee artikelen ontvangen die qua inhoud vrij ver uit elkaar liggen. Het ene artikel is geschreven in het Engels en beschrijft een fundamenteel onderzoek naar functionele materialen, de andere is geschreven in het Nederlands en beschrijft een direct toepasbare mechanische ontwerpstudie. Aan de beoordelingscommissie, bestaande uit Joost Bakker, Peter Jacobse en ondergetekende, de taak om een winnaar aan te wijzen. Na het middelen van de cijfers, gegeven voor de verschillende criteria, is het artikel van Brian Baker van de Rijksuniversiteit Groningen als beste uit de bus gekomen.

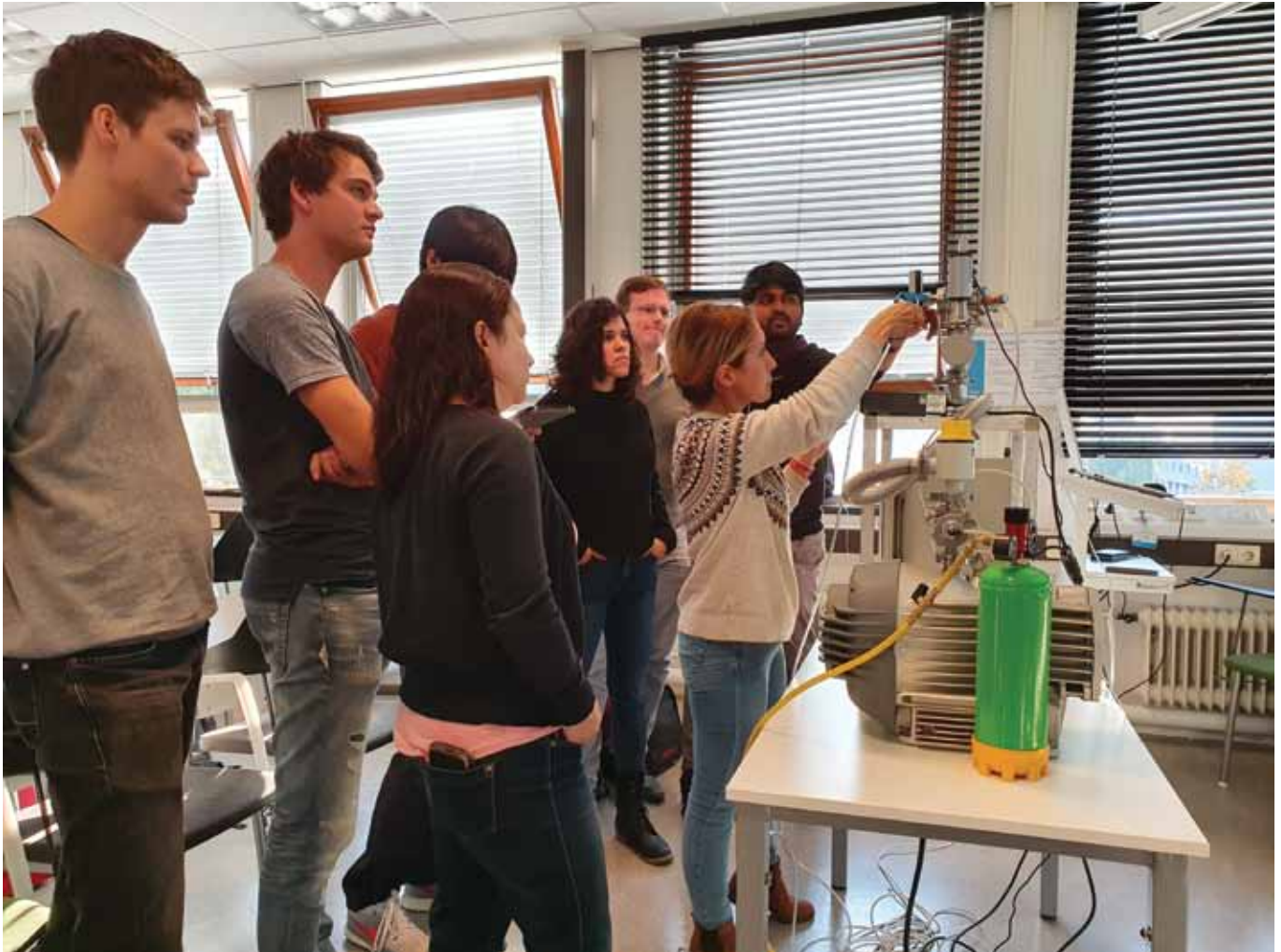
Het winnende artikel zal gepubliceerd worden in het derde editie van het *NEVAC blad*, dat ruim voor de uitgestelde

NEVAC-dag zal uitkomen. Daar zal de prijs persoonlijk aan Brian overhandigd worden waarna hij een lezing zal geven over de invloed van de hoeveelheid moleculen op een oppervlak op de vorming van twee verschillende *metal-organic coordination networks* (MOCNs) op een goudoppervlak. Het als tweede geëindigde artikel van Stef van Haaren is opgenomen in deze editie. Het beschrijft een elastisch mechanisme dat industrieel toepasbaar is als rotatiepunt in een robot om silicium wafers te hanteren. Elastische mechanismes zijn systemen die kunnen bewegen door middel van elastische vervorming. Hierbij is geen sprake van wrijvende onderdelen of speling, wat ze geschikt maakt voor nauwkeurige en schone applicaties zoals het positioneren in vacuüm.

Vanaf nu kan iedereen weer artikelen insturen voor de komende prijsvraag. Heb je een interessant onderwerp dat gerelateerd is aan vacuümtechniek, schroom dan niet en schrijf erover! Wij ontvangen het graag en onze lezers zijn benieuwd naar je verhaal. Geplaatste artikelen van studenten/promovendi worden altijd beloond met 250 euro!

Hans van Eck
voorzitter beoordelingscommissie 2020

Applied Vacuum Technology: “Leren hoe je apparatuur heel houdt”



Voor het eerst heeft de NEVAC afgelopen najaar een cursus speciaal voor promovendi en postdocs aangeboden. De negentien deelnemers kwamen van universiteiten uit het hele land naar Delft om de driedaagse cursus Applied Vacuum Technology te volgen. Om precies te zijn, de cursisten kwamen zelfs uit de hele wereld, onder andere uit Duitsland en Polen, maar ook China, Iran en Brazilië. Dit was mogelijk omdat de docenten Dick van Langeveld, Theo Mulder en David Schijve de cursus in het Engels gaven.

De deelnemers waardeerden vooral de combinatie van theoretische uitleg en praktische voorbeelden. Zo kreeg iedereen de kans om onderdelen van verschillende types pompen en drukmeters zelf in handen te houden. Een filmpje van

een crashende turbo leerde iedereen op een indrukwekkende manier dat het wel degelijk uitmaakt of je de bouten aan je pomp wel of niet allemaal goed vastdraait. “Erg leuk om te zien”, zei een van de jongere deelnemers, “als het maar niet in ons lab gebeurt...”. Een ander merkte op dat sommige onderzoeksgroepen wel degelijk geld kunnen besparen door deze vacuümcursus, omdat je leert hoe je apparatuur heel houdt, dus bijvoorbeeld dat Pirani gauges kapot gaan als ze niet rechtop worden gemonteerd.

Door hun grote ervaring lukte het de docenten ook om de theorie tot leven te brengen door middel van waargebeurde verhalen. Bijvoorbeeld van de promovendus die maandenlang op zoek was naar een lek in zijn ultrahoogvacuüm-

systeem, totdat bleek dat er in de opstelling gewone bouten in plaats van vacuumbouten gebruikt waren, waardoor een kleine hoeveelheid lucht in het schroefdraad opgesloten zat.

Aan het einde mocht iedereen ook nog zelf aan de slag bij een lektestoefening en de deelnemers waren het met elkaar eens dat de cursus zeker voor herhaling vatbaar is.

Gesa Welker

!! Extreem compact & stil !!



Edwards **nXR60i** en de **nXR90i**.

De nXRi pomp kunt u aansluiten op een 230V stopcontact.

Deze stille pomp kan direct naast uw opstelling staan.

Multi-stage pomp met capaciteit van 60 of 90 m³/uur.

Hoge compressie voor een diep eindvacuüm.

Jarenlang probleemloos draaien zonder onderhoud.

Vraag meer informatie of een demo bij ons aan!

ACCLON TECHNOLOGIES

www.acclon.com
info@acclon.com

Acclon Technologies B.V.
Nijverheidsweg 34
NL-3274 KJ Heine Noord
Tel.: +31 (0) 85 273 7267

VACUUM TECHNOLOGY
Hositrاد

www.hositrاد.com
info@hositrاد.com

YOUR EUROPEAN VACUUM SUPPLIER

Stel je voor: Jaap Brand

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

Waar werk je en wat is je functie?

Ik ben Systeem Architect bij VDL Enabling Technologies Group. Daarnaast ben ik Fellow aan de Universiteit Twente in de groep van Prof. Dannis Brouwer (Precision Engineering).

Hoelang werk je daar en wat deed je daarvoor?

Ik werk hier nu bijna negen jaar. Hiervoor heb ik bij Océ gewerkt.

Welke opleiding(en) heb je gevolgd?

Werktuigbouwkunde aan de Universiteit Twente. Ik ben afgestudeerd bij prof. ir. Herman Soemers in het ontwerpen van precisiemechanismes, op een opdracht bij Demcon.

Waarom ben je lid van de NEVAC?

VDL ETG is lid van de NEVAC, omdat vacuüm voor ons een belangrijke technologie is.

Wanneer kwam je voor het eerst in aanraking met vacuümtechniek?

Tijdens mijn werk bij VDL kwam ik in aanraking met de vele vacuümsystemen die we produceren. Om zelf meer te leren over het ontwerpen van vacuümsystemen ben ik de cursus gaan volgen van het High Tech Institute. Sindsdien heb ik diverse nieuwe systemen ontworpen en ben ik verantwoordelijk geworden voor de competentie-ontwikkeling op gebied van vacuüm, binnen VDL ETG.

Op welke manier heeft je werk te maken met vacuümtechniek?

Vacuüm is bij uitstek een *enabling technology*: het is een belangrijke randvoorwaarde voor het uitvoeren van veel processen in de hightech-industrie. Als systeemarchitect ben ik verantwoordelijk voor de ontwikkeling van machines waarin vacuüm een belangrijke rol speelt. Ik voer berekeningen uit om te voorspellen wat het afpompedrag van de machine wordt en ik zie toe op het toepassen van de juiste ontwerp-principes. Op de universiteit houd ik me bezig met nauwkeurig positioneren, met name in vacuüm en bij heel lage temperaturen (cryogeen). Ik ben bezig mijn eigen onderzoek op



te zetten op dit gebied en ik begeleid studenten. Voor studenten werktuigbouwkunde is vacuüm een zeer onbekend gebied en ik vind het leuk om ze wegwijs te maken in hoe ze moeten construeren voor toepassing in vacuüm (materialen, ontluchting, warmteoverdracht, schoonmaakbaarheid, etc.).

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

Eén van mijn eerste vacuümprojecten was de load-lock voor een wafer-inspectiesysteem. We moesten een 10^{-7} mbar druk halen, in combinatie met het thermisch conditioneren van een wafer op 20 mK waarbij we een strenge eis hadden op het genereren van deeltjes (minder dan 1 deeltje per 10 wafers met een diameter van 300 mm). Dat systeem hebben we na acht maanden geleverd aan de klant, *first time right*, waarbij de performance stukken beter was dan hun bestaande systeem (van één van de marktleiders op dit gebied). Dat was een mooie ervaring.

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

Ik vind dat jullie al wel mooie dingen doen :).

Notulen NEVAC ALV 2019

17 mei Radboud Universiteit Nijmegen

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

1. Opening

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

2. Vaststellen van de agenda

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

3. Mededelingen

Er zijn geen mededelingen van het bestuur.

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

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

5. Jaarverslagen van de Commissies

• Commissie Opleidingen

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

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

• Excursiecommissie

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

• Redactie *NEVAC blad* / website

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

6. Financieel overzicht 2018 en begroting 2019

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

7. Verslag Kascommissie

Decharge bestuur

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

Benoeming nieuwe kascommissie

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

8. Bestuursmutaties

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

9. Rondvraag

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

10. Sluiting

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

NEVAC-ALV uitgesteld

De NEVAC-dag die dit jaar wordt georganiseerd door ARCNL in Amsterdam is uitgesteld en daarmee ook de ALV. De jaarverslagen willen we nu al wel publiceren.

Conceptagenda NEVAC ALV 2020

Datum nader te bepalen, ARCNL, Amsterdam Science Park Congress Center, Amsterdam

- | | |
|--|---|
| <ol style="list-style-type: none"> 1. Opening 2. Vaststellen agenda 3. Mededelingen 4. Conceptnotulen van de ALV 17 mei 2019 op de Radboud Universiteit Nijmegen 5. Jaarverslagen van de commissies <ul style="list-style-type: none"> • Commissie Opleidingen • Excursiecommissie • Redactie <i>NEVAC blad</i> / Website | <ol style="list-style-type: none"> 6. Financieel overzicht 2019 en begroting 2020 (p. 24/25) 7. Verslag van de Kascommissie (p. 25) <ul style="list-style-type: none"> • Decharge bestuur • Benoeming nieuwe kascommissie 8. Bestuursmutaties 9. Rondvraag 10. Sluiting |
|--|---|

Excursiecommissie zoekt nieuwe leden



NEVAC-leden op bezoek bij KAGRA in Japan, tijdens de vorige excursie in 2018.

Op dit moment zullen weinig mensen behoefte hebben aan een buitenlandse groepsreis, maar mogelijk ligt dat over een tijdje weer anders. Volgend jaar is het mogelijk een nieuwe NEVAC-reis te organiseren. Maar op dit moment is er geen excursiecommissie. De NEVAC roept leden met interesse in een buitenlandse reis op zich te melden voor de commissie, zodat eerste ideeën verkend kunnen gaan worden. Belangstellenden kunnen zich melden bij de secretaris van de NEVAC, Jan van Kessel, secretaris@nevac.nl

Jaarverslag Commissie Opleidingen

Commissieleden:

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

NEVAC-examens:

De schriftelijke NEVAC-examens 2019 werden op maandag 8 april op 2 niveaus afgenomen, t.w. Elementaire Vacuümtechniek (EVT) en Vacuümtechniek (VT).

Voor het examen EVT verschenen 26 kandidaten; hiervan zijn er 25 (= 96%) geslaagd.

Van de 28 kandidaten voor het examen VT zijn er 26 (= 93%) geslaagd.

De schriftelijke NEVAC-examens EVT en VT 2020 zijn gepland op maandag 6 april.

3 maart 2020

A.D. van Langeveld,
Voorzitter Cie Opleidingen

Financieel jaarverslag 2019

Resultaatrekening

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

Balans per 31 december 2019

Activa			Passiva		
Kas		€ -	Crediteuren		
Betaalrekening		€ 6.139,58	- royalties BBVT 2019	€	81,25
			- verzendkosten BBVT 2019	€	60,00
Spaartegoeden		€ 75.000,00			
Kas Cie Opleidingen		€ 10.140,17			
Debiteuren		€ -	Eigen vermogen	€	91.245,50
BBVT in voorraad	332		Saldo resultaat 2018	€	-107,00
Totaal Activa		€ 91.279,75	Totaal passiva		€ 91.279,75

Begroting 2019

Inkomsten			Uitgaven		
Contributies			Bestuurskosten	€	500,00
<i>studentleden</i>	5	€ 25,00	Bank- en administratiekosten	€	1.000,00
<i>gewone leden</i>	160	€ 3.200,00	IUVSTA	€	750,00
<i>bedrijfsleden</i>	55	€ 8.250,00	Excursies	€	1.000,00
BBVT	40	€ 2.600,00	BBVT	€	500,00
NEVAC blad		€ 6.000,00	NEVAC blad	€	15.000,00
NEVAC-dag		€ 3.500,00	NEVAC-dag	€	5.000,00
Opleidingen		€ 3.500,00	NEVAC-prijs	€	1.000,00
Renten		€ 1.00,00	Website	€	1.500,00
			Saldo	€	925,00
Inkomsten totaal		€ 27.175,00	Uitgaven totaal		€ 27.175,00

Begroting 2020

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

Verslag van de kascommissie

Heeze, Zeist, 30 maart 2020

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

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

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

De Kascommissie
Rients de Groot
Theo Klinkhamer



Word nu NEVAC-lid

en ontvang drie maal per jaar het *NEVAC blad*

Andere voordelen

Contact met vakgenoten

Vakexcursies

Symposia

Kosten per jaar

Gewone leden € 20,-

Studenten en promovendi € 5,-

Bedrijfsleden € 150,-

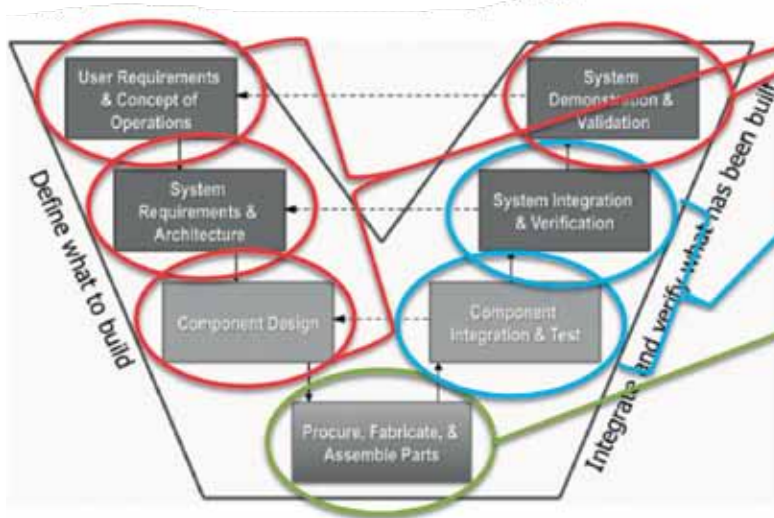
Voor bedrijfsleden:

Vermelding op de NEVAC-website

U kunt zich aanmelden op:

www.nevac.nl

VCCN-richtlijn 12



- 0 Introduction
- 1 Scope
- 2 Normative references
- 3 Terms and definitions
- 4 General outline of this guideline
- 5 Surface cleanliness specification
 - 5.1 General
 - 5.2 Surface cleanliness levels with respect to particles
 - 5.3 Surface cleanliness levels with respect to chemicals
 - 5.4 Surface cleanliness with respect to trace elements
- 6 Measurement methods
 - 6.1 General
 - 6.2 Surface cleanliness with respect to particles
 - 6.3 Cleanliness with respect to chemicals
- 7 Machining
 - 7.1 Raw materials
 - 7.2 Machine conditions
 - 7.3 Product handling
 - 7.4 Transport
 - 7.5 Surface treatment
- 8 Cleaning
 - 8.1 Cleaning methods
 - 8.2 Cleaning agents
 - 8.3 Evaluation of cleaning methods
- 9 Assembly
- 10 Clean controlled environment
 - 10.1 Contamination mechanisms
 - 10.2 Clean controlled environment
 - 10.3 Contamination control solutions
- 11 Packaging
- 12 Applications (best practises)
 - 12.1 Product cleanliness with respect to particles
 - 12.2 Product cleanliness with respect to chemicals
 - 12.3 Product cleanliness with respect to particles and chemicals

De Vereniging Contamination Control Nederland (VCCN) is op verzoek van toeleveranciers in 2018 begonnen met het opstellen van een richtlijn voor schone productie. Dit wordt gedaan met een projectgroep die samengesteld is uit zowel toeleveranciers als OEM's (*original equipment manufacturers*). De richtlijn gaat heten: VCCN richtlijn 12: *Product/part cleanliness with respect to particles and chemicals*.

Het doel van de richtlijn is om tot een gezamenlijke standaard en werkwijze te komen. Op dit moment heeft iedere OEM op zijn eigen wijze reinheid gespecifi-

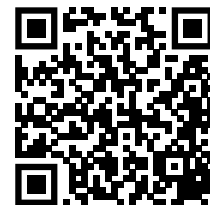
ceerd, voor zowel deeltjes als chemische vervuiling; dit naast de al bestaande losse ISO-normen over deeltjes (ISO14644-9) en chemische reinheid (ISO14644-10).

In hoofdlijnen volgt de indeling van de nieuwe richtlijn het proces dat nodig is om tot een schoon product te komen. Omdat de richtlijn vooral voor toeleveranciers wordt geschreven, wordt er extra aandacht besteed aan de productiestappen van een product.

De NEVAC is betrokken bij het opstellen van de richtlijn. Freek Molkenboer (TNO) is betrokken als vertegenwoordiger namens de NEVAC.

Halverwege 2020 zal de richtlijn ter review aangeboden worden aan de VCCN-leden.

De VCCN heeft eind 2019 een themaeditie uitgebracht over *contamination control*. Dit magazine is terug te vinden op de website van de VCCN (c2mgzn.com/vccn/docs/c2mgzn_december_2019)



Nieuws

KAGRA in bedrijf

In Japan is in februari de zwaartekrachtsgolfdetector KAGRA in bedrijf genomen.



Virtueel bezoek aan CERN

Neem een kijkje bij de Large Hadron Collider en de bijbehorende experimenten.



Hyperloop Groningen

Dit jaar is de bouw gepland van een testbaan van 3 km voor een hyperloop in Groningen.



Agenda

15 mei 2020

Uitgesteld: NEVAC-dag 2020 bij ARCNL

24-28 mei 2020

90st IUVSTA Workshop

Tuning properties of advanced energy materials using modern theoretical and experimental methods

Valencia, Spanje

7-11 juni 2020

91st IUVSTA Workshop

Surface Chemistry of Catalytic Systems

Rehovot, Israel

10 juni 2020

Nationaal Symposium Contamination Control
Congrescentrum 's-Hertogenbosch

28 juni -1 juli 2020

ALD-ALE 2020

International Convention Center Gent, België

6-9 oktober 2020

Big Science Business Forum 2020

Granada, Spanje

7-8 oktober 2020

VacuumExpo

Ricoh Arena Coventry, VK

25-30 oktober 2020

AVS 67th International Symposium & Exhibition
Colorado Convention Center, Denver, VS

18-19 november 2020

Precisiebeurs

Koningshof, Veldhoven

Voor updates en websites: zie de agenda op
www.nevac.nl

Edwards Pirani, Penning of Wide range gauge



- tot 10^{-9} mbar
- RS232 of RS485
- DN-KF of CF flenzen

NIEUW:

Edwards **Barocel** capacitieve sensoren

- Meetbereik 1000, 100, 10, 1 en 0.1 mbar
- Voeding 24VDC
- Nauwkeurigheid 0.15% van uitlezing



Vraag meer informatie of een demo bij ons aan!

ACCLON TECHNOLOGIES

www.acclon.com
info@acclon.com

Acclon Technologies B.V.
Nijverheidsweg 34
NL-3274 KJ Heinenoord
Tel.: +31 (0) 85 273 7267

Tailored Solutions

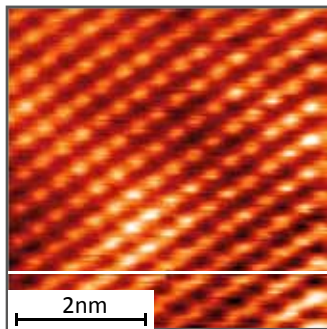
from an unparalleled spectrum of technologies.

Most Advanced Solutions

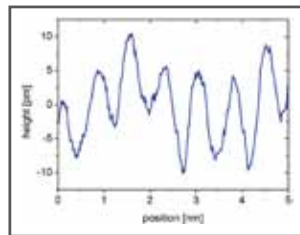
Scienta Omicron offers the most advanced capabilities in:

- Photoelectron Spectroscopy (PES),
- Scanning Probe Microscopy (SPM),
- Thin-Films and
- System Solutions

QPlus AFM on NaCl (100) at T = 10 K



Atomic resolution QPlus AFM image



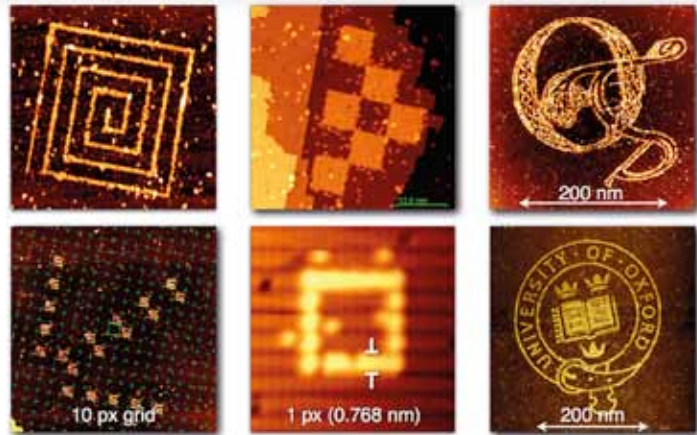
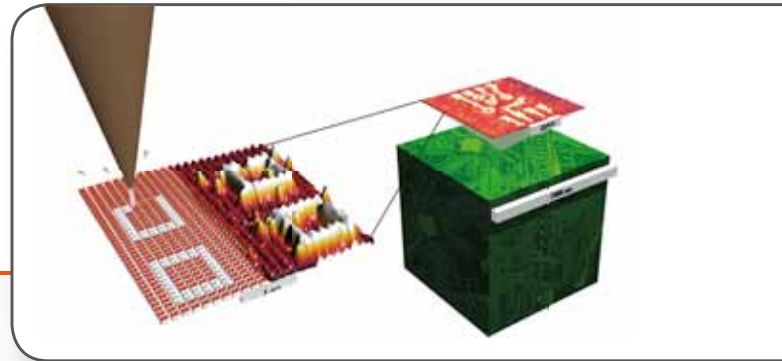
Profile along the white line



QPlus sensor

Closed Cycle - STM & QPlus* AFM results from our R&D department

Here we present STM and QPlus* NC-AFM results of a new cryogen-free cooled ultra-high vacuum scanning probe microscope (SPM). The Closed Cycle SPM is capable of high stability STM and QPlus NC-AFM operation at sample temperatures down to T = 9K.



Scanned Probe Lithography

The combination of our MATRIX Control system and ZyVector is turning the Scienta Omicron STMs into atom precise lithography tools for atomistic controlled dopant structuring for quantum computing.

Please visit our website for more information: www.scientaomicron.com

scientaomicron

www.ScientaOmicron.com