

Chemische reinheid van producten

Freek Molkenboer



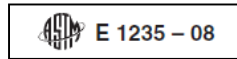
WE SHARE THE KNOWLEDGE

Inhoudsopgave

- **Wat is chemische reinheid, definitie en voorbeelden van werkgebieden waar chemische reinheid essentieel is voor het goed functioneren van een systeem**
 - Definitie chemische reinheid
 - Lithografie
 - Inspectie apparatuur
 - Aard observatie / Ruimtevaart
 - Quantum computers
- **Plan van aanpak vanuit een praktijk voorbeeld**
 - Opstellen van eisen
 - Realisatie van eisen
 - Valideren van eisen
- **Conclusie**

Wat is chemische reinheid

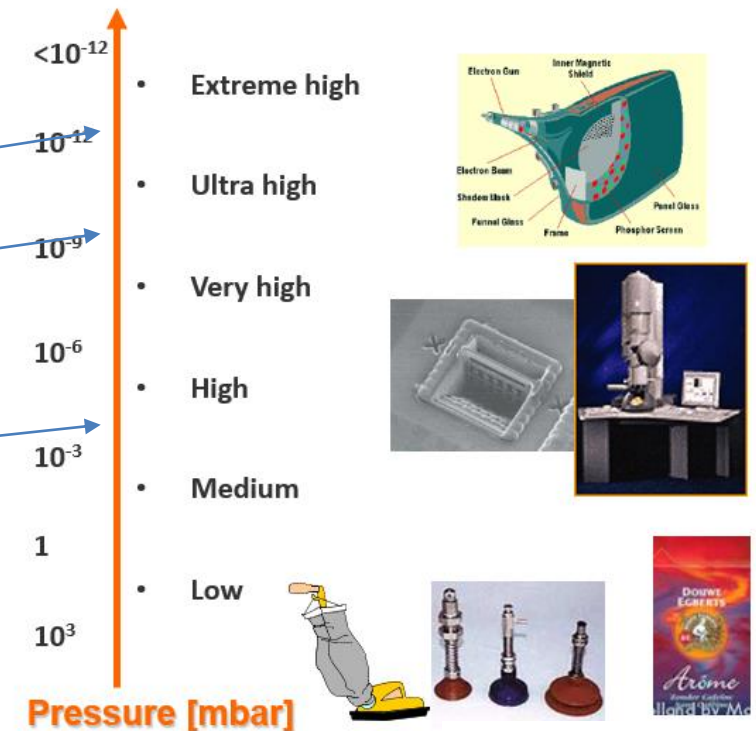
- **Chemische vervuiling is**
 - Any substance in or on the surface that can, by its chemical nature, adversely effects the product, process or equipment
- **Chemische vervuiling kan optreden door**
 - Moleculaire vervuiling (b.v. koolwaterstoffen (vetten), water en zuurstof, ...)
 - Deeltjes vervuiling (organisch, in-organisch)
 - Vervuiling in het bulkmateriaal dat vrijkomt
 - Interactie van bulkmaterialen met processen in het vacuüm



3.1.6 *contaminant, n*—unwanted molecular and particulate matter that could affect or degrade the performance of the components upon which they reside.

Vacuüm

- Een vacuüm is een ruimte zonder materie en zonder druk [wikipedia]
 - In praktijk is een ruimte zonder druk en materie niet haalbaar
 - 10^{-12} mbar heeft nog steeds 10^5 moleculen per cm^3
 - 10^{-6} mbar geeft 1 monolaag aangroei per seconde
- Vacuüm heeft vele toepassingsgebieden
- In “big science” vanaf high vacuüm
 - CERN en op de maan
 - SEM
 - TL lamp



EUV lithografie

- Steeds kleinere microchips, met nieuwe lithografie methode

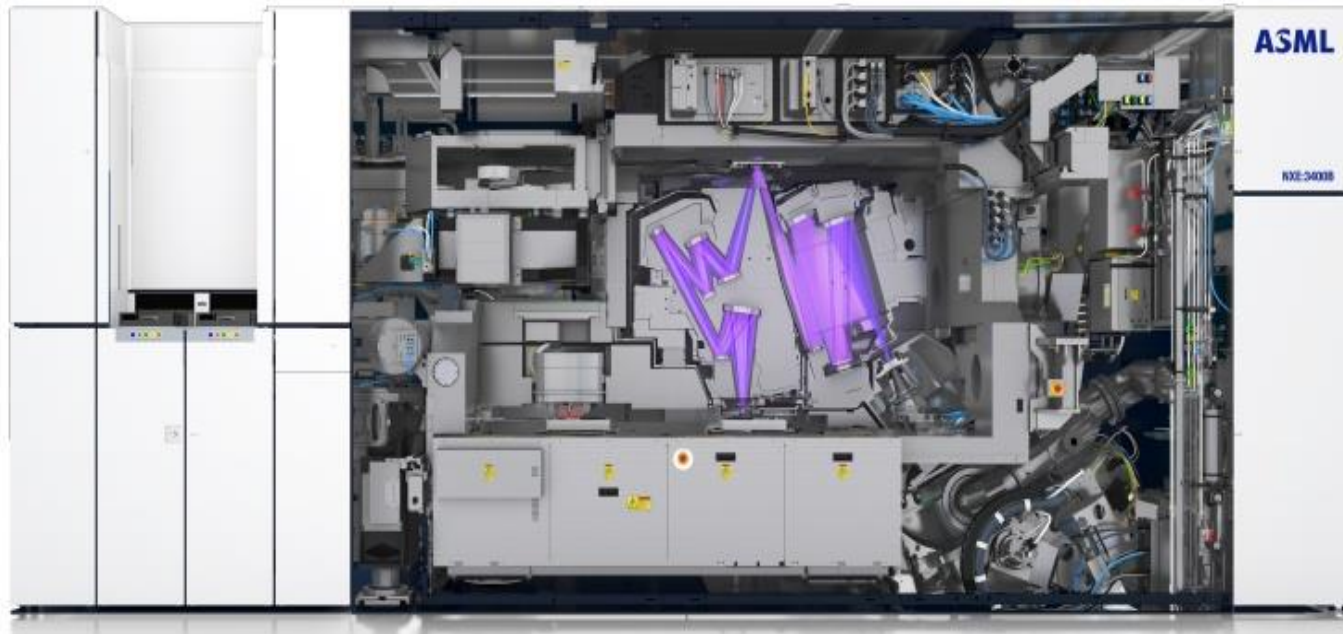


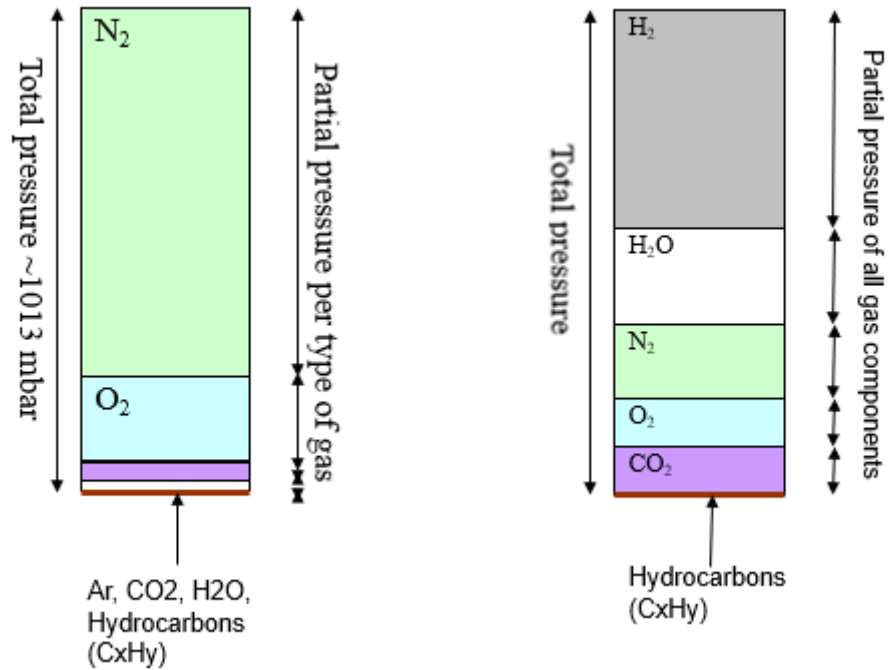
Foto: ASML

- EUV lithografie
- Golflengte: 13.5 nm
- **In ultra-schoon vacuum**
- Spiegels in plaats van lenzen



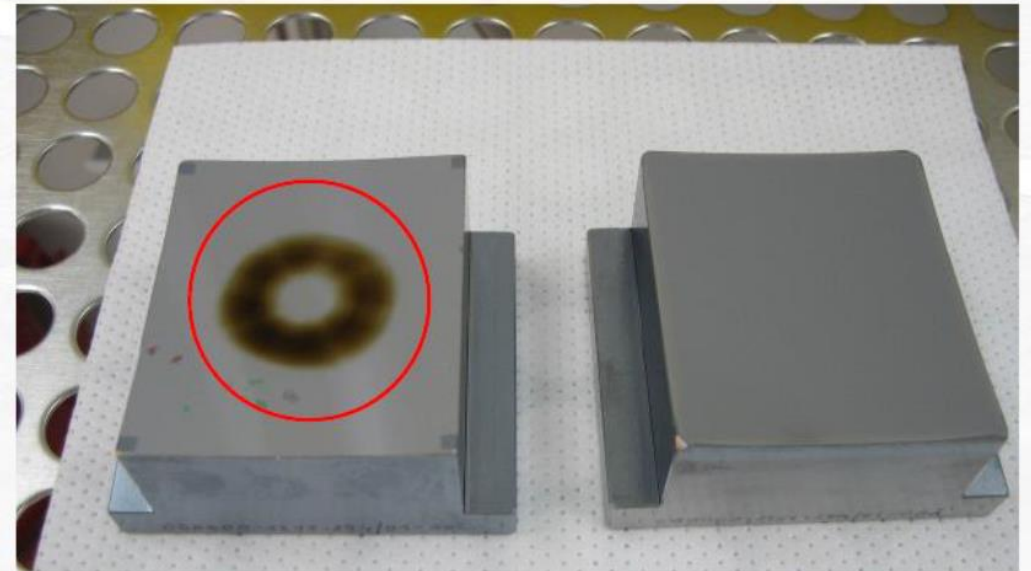
Foto: Carl Zeiss SMT

EUV lithografie



Contamination = decreased reflectivity

Contamination on illumination optics mirror N1 (old vs. new)

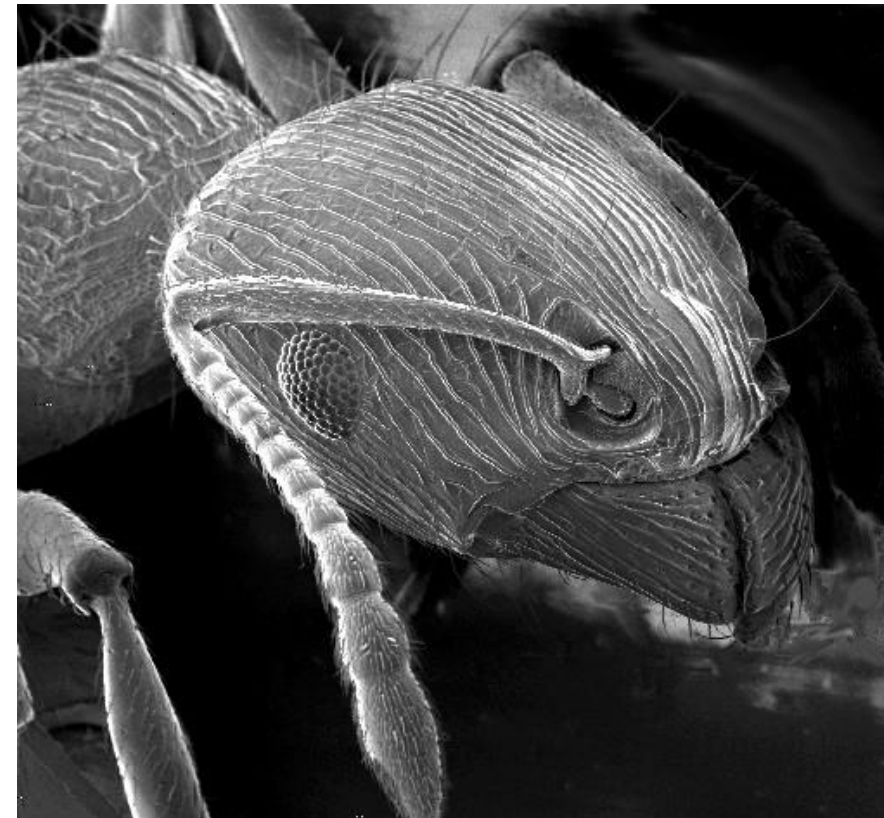
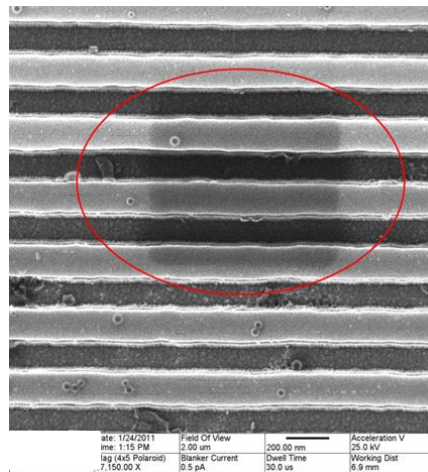
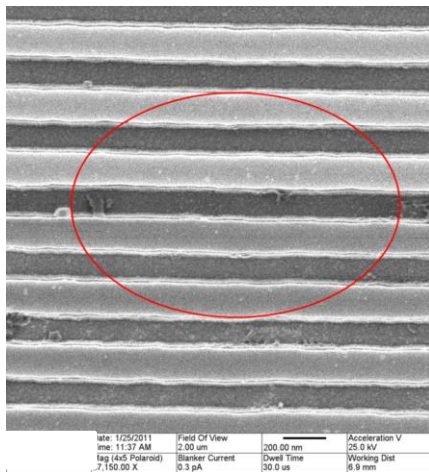


NIST
National Institute of
Standards and Technology
U.S. Department of Commerce

Intel
Bron: A plan to measure EUV resist contamination in the presence of hydrogen: Robert Berg (NIST) et al.: 2015 International workshop on EUV lithography, Maui, Hawaii

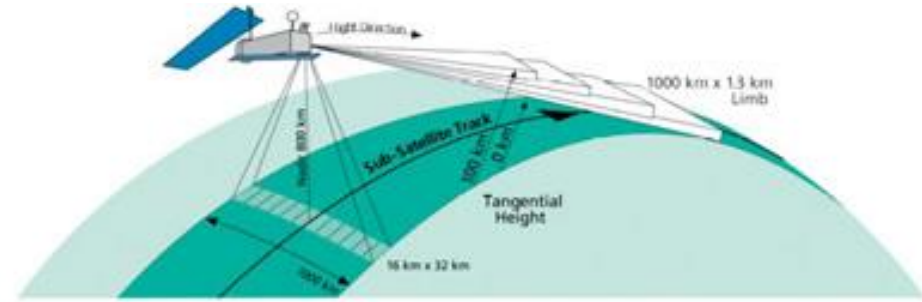
inspectie apparatuur

- Scanning Electron Microscopy (SEM)
- Transmission Electron Microscopy (TEM)
- Focus Ion Beam (FIB)



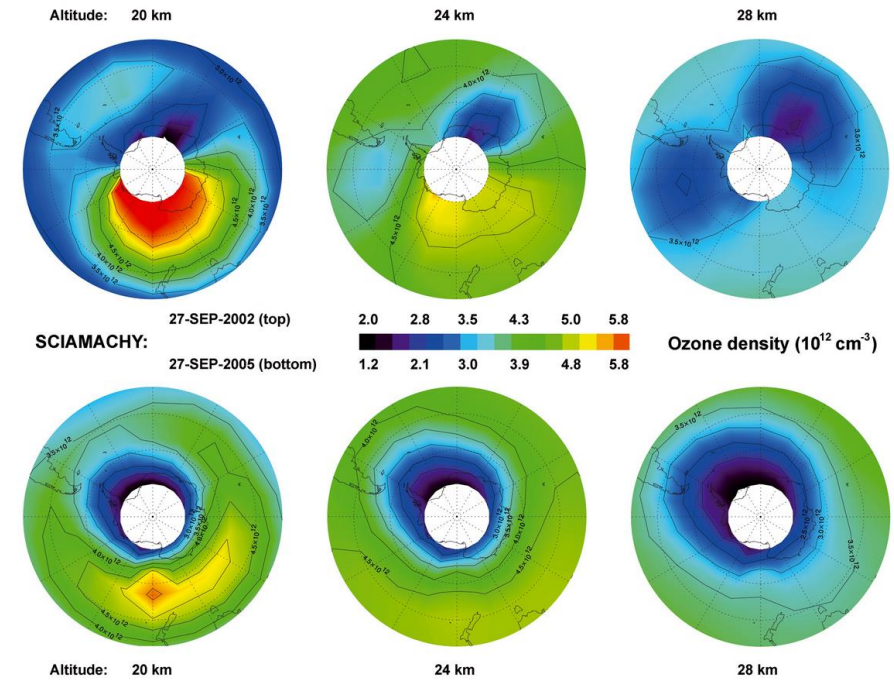
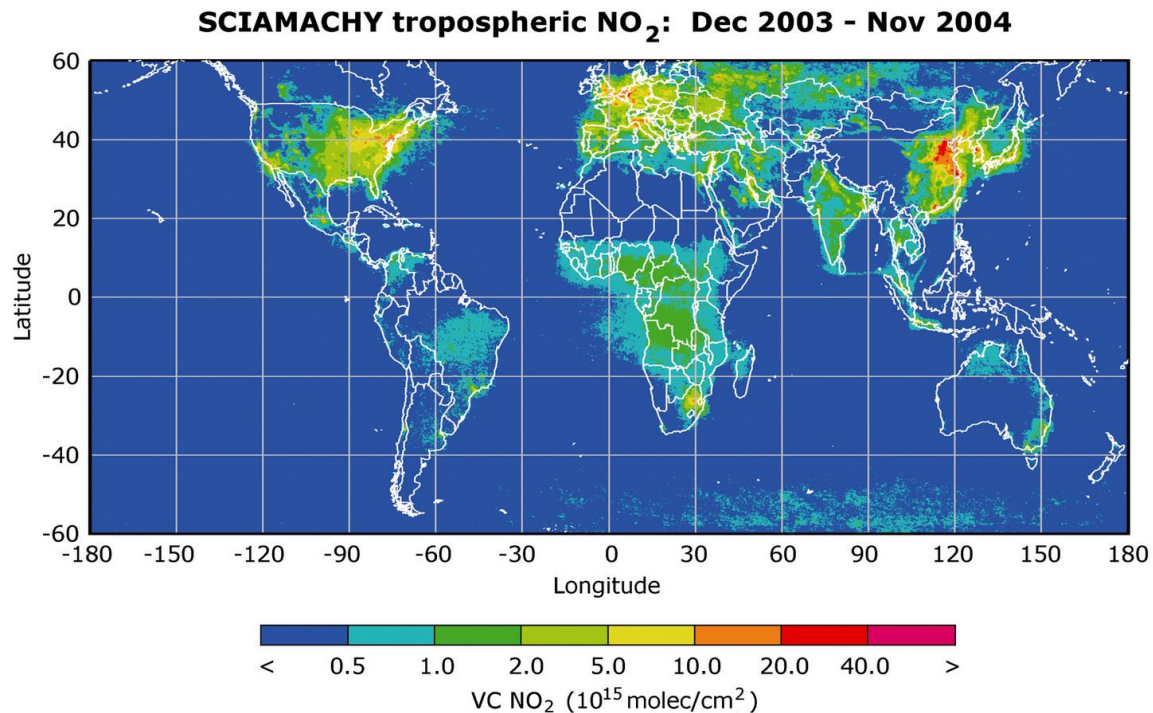
<http://usgsprobe.cr.usgs.gov/picts.html>

aard observatie



- **SCIAMACHY**

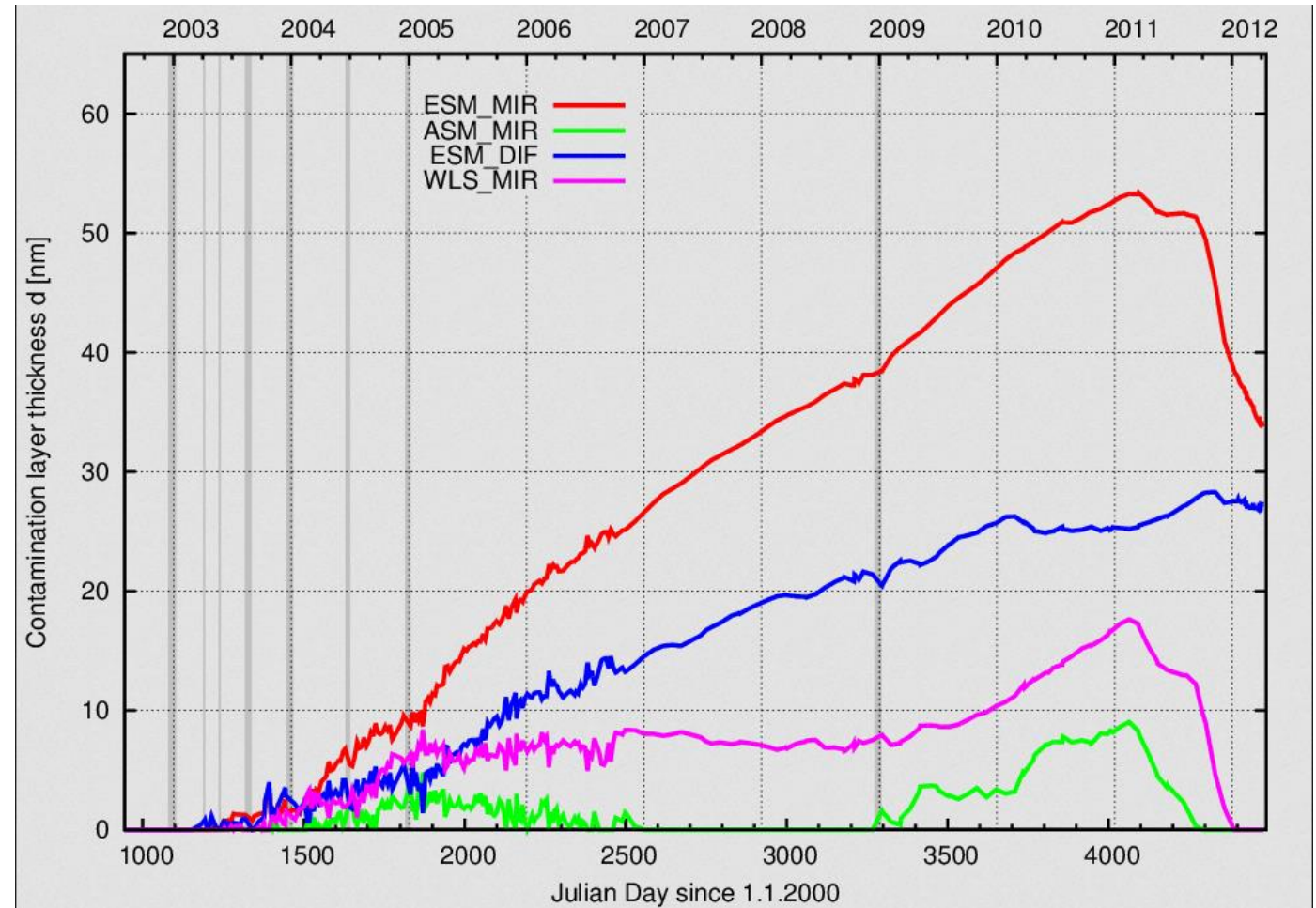
- Kijkt naar verschillende gassen in de atmosfeer



https://atmos.eoc.dlr.de/projects/scops/sciamachy_book/sciamachy_book_figures/chapter_10_figures.html

aard observatie

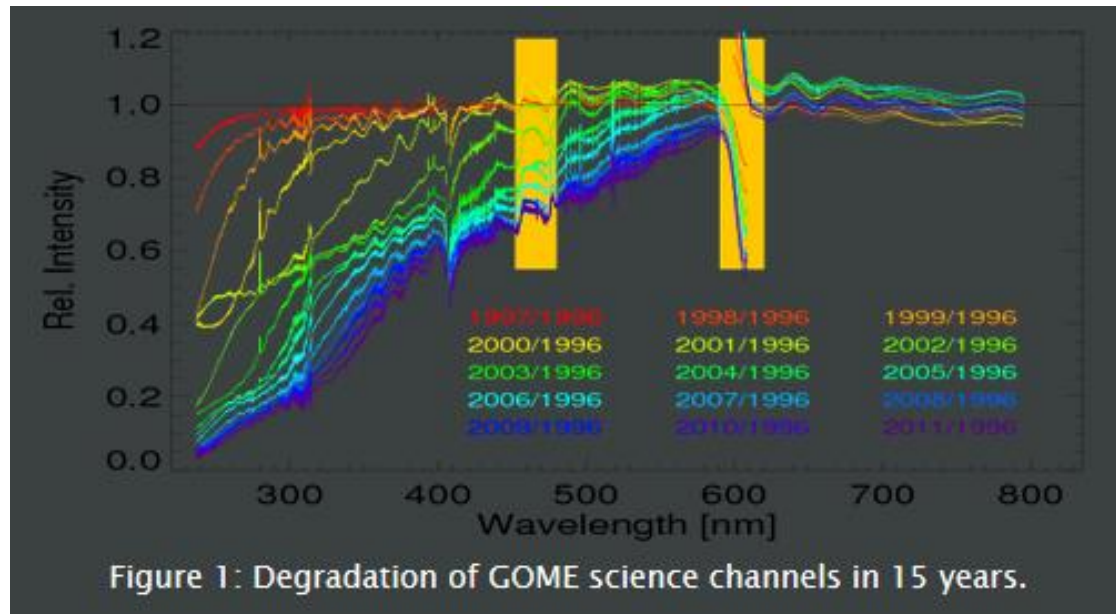
- **SCIAMACHY**



<http://www.iup.uni-bremen.de/sciamachy/mfactors/index.html>

aard observatie

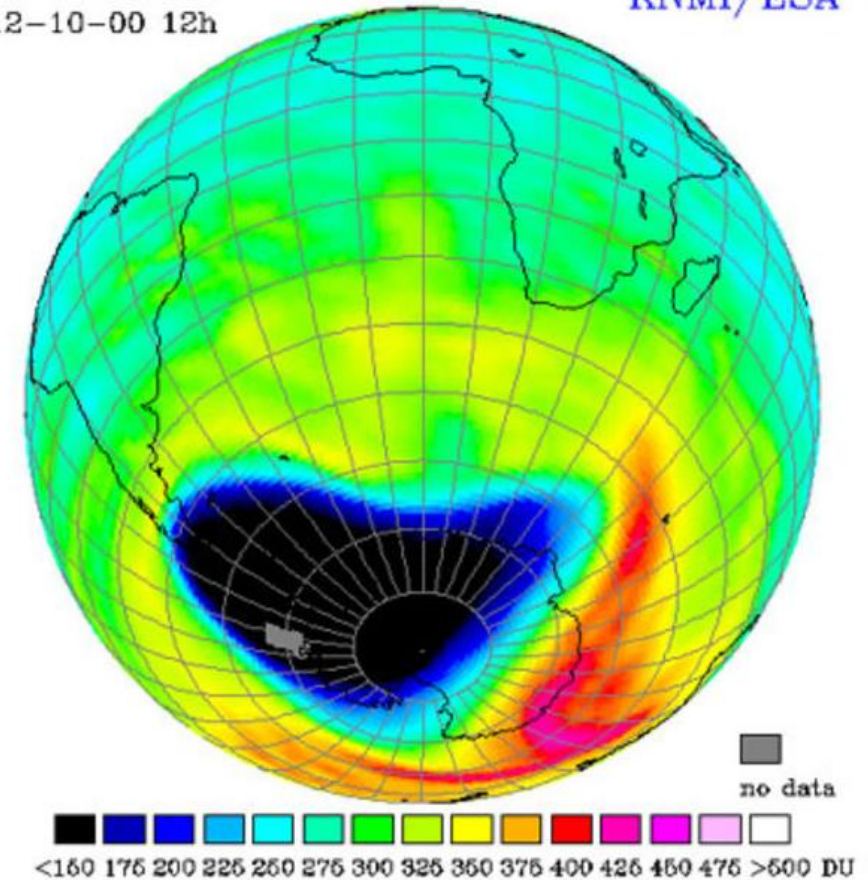
- **GOME**
 - Ozone, NO₂



<https://atmos.eoc.dlr.de/atmosweb/gome/degradation.html>

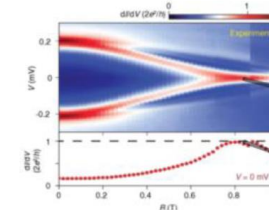
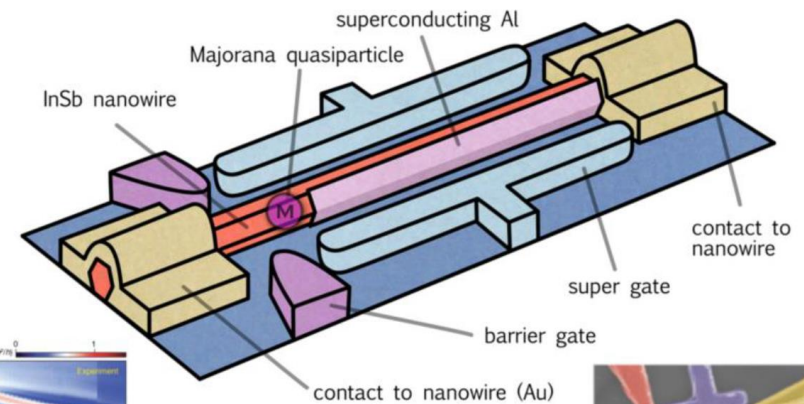
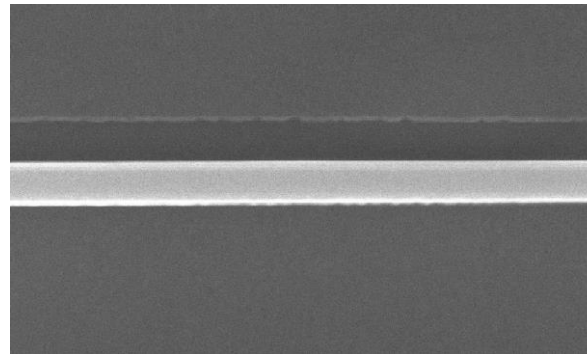
Assimilated GOME total ozone
12-10-00 12h

KNMI/ESA

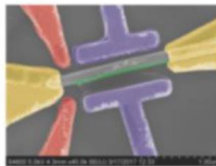


Quantum computers

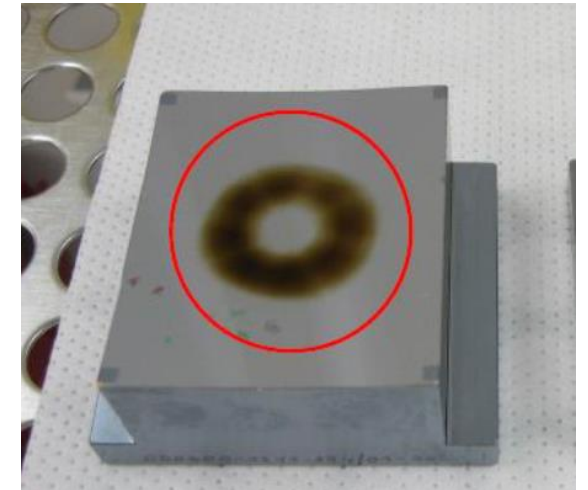
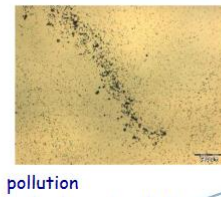
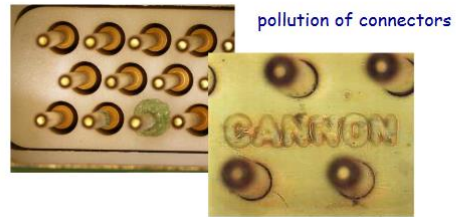
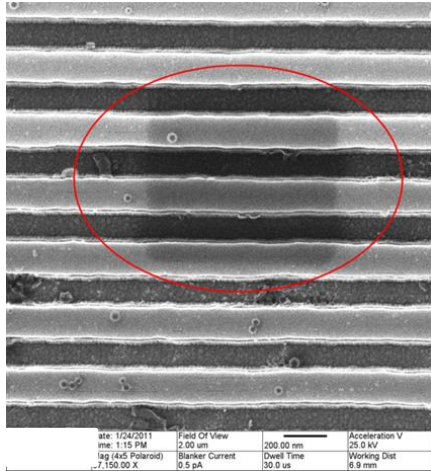
 =  &  → Science & Engineering



Majorana peak
full quantized conductance



Conclusie



Delphine Faye (CNES) VCCN symposium 2013

Praktijk voorbeeld EBL2

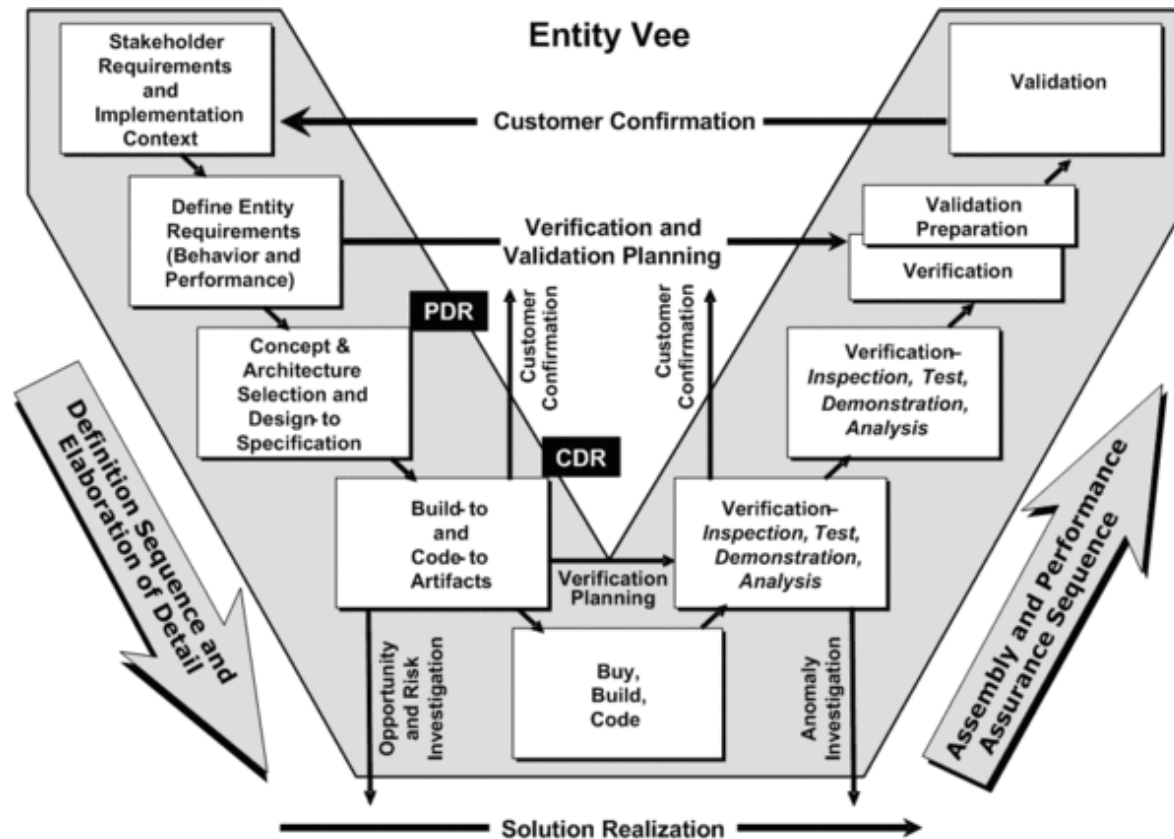
EBL2

- EBL2 is een onderzoeksfaciliteit van TNO die gebruikt wordt voor het onderzoeken van levensduur van onderdelen die EUV zien
- Ultra-schoon vacuüm
- Verschillende gassen



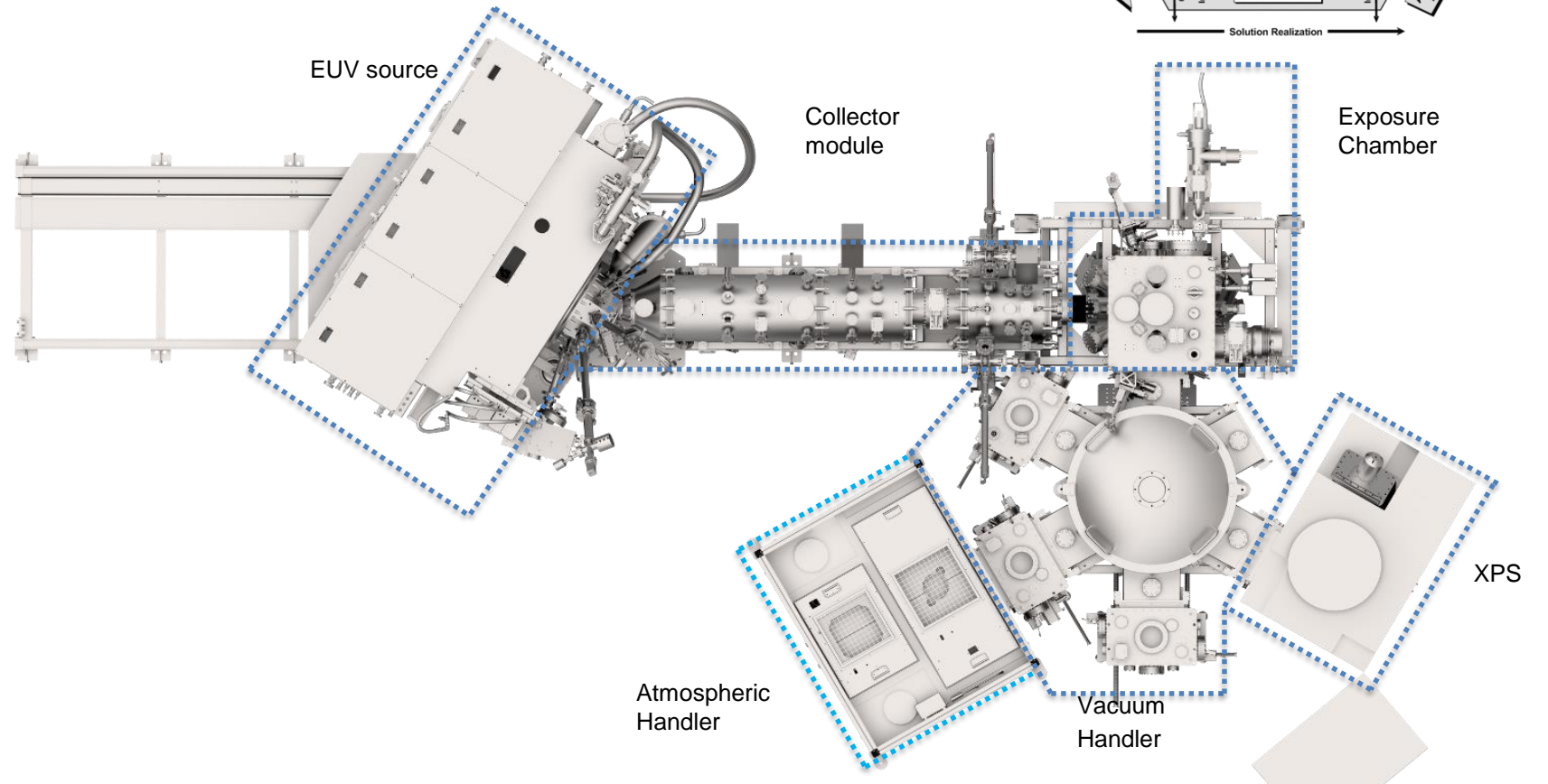
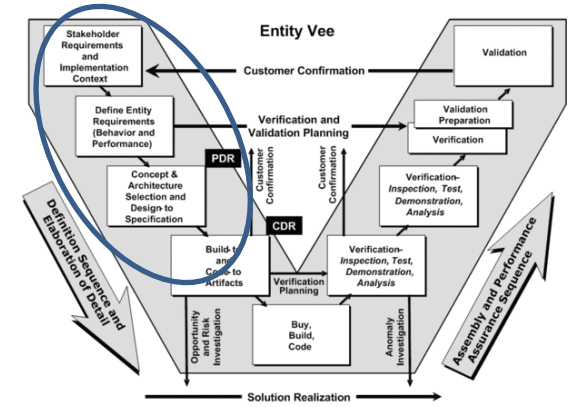
Praktijk voorbeeld EBL2

- **Systeem aanpak**
 - Vervuilingsbudget

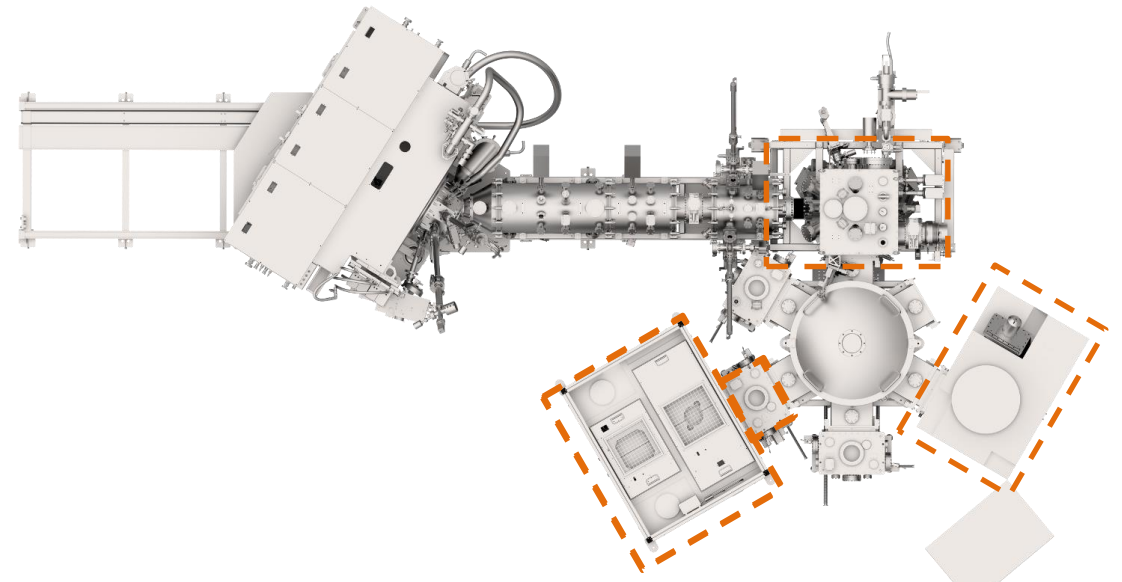
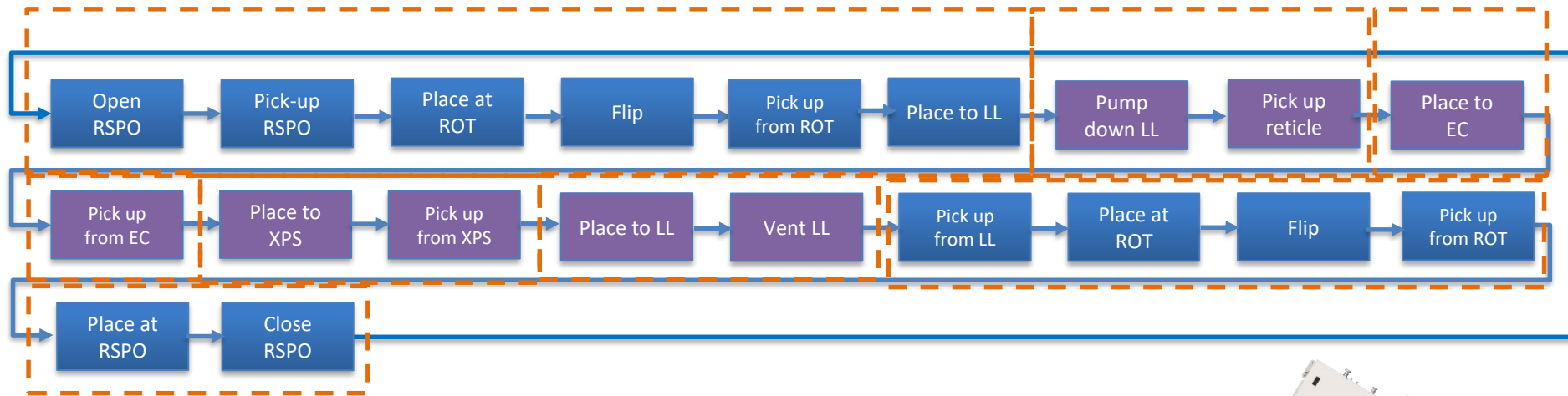


Ontwerp EBL2

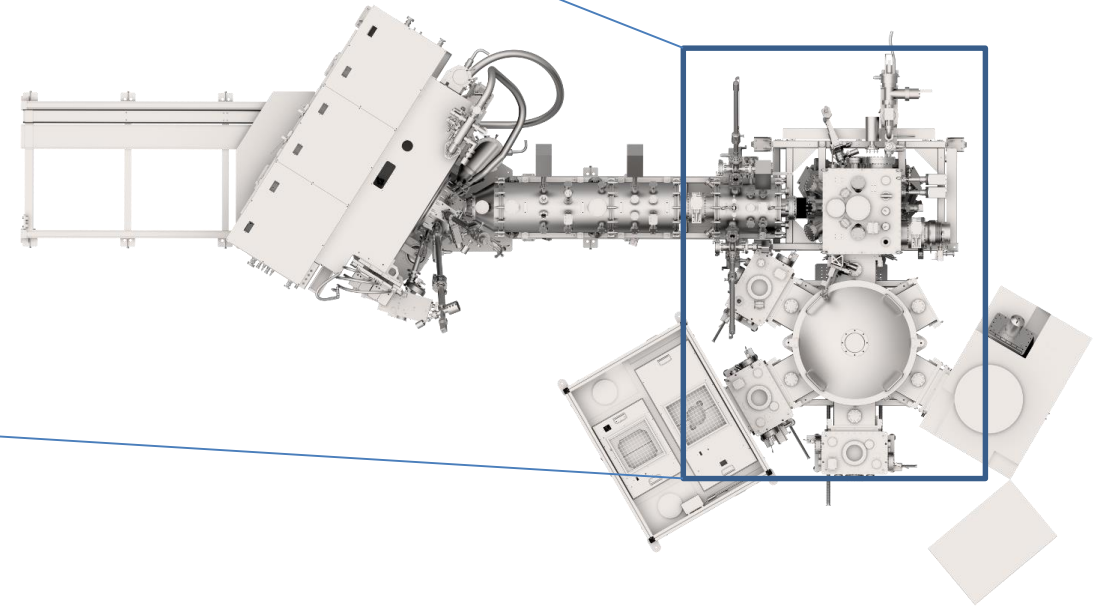
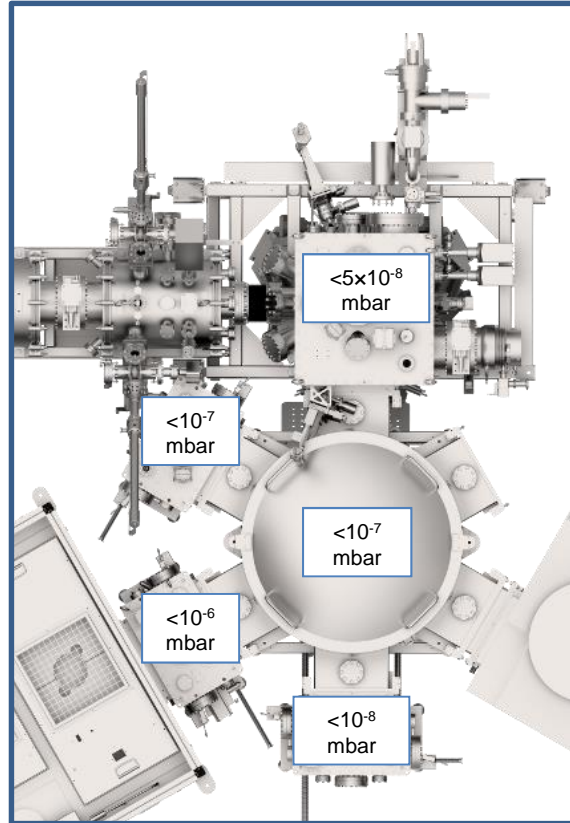
- Extreem schoon op de juiste plaatsen



Sample flow

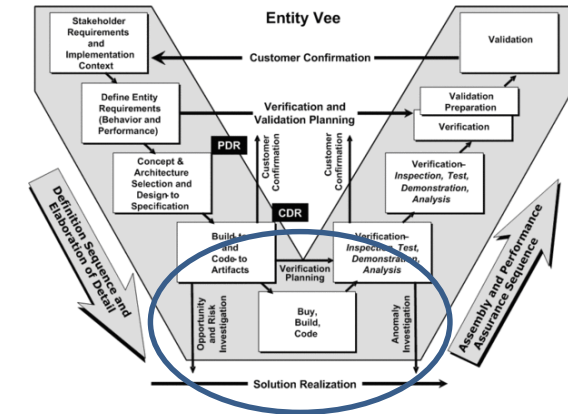


EBL2: vacuüm



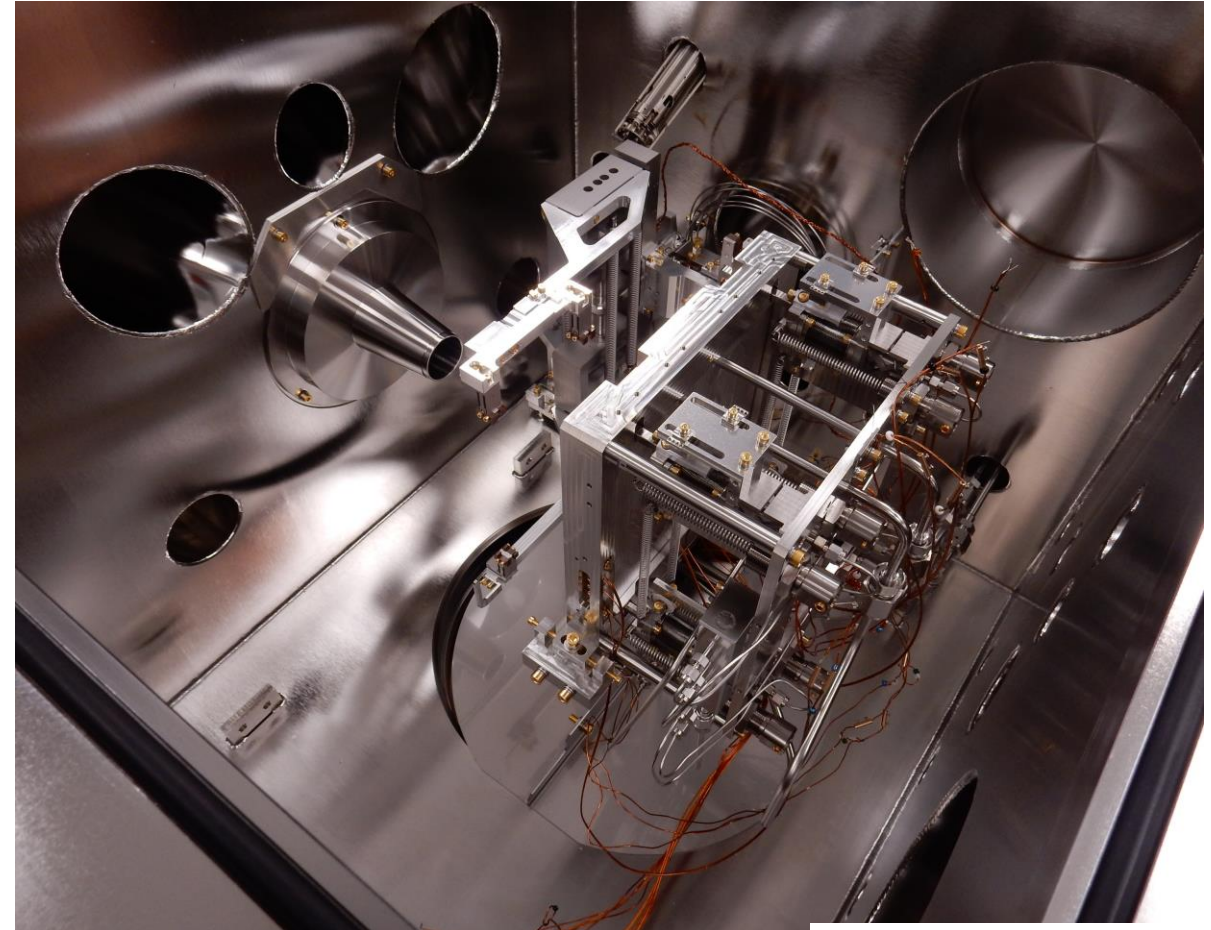
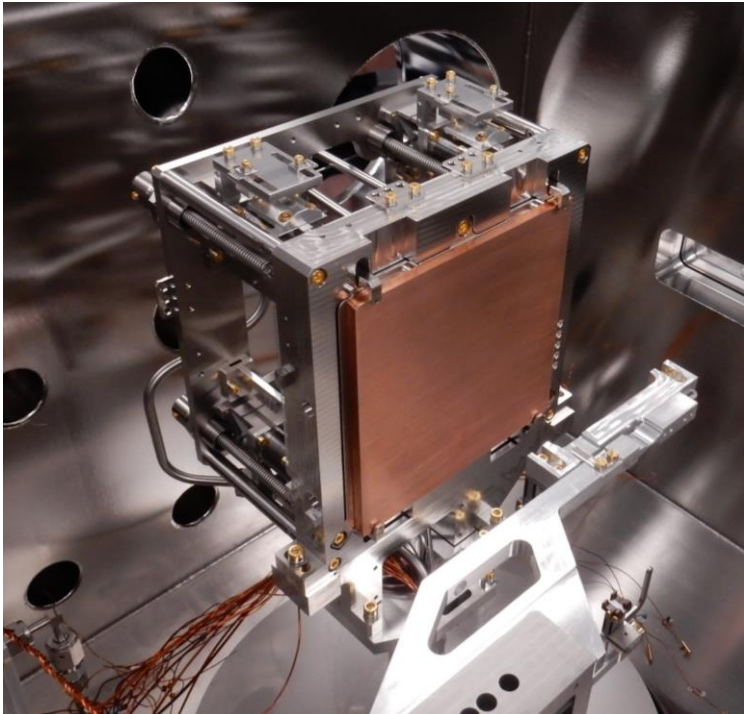
Productie

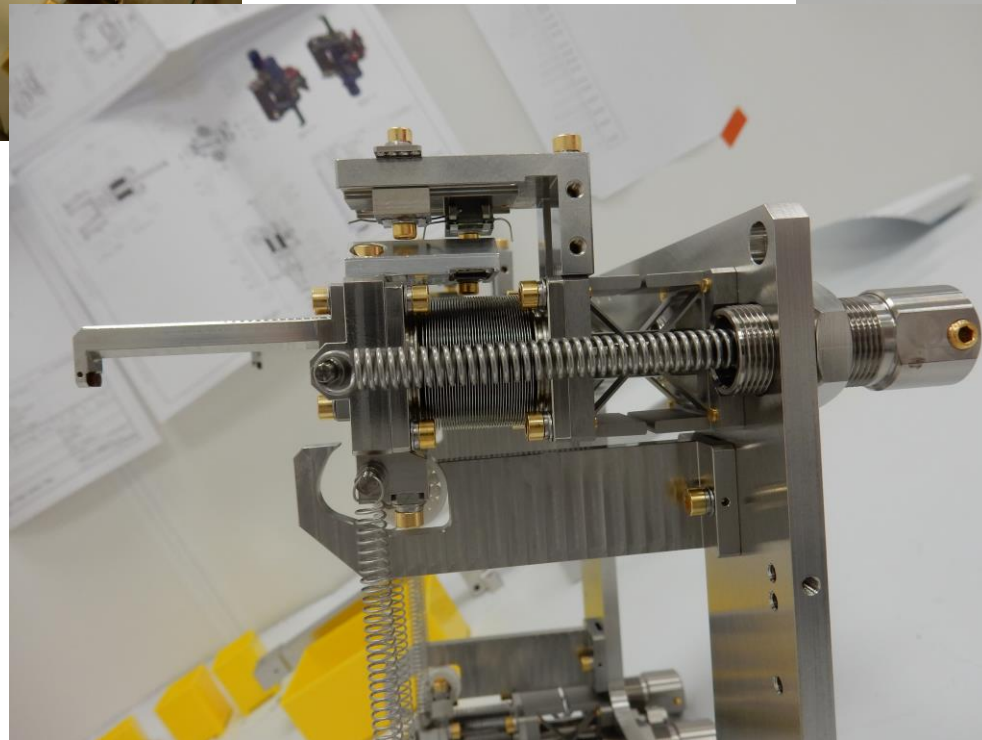
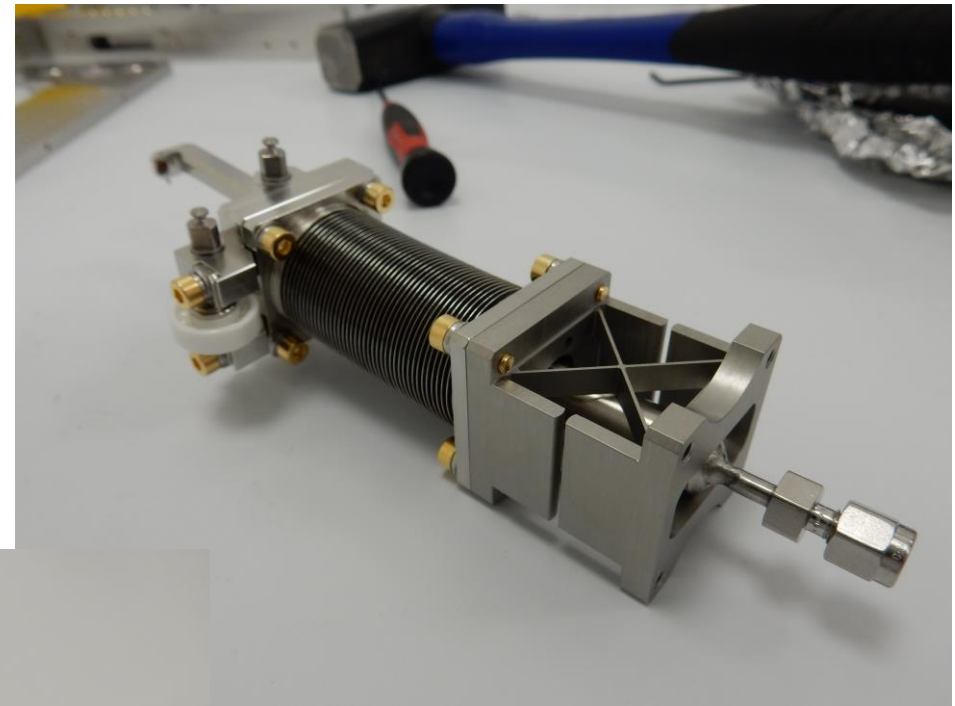
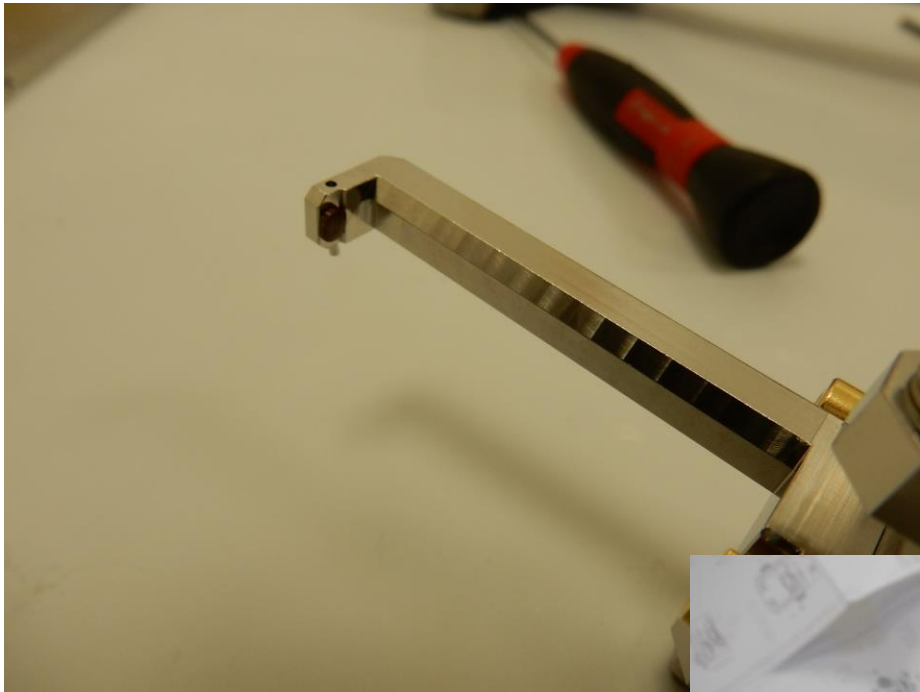
- **Materiaal en ontwerp moet reinigbaar zijn**
 - Bestendig tegen nat-chemische reinigen
 - Temperatuur bestendig
 - Oppervlakken moeten bereikbaar zijn
- **Verspanningsmachines moeten schoon zijn**
 - Juiste koel en smeermiddelen
 - Geen tools gebruiken die in aanraking zijn geweest met materialen die niet toepasbaar zijn in vacuüm
- **Tijdens assemblage moet product schoon blijven**
 - Duidelijke instructie van personeel



Productie/ ontwerp voorbeelden

- Sample handling in de exposure kamer
- Strenge eisen op toegestane materialen
- Onderdelen moeten reinigbaar zijn





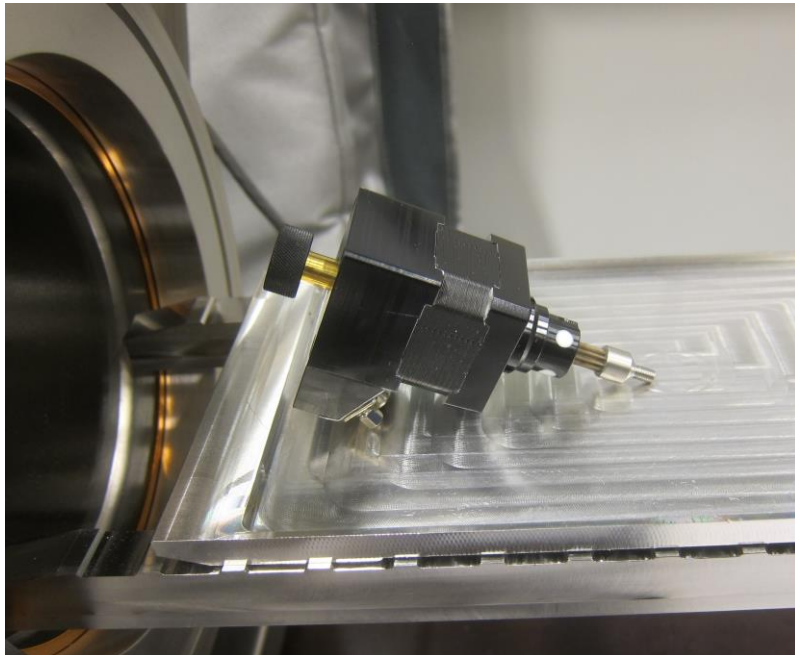
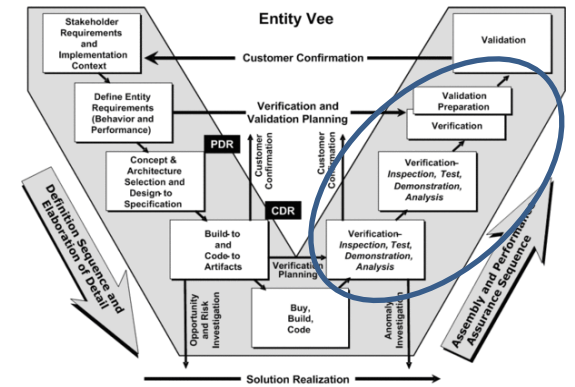


Natte reinigingsstraat

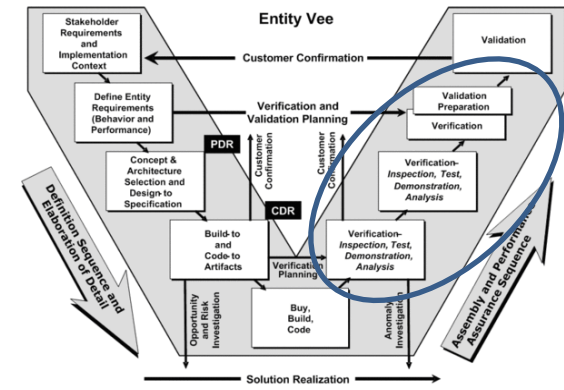


Validatie uitgassing

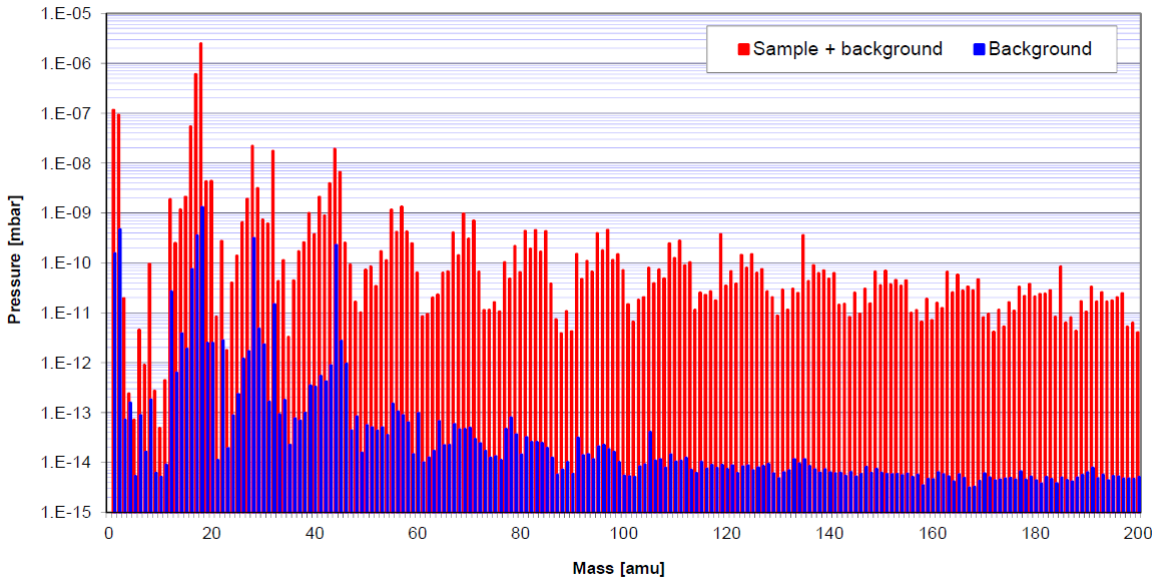
- Geadsorbeerde moleculen komen vrij van een oppervlak
- Welke massa en welke hoeveelheid kunnen we meten met een uitgasmeting opstelling
- Vacuüm opstelling met een RGA



Validatie uitgassing



Mass spectrum after 10h pumping
(pressure corrected)

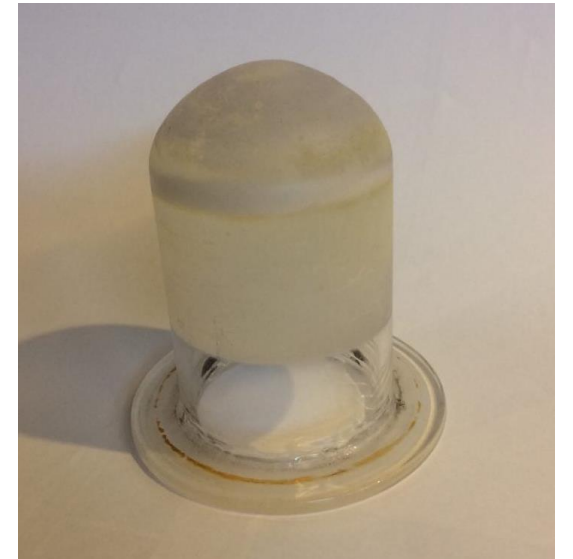
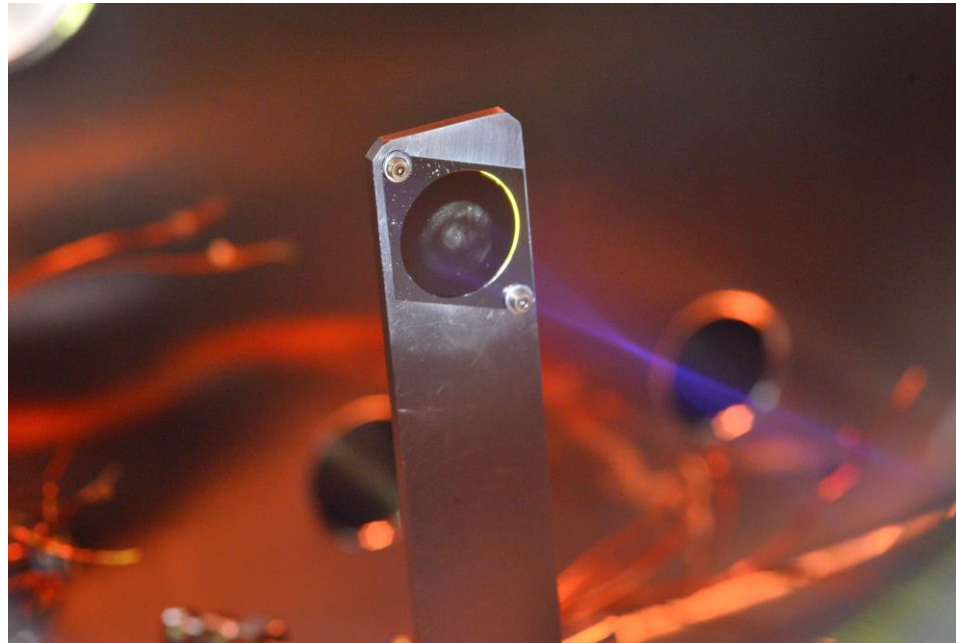
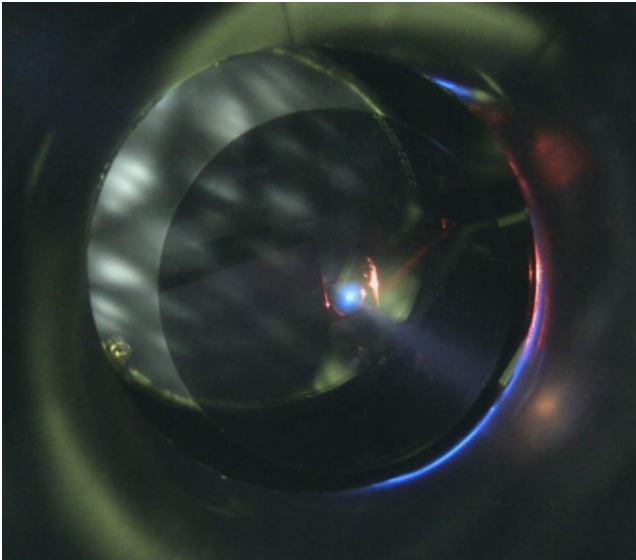


Test details			
Sample Id:	[Redacted]	Pump speed [l.s^{-1}]:	25
Description:	[Redacted]	System:	ATOM
Date:	20-Nov-15	Ratio: IG/RGA	0.6
Data filename:	[Redacted]	RGA Id:	QMA 422: SN 44248116
Background file:	[Redacted]	Ion gauge Id:	IG (YEA07221)
Filename:	[Redacted]		
Operator:	[Redacted]		Sample Outgassing 200amu v7
Comments:	Black coated stepper motor with sub-D connector, no vents to prevent for virtual leakage, no apparent (visible) lubrication on outside		

Outgassing rate at 1h:			Outgassing rate at 10h:		
	Sample (background subtracted)	(background)		Sample (background subtracted)	(background)
Q_{total} [mbar.l.s^{-1}]	NA	$7.50\text{E-}07$	Q_{total} [mbar.l.s^{-1}]	$8.79\text{E-}05$	$7.50\text{E-}08$
$Q_{\text{H}_2\text{O}}$ [mbar.l.s^{-1}]	NA	$4.69\text{E-}07$	$Q_{\text{H}_2\text{O}}$ [mbar.l.s^{-1}]	$6.33\text{E-}05$	$3.30\text{E-}08$
$Q_{\text{CxHy}<101\text{amu}}$ [mbar.l.s^{-1}]	NA	$6.41\text{E-}10$	$Q_{\text{CxHy}<101\text{amu}}$ [mbar.l.s^{-1}]	$4.51\text{E-}07$	$1.40\text{E-}10$
$Q_{\text{CxHy}>100\text{amu}}$ [mbar.l.s^{-1}]	NA	$2.75\text{E-}11$	$Q_{\text{CxHy}>100\text{amu}}$ [mbar.l.s^{-1}]	$1.15\text{E-}07$	$1.72\text{E-}11$
Q_{CxHy} [mbar.l.s^{-1}]	NA	$6.68\text{E-}10$	Q_{CxHy} [mbar.l.s^{-1}]	$5.66\text{E-}07$	$1.57\text{E-}10$
$P_{\text{ion gauge}}$ [mbar]	NA	$3.00\text{E-}08$	$P_{\text{ion gauge}}$ [mbar]	$3.52\text{E-}06$	$3.00\text{E-}09$
Comments:	High outgassing of H ₂ O and CxHy, traces of CxFy/fluorocarbons (119, 135, 185 amu), high O ₂ traces probably be due to virtual leakage				

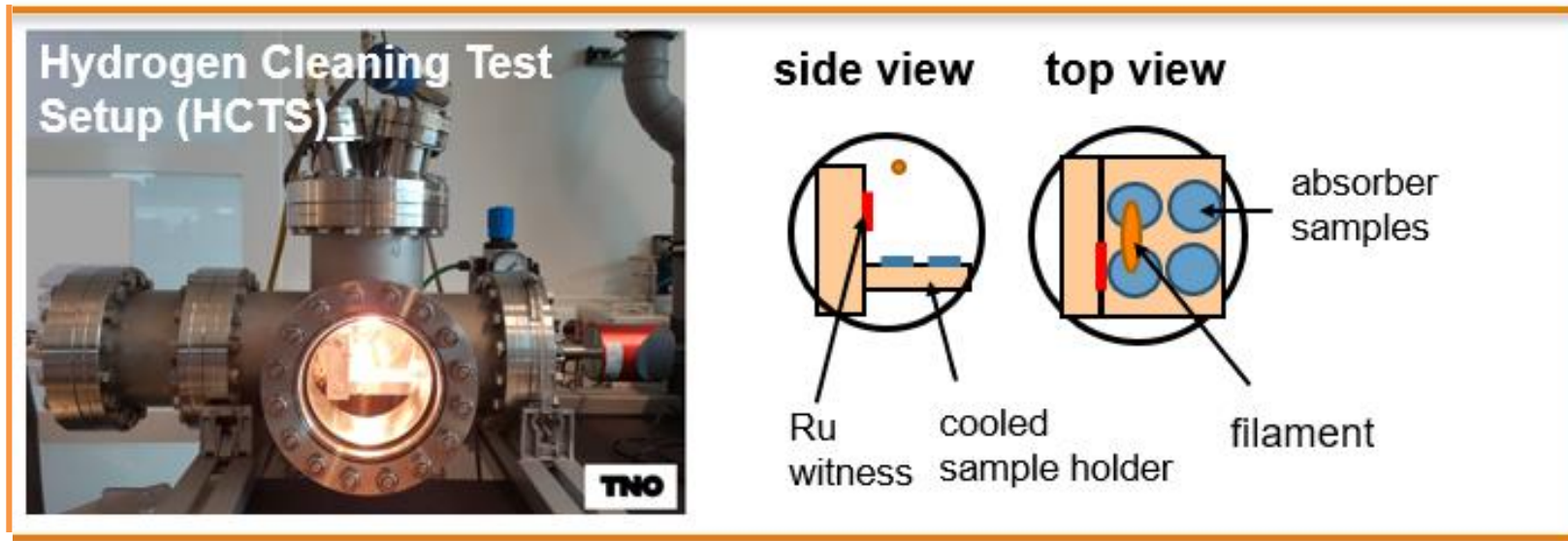
Interactie van bulkmateriaal met processen

- **Vervuiling uit bulk materiaal en**
- **Vervuiling ten gevolgen van interactie met processen**



Interactie van bulkmaterialen met processen

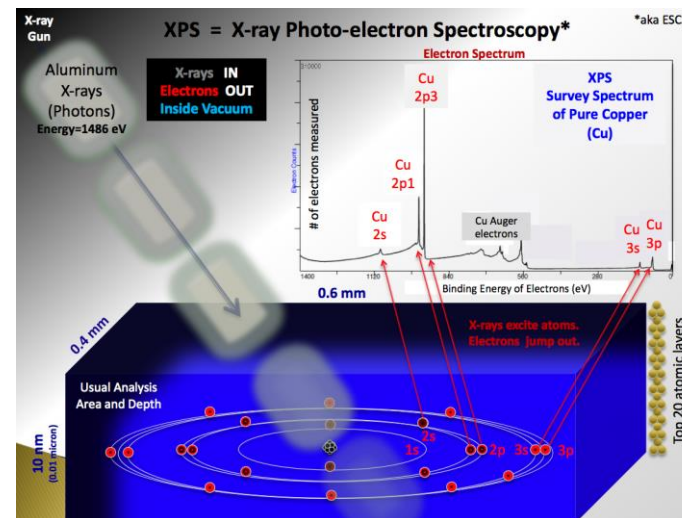
- Om te controleren dat materialen tegen de omgeving kunnen waarin ze worden blootgesteld is een specifieke screening test ontwikkeld



Compatibility assessment of novel reticle absorber materials for use in EUV systems. Jetske Stortelder et al

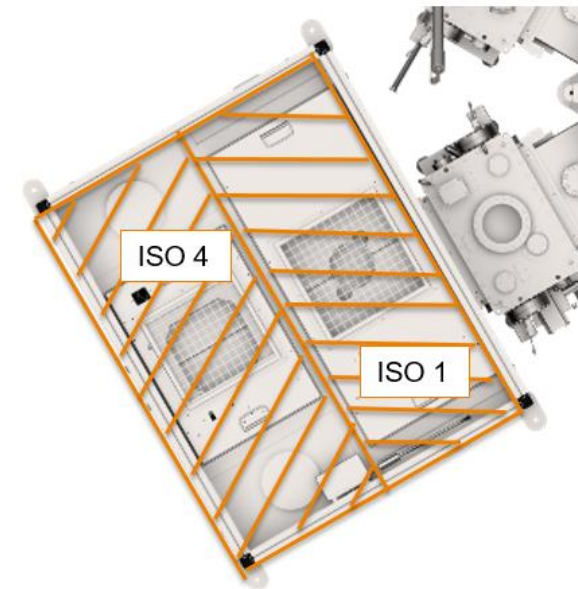
Validatie materialen

- X-ray Photo-electron Spectroscopy (XPS) is een methode om te meten wat in de top 10 nm van een materiaal zit
- Sample omdat volledige producten niet in de XPS passen
- Sample dat gemeten wordt moet het volledige proces doorlopen hebben;
 - Hetzelfde materiaal
 - Dezelfde mechanische bewerking
 - Dezelfde nat-chemische reiniging
 - Dezelfde opslag



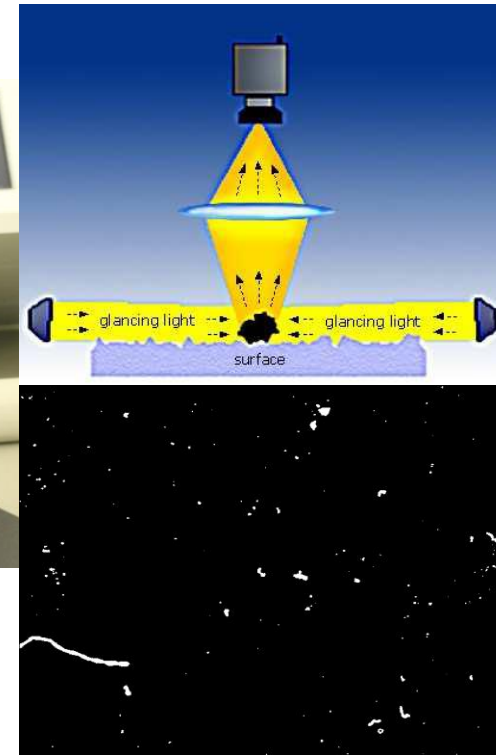
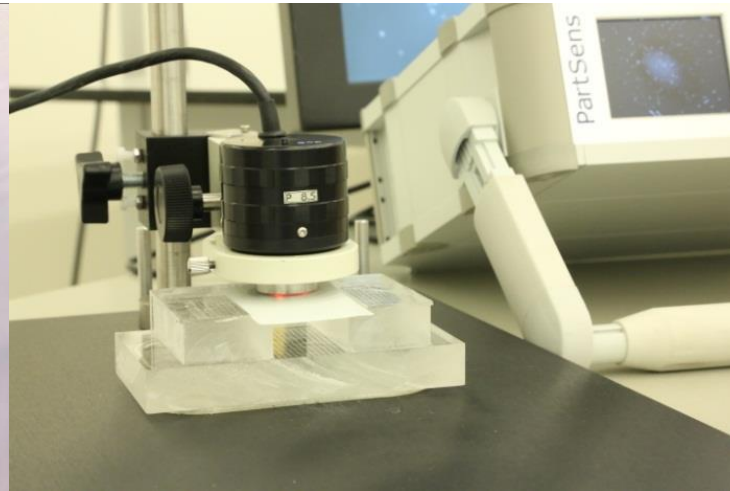
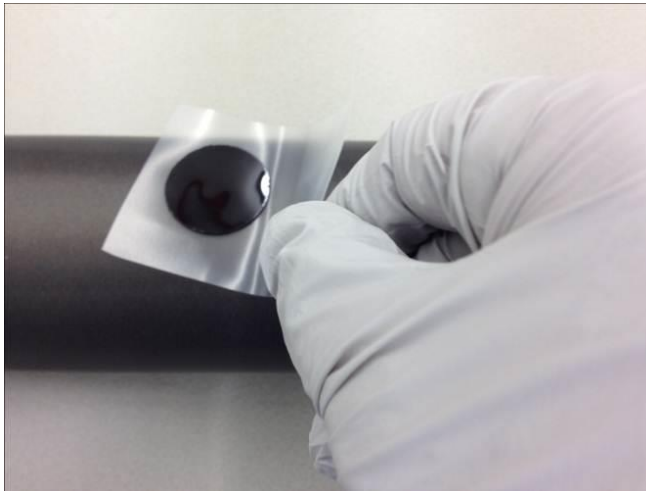
EBL2: deeltjes

- EBL2 staat in een ISO7 cleanroom
- De deeltjes schoonheid eisen worden gehaald door verschillende zones te gebruiken



Validatie deeltjes op productie onderdelen

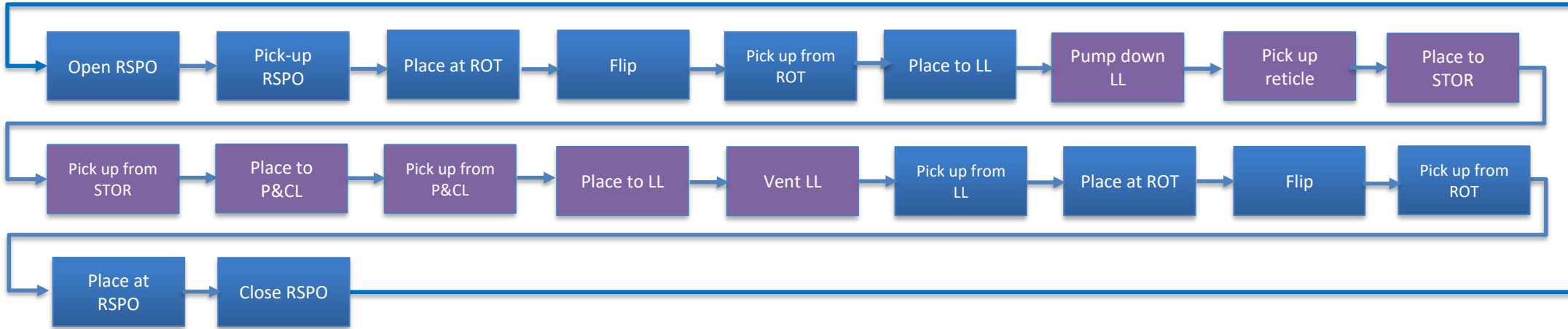
- Particle Measurement Cards (PMC) kunnen gebruikt worden om deeltjes te tellen die op het oppervlak zitten



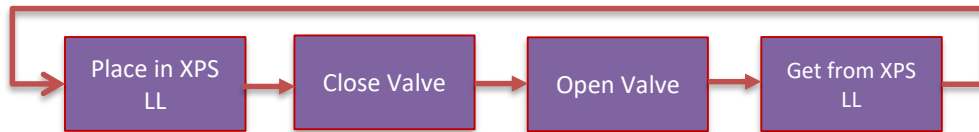
particles	count
micron	#
5--15	150
15--25	134
25--50	76
50--100	34
100--150	12
150--200	3
200--400	0
400--600	0
600-1000	0
>1000	0
total	409

Validatie deeltjes in een systeem

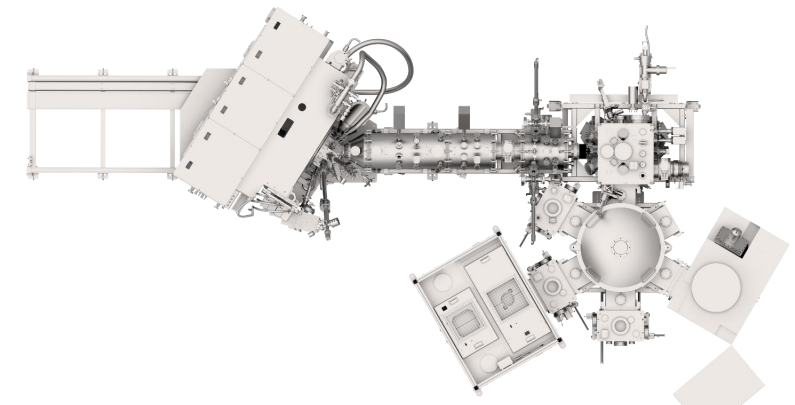
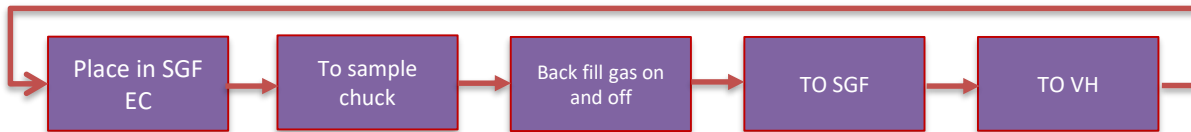
Handling segment: 150X



XPS: 100X

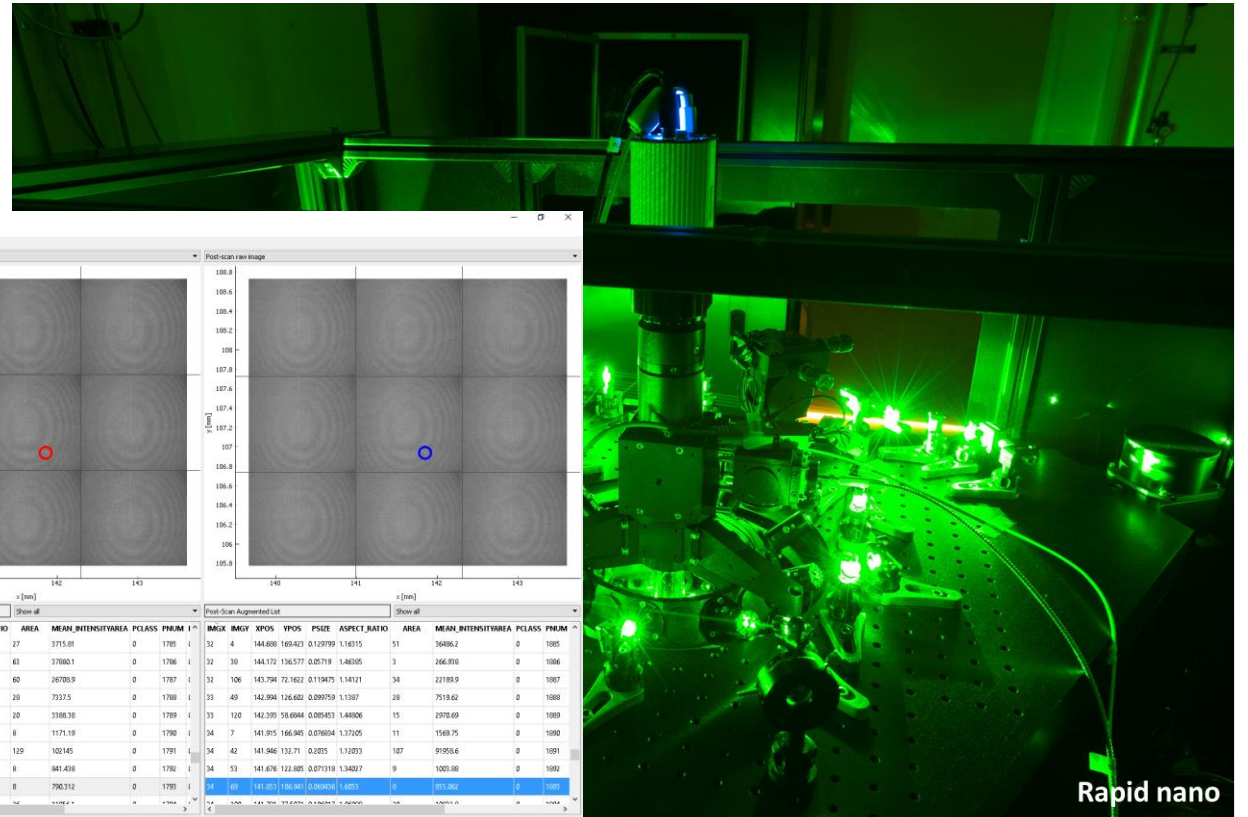
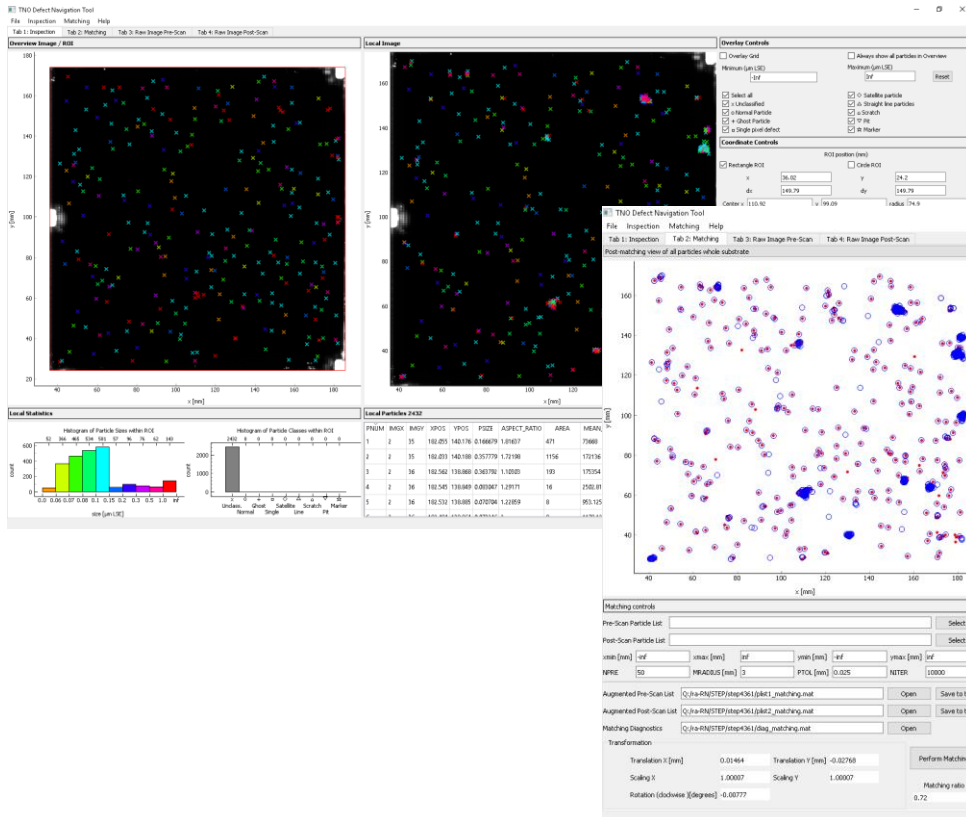


Exposure chamber: 50X



Validatie deeltjes meet methode

- Rapid nano



Ruimtevaart

- **Ruimtevaart heeft veel “Guidelines”**
 - ECSS-Q-ST-70-01C cleanliness and contamination control
 - ECSS-Q-ST-70-02C thermal vacuum outgassing test for screening of space materials
 - ...
- **Stellen een vervuilingbudget op met daarin alle proces stappen die het instrument ondergaat**



Conclusie

- **In de toekomst zal er om steeds schonere producten gevraagd worden**
- **Het is van groot belang om samen te werken om haalbare eisen op te stellen tegen reëel kosten**
- **Dit begint met elkaar te begrijpen met wat we nu van elkaar eisen**
- **We zitten op de limiet wat valideerbaar is**

- **VCCN werkgroep 23 heeft als doel een eenduidige richtlijn op te stellen**