

NEVAC

jaargang 61 nummer 2 juli 2023



NEDERLANDSE
VACUÛMVERENIGING

blad

**Goed nieuws voor wie gek
wordt van een hardnekkig
contaminatieprobleem**

Ultragevoelige RGA-opstelling

Verslag NEVAC-dag 2023 bij ASML



Verenigingsgegevens

Ereleden

L.G.J.M. Hassink
G. Ikking
† Prof.dr. J. Kistemaker
† Ir. J.H. Makkink
Th. Mulder
Dr.ir. E.P.Th.M. Suurmeijer
Prof.dr. J. v.d. Veen
Dr.ir. J. Verhoeven

Bestuur

Prof.dr. S.J. van der Molen, voorzitter
Freek Molkenboer, vicevoorzitter
René Erkelens, penningmeester
Pieter Heidema, secretaris

Verenigingssecretariaat

Pieter Heidema
secretaris@nevac.nl

Ledenadministratie

René Erkelens
penningmeester@nevac.nl

Penningmeester NEVAC

IBAN: NL50 INGB 0001 8515 29 o.v.v.:
Penningmeester NEVAC
René Erkelens
penningmeester@nevac.nl

Contributies

Contributie € 30,- per jaar
Studenten/promovendi € 5,- per jaar
Bedrijfsleden € 175,- per jaar

Inlichtingen over opleidingen en examens

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

Vacuümboeken uitgegeven onder auspiciën van de NEVAC



Vacuüm houdt ons bijeen

Vacuüm wordt steeds belangrijker in de processen die bijdragen aan onze welvaart: denk aan de elektronica in onze smart-phone, computers, in auto's, fototoestellen, drones, keukenapparatuur en ander gadgets, bij de productie van gevriesdroogde groenten, en niet te vergeten bij het stofzuigen. Vacuüm is een hulpmiddel om allerlei processen te realiseren, een *enabler*. De kennis van de technologie is daarom belangrijk voor degenen die met vacuüm werken of processen ontwikkelen. Hiermee wil ik niet iedereen die de stofzuiger ter hand neemt een vacuüm cursus aanbeve-

len, maar wél degenen die vacuümsystemen, -apparaten of -processen ontwerpen, of ermee werken, voor zover je dat nog niet gedaan hebt. Dit om de kennis over vacuüm goed eigen te maken. Op de website van de NEVAC zijn dergelijke cursussen terug te vinden, evenals de boeken over vacuümtechniek.

Vorige jaar vierden we het 60 jarig bestaan in Museum Boerhaave te Leiden en dit jaar vond de jaarlijkse NEVAC-dag plaats in Veldhoven bij ASML. Het samenzijn maakte er een succesvolle dag van met een grote opkomst en een mooi en zeer gevarieerd programma. In deze uitgave treffen jullie een verslag hiervan aan. Het artikel van het bestuur licht enkel punten uit van de jaarvergadering. Daarin kwam onder andere de inmiddels aangenomen modernisering van de statuten aan de orde.

De reinheid van vacuümonderdelen is een hot item bij de grote OEM-bedrijven als ASML en Thermo Fisher Scientific en hun toeleveranciers. Dat is onder andere te lezen in een artikel in dit blad over een gevoelig meetapparaat voor moleculaire contaminatie. Ook is er een artikel over het detecteren van organische contaminatie, en de nieuwe secretaris van de NEVAC, Pieter Heidema, stelt zich voor. Mochten jullie naar aanleiding van van dit nummer opmerkingen of suggesties hebben, of artikelen voor het blad dan vernemen wij dit graag.

Dan even over de redactie van dit blad: deze is onderbemand en wij zoeken nieuwe redactieleden. We hebben onlangs afscheid genomen van de hoofdredacteur en twee andere leden die zich lange tijd hebben ingezet. Verder heeft Claud Biemans aangegeven als eindredacteur na dit nummer te stoppen en als opvolger is er Hans van Eerden bereid gevonden haar taken op zich te nemen. Dus meld je aan als nieuw redactielid.

Claud beschreef heel mooi de activiteit: "Als je het NEVAC blad altijd met plezier leest, overweeg dan serieus om deel uit te gaan maken van de nieuwe redactie. Het redactiewerk kost niet veel tijd. Je leest de artikelen die worden ingezonden voor het blad voordat ze gepubliceerd worden en hebt de mogelijkheid om suggesties te geven voor een heldere tekst. En als je ideeën hebt voor de inhoud van het blad, dan kunnen we potentiële auteurs benaderen. Het verenigingsblad kan niet bestaan zonder inbreng van de leden. Meld je aan via redactie@nevac.nl."



Namens de redactie,
Rients de Groot

Inhoud

- 2 **Van de redactie:**
Vacuüm houdt ons bijeen
Rients de Groot
- 4 **Goed nieuws voor wie gek wordt van een hardnekkig contaminatieprobleem**
Anton de Jong en Menno de Boer
- 8 **NEVAC-dag 2023 bij ASML: Spelen met atomen, bouwen van complexe installaties, beheerste contaminatie: niets zonder vacuüm**
Claud Biemans
- 13 **Van het bestuur**
Beste leden

- 15 **Ultraschone RGA-opstelling**
John Timmermans
- 21 **NEVAC-prijsvraag 2024**
- 22 **Stel je voor:**
Pieter Heidema
- 23 **Agenda**

4 Het gebruik van ultraschone adsorptiestripjes kan helpen bij de analyse van een contaminatieprobleem.

Foto voorplaat: TNO



Colofon

Redactie

Claud Biemans, eindredacteur
Rients de Groot

redactie@nevac.nl

Grafische vormgeving

Claud Biemans
www.frontlinie.nl

Verschijningstijdstippen 2023

April
Juli
December

Web-adres

www.nevac.nl

Abonnementen

Binnenland € 35,- per jaar
Buitenland € 120,- per jaar

Advertentie-exploitatie

NEVAC
René Erkelens
penningmeester@nevac.nl

Kopij inzenden naar redactie@nevac.nl
Lidmaatschap en abonnementen opgeven bij de ledenadministratie, penningmeester@nevac.nl.

Vergoeding kopij

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

ISSN 0169-9431

De sluitingsdatum van kopij voor het volgende nummer van het NEVAC blad is 15 oktober 2023

Door TNO ontwikkelde aanpak om organische verontreiniging tijdens hightechprocessen te meten

Goed nieuws voor wie gek wordt van een hardnekkig contaminatieprobleem

Je moet echt stalen zenuwen hebben als je hightechproducten maakt voor bijvoorbeeld de microchipindustrie of de ruimtevaart. Want minuscule, voor het blote oog onzichtbare deeltjes, of moleculaire verontreiniging kunnen het productieproces ernstig verstoren. Pas als de aard van die verontreiniging bekend is, kun je de juiste reinigingsmethode toepassen en het productieproces met een gerust hart hervatten. Tot dusver was het benodigde determinatieproces niet bepaald makkelijk (understatement). De hier beschreven aanpak kan een hulpmiddel zijn bij het oplossen van een chemisch contaminatieprobleem.

Anton de Jong (TNO) en Menno de Boer

Het analyseren van de contaminatie

Ondanks de uitgebreide aandacht voor het bouwen van een schoon apparaat en het schoonhouden ervan, spelen er zoveel facetten mee dat er toch nog iets mis kan gaan. Contaminatie is nooit helemaal te voorkomen.

Bij het vinden van het contaminatieprobleem worden vaak eerst eenvoudige (microscopische) technieken toegepast om te analyseren of er contaminatie aanwezig is. Biedt dit onvoldoende informatie, dan is er de mogelijkheid om een restgasanalyse te doen om chemische contaminatie te analyseren. Dat is een methode die voor enkele bedrijven al standaard is. Zij hebben dan vaak ook zelf de beschikking over een apparaat dat aan kan geven om welk type chemische contaminatie het gaat. Disclaimer daarbij is wel dat die analyse slechts uitsluitend geeft over de meest voorkomende chemi-

sche contaminaties. Gaat het om een andersoortige vervuiling? Dan is er nader onderzoek nodig.

Flinterdun contaminatielaagje

Vaak is de boosdoener een laagje moleculaire verontreiniging van minder dan 20 nanogram/cm². “Een (sub)monolaag noemen we dat”, zegt Anton de Jong, *scientist contamination control* bij TNO. “Je kunt dat laagje niet met een microscoop waarnemen. Maar ondanks het feit dat het om een flinterdun laagje gaat, kunnen de hechtingseigenschappen van het materiaal er wel door veranderen. Zo kun je het bijvoorbeeld in voorkomende gevallen niet goed meer lijmen. In de microchipindustrie zie je dat er steeds vaker chips worden gestapeld, en daar is zo’n monolaagcontaminatie dus echt een groot probleem voor de hechting van de componenten. Om het contaminatiepro-

bleem goed te kunnen aanpakken, of het oppervlak goed te kunnen reinigen, moet je natuurlijk wel weten om welke specifieke organische stoffen het precies gaat.”

Wat chipproducenten al (heel slim) doen

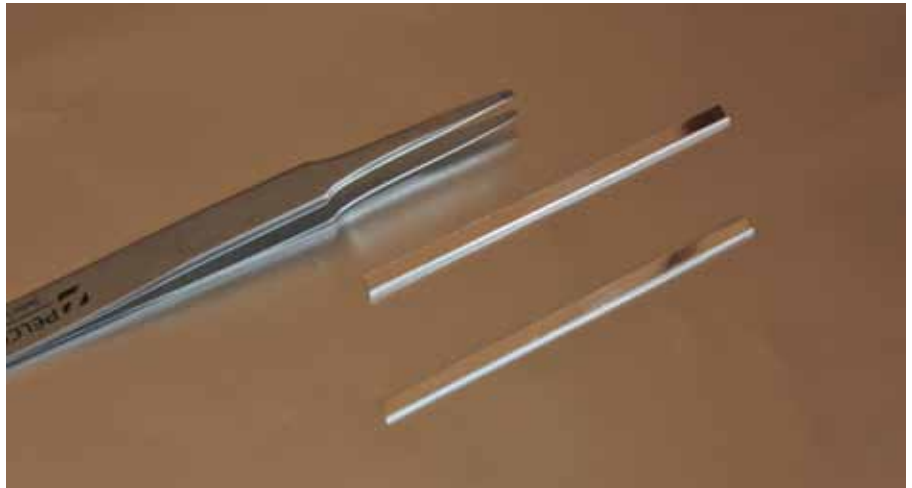
Binnen de halfgeleiderwereld bestaat er al een effectieve methode om elke organische contaminatie goed in beeld te krijgen. Bij complexere contaminatieproblemen laten ze daar een extreem goed gereinigde wafer door de chipmachine gaan, waarbij dat exemplaar dezelfde route aflegt als wat tijdens het productieproces gebruikelijk is. Vervolgens gaat die verontreinigde wafer in een speciaal analyseapparaat dat in staat is om kleine hoeveelheden moleculaire verontreinigingen aan te tonen.

Ultraschone adsorptiestripjes

Binnen TNO opperde De Jong het idee om die testmethode ook geschikt te maken voor andere productieprocessen waarbij reinheid een kritische succesfactor is. De methode maakt gebruik van ultraschone (metalen) stripjes die in staat zijn organische vervuiling te adsorberen (figuur 1). Dit stripje heeft een lengte van ongeveer 8 centimeter en kan, als het wordt blootgesteld aan verontreinigingen in vacuüm, ongeveer 200 nanogram moleculaire verontreiniging adsorberen. Dit is ruim voldoende materiaal om daarna een gedetailleerde analyse mogelijk te maken.

Passende verpakking

Om de ongewenste invloed van omgevingslucht en transport zoveel mogelijk te beperken, wordt het stripje geleverd in een eveneens ultragrondig gereinigd en luchtdicht buisje van kwartsglas. Zeer belangrijk, uiteraard, dat het stripje op de juiste manier uit de verpakking wordt gehaald, in de machine wordt geplaatst, en vervolgens ook weer zorgvuldig terug in de buis wordt gelegd, zonder bij dat alles extra verontreiniging te veroorzaken. Vandaar ook dat de kit met een duidelijke handleiding wordt geleverd.



Figuur 1 Voorbeeld van een ultraschoon zilveren (of ander metalen) stripje.

Samples vervaardigen en strategisch bemonsteren

De sample die voor de meting gebruikt wordt is idealiter vrij van verontreinigingen. Na de mechanische vervaardiging van de ongeveer 8 cm lange stripjes (figuur 2), ondergaan ze een ultrasone, natte reiniging en worden ze vervolgens in een vacuümoven met een temperatuur van 120 graden Celsius uitgestookt.

Het allerlaatste restant moleculaire verontreiniging kan tijdens een nareiniging worden verwijderd. Om deze stap goed uit te voeren, kunnen de stripjes in een plasmacleaner worden gereinigd. Een alternatief hiervoor is een uv-ozon-reiniging.

De nareiniging zorgt ervoor dat het contaminatieniveau tot ver onder het monolaagniveau ($\ll 20 \text{ ng/cm}^2$) daalt. Een dusdanige schone sample heeft slechts een beperkte houdbaarheid in omgevingslucht, omdat moleculaire verontreiniging zich dan snel weer opbouwt.

Luchtdichte kwartsbuizen zijn zeer geschikt om de metalen sample lang schoon te kunnen houden. Die buizen zijn vooraf grondig gereinigd en vervolgens uitgestookt met een temperatuur van 300 graden Celsius. Vervolgens zijn die molecuulair-schone metalen stripjes direct in de schone kwartsbuizen geplaatst, waardoor het monster (nagenoeg) vrij is van verontreinigingen.

Strategisch bemonsteren

Een contaminatieprobleem, maar je weet niet precies waar in het systeem het ontstaat? Dan is het belangrijk om strategisch te bemonsteren. Daarbij kun je meerdere

samples gebruiken om de bron te achterhalen. Als een machine uit diverse compartimenten bestaat, kun je in al die compartimenten een stripje plaatsen om zo de bron van de contaminatie te achterhalen. Datzelfde geldt voor de verschillende processtappen.

Een load lock? Dan is dat het eerste samplepunt. En wellicht kan er daarna een sample in de kamer van het hoofdproces – op diverse plekken, want ook lokaal kunnen er verschillen zijn qua hoeveelheid contaminatie. Is er een plaats-afhankelijkheid van de aanwezige contaminatie? Dan kan dat een goede aanwijzing zijn om de vervuilsbrons te vinden. Vergeet daarbij niet om ook enkele *blanco's* mee te analyseren. Zo kun je checken of de operator tijdens het bemonsteren alle handelingen met de samples inderdaad schoon heeft uitgevoerd.



Figuur 2 Ultraschone kwartsbuis met twee zilveren adsorptiestripjes.

Analyseren van de verontreinigingen

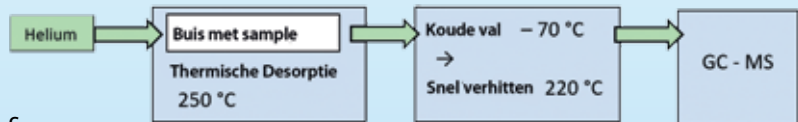


Figuur 3 GC-MS-apparatuur voor het meten van adsorptiesamples.

Het analyseren van de verontreinigingen zal meestal plaatsvinden op een andere locatie, waar thermische desorptie-gaschromatografie-massa-spectrometrie (TD-GC-MS)-apparatuur aanwezig is (figuur 3). Dit is op zich geen probleem omdat de kwartsbuis hermetisch is afgesloten. Alle verontreiniging is dus goed vastgelegd voor de analyse. De sample kun je gewoon per post verzenden naar de GC-MS-analyseleverancier.

Tijdens de analyse wordt de metalen sample eerst thermisch verhit tot 250 graden Celsius waarbij er thermische desorptie plaatsvindt, waarbij de verontreinigingen in dampfase overgaan en vervolgens worden neergeslagen op een koude val (-70 graden Celsius). Daarna volgt een flash-verhitting van de koude val (tot 220 graden Celsius), waardoor de componenten met een helium-gasstroom in de gaschromatografiekolom worden geleid. Iedere component heeft een andere verblijftijd op de kolom waardoor de componenten na elkaar het detectiedeel van de massaspectrometer bereiken (figuur 4).

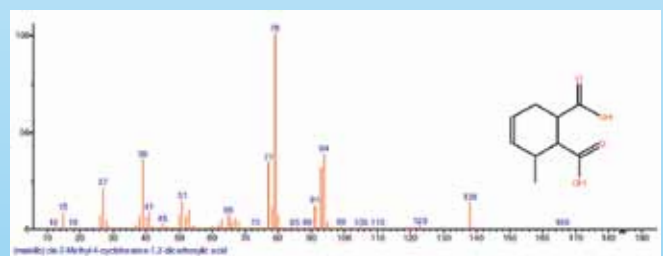
De GC-MS-specialist kan vervolgens uit het spectrum van de componenten herkennen welke afzonderlijke componenten er aanwezig zijn (figuur 5). Door de zeer hoge



Figuur 4 Het TD-GC-MS-proces.

gevoeligheid van de apparatuur (< 1 ng per component) kan goed inzichtelijk worden gemaakt welke specifieke componenten aanwezig zijn.

Met een lijst van de aangetoonde specifieke stoffen kan vervolgens worden geanalyseerd waar de contaminatie vandaan zou kunnen komen.



Figuur 5 Voorbeeld van het specifieke GC-MS-spectrum van een van de gedetecteerde verbindingen: cis-3-methyl-4-cyclohexeen-1,2-dicarboxylzuur.

Contaminatie verzamelen

De gebruiker kan de ultraschone stripjes gebruiken om te checken in welk deel van het proces er contaminatie optreedt, en wat de samenstelling daarvan is. Tijdens dat proces zal er een kleine hoeveelheid van de vervuiling op de schone strip adsorberen. Die contaminatie is dan dus beschikbaar voor verdere analyse.

Op moleculair niveau analyseren

Die analyse gebeurt elders, in een laboratorium van TNO. Daar staat een Agilent GC-MS analysemachine die voorzien is van een thermisch desorptiesysteem. De kwartsbuis met daarin het stripje wordt in de Agilent GC-MS geladen. Dit apparaat is in staat om een overzicht te geven van welke specifieke verontreinigingen aanwezig zijn op de adsorptiestripjes (zie kader *Analyseren van de verontreinigingen*).

Duidelijke aanwijzing in de goede richting

“Het is dus niet zozeer een uitvinding van iets totaal nieuws, maar meer het

breed toegankelijk maken van een al bestaande en beproefde oplossing” benadrukt De Jong. “En als de aard van de contaminatie bekend is, wacht er nog de zoektocht naar de bron van die verontreiniging. Dat kan ook nog wel een uitdaging zijn. Machines die vacuumkamers hebben, bestaan immers al snel uit meer dan honderd verschillende materialen. Daarbij komen de componenten voor die machines ook nog eens van tientallen verschillende leveranciers. Erg complex dus. Maar wanneer je dankzij de analyse weet om wat voor soort vervuiling het exact gaat, weet je al wel in welke hoek je het moet zoeken. En meestal zijn er wel verschillende manieren om tot een oplossing te komen. Soms helpt het om een ander materiaal te gebruiken, of om over te stappen op een andere leverancier. Het komt ook voor dat het ontwerp van een machine wat aangepast moet worden. Zodra de oorzaak bekend is, zien we vaak dat mensen daar wel creatief van worden.” Tot slot: zolang je niet weet welke con-

taminatie het probleem veroorzaakt, ben je eigenlijk blind. Maar zodra je weet om welke contaminatie het gaat, weet je vaak ook meteen welk materiaal of welk proces je moet aanpassen om die vervuiling in het vervolg te voorkomen. Het gaat dus om een aanpak die vooral van pas komt als restgasanalyse geen uitsluitsel geeft en de meest voor de hand liggende oorzaken ook al zijn uitgesloten. Kortom: een welkome aanvulling op wat er al beschikbaar is in de toolbox voor contaminatiebeheersing. De Jong: “Op dit moment verwacht ik niet dat er partijen zijn die deze aanpak standaard gaan gebruiken om een doorlopend beeld te krijgen van de contaminatie in hun machines. Maar wie weet: misschien gaat dat in de toekomst wel gebeuren.”

Met dank aan de volgende personen van TNO die mede een bijdrage hebben geleverd bij het realiseren van het onderzoek: Norbert Koster, René Koops, Véronique de Rooij-Lohmann en Leo de Reuver.

Word een expert!



De NEVAC staat ook dit jaar op 15 en 16 november op de Precisiebeurs met de “Ask the expert” booth.

Meld je aan als vrijwilliger om de booth te bemensen door een mail te sturen aan secretaris@nevac.nl

Daarvoor kun je de bijgaande QR-code gebruiken.



Spelen met atomen, bouwen van complexe installaties, beheerste contaminatie: niets zonder vacuüm

De leden van de NEVAC kwamen dit jaar in groten getale naar ASML in Veldhoven voor het bijwonen van de NEVAC-dag op vrijdag 12 mei. Er waren veel bedrijfsleden met een stand aanwezig. De organisatie was in handen van Kees Feenstra van ASML. Het was een geslaagde bijeenkomst met een boeiend programma en veel momenten waarop er druk genetwerkt werd.

tekst Claud Biemans, foto's Jeroen Mertens

Vicevoorzitter Freek Molkenboer opende de dag. Hij vertelde kort over de nieuwe statuten die tijdens de ALV ter goedkeuring worden gelegd en over de plannen voor een nieuwe buitenlandse excursie waarvoor de input van de leden zeer gewenst is. Daarna gaf hij het woord aan de eerste spreker, Lukas Veldman, promovendus bij het OtteLab aan de TU Delft. De groep waar hij deel van uitmaakt, staat onder leiding van voormalige NEVAC-voorzitter Sander Otte.

Atomaire LEGO

Lukas sprak over magnetische wisselwerking tussen enkele atomen op een perfect atomair vlak van een schoon kristal. En als iets perfect schoon moet zijn, is het wel duidelijk dat vacuüm een grote rol speelt in dit werk. In het OtteLab wordt gewerkt met een *scanning tunneling microscope* (STM). Deze microscoop heeft een naald die boven een oppervlak beweegt. Daartussen wordt een elektrische spanning aangebracht. De ruimte tussen naald en oppervlak is vacuüm. Door het vacuüm kan er alleen een tunnelstroom lopen. De grootte daarvan is afhankelijk van de afstand tus-

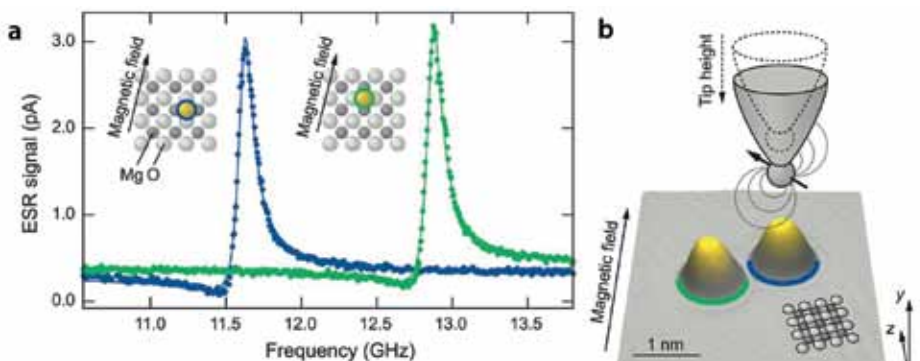
sen naald en oppervlak. Op deze manier kan met een STM een oppervlak in beeld gebracht worden op atomaire schaal. De STM-naald zelf eindigt in een enkel atoom, waardoor deze enorm hoge resolutie gehaald wordt.

In het OtteLab blijft het daar niet bij. De groep kan met behulp van de naald losse atomen over een oppervlak bewegen en naar een bepaalde positie brengen. Zo kunnen atomaire structuren gebouwd worden, als een soort atomaire LEGO. Zo werd er in 2011 een herschrijfbaar atomair geheugen van 1 kB gebouwd.

Met de STM kun je ook een atoom met een stroomstootje een tik geven, waardoor het magnetisch moment van dat atoom tijdelijk omkeert. Met een meetpuls (pump-probe-spectroscopie) kun je vervolgens kijken hoe het magnetisch moment in de tijd terugvalt naar de oorspronkelijke toestand.

Lukas Veldman gebruikt deze STM-techniek, gecombineerd met elektronspinresonantie (ESR), voor metingen aan de spin van titaniumatomen (Ti). Ti kan twee verschillende oriëntaties innemen op niet-geleidend MgO eilanden op een Ag(100) oppervlak.

Ti heeft spin $\frac{1}{2}$. Een aangelegd magnetisch veld veroorzaakt zeemansplitsing van de energieniveaus van de spins (zie figuur 1a). De naald van de STM kan een ijzeratoom oppikken. Dat ijzeratoom zorgt voor een extra magnetisch veld dat de energieniveaus van de spins van Ti beïnvloedt (zie figuur 1b). De twee verschillende oriëntaties van Ti zorgen voor een



Figuur 1 Links de twee verschillende oriëntaties van titaniumatomen op een oppervlak van MgO en de daarbij horende zeemansplitsing van de energieniveaus van de spins in een magnetisch veld. Rechts de situatie waarbij de naald van de STM een ijzeratoom heeft opgepikt. Bron: arxiv.org/abs/2101.10765.

spitsing van de spinniveaus bij een net andere energie. Zodra de spins van Ti op beide posities door de invloed van het ijzeratoom hetzelfde energieniveau krijgen kan een verstrengeling ontstaan. Met deze techniek is het mogelijk om vervolgens de tijdevolutie van de spins in kaart te brengen.

Het onderzoek wordt nu voortgezet met rijtjes van Ti met dezelfde oriëntatie op MgO (een soort van geheugen), voorafgegaan door een Ti met de andere oriëntatie, de controlbit. Als dat eerste atoom wordt aangeslagen, kan het de energie overdragen aan het rijtje geheugenatomen. Zo kun je onderzoeken hoe magnetische informatie door een materiaal heen gaat.

CO₂-neutrale oplossingen voor ASML-systemen

De tweede spreker van het ochtendprogramma, Ton van der Net (ASML). Hij vertelde over de problematiek waar vrijwel iedereen in de nabije toekomst mee te maken zal krijgen: het CO₂-neutraal maken van vacuüminstallaties.

De nieuwste systemen van ASML voor het maken van chips werken op basis van EUV-licht. Hiermee kunnen de kleinste structuren op een wafer geprojecteerd worden.

Werken met EUV betekent werken in vacuüm en het bedenken van oplossingen voor het beschermen van onderdelen die door vervuiling in combinatie met EUV-licht beschadigd worden. Wat voorkomen moet worden is dat verontreinigingen zich verspreiden. De verontreinigingen ontstaan bijvoorbeeld bij het opwekken van EUV-licht met behulp van tindruppeltjes. Er ontstaan dan ook energetische tin-ionen die de spiegels kunnen beschadigen. Voor het gescheiden houden van de verschillende delen in een systeem wordt waterstofgas gebruikt dat transparant is voor EUV-licht. En om dat te produceren is erg veel energie nodig. Een kwart van het stroomverbruik van een EUV-systeem hangt samen met de aanvoer en afvoer van waterstofgas.



Veel bedrijfsleden waren met een stand aanwezig tijdens de NEVAC-dag bij ASML.



Ton van der Net (ASML) sprak over verschillende manieren waarop energie bespaard kan worden bij het gebruik van waterstofgas in EUV-systemen.



Roel Gerlings ontvangt de NEVAC-prijs 2023 uit handen van Freek Molkenboer.



NEVAC-leden bezoeken het Experience Center van ASML.

Net als anderen is ook ASML bezig met het CO₂-neutraal maken van processen en producten. ASML streeft ernaar dat de campus in Veldhoven in 2025 CO₂-neutraal is. Datzelfde moet gebeuren bij de toeleveringsketen in 2030. De EUV-systemen zelf moeten in 2040 CO₂-neutraal zijn. Dat is nogal een opgave, want er is veel vermogen (meer dan 1 windmolen) nodig voor de werking van één systeem. ASML werkt al lang aan efficiëntere pompen, maar omdat de flow in de systemen steeds omhoog gaat is er geen netto-winst. Daarnaast wordt het gebruikte waterstof nu onverdund geloosd. Als je de waterstof zou gebruiken in brandstofcellen, zou je de grote hoeveelheid vrijkomende energie kunnen benutten.

Op alle fronten wordt nu gewerkt aan manieren om energie te besparen. De nieuwste pompen werken bijvoorbeeld met een hogere temperatuur van het koelwater, 32 °C. Er worden dan geen energieslurpende chillers meer ingezet. Nieuwe systemen worden zuiniger door het gebruik van betere prevacuümpompen (meer pompdebiet voor dezelfde energie). En ASML denkt er bijvoorbeeld over om samen met de hele Brainport rond Eindhoven groene energie in te gaan kopen.

NEVAC-prijs voor Roel Gerlings

Roel Gerlings is de winnaar van de NEVAC-prijs 2023, voor zijn artikel *Validatie-spinning rotor gauge als aanvullende kalibratiedrukmeter*, gepubliceerd

in het vorige nummer van het NEVAC blad [1]. Roel is student technische natuurkunde aan de Fontys Hogescholen in Eindhoven. Hij schreef over het werk dat hij tijdens zijn stage deed bij D&M vacuümsystemen in Budel. Hij ontving zijn prijs uit handen van Freek Molkenboer en vertelde daarna uitgebreid over de drukketerkalibratie-metingen.

Experience Center en ALV

Tijdens de pauze was er een uitstekende lunch en konden de aanwezigen meedoen aan rondleidingen door het Experience Center van ASML, de vele stands van de bedrijfsleden bezoeken, en deelnemen aan de algemene ledenvergadering van de NEVAC (zie ook het artikel van het bestuur in dit nummer op pagina 13).

Het vacuüm van Quooker

Na de middagpauze gaf Anthony Kok een kijkje in de keuken van het vacuüm van Quooker. De Quooker-kranen maken gebruik van een op de waterleiding aangesloten reservoir waarin water elektrisch wordt verwarmd tot 110 °C en wordt opgeslagen. Omdat waterleidingdruk hoger is dan de dampdruk van water in het reservoir bij deze temperatuur kookt het niet. De ketels die als reservoir gebruikt worden, zijn uitgevoerd met een balg. Water zet uit als het verwarmd wordt en de balg kan de expansie opvangen. De 'balgketel' is geplaatst in een vacuümvat voor thermische isolatie. Hierdoor is het stand-by verlies van de kraan teruggebracht tot 7 W. Het vacuüm moet dan wel gedurende de hele levensduur van de kraan in stand blijven.

Daarom zijn er lektesten ontwikkeld voor de balgketel en het vacuümvat. Door een aaneenschakeling van verschillende lekdetectiesystemen met helium voor de balgketel en met H₂/N₂ voor het vacuümvat, wordt de kwaliteit geborgd. Bovendien zijn er in het vacuümvat NEG-getters geplaatst voor het verlengen van de levensduur van het vacuüm. Ook bij de ontwikkeling van nieuwe systemen zijn het in stand houden en meten van het vacuüm misschien wel de belangrijkste



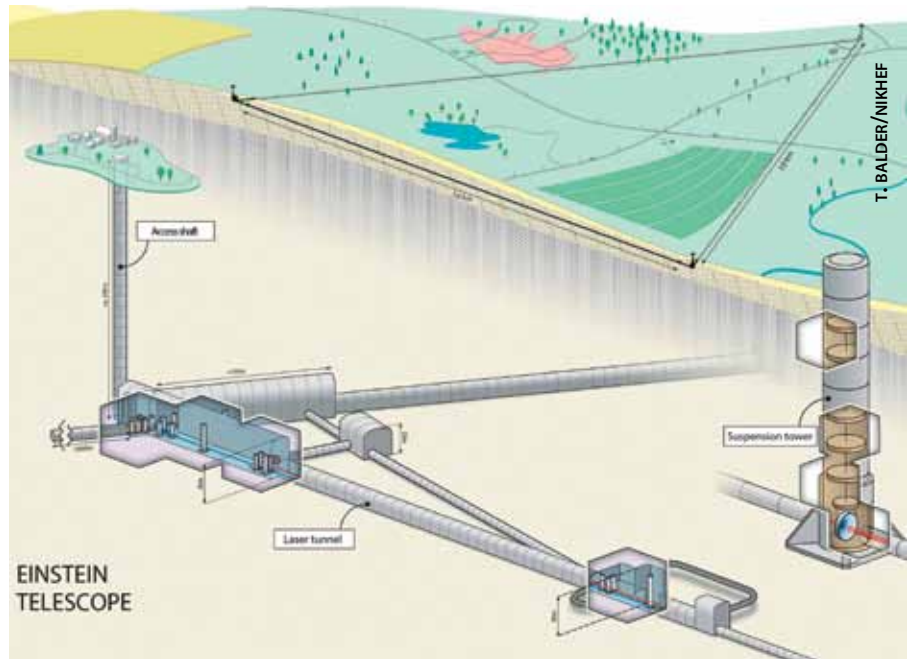
De productie van balgketels bij Quooker.

ste onderwerpen voor de R&D-afdeling van het bedrijf in Ridderkerk.

Een nieuwe standaard voor uitgassing

Ton van de Kerkhof (ASML) vertelde over de nieuwe ontwikkelingen op het gebied van reinheid voor de nieuwste EUV-systemen. Deze zijn nóg gevoeliger voor contaminatie dan eerdere machines voor de productie van chips al waren (die overigens zonder een vacuüm werken). Een oplossing voor het tegengaan van verspreiding van verontreinigingen is het creëren van een vacuümkamer rond de lichtbron, in de vacuümkamer van de rest van het systeem, naast het gebruik van waterstofgas om tin-ionen te stoppen. Zonder waterstofgas zou de levensduur van de optiek in het systeem vijf minuten zijn. Dat is nogal een verschil met de gewenste levensduur van zeven jaar.

Voor een goede werking van de nieuwste machines is het nodig dat de chemische uitgassing bekend is van alle onderdelen van het systeem. Alles moet voldoen aan strenge reinheidseisen voor uitgassing van koolwaterstoffen en niet-organische verontreinigingen. Onderdelen zullen ook in kleine blokjes gekwalificeerd worden, zodat achterhaald kan worden waar



Infographic Einstein Telescope.

een verontreiniging vandaan komt. Voor de uitgasmetingen ontwikkelt ASML samen met partners, waaronder Zeiss en de PTB, Berlijn, nieuwe standaarden: de ISO TS 20175 en 20177 voor Residual Gas Analyses met bijbehorende procedures om herleidbaar te zijn naar deze internationale standaarden. Deze standaarden beschrijven het meten van gassen van een bestaande samenstelling. Omdat in de EUV-praktijk ook koolwaterstoffen gespecificeerd zijn, dienen deze standaarden uitgebreid te worden met een koolwaterstofstandaard. Dodecaan-lekken worden op dit moment gekwalificeerd als koolwaterstof-standaard. Voor de onderlinge vergelijking van de RGA-meetsystemen wordt momenteel het gebruik van de stof dodecaan onderzocht. Deze stof zal door alle partijen gebruikt moeten worden, zodat onderlinge resultaten vergeleken kunnen worden. De controle op chemische verontreinigingen op onderdelen voor EUV systemen vraagt dus ook de nodige processaanpassingen van leveranciers.

Vacuüm-uitdagingen voor ET

Henk Jan Bulten (Nikhef) vertelde als laatste spreker over de enorme technologische uitdagingen bij het ontwerp van de Einstein Telescope (ET). Dit wordt

een gravitatiegolfdetector die ontworpen wordt om tien keer preciezer te meten dan de bestaande detectoren, LIGO, VIRGO en KAGRA. Daardoor kan ET bijvoorbeeld terugkijken naar gebeurtenissen die 10^{-30} s na de big bang plaatsvonden.

Mogelijk wordt de ET in Zuid-Limburg gebouwd. Daar wordt nu ook de ET Pathfinder gebouwd, die voorbereidende metingen doet voor ET.

Een gravitatiegolfdetector meet trillingen van de ruimtetijd, die begin twintigste eeuw voorspeld zijn door de algemene relativiteitstheorie van Albert Einstein. Voor deze metingen is een zeer grote ondergrondse opstelling nodig van zes interferometers, geplaatst in een gelijkzijdige driehoek met armen die 10 km lang zijn. Op de hoekpunten staan torens waarin spiegels zijn opgehangen die het laserlicht van de interferometers reflecteren. Er zijn ingenieuze constructies bedacht om trillingen van de spiegels te voorkomen. De spiegels zelf wegen 200 kg en zullen bestaan uit monokristallijn silicium (ze bestaan nog niet). Ze worden opgehangen aan monokristallijne siliciumdraadjes. De spiegels worden gekoeld tot 10 K om thermische ruis te voorkomen. Daarom is rond de spiegel ook hoogvacuüm nodig, want alles vriest



Impressie Einstein Telescope met in rood en blauw de bundelpijpen.

natuurlijk vast op zo'n koude spiegel. Bij een druk van 10^{-8} mbar zit er na 1 minuut al een monolaag water op, die de metingen verstoort. Daarom moet de druk naar 10^{-12} mbar.

Ook de bundelpijpen moeten hoogvacuüm zijn, aanwezige moleculen van bijvoorbeeld water en koolstofdioxide veroorzaken fluctuaties in de optische padlengte van het laserlicht. Er mogen dus geen lekken zijn bij de lassen tussen verschillende stukken buis, alles moet perfect zijn. Het totale volume van ultrahoog-vacuümruimte is 100.000 m^3 bij een oppervlakte van 106 m^2 . Het uitgasen van alle oppervlakken wordt in kaart gebracht. ET is dus synoniem aan een enorme technologische uitdaging, waarbij het vacuüm slechts één aspect is.

andere organisaties, zoals het Mikrocentrum, de VCCN en de DSPE. Sense Jan eindigde met een oproep aan alle leden: wordt actief voor de NEVAC, bijvoorbeeld als lid van de examencommissie of als redactielid van dit blad. En wijs collega's op het bestaan en het belang van de NEVAC, zodat we nog groter kunnen worden.

Referentie

- 1 Roel Gerlings, Validatie-spinning rotor gauge als aanvullende kalibratiedrukmeter, *NEVAC blad 66-1*, p. 4-7.

Word actief voor de NEVAC

Voorzitter Sense Jan van der Molen eindigde de mooie NEVAC-dag, met gevarieerde lezingen en veel ruimte om elkaar te ontmoeten. Het gaat goed met de NEVAC: er zijn weer meer leden en de vereniging werkt steeds meer samen met

Optimize Your Research



Vacuum Technology for Space Research on Earth

Benefit from our **complete range** of turbopumps as well as backing pumps, leak detectors, components, measurement and analysis equipment as well as vacuum chambers **for simulating space conditions**. Get to know our products: the magnetically levitated **turbopumps** from the ATH series, **vacuum chambers** for highly demanding application or the innovative **Roots pumps** of the HiLobe series.



Beste leden,

Wij willen jullie graag op de hoogte stellen van de recente ontwikkelingen binnen onze vereniging. Allereerst kunnen we overigens terugkijken op een succesvolle NEVAC-dag. Een uitgebreid verslag van dit evenement is te vinden in dit *NEVAC blad*. Tijdens de NEVAC-dag vond ook onze jaarlijkse Algemene Ledenvergadering (ALV) plaats. Aangezien niet iedereen daarbij aanwezig kon zijn, willen we enkele punten die besproken zijn onder jullie aandacht brengen.

“Ask the Expert” booth

Afgelopen jaar hebben we twee keer de kans gekregen om onze vereniging te presenteren op beurzen georganiseerd door het Mikrocentrum (Clean en de Precisiebeurs). Het Mikrocentrum heeft ons opnieuw de mogelijkheid geboden om ons te presenteren tijdens de komende Precisiebeurs in november. We willen graag een “Ask the Expert” booth opzetten, waar vrijwilligers van onze vereniging vragen van bezoekers over vacuümtechnologie kunnen beantwoorden. We zijn dus op zoek naar vrijwilligers om deze booth te bemannen. Onze zusterorganisatie AVS doet dit al jaren met groot succes, zowel de bezoekers als degenen die de vragen beantwoorden vinden het erg leuk en nuttig. Veel handen maken licht werk, en het zou onze vereniging enorm helpen om zichtbaarder te worden naar de technische buitenwereld toe.

Buitenlandexcursie

Als bestuur zijn we van plan om weer buitenlandse excursies te organiseren, maar we hebben jullie input nodig om te bepalen wat voor jullie acceptabele tijds- en financiële investeringen zouden zijn. We ontvangen graag jullie feedback hierover. Dit kan eenvoudig via het nieuwsbericht op de homepage van nevac.nl. Op dit moment hebben we voor de buitenlandexcursie een aanbod voor een bedrijfsbezoek en we denken dat we dit kunnen combineren met een ander bezoek. We willen hier graag mee aan de slag, maar we hebben vrijwilligers nodig voor het buitenlandse excursiecomité om de organisatie op zich te nemen. Als

je interesse hebt, verzoeken we je om contact met ons op te nemen via secretaris@nevac.nl.

Statuten

Tijdens de ALV op 12 mei hebben we onze vernieuwde verenigingsstatuten gepresenteerd en besproken. We bedanken de leden voor hun reacties en hun aanvullende voorstellen, waarvan we de meeste hebben overgenomen. Op 7 juni heeft een tweede ALV over de statuten plaatsgevonden. De nieuwe statuten zijn met de benodigde meerderheid aangenomen.

NEVAC blad en de NEVAC blad-redactie

Zoals eerder vermeld, is dit het laatste nummer waarin Claud Biemans als eindredacteur fungeert. We denken dat we een goede vervanger hebben gevon-

den in Hans van Eerden, die onder andere eindredacteur is van Mikroniek, het blad van de DSPE. Een tijdschrift heeft echter meer nodig dan alleen een eindredacteur, het heeft ook een redactie nodig. Zoals Claud tijdens de ALV heeft aangegeven, is het werk als redactielid niet heel tijdsintensief. Het kost slechts een aantal uur per nummer (er zijn drie nummers per jaar) en omvat onder andere het beoordelen van ingezonden artikelen en het brainstormen over geschikte artikelen en auteurs. Je kunt je aanmelden of meer informatie krijgen via redactie@nevac.nl.

Ten slotte willen we jullie vragen om jullie mailadres door te geven aan het bestuur, via penningmeester@nevac.nl (als dat nog niet is gebeurd). Van veel leden hebben we alleen een postadres en we zouden graag volledig overstappen op elektronische communicatie, mede vanwege de oplopende kosten van reguliere post.

Laten we samenwerken om onze vereniging nog sterker en beter te maken. Jullie betrokkenheid en inzet zijn essentieel voor ons succes. We horen graag van jullie en staan open voor suggesties en ideeën.

Met vriendelijke groet,

Sense Jan, Freek, Pieter en René



“Ask the Expert” booth van de NEVAC tijdens het Clean Event van het Mikrocentrum.

Ultragevoelige RGA-opstelling

In de halfgeleider- en analytische industrie is de reinheid van onderdelen en modules zeer belangrijk, zowel qua deeltjes als qua moleculaire verontreiniging. Om zeker te weten dat schone producten geleverd worden vereisen de klanten, voor de moleculaire verontreiniging, vaak een restgasanalyse-meting (RGA). Hierbij liggen de specificaties op het randje van wat meetbaar is en eigenlijk wil de klant nog schoner. Alles wat een onderdeel in een vacuümsysteem uitdampt kan neerslaan op andere delen in het vacuümsysteem en daar schade aanrichten of de functionaliteit belemmeren. Bij NTS is een RGA-opstelling ontwikkeld om met grote gevoeligheid te kunnen meten.

John Timmermans, NTS [1]

Gevoelig meten

Om gevoelig te kunnen meten is een eigen RGA-opstelling ontwikkeld, zie figuur 1 en 2. Dit systeem bestaat voornamelijk uit twee aan elkaar verbonden kruisstukken met CF150 aansluitingen,

(uiteindelijk) ingepakt in thermische isolatie (foto). Het linker kruisstuk is de meetkamer en op het kopse eind links, zit een poort met een blindflens waarlangs het sample gewisseld kan worden. Aan de zijkant zit een massaspectrome-

ter (Pfeiffer PrismaPro met elektron-multiplier) en aan de andere zijkant een druksensor van het type Bayard-Alpert met een meetbereik van $1 \cdot 10^{-2}$ tot $2 \cdot 10^{-11}$ mbar. Een stralingsschild voorkomt dat de druksensor en de massaspectrometer elkaar beïnvloeden. Op het rechter kruisstuk, de pompkamer, zijn aansluitingen voor een olievrije, magnetisch gelagerde turbo pomp en een tweede Bayard-Alpert druksensor. Tussen de twee kruisstukken zit een extra schijfflens met drie poorten: een voor een N_2 gekalibreerd lek, een voor een gekalibreerd lek met een flesje menggas en de derde aansluiting wordt gebruikt voor een elektrische doorvoer om eventuele elektrische actuatoren [of heaters] ook in bekrachtigde toestand te kunnen meten. Op het kopse eind van de pompkamer zit een blindflens met lineaire balgdoorvoer voor het bedienen van een diafragma-mechanisme dat zich tussen de pomp- en meetkamer bevindt. Met een zevental diafragma's is het mogelijk de pompsnelheid naar de meetkamer te veranderen tussen 50 en 0,1 l/s en daarmee de gevoeligheid van de meetopstelling. De actuatie vindt plaats via een persluchtcilinder.

Eigenschappen

Deze opstelling heeft de volgende eigenschappen om extra gevoelig te kunnen meten:

Klein volume voor kleine test samples.

De meetkamer heeft een volume van 150 mm diameter en 330 mm lengte. De massaspectrometer is aangesloten via een verlengpijpje, het totale volume is ongeveer 7,9 liter. Door de compacte cilindrische geometrie is het eigen oppervlak van de kamer relatief klein (on-



Figuur 1 Bovenaanzicht van de RGA-opstelling ingepakt met uitwendige verwarmingselementen en thermische isolatie.

Basisprincipe van een massaspectrometer

Een massaspectrometer bestaat uit drie basiseenheden: ionisatie, massafilter en detector.

In een ionisatiebron worden passerende moleculen door een elektronenbundel geïoniseerd. Deze ionen worden vervolgens versneld richting het massafilter. Dit is een quadrupool bestaande uit vier parallelle metalen staven. Tegenover elkaar liggende staven zijn elektrisch verbonden en bekrachtigd met een combinatie van DC- en AC-spanningen. Hierdoor zullen de ionen in een spiraalvormige baan tussen de staven door bewegen waarbij slechts één massa/lading-verhouding resonant is en een beperkte amplitude van de spiraalbaan houdt. Niet resonante ionen komen uiteindelijk terecht op de staven of vliegen ertussendoor en komen op de wand van de vacuümketel.

Door de verhouding van AC- en DC-velden en de frequentie te variëren kan gekozen worden welke massa resonant is en door deze parameter(s) met een zaagtandprofiel te variëren wordt een massaspectrum verkregen. In ons geval van 0 tot 200 amu (atomaire massa eenheid, dit is gelijk aan gram/mol). Aan het eind van het massafilter bevindt zich de detector. Dit kan een eenvoudig komvormig plaatje zijn waar de ionen tegenaan botsen en dan hun lading afgeven. Deze stroom kan gemeten worden als een spanning over een grote weerstand. Omdat deze ionenstroom zeer gering is wordt vaak een elektronmultiplier gebruikt. Dit is een serie plaatjes met oplopende spanning. De invallende ionen maken in het eerste plaatje elektronen vrij die door de oplopende spanning naar het volgende plaatje versneld worden. Daarbij krijgen de

elektronen voldoende energie om bij inslag op het tweede plaatje meerdere secundaire elektronen vrij te maken, die dan weer naar het volgende plaatje versneld worden. Deze elektronenlawine kan tot een factor 10^6 versterking geven van het meetsignaal.

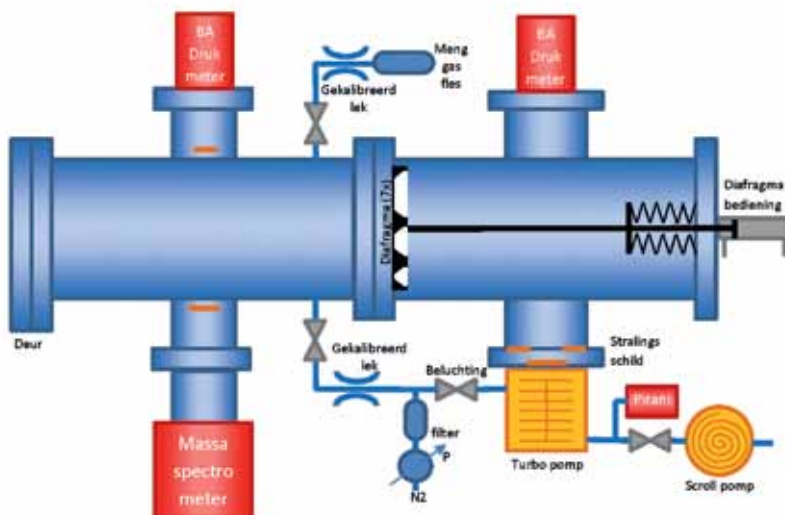
Door deze werking van de massaspectrometer zijn volgende zaken in het spectrum te zien:

- Er wordt van uitgegaan dat moleculen enkelvoudig geïoniseerd worden in de bron, maar een deel van de moleculen zal meervoudig geïoniseerd worden. Omdat niet massa maar massa/lading gescheiden wordt zullen dubbel geïoniseerde moleculen een piek geven bij de halve massa, bijvoorbeeld CO_2^+ (massa 44) zal ook een piek geven bij 22, bestaande uit CO_2^{++} .
- Bij het ioniseren kan een molecuul ook uiteenvalen in verschillende brokstukken. Zwaardere alkanen ($\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$) kunnen doormidden geschoten worden op verschillende posities met steeds een CH_2 groep meer of minder. Dit geeft een typische ruggen-structuur met een periodiciteit van 14. Hierdoor kunnen zwaardere moleculen (>200 g/mol) overigens nog wel gezien worden binnen een beperkt spectrum.
- Verder kunnen de atomen binnen een molecuul ook uit verschillende isotopen bestaan. Dat zijn atomen met meer (of minder) neutronen in de kern (bijvoorbeeld ^2H , ^{13}C , ^{18}O) die zijpiekjes geven bij een hoofdpijk. Ook xenon bijvoorbeeld kent meerdere isotopen (^{124}Xe , ^{126}Xe , ^{128}Xe , ^{129}Xe , ^{130}Xe , ^{131}Xe , ^{132}Xe , ^{134}Xe , ^{136}Xe), deze komen alle in een bepaalde verhouding voor in de natuur.

geveer $0,30 \text{ m}^2$) en daarmee ook de achtergrond-ontgassing van de kamer zelf.

Hoge temperatuur uitstoken

Met overal koperen afdichtingen, CF-flenzen die tot $450 \text{ }^\circ\text{C}$ uit te stoken zijn, kan de vacuümketel schoon en droog gestookt worden zodat na het afkoelen een lage achtergronddruk overblijft. De druksensoren en de massaspectrometer zelf (mits de elektronica buiten het vacuüm is verwijderd) kunnen tot $300 \text{ }^\circ\text{C}$ uitgestookt worden. De flens van de turbopomp mag hooguit tot $120 \text{ }^\circ\text{C}$ verwarmd worden. Met stooklinten, senso-



Figuur 2 Schematische tekening van de RGA-opstelling.

Omrekening van ruw meetsignaal naar ontgassingswaarde uitgedrukt in mbar·l/s

Met een bepaalde resolutie (0,1 amu) en een bepaalde meettijd (32 ms) wordt een piekhoogte aan ionenstroom [A] gemeten om het spectrum [0-200 m/q, m = massa, q = lading] te bepalen. De som van alle stroompiekjes samen (I_{totaal} , A) wordt genormeerd op de totaal druk (p_{totaal} , mbar) zoals die gemeten wordt met een aparte druksensor (Byard-Alpert type). Hierbij wordt dan aangenomen dat de bijdrage van moleculen zwaarder dan 200 g/mol verwaarloosbaar is. Omdat zwaardere moleculen sterker aan de wand gebonden zijn zullen die inderdaad maar zeer beperkt in de vrije ruimte rondvliegen. Eventuele pieken aan het eind van het spectrum zijn meestal ook zeer klein. De spanning op de elektronmultiplier (zie intermezzo 1) wordt dynamisch aangepast om de ratio $p_{\text{totaal}}/I_{\text{totaal}}$ rond 1 mbar/A te houden.

De som van de 10 metingen rond een hele massa, bijvoorbeeld 43,5 tm 44,5, vermenigvuldigd met de verhouding $P_{\text{totaal}}/I_{\text{totaal}}$ geeft dan de partiële druk (mbar) van massa 44 (CO₂).

Bij vrije moleculaire stroming heeft een turbopomp een constante pompsnelheid (l/s) onafhankelijk van de druk. Het aantal moleculen dat afgevoerd wordt, is dan wel

evenredig met de druk: $Q \text{ (mbar} \cdot \text{l/s)} = p \text{ (mbar)} \cdot S \text{ (l/s)}$. In een quasi-stationaire toestand waarin de druk slechts langzaam verandert is deze afvoer van moleculen in evenwicht met de ontgassing van het te meten object. Dus voor het gemeten spectrum geldt:

$$Q_m \text{ [mbar} \cdot \text{l/s]} = \sum_{m-0,5}^{m+0,5} I_i \text{ [A]} \cdot \frac{P_{\text{totaal}} \text{ [mbar]}}{I_{\text{totaal}} \text{ [A]}} \cdot S \text{ [l/s]} \quad (1)$$

Om de ontgassing met een beperkt aantal kentallen te benoemen worden vaak arbitraire specificaties afgegeven op water- en koolwaterstof-ontgassing, zie tabel 1.

Om producten te valideren wordt in het algemeen eerst een lege meetkamer gemeten en vervolgens dezelfde meetkamer met het product. Het verschil in de ontgassing is de ontgassing van het product. De ontgassing wordt arbitrair bepaald na 10 uur meten, waarbij de meest vluchtige verontreinigingen kwijt raken. Dit zijn vaak reinigingsmiddelen zoals isopropanol en aceton. Tijdens dit pompen wordt wel het verloop van de ontgassing gemeten en vastgelegd, maar de meetwaarden na 10 uur pompen tellen om met de specificatie te vergelijken.

Tabel 1 Definitie van kentallen voor een RGA-beoordeling.

item	naam	definitie
H ₂ O	water	$1,2 \cdot Q_{18}^{1)}$
C _x H _y v	vluchtige koolwaterstoffen	som van Q_{45} tm $Q_{100}^{2)}$
C _x H _y nv	niet-vluchtige koolwaterstoffen	som van Q_{101} tm Q_{200}

1 Door splitsing in H en OH tijdens de ionisatie van H₂O ontstaat ook een piek bij 17, deze is 20% van de piek bij 18.

2 Eigenlijk zou hier 1,5% van de piek bij 44 (CO₂) in mindering gebracht moeten worden om te corrigeren voor de isotopen ¹³CO₂ en CO¹⁸O, maar dat wordt meestal niet gedaan.

ren en regelaars op elke flens kan de temperatuur homogeen geregeld worden tot 300 °C. De regelaar voor de turbopompflens heeft een eigen setpoint tot hooguit 120 °C en deze flens kan ook gekoeld worden om te voorkomen dat de temperatuur hier oploopt als de rest tot 300 °C uitgestookt wordt.

Verstelbaar diafragma

De maximale totaal druk voor de massaspectrometer is circa $1 \cdot 10^{-5}$ mbar. Daarboven is er risico dat het gloeispiraaltje voor de ionisatiestroom doorbrandt. De

hoogst gemeten piek (18, water) is dan rond $5 \cdot 10^{-7}$ A. Het ruisniveau van de elektronmultiplier, elektronica, en ook ruis veroorzaakt door röntgenstraling ligt rond $5 \cdot 10^{-14}$ A. Dit betekent dat de massaspectrometer een dynamisch bereik heeft van 7 decades.

Stel, bij een redelijk schoon testproduct is de druk na 10 uur pompen gezakt tot $1 \cdot 10^{-8}$ mbar. Dit betekent dan dat de bovenste 3 decades van het meetbereik van de massaspectrometer niet benut worden. Om deze wel te benutten kan, door met een variabel diafragma een kleinere

pompopening naar de meetkamer te creëren, de pompsnelheid kleiner gemaakt worden, zodat de evenwichtsdruk bij de betreffende ontgassingswaarde van het testobject oploopt tot nabij de maximale $1 \cdot 10^{-5}$ mbar. Het hele meetsignaal, de RGA-meetstroom, wordt hiermee 3 ordes hoger. eventuele piekjes die eerst onder het ruisniveau verdwenen komen dus ook 3 ordes omhoog en kunnen dan boven de ruis uitkomen. Zo wordt dus altijd het volle dynamische bereik van de massaspectrometer benut. De kleinste partiële druk die gemeten kan worden is

dan 7 decades onder de totaal druk, dus ca $1 \cdot 10^{-12}$ mbar.

Anders beredeneerd (zie formule 1): Door een kleiner diafragma te kiezen wordt de pompsnelheid kleiner. Het ruisniveau van de ruwe meetstroom I_1 wordt dus met een kleinere pompsnelheid S vermenigvuldigd, zodat de minimale detectielimiet Q_m voor de ontgassing dus lager wordt ($p_{\text{totaal}}/I_{\text{totaal}}$ blijft constant).

In figuur 3 zien we het gevoeligheidsniveau, de baseline die lager komt te liggen, afnemen van het grootste diafragma, dia1, tot het kleinste diafragma, dia7. De hogere pieken (2 H_2 , 28 N_2 en 44 CO_2) blijven nagenoeg gelijk; hogere meetstroom door de hogere partieldruk, vermenigvuldigd met de evenredig kleinere pompsnelheid. Opvallend is dat de waterpiek bij massa 18 afneemt. Dit is te verklaren doordat er bij de oplopende partieldruk van water absorptie aan de schone wanden van het vacuümvat plaatsvindt, waardoor de waterpiek minder hard stijgt en vermenigvuldigd met de kleinere pompsnelheid dus effectief zakt. Rond massa 130 zien we de verschillende xenon-isotopen en bij 84 de krypton-isotopen. Dit betekent dat de klep van het kalibratiegas (H_2 -He-N-Ar-Kr-Xe). enigszins doorlekt. Bij de grote diafragma's valt dit lek nog onder het gevoeligheidsniveau, maar bij de kleinere diafragma's wordt dit zichtbaar. Dit toont, weliswaar onbedoeld, aan dat deze diafragmatoepassing in de praktijk goed werkt.

Als een product veel ontgassing heeft, is het niet altijd mogelijk om tot het kleinste diafragma door te gaan omdat de totaal druk dan te hoog wordt. De meting haalt dan niet de ultieme gevoeligheid die bij schone samples gehaald wordt. Het dynamische bereik van de massaspectrometer is dan de beperkende factor.

Het kiezen van het optimale diafragma tijdens de meting is belangrijk. Als je meteen met een klein diafragma begint duurt het afpompen heel lang. De druk blijft dan heel lang hoger dan $1 \cdot 10^{-5}$ mbar en de meting kan dan niet gestart worden. Ook weet je van tevoren niet welk diafragma de optimale pompsnelheid



Figuur 3 Typisch massaspectrum voor de verschillende diafragma's. Bij de kleinste diafragma's 6 en 7 worden kalibratiegas componenten ^{84}Kr en ^{132}Xe duidelijk zichtbaar. Kennelijk lekt de klep naar de kalibratiegascilinder. Het spectrum ziet er overigens verder schoon uit.

geeft voor een gevoelige meting, want die is afhankelijk van de ontgassing van het testobject. Het kunnen wisselen van het diafragma tijdens de meting is dus belangrijk. Om de meest vluchtige verontreinigingen tijdens de initiële eerste 10 uur pompen goed af te voeren is starten met een grote pompsnelheid, dus een grote diafragmaopening dus belangrijk, ook om snel de meting te kunnen starten. Na 10 uur pompen kan dan steeds een kleiner diafragma gekozen worden en kan er gewacht worden tot de druk stabiel (genoeg) is, of – na wachten tot de druk stabiel is – totdat de totaal druk groter is dan $1 \cdot 10^{-5}$ mbar, want dan zal bij het volgende diafragma de totaal druk te hoog worden.

Pompsnelheidskalibratie

Het is belangrijk dat bij elk diafragma steeds de pompsnelheid goed bekend is. Daarom zijn twee gekalibreerde lekken voorzien in de RGA-opstelling.

N_2 gekalibreerd lek

Meestal wordt de pompsnelheid gekalibreerd met N_2 . Een van de gekalibreerde lekken is daarom aangesloten op een stikstofdrukleiding. Met een reduceer kan de druk voor het gekalibreerde lek ingesteld worden. De kalibratie is bij de

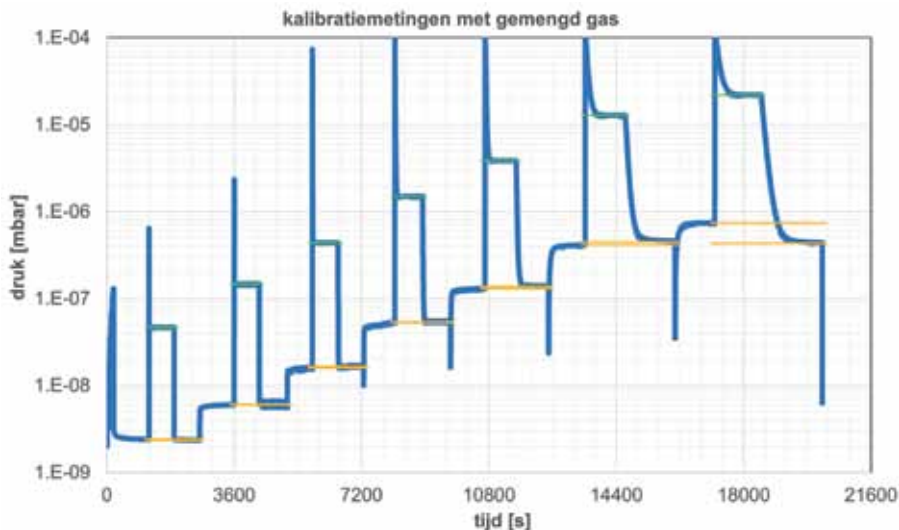
fabrikant verricht bij drie drukken van resp. 1, 2 en 5 bar overdruk. Zo kan bij de grote diafragma's een grotere N_2 druk ingesteld worden om meer verschil druk te meten en bij kleinere diafragma's kan minder N_2 druk gekozen worden om niet boven de maximale druk van $1 \cdot 10^{-5}$ mbar voor de massaspectrometer uit te komen.

De pompsnelheid S volgt uit het drukverschil met het gekalibreerd lek open of dicht:

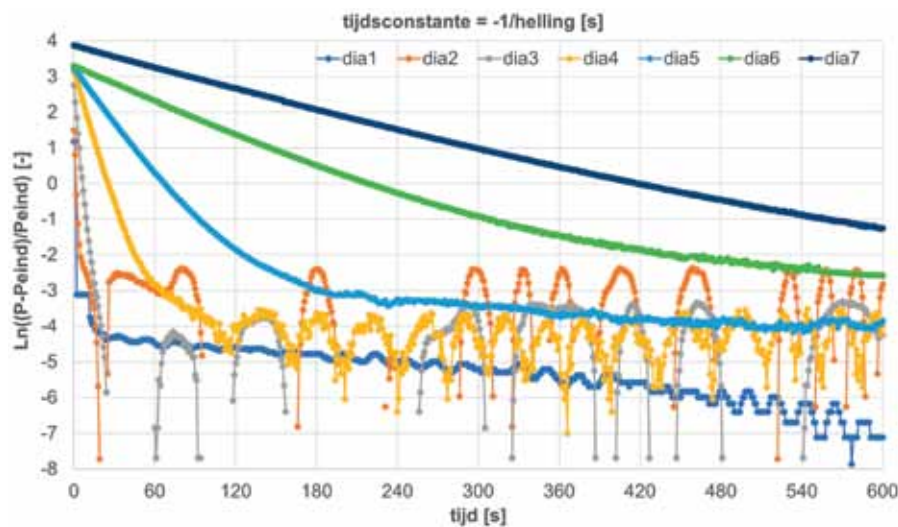
$$S[\text{l/s}] = \frac{Q_{\text{gekalibreerd lek}} [\text{mbar} \cdot \text{l/s}]}{p_{\text{open}} - p_{\text{dicht}}} [\text{mbar}] \quad (2)$$

Menggas-gekalibreerd lek

Om onafhankelijk te meten van de ingangsdruk van de stikstof-inlaat is er een tweede gekalibreerd lek dat is aangesloten op een gasflesje met een gemengde samenstelling: 3% H_2 , 3% He, 1,6% N_2 , 86,4% Ar, 3% Kr, 3% Xe. Het lek is door de leverancier gekalibreerd op $1,73 \cdot 10^{-6}$ mbar-l/s. Dat is zo klein dat, zelfs al staat het gekalibreerd lek continu open, het jaren duurt voordat de druk in het flesje significant zakt. Met viskeuze stroming bij de ingang van het gekalibreerd lek zal het gas in dezelfde samenstelling uit het gekalibreerde lek komen. De verschillende gassen hebben een verschillende ioni-



Figuur 4 Verloop van de druk tijdens een pompsnelheidkalibratie met gemengd gas. Van diafragma 1 (grootste) tot diafragma 7 (kleinste) wordt de druk gemeten met de klep van het gasmengsel dicht, open en weer dicht.



Figuur 5 Logaritme van het drukverloop na het sluiten van de klep van het kalibratiegas.

satiewaarschijnlijkheid [3], zowel bij het ioniseren in de drukmeter als bij het ioniseren in de massaspectrometer. Om hiervoor te corrigeren (relatief ten opzichte van N_2) wordt het lek vermenigvuldigd met een factor 1,29 tot $2,23 \cdot 10^{-6}$ mbar·l/s.

Meer fysica

In dit artikel wordt verder ingegaan op de pompsnelheidkalibratie met dit gemengd gas en wat er uit de gemeten curves nog meer aan interessante fysica te halen is behalve de pompsnelheid.

In figuur 4 is het drukverloop geplot tijdens een pompsnelheidsbepaling met gemengd kalibratiegas. Hierbij wordt vanaf het grootste (dia1) tot het kleinste diafragma (dia7) de druk gemeten met de klep van het gekalibreerde menggas dicht, open en weer dicht. Na elke overgang wordt gewacht tot de druk stabiel is tot minder dan 5% verandering in 10 minuten. Bij het openen van de klep is steeds een hoge piek te zien in de druk. Dit is te verklaren met een klein volume tussen het capillair buisje van het gekalibreerd lek en de klep. Als de klep gesloten is dan loopt dit kleine volume vol met gas tot aan de flesdruk. Bij het openen van de klep komt dan eerst deze puf gas het systeem in, gevolgd door een continue gasstroom uit het gekalibreerde lek. Na enige tijd ontstaat een evenwichtsdruk. Het voor N_2 gecorrigeerde gekalibreerde lek ($2,23 \cdot 10^{-6}$ mbar · l/s) gedeeld door het gemeten drukverschil [mbar] geeft de pompsnelheid [l/s], zoals weergegeven in tabel 2 (p_{dicht} is gemiddeld voor en na het openen).

In de onderste rij van tabel 2 is te zien dat de ontgassing van de meetkamer zelf, $p_{\text{dicht}} \cdot S$, langzaam afneemt tijdens de meting. Door de hogere partiële druk van de verschillende gassen zal er meer herabsorptie aan de wanden plaatsvinden en dus minder netto uitgassing.

In figuur 4 is te zien dat de tijdsconstante waarmee de curves de evenwichtsdruk benaderen groter wordt naarmate het diafragma kleiner wordt. Dit is te verwachten; Het volume van de meetkamer delen door de kleiner wordende pompsnelheid geeft een steeds grotere tijdsconstante waarmee evenwicht bereikt wordt. Het is interessant om te bepalen of deze

Tabel 2 Gemeten druk en berekende pompsnelheden, met een voor N_2 gecorrigeerd gekalibreerd menggaslek ($Q = 2,23 \times 10^{-6}$ mbar·l/s).

diafragma	1	2	3	4	5	6	7
p_{open} [mbar]	$4,67 \cdot 10^{-8}$	$1,47 \cdot 10^{-7}$	$4,36 \cdot 10^{-7}$	$1,50 \cdot 10^{-6}$	$3,87 \cdot 10^{-6}$	$1,28 \cdot 10^{-5}$	$2,19 \cdot 10^{-5}$
p_{dicht} voor [mbar]	$2,40 \cdot 10^{-9}$	$6,01 \cdot 10^{-9}$	$1,60 \cdot 10^{-8}$	$5,26 \cdot 10^{-8}$	$1,30 \cdot 10^{-7}$	$4,12 \cdot 10^{-7}$	$7,42 \cdot 10^{-7}$
p_{dicht} na [mbar]	$2,35 \cdot 10^{-9}$	$6,10 \cdot 10^{-9}$	$1,65 \cdot 10^{-8}$	$5,38 \cdot 10^{-8}$	$1,37 \cdot 10^{-7}$	$4,47 \cdot 10^{-7}$	$4,33 \cdot 10^{-7}$
pompsnelheid S [l/s]	50,4	15,8	5,32	1,54	0,598	0,180	0,105
ontgassing kamer [mbar·l/s]	$1,20 \cdot 10^{-7}$	$9,57 \cdot 10^{-8}$	$8,66 \cdot 10^{-8}$	$8,19 \cdot 10^{-8}$	$8,00 \cdot 10^{-8}$	$7,74 \cdot 10^{-8}$	$6,14 \cdot 10^{-8}$

tijdsconstante inderdaad overeenkomt met het fysieke volume van de meetkamer en de gekalibreerde pompsnelheid. Als de tijdsconstante groter is, dan kan dat duiden op een groter effectief volume, wat kan betekenen dat de wanden van de vacuümketel een rol spelen.

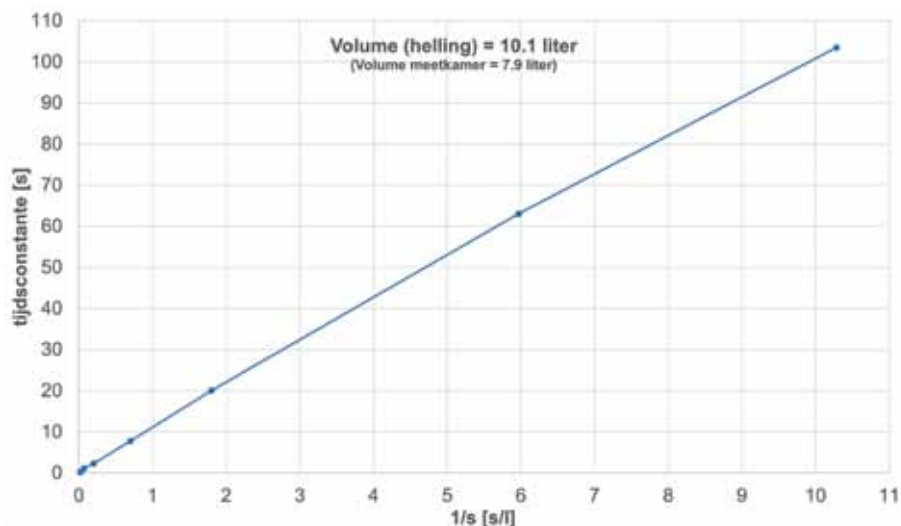
In figuur 5 is steeds na het sluiten van de klep de logaritme van het drukverschil met de einddruk als evenwicht bereikt is, uitgezet tegen de tijd. De gezochte tijdsconstante volgt dan uit de initiële helling van de curve: $t = -1/\text{helling}$. (Als eenmaal evenwicht bereikt is en de druk rond de einddruk ruist dan heeft deze plot geen betekenis meer).

In figuur 6 is het volume V van de meetkamer bepaald uit de helling van de tijdsconstante t tegen de reciproke pompsnelheid, $1/S$.

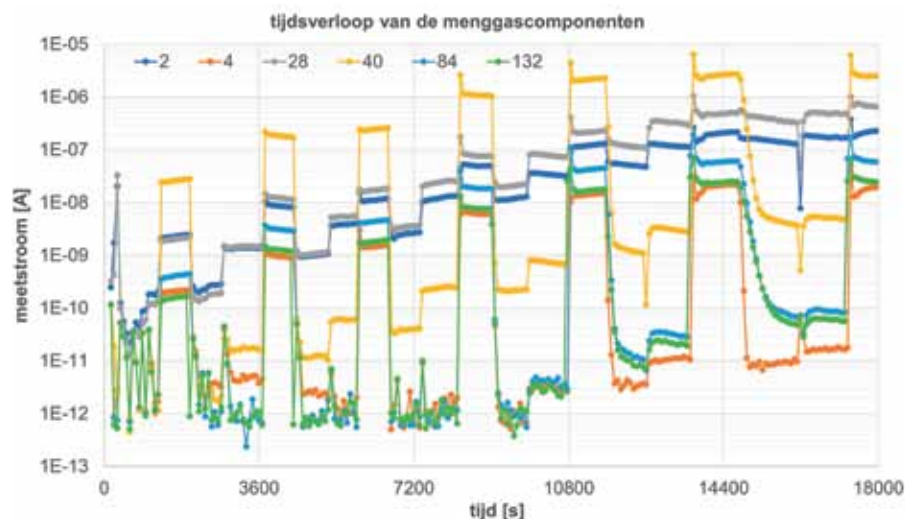
Het uit de tijdsconstanten gevonden volume is iets groter dan het fysieke volume van de meetkamer. Dat is te verwachten omdat de moleculen niet alleen in het volume bewegen, maar ook op de wanden een tijdje blijven kleven. Dat het gemeten volume slechts 38 % groter is betekent dat de edelgassen nauwelijks aan de wanden hechten. De curves om de tijdsconstante te bepalen in figuur 5 gaan niet met een scherpe knik over op de stabiele einddruk, maar naderen deze met een flauwe helling. Dit kunnen dan achtergrondgassen zijn van zwaardere moleculen die wel langere tijd aan de wanden hechten.

Massaspectrum

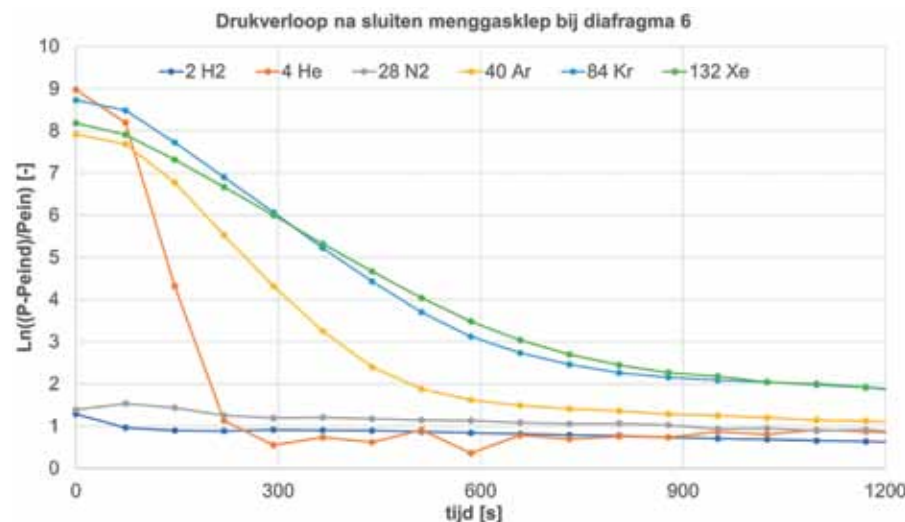
Tijdens de pompsnelheidkalibratie is ook het massaspectrum gemeten. Het tijdsverloop van de pieken van de componenten uit het kalibratiegasmengsel is weergegeven in figuur 7. Hierin is weer zichtbaar dat bij de kleinere diafragma's de tijdsconstante na het open zijn en weer sluiten van de klep toeneemt. Bij diafragma 7 is de meting gestopt omdat de totaal druk te hoog werd. Voor diafragma 6 is de tijdsconstante lang genoeg om een redelijk aantal scans van het massaspectrum te maken gedurende de overgang na het sluiten van de kalibratieklep.



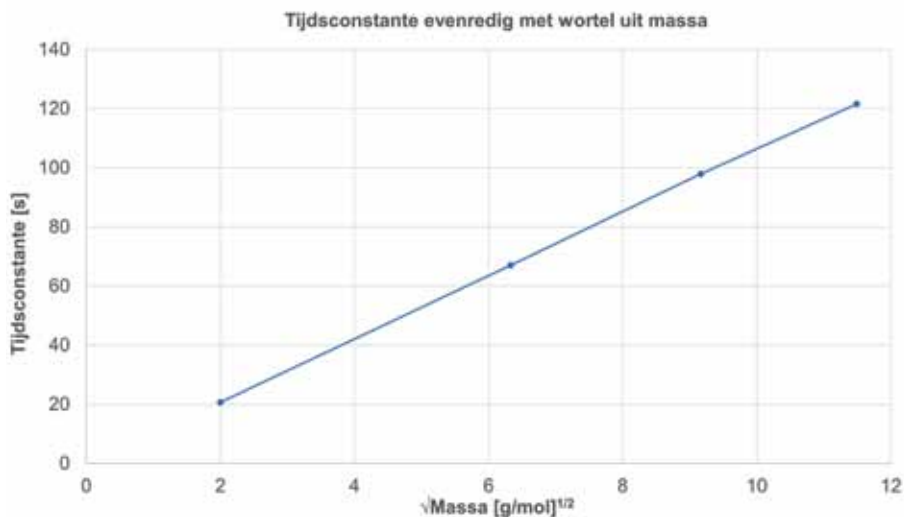
Figuur 6 De helling van de tijdsconstante tegen de reciproke pompsnelheid geeft een volume.



Figuur 7 Massaspectrum van het gasmengsel tijdens de pompsnelheidkalibratie.



Figuur 8 Logaritme van het drukverloop vanaf het sluiten van de menggasklep voor verschillende massa's.



Figuur 9 De tijdsconstante is evenredig met de wortel uit de moleculaire massa.

Nu kunnen we de tijdsconstante gaan bepalen per massa middels de logaritme van het drukverloop zoals te zien in figuur 8.

De curves voor H₂ en N₂ lopen vlak. Dit komt doordat deze gassen ook in de achtergrond van de ketel zelf zitten en deze waarden variëren daardoor niet veel.

Het volume van de meetkamer is constant en de hechting van de edelgassen aan de wanden is gering. Het verschil in tijdsconstante moet daarom in de pompsnelheid zitten. In theorie is de pompsnelheid voor een dun diafragma in een vrije moleculaire stroming evenredig met de thermische snelheid van de moleculen v_{th} [2].

$$S = \frac{1}{4} \cdot v_{th} \cdot A \quad (3)$$

De thermische snelheid [2] is afhankelijk van de molaire massa, M_n , de gasconstante R en de temperatuur T . Deze wordt constant gehouden op 30 °C.

$$\frac{1}{2} \cdot M_n \cdot v_{th}^2 = \frac{3}{2} \cdot R \cdot T \quad (4)$$

De thermische snelheid is omgekeerd evenredig met de wortel van de massa, de tijdsconstante is dan evenredig met de wortel uit de massa. Dit is te zien in figuur 9. Uit de helling is weer het volume van de meetkamer te bepalen middels vergelijking 3 t/m 5 en die komt op 6,6 liter. Dit is net iets kleiner dan het fysieke volume. Dat is gedeeltelijk te ver-

klaren doordat de pompsnelheid kleiner is dan alleen de pompsnelheid van het diafragma omdat deze in serie staat met de pomprestrictie van het stralingsschild voor de turbopomp.

Conclusies

Het hierboven beschreven RGA-meetsysteem heeft een grotere gevoeligheid bij het meten van een massaspectrum dan standaardssystemen, met name door het verstelbare diafragma. Dit diafragma kan tijdens een meting de pompsnelheid regelen, waardoor het volle dynamische bereik van de massaspectrometer altijd benut wordt. Tijdens het initiële pompen wordt het grootste diafragma gebruikt om snel de meest vluchtige verontreinigingen af te voeren en snel met de meting te kunnen starten zodat ook het dynamische verloop van de ontgassing tijdens het afpompen gemeten kan worden.

Partiële ontgassing tot $1 \cdot 10^{-13}$ mbar·l/s kunnen gemeten worden.

Voor schone samples is een oppervlak van 200 cm² voldoende om een goed meetsignaal te hebben. Vieze samples zijn bij voorkeur kleiner om eerst met het grootste diafragma snel af te pompen tot een druk kleiner dan $1 \cdot 10^{-5}$ mbar zodat de meting gestart kan worden en het afpomperverloop tijdens de eerste 10 uur gevolgd kan worden. Daarna kan het diafragma verkleind worden om weer het volle dynamische bereik van de massaspectrometer te benutten.

De tijdsconstantes bij edelgassen komen overeen met de fundamente van vrije moleculaire stroming. Het hieruit afgeleide volume van de meetkamer klopt met het fysieke volume binnen 25%, wat netjes is gezien de eindige nauwkeurigheiden waarmee de tijdsconstantes bepaald kunnen worden.

Er zijn meerdere tijdsconstantes te zien, veroorzaakt door achtergrondgassen. Hieruit is de verblijftijd van verschillende gassen aan de wanden van het systeem te bepalen, maar het is moeilijk om te correleren welk gas dan hoe lang blijft plakken. Vanuit de vacuümtechniek zijn dit wel interessante gegevens om te bepalen welke gassen meer of minder schadelijk zijn in het systeem en welke oppervlaktebehandelingen zorgen voor minder absorptie van verontreinigingen.

Referenties

- 1 www.nts-group.com
- 2 *Basisboek vacuümtechniek*, Suurmeijer, Mulder, Verhoeven, NEVAC
- 3 <https://www.leybold.com/en/knowledge/vacuum-fundamentals/mass-spectrometers/ionization-and-partial-pressure-measurement>

(PhD) Student?

NEVAC beloont je verhaal met 1000 of 250 euro!



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

Niet-Nederlandstaligen mogen in het Engels schrijven.

De volgende deadline is 1 februari 2024. Inzendingen kunnen naar: redactie@nevac.nl.

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

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

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

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

The next deadline is 1 February 2024. Send your contribution to: redactie@nevac.nl.

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

NEVAC rewards your article with 1000 or 250 euro!

Stel je voor: Pieter Heidema

Waar werk je en wat is je functie?

Ik ben technical sales engineer bij de firma Vacuubrand uit Wertheim in Duitsland.

Hoelang werk je daar en wat deed je daarvoor?

Ik ben in 2021 begonnen bij Vacuubrand. Daarvoor heb ik drie jaar bij MKS Instruments gewerkt, en was daar verantwoordelijk voor de instrumenten die MKS in zijn portfolio had. Ik had toen onder andere veel contact met Thermo Fisher Scientific in Eindhoven, Brno en Bremen. Maar ik was ook actief op andere gebieden, zoals microgolfgeneratoren die worden toegepast in vele niet-vacuümtoepassingen. Omdat ik bij MKS begon heb ik twaalf jaar bij Pfeiffer Vacuum gewerkt. Daar was ik onder meer verantwoordelijk voor de verkoop, ondersteuning en advies voor de vacuümpompen, groot en klein, en de lektesters en de overige producten in hun portfolio bij de relaties van Pfeiffer Vacuum.

Welke opleiding heb je gevolgd?

Ik heb de Leidse Instrumentmakers School in Leiden afgeemaakt in 1994, en ben daarna in het onderwijs werkzaam geweest. Al snel daarna ben ik in het bedrijfsleven aan de slag gegaan als technical trainer bij Nikon en Canon, op de toentertijd nog stepper- en scanner-lithografietechnologie, waar we nu ASML goed van kennen.

Wanneer kwam je voor het eerst in aanraking met vacuümtechniek?

Na een reorganisatie ben ik bij Hoya Lens terechtgekomen waar ik als proces engineer verantwoordelijk was voor de ontspiegelende coating op de bij Hoya Lens geproduceerde brilglazen. Dat is, naast een siliconencoating die door middel van siliconendippingtechniek werd aangebracht, een coatingproces dat met behulp van een grote industriële opdampmachine werd aangebracht: een puur vacuümproces. Hier is mijn interesse in de vacuümtechniek ontstaan, en het was ook mijn eerste echte vacuümbeleving. Via deze ervaring en interesse ben ik bij Pfeiffer Vacuum terechtgekomen.

Waarom ben je lid van de NEVAC?

Ik ben lid geworden doordat ik de vacuümcursus van de NEVAC had gedaan, en ja dan is het vanzelfsprekend dat je

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



lid wordt. Ik ben ook een tijd geen lid geweest hoor. Toen las ik het *NEVAC blad* via Pfeiffer of MKS die bedrijfslid zijn van de NEVAC. Maar nu moest ik als toekomstige secretaris natuurlijk het goede voorbeeld geven en ben alweer ruim twee jaar lid.

Op welke manier heeft je werk te maken met vacuümtechniek?

Vacuubrand is een Duitse firma die een eigen productie heeft in Wertheim voor een aantal type vacuümpompen zoals de mebraanpomp, of de draaischijfpomp. Vacuubrand heeft ook een eigen corrosiebestendige schroefpomp ontwikkeld. Met deze technische oplossingen kom je op heel veel verschillende plaatsen met applicaties waar de gebruiker vacuüm toepast voor zijn proces of probleem, en elke keer weer met een hele andere andere blik. Dat zet je als vacuümspecialist weer aan het denken, hoe gaan we daar een mooie werkbare oplossing voor bedenken?

Wat vind je het verrassendste dat je in je werk hebt meegemaakt op het gebied van vacuümtechniek?

Het ene moment sta je in de Large Space Simulator bij de

Agenda

23-26 juli 2023

ALD/ALE 2023: 23rd International Conference on Atomic Layer Deposition (ALD 2023)
Bellevue, Washington, VS

28 augustus - 1 september 2023

36th European Conference on Surface Science
Lodz, Polen

10 - 15 september 2023

15th International Symposium on Fusion Nuclear Technology
Porquerolles, Frankrijk

17 - 21 september 2023

The 20th IUVSTA School Vacuum Gas Dynamics
Las Palmas, Gran Canaria

25-29 september 2023

14th International Vacuum Electron Sources Conference (IVESC 2023)
University of Tsukuba, Japan

26-27 september 2023

Fifth DSPE conference on precision mechatronics
De Ruwenberg, Sint Michielsgestel.

15 - 19 oktober 2023

93rd IUVSTA workshop on Advances in the characterization of surface engineering structures, coatings, and thin films
Seggau, Oostenrijk

5-11 november 2023

AVS 69th International Symposium & Exhibition
Oregon Convention Center, Portland OR, VS

15-16 november 2023

Precisiebeurs
Brabanthallen, Den Bosch

4-6 augustus 2024

24th International Conference on Atomic Layer Deposition (ALD 2024)/ 11th International Atomic Layer Etching Workshop (ALE 2024)
Helsinki, Finland

september 2025

IVC-23, 23rd International Vacuum Congress
Sydney, Australië

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

ESA in Noordwijk waar een hele satelliet in een vacuümkamer met een hoog vacuüm van zeker 10^{-7} mbar wordt getest, en de andere keer sta je te praten over een oplossing: welke vacuümpompen worden gebruikt voor een onderzoek naar een moleculaire motor op moleculair niveau op een universiteit in Groningen.

Wat mij heel erg heeft verrast is zijn de toepassingen in de chemische en klinische laboratoria. Wij vacuümtechnen zien het als vanzelfsprekend dat een elektronenmicroscop van Thermo Fisher Scientific wordt toegepast in het onderzoek naar het ons nog in het geheugen gegrifte COVID. Maar aan de basis van het onderzoek naar de kweek van de microben wordt in de laboratoria ook heel erg veel vacuüm toegepast voor het verwijderen van het vocht rondom de celcultuur. Hierbij moet je er dan voor zorgen dat de celcultuur intact blijft, terwijl het vocht wordt verwijderd. Daar was ik zelf erg verbaasd over. Dit noem ik weleens grappend "het vergeten vacuüm".

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

Ik denk dat de NEVAC op dit moment goede bruggen slaat om bestendig de toekomst in te kunnen gaan. We zijn zichtbaar op de Precisiebeurs, zorgen dat de NEVAC-dag aantrekkelijker wordt door een breder aanbod van sprekers te creëren. De NEVAC is ook op een mooie manier bezig om de Leidse Instrumentmakers School te helpen vacuüm/cryogene lessen te verzorgen, en voor het leerjaar 2023/24 staat daar quantum computing op het lesprogramma. Bij de LIS zitten de toekomstige engineers die echt een keer in aanraking gaan komen met 'ons' vacuüm en onze passie. Het zou mooi zijn als we daar eens een NEVAC-dag kunnen organiseren, met de achterban en huidige studenten van de LIS erbij. Wij hebben altijd makers nodig die met het vacuüm aan de slag gaan. Hoe mooi zou het zijn wanneer zij samen met ons optrekken. **Op dit gebied moeten we juist de gemiddelde vrije weglengte onderling kleiner maken in plaats van groter.**

Vacuümtechniek wordt toegepast in heel veel vakgebieden, maar we zien niet altijd de hele markt die er is en die moeten we in onze focus houden. Vacuüm begint niet bij 10^{-7} mbar, maar al bij een beetje onder de 1 atmosfeer.



Pioneering products. Passionately applied.

Does your vacuum gauge measure up? Ours do!

Active gauges from 2000 to 10^{-10} mbar for high reliability and peace of mind.

Due to physical characteristics, no single vacuum sensor exists which is capable to perform high-precision measurements within the entire pressure range. For this reason Leybold offers sensors of different designs with own characteristic measurement range, usually spanning several orders of magnitude. The main differentiating factors are between direct and indirect pressure measurements.



Leybold Nederland B.V.

Floridadreef 102, NL-3565 AM Utrecht
sales.ut@leybold.com
www.leybold.com

