

› **VCCN RICHTLIJN 12**

**REINHEIDSPECIFICATIES EN VALIDATIE | FREEK MOLKENBOER**

dinsdag 17 mei 2022

# › INDEX

**INTRODUCTIE**

**REINHEIDSEISEN EN VALIDATIE**

**VOORBEELD RUIMTEVAART; SENTINEL-5**

**VOORBEELD HALFGELEIDERINDUSTRIE; EBL2**

**CONCLUSIE**

# › INTRODUCTIE

## RICHTLIJN 12

- › VCCN project groep 23; NanoMicro Product cleanliness
- › Gestart 2019, in totaal 14 bijeenkomsten
- › Richtlijn 12 is geïntroduceerd op 14 oktober 2021
- › ISO standaarden i.p.v. bedrijfstandaarden
- › De richtlijn is geschreven op verzoeken van de toeleveranciers
  - › Reinheidseisen waren/ zijn erg formeel en geven weinig uitleg hoe

WE  
SHARE  
THE  
KNOWLEDGE

Richtlijn

VCCN GUIDELINE 12  
PRODUCT CLEANLINESS WITH  
RESPECT TO PARTICLES  
& CHEMICALS

Document: VCCN-RL-12  
Datum: 17-09-2021  
Opgesteld door de VCCN projectgroep PG-23

› DANK!



**Contributions by:**

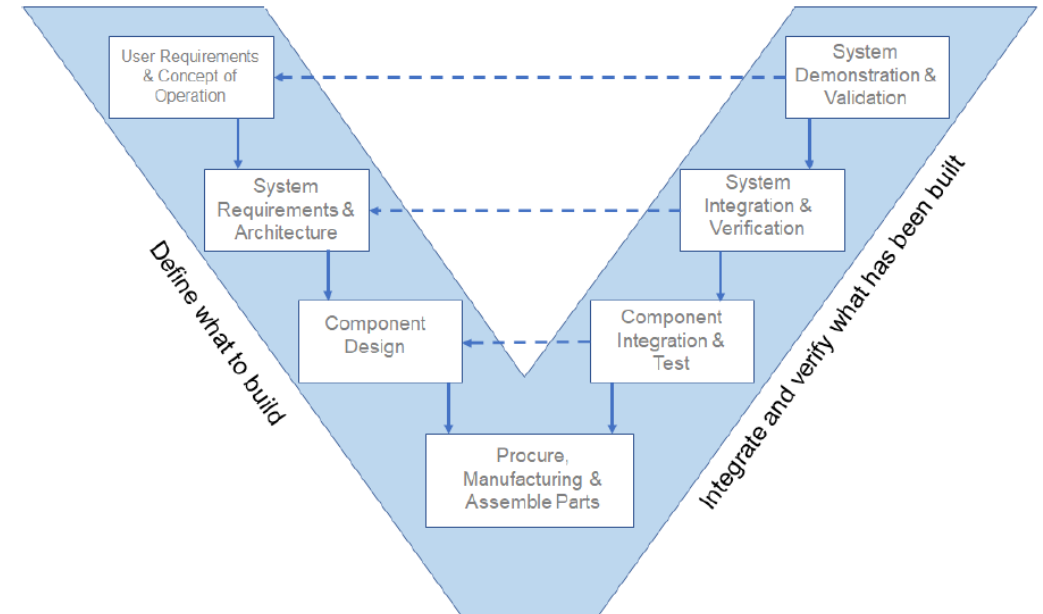
Koos Agricola  
Paul Joosten  
Freek Molkenboer  
Olof Teulings  
Paul Krüseemann  
Rob Leussink  
Cees van Duijn  
Coen Romme  
Bram Verhaagen  
Harold Veldkamp  
Harry Ligthart  
Rients de Groot  
Max van den Berg  
Dirk Trienekens  
Thijs Haver  
Rien de Vries  
Philip van Beek

› En reviewers!

# › INTRODUCTIE

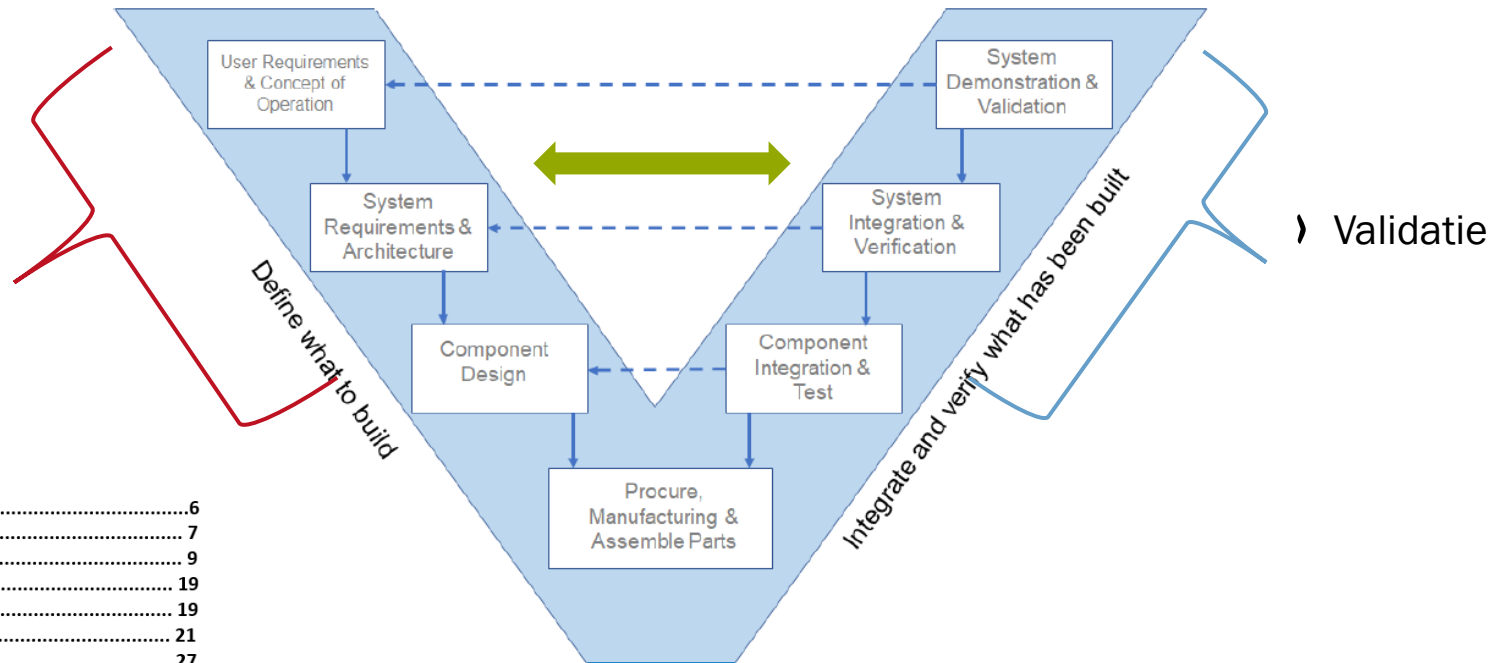
## FREEK MOLKENBOER

- › Senior Systems Engineer bij TNO
- › Afdeling Nano-instrumentatie
  - › Halgeleiderindustrie (ASML/Carl Zeiss)
  
- › Vicevoorzitter Nederlandse vacuüm vereniging (Nevac)
- › Executive Committee member American Vacuum Society VTD
- › Lid kennis commissie VCCN
- › Lid community board Clean Community (Mikrocentrum)



# › REINHEIDSSPECIFICATIES EN VALIDATIE

› Reinheidsspecificatie



<b>INDEX page</b>	
PREFACE .....	6
INTRODUCTION .....	7
NEDERLANDSE SAMENVATTING.....	9
1. SCOPE .....	19
2. NORMATIVE REFERENCES.....	19
3. TERMS AND DEFINITIONS .....	21
4. GENERAL OUTLINE OF THE GUIDELINE .....	27
<b>5. PRODUCT CLEANLINESS REQUIREMENTS .....</b>	<b>29</b>
<b>6. MEASUREMENT METHODS FOR QUALIFICATION .....</b>	<b>35</b>
7. MANUFACTURING .....	45
8. CLEANING .....	51
9. ASSEMBLY .....	61
10. CONTAMINATION CONTROL SOLUTIONS TO KEEP A PRODUCT CLEAN.....	67
11. PACKAGING .....	77
12. DESIGN FOR PART'S CLEANLINESS .....	81

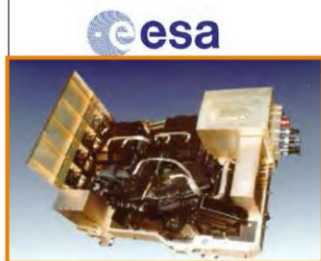
# › REINHEIDSSPECIFICATIE

- › Praktijk voorbeelden
  - › Ruimtevaart; Sentinel-5
  - › Halfgeleiderindustrie; EBL2

# › RUIMTEVAART

- › Nederland heeft een lange geschiedenis in ruimtevaart, met een groot aantal bedrijven en kennisinstituten die hieraan bijdragen, bijvoorbeeld;
  - › ESA-ESTEC
  - › TNO
  - › Airbus Defence and Space
  - › ISIS
  - › TU Delft
  - › En vele anderen

## › INSTRUMENTEN VOOR AARD OBSERVATIE MET SIGNIFICANTE TNO BIJDRAGE



**GOME / GOME-2**  
1995 ERS-2  
2006-2020+ METOP-1, -2, -3



**Sciamachy**  
2002 Envisat



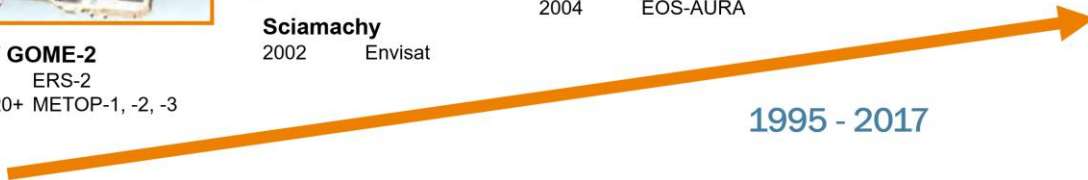
**OMI**  
2004 EOS-AURA



**TROPOMI**  
2017 Sentinel 5 precursor



**Sentinel-5**  
2023/2024

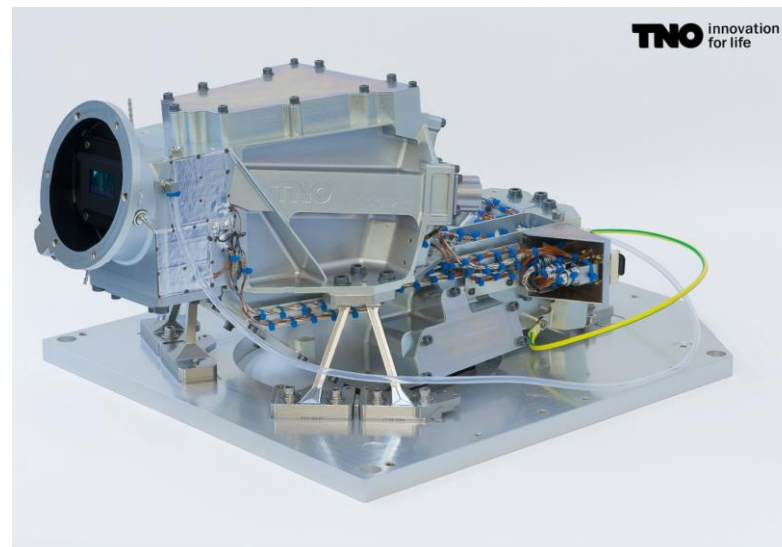
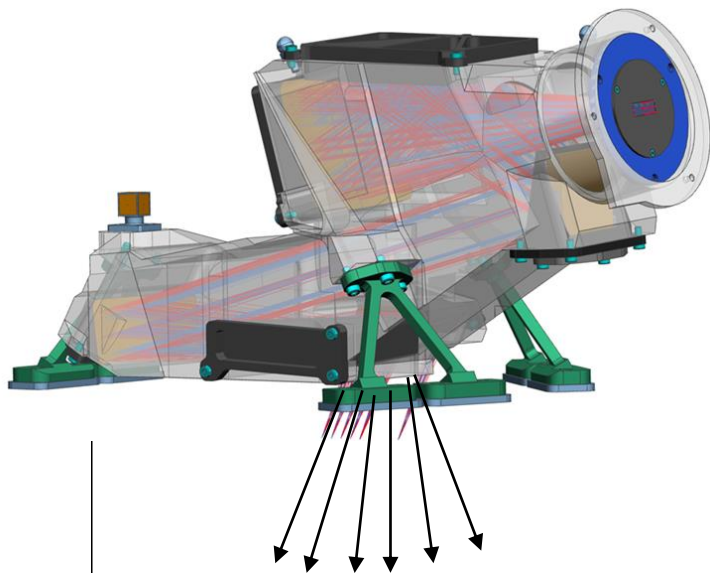


1995 - 2017



# › SENTINEL-5 UV1 SPECTROMETER

- › SENTINEL-5 is een aardobservatie instrument
  - › Observatie van de samenstelling van de atmosfeer
  - › Lancering 2023/2024
  - › ~7 jaar levensduur per instrument, 3 opvolgende instrumenten

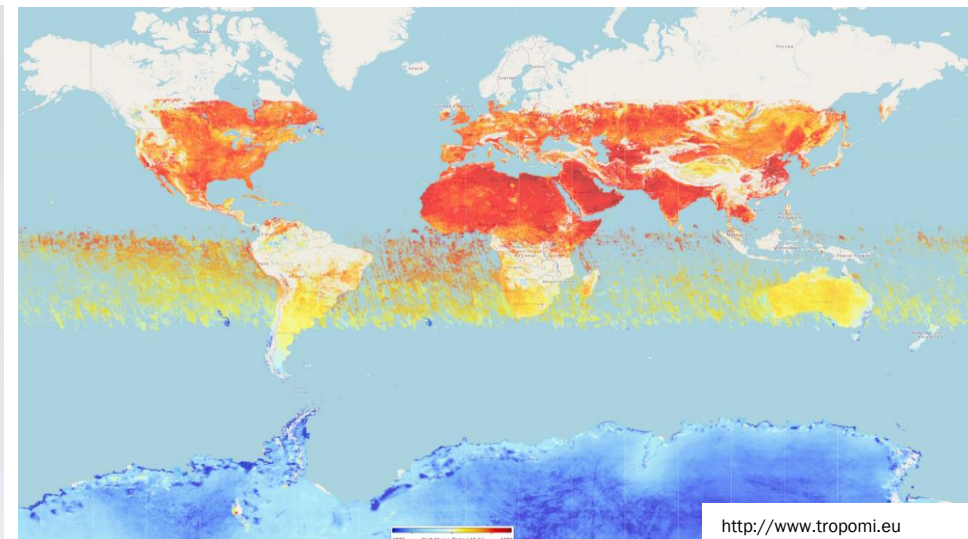


Controlling the molecular & particle contamination for the Sentinel-5 Spectrometer

ir. D.J. Naron (TNO)  
Precisiebeurs, Nov 16, 2017



WE SHARE THE KNOWLEDGE

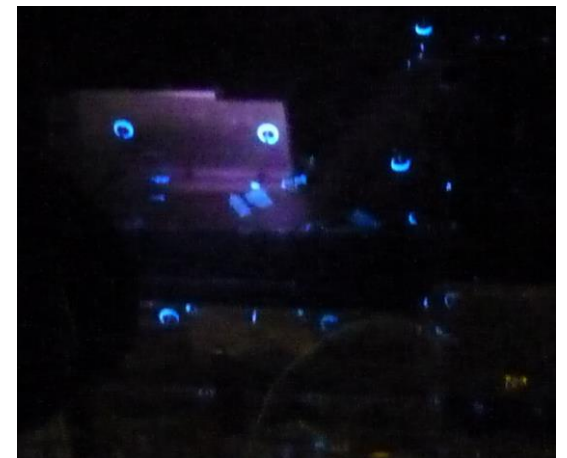
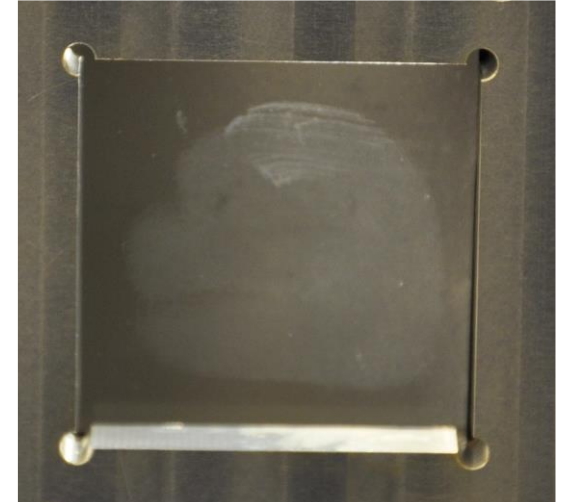
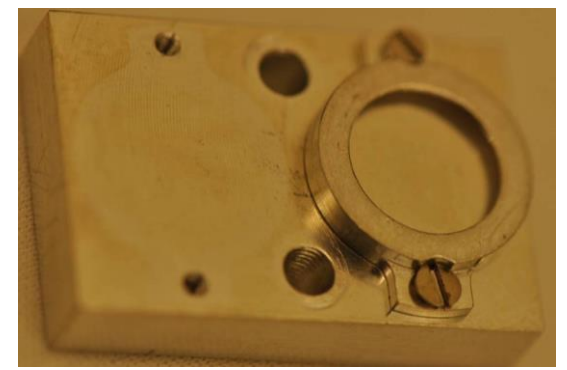


# › REINHEIDSEISEN VOOR RUIMTEVAART

- › Voor ruimtevaartinstrumenten is de levensduur van het instrument extreem belangrijk, vervuiling op kritische oppervlaken kan de levensduur of performance negatief beïnvloeden.
- › Vanaf de start van de ontwikkeling is er aandacht voor de reinheid van het instrument
- › Twee primaire aandachtsgebieden
  - › Moleculaire vervuiling (MOC)
  - › Deeltjes vervuiling (PAC)
- › Er is een budget voor de toelaatbare verliezen op kritische oppervlaken tijdens de gehele levensduur van het instrument
  - › Productie, assembly, lancering en tijdens gebruik
- › Tijdens de totale levensduur van het instrument worden er maatregelen genomen om de levensduur te behouden, en te meten

## › MOC VERVUILING

- › Moleculaire contaminatie (MOC)
  - › Kruisvervuiling ten gevolge van uitgassing van materialen van het instrument
  - › Kruisvervuiling ten gevolge van uitgassing van andere bronnen (bijvoorbeeld testkamer)
  - › Kruisvervuiling ten gevolge van mensen (aanraken)
- › Gevolg
  - › Verandering in optische gedrag
  - › Verandering in thermisch gedrag (meer of minder absorberen)
  - › Aantasting van lijmoppervlakken
  - › Corrosie van elektrische contacten

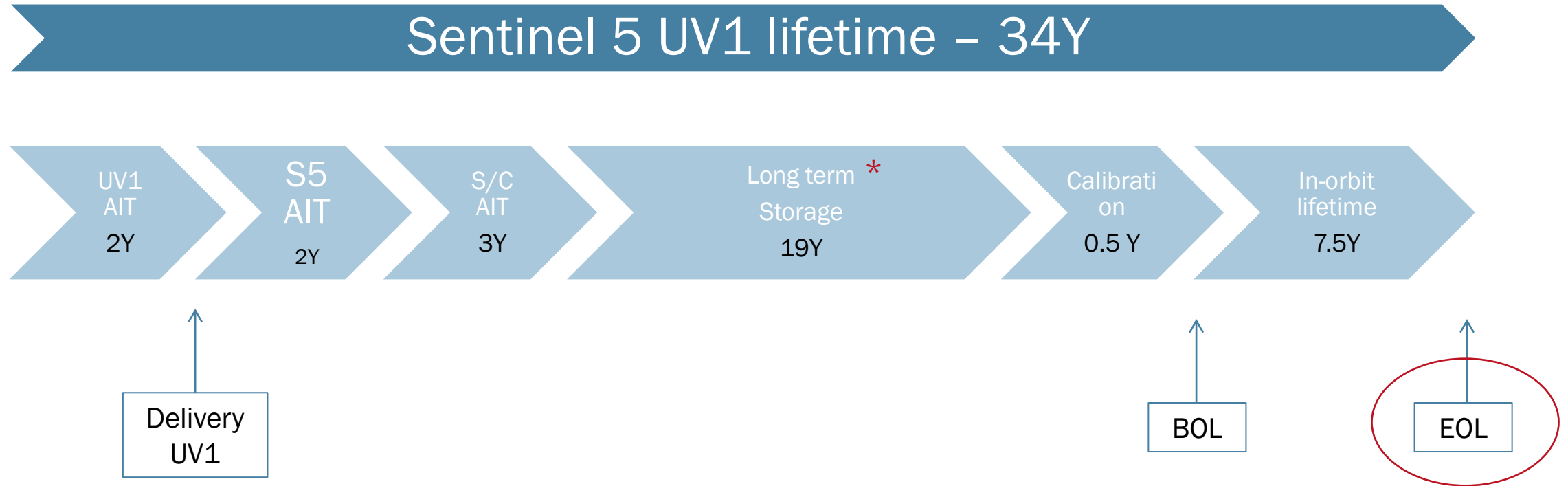


## › PAC VERVUILING

- › Particle contamination (PAC)
  - › Deeltjes veroorzaakt door mensen
    - › Deeltjes van kleding, schoonmaak doekjes enz
  - › Deeltjes door slijtage, schuren of corrosie
  
- › Gevolg
  - › Verminderde reflectie of transmissie
  - › Verstrooiing van het licht
  
- › Deeltjescontaminatie in deeltjesbedekkingsgraad (PAC)  
(Particle Area Coverage)  $\mu\text{m}^2/\text{mm}^2$  of  $\text{mm}^2/\text{m}^2$  (ppm)



# LEVENSDUUR SENTINEL-5 UV1 SPECTROMETER

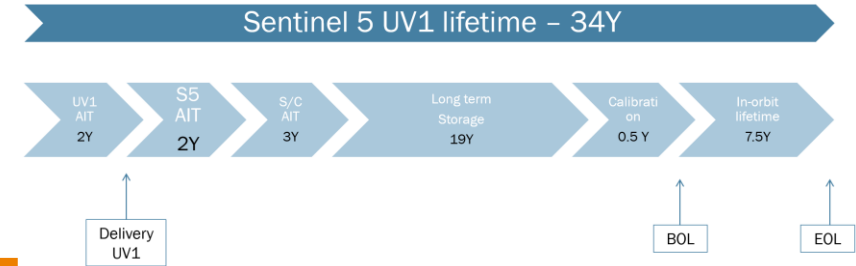


› Hoe goed het instrument het nog moet doen aan “end of life” (EOL) bepaalt hoeveel vervuiling er toegevoegd mag worden per stap

\*: in totaal worden er 3 instrumenten opvolgend aan elkaar gelanceerd

# VERVUILINGSBUDGET VOOR SENTINEL-5

## UV1 SPECTROMETER TOP DOWN



S5 UV1 top-down budget of sensitive surfaces				
	Particulate [ppm]		Molecular [ng/cm2]	
At delivery to TNO	25	+25	30	+20
Delivery of S5-UV1	50		50	
ADS AIT & S/C launch	50		50	
Total - BOL	100		100	
Additional End of Life (EOL)	150		200	
Total - EOL	250		300	

+0; voorkomen van vervuiling EN schoonmaken

# › VERVUILINGSBUDGET VOOR SENTINEL-5

## UV1 SPECTROMETER BOTTOM UP

S5 UV1 top-down budget of sensitive surfaces

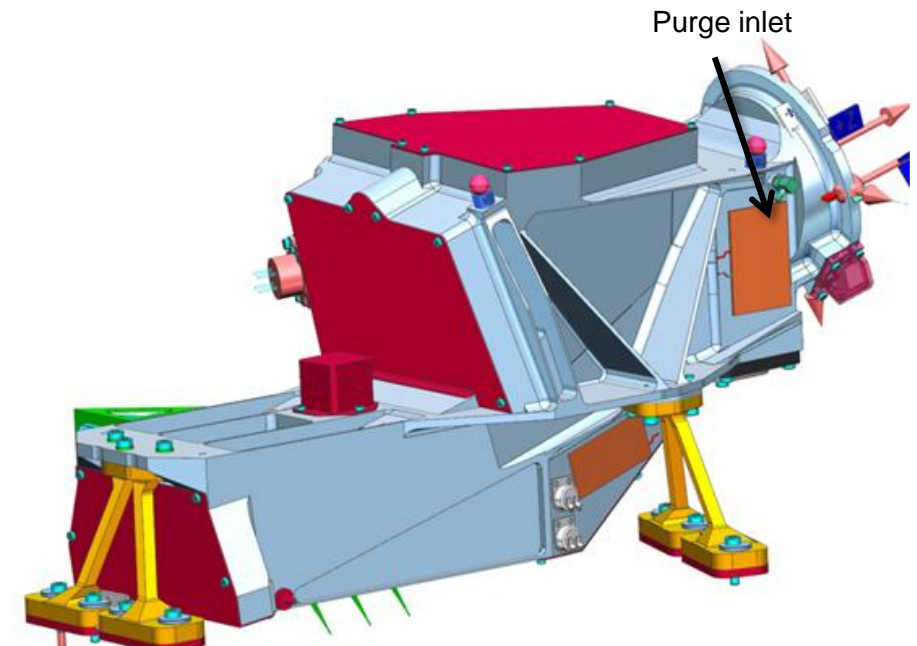
	Particulate [ppm]	Molecular [ng/cm <sup>2</sup> ]
At delivery to TNO	25	30
Delivery of S5-UV1	50	50
ADS AIT & S/C launch	50	50
Total - BOL	100	100
Additional End of Life (EOL)	150	200
Total - EOL	250	300

S5 UV1 bottom-up budget of sensitive surfaces

	Protective measures	Particulate [ppm]	Molecular [ng/cm <sup>2</sup> ]
Procured optical elements	Bagging & bake- out	25	30
Assembly & integration	Purging & bagging	+10	+15
Performance test	Purging	+5	+5
Vibration test	bagging	+5	+15
Vacuum test	Cold trap	0	+55
Storage	Purging	0	0
Total at delivery		45	115

# › HOE ZORGEN WE HIER VOOR ONTWERP

- › Aperture covers → voorkomt deeltjes op kritische oppervlakte
- › Locatie en afmeting van beluchtingsgaten, niet gericht op kritische oppervlakte
- › Purging mogelijkheid → voorkomen van deeltjes depositie en moleculaire vervuiling door middel van purging met droge stikstof
- › Gebruik van lijmen → selectie van lijm met lage uitgassing
  - › Nalijmen, onderdeel apart uitstoken
- › Ontwerp van transport en opslag container
  - › RVS
  - › Purged met droge N<sub>2</sub>
  - › Op overdruk





# › HOE ZORGEN WE HIER VOOR VOORBEREIDING / ERVARINGSGETALLEN

- › Schoon en gedisciplineerd werken
- › Kwalificatie van ruimte en instrumenten voordat er werk aan het instrument gebeurt
  - › TNO clean room → ISO-5 en ISO-7
  - › ISO-7 clean room werkelijkheid ISO-6 schoon
  - › Afschermen van kritische oppervlakken
- › MOC in clean room condities
  - ›  $\Delta \sim 30 \text{ ng/cm}^2$
- › In vacuüm test ketel
- › PAC
  - › Geen toevoeging van deeltjes
- › MOC in vacuüm ketel
  - ›  $\Delta \sim 0,5 - 3 \text{ ng/cm}^2/\text{dag}$

Cleanroom ISO class	Particulate [ppm/day]
ISO-5	1.9
ISO-6	10
ISO-7	52
ISO-8	275

**INDEX page**

PREFACE .....6

INTRODUCTION ..... 7

NEDERLANDSE SAMENVATTING..... 9

1. SCOPE ..... 19

2. NORMATIVE REFERENCES..... 19

3. TERMS AND DEFINITIONS ..... 21

4. GENERAL OUTLINE OF THE GUIDELINE ..... 27

5. PRODUCT CLEANLINESS REQUIREMENTS ..... 29

**6. MEASUREMENT METHODS FOR QUALIFICATION ..... 35**

7. MANUFACTURING ..... 45

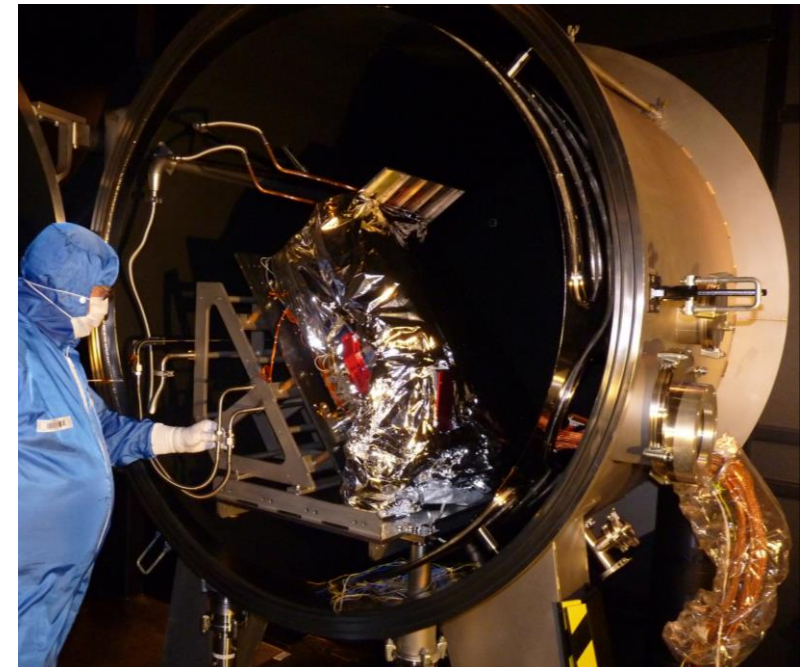
8. CLEANING ..... 51

9. ASSEMBLY ..... 61

10. CONTAMINATION CONTROL SOLUTIONS TO KEEP A PRODUCT CLEAN..... 67

**11. PACKAGING ..... 77**

12. DESIGN FOR PART'S CLEANLINESS ..... 81



# HOE ZORGEN WE HIER VOOR (MOC) INCLUSIEF RESULTATEN SETINEL-5

- › Elk onderdeel voor integratie uitstoken in een vacuümoven
  - › Als mogelijk, nat chemische reinigen van onderdelen
- › En heel lang uitstoken van het gehele instrument

**Table 9-3 PFM sub assembly and main assembly MOC monitoring (stage samples and cumulative sample)**

Sample subject	Sample ID	Start date	End date	Result [ng/cm <sup>2</sup> ]
Assembly grating	706	18-10-18	17-01-19	29
Assembly housing	826	16-08-18	01-03-19	37
Assembly FSCP and Integration PFM	550	13-11-18	02-10-19	33
Vibration test PFM	195	07-10-19	27-11-19	20
Vacuum test	950	27-11-19	06-03-20	44
<b>Cumulative sample: Assembly grating, integration PFM and testing PFM</b>	723	18-10-2018	MIP4	<b>40</b>

**Table 5-1 Overview of the several bake-outs performed on PFM-VN and -US assemblies and sub-assemblies**

Assembly	Temp. [°C]	Duration [hr]	Report reference	Comment
<i>PFM-VN</i>				
Housing assembly	80°C	118 hr	'Report TNO-SSE-076 TSBOA PFM-US and -VN Housings'	Bake-out with PFM-US housing assy
Baffle assembly	80°C	142 hr	'Report TNO-SSE-077 Thermal bake-out TSBOA PFM Baffles #2 and #3'	Bake-out with PFM-US baffle assy
Dichroic / Beamsplitter assembly	71°C	193 hr	'Report TNO-SSE-102-02 TSBOA Bake-out PFM US-VN Dichroics VN Slit Homogenizer'	Bake-out with PFM-US BS assy and PFM-VN SH assy
Slit Homogenizer assembly	71°C	193 hr	'Report TNO-SSE-102-02 TSBOA Bake-out PFM US-VN Dichroics & VN Slit Homogenizer'	Bake-out with PFM-US and PFM-VN BS assy
TSBOA assembly	41°C	255 hr.	Report TNO-SSE-131-02 Thermal bake out TSBOA VN PFM	Bake-out prior to TV cycling
<i>PFM-US</i>				
Housing assembly	80°C	118 hr	'Report TNO-SSE-076 TSBOA PFM-US and -VN Housings'	Bake-out with PFM-VN housing assy
Baffle assembly	80°C	142 hr	'Report TNO-SSE-077 Thermal bake-out TSBOA PFM Baffles #2 and #3'	Bake-out with PFM-VN baffle assy
Dichroic / Beamsplitter assembly	71°C	193 hr	'Report TNO-SSE-102-02 TSBOA Bake-out PFM US-VN Dichroics & VN Slit Homogenizer'	10d bake-out with PFM-VN BS assy and PFM-VN SH assy
TSBOA assembly	40°C	255 hr	Report TNO-SSE-130-04_Thermal bake out TSBOA-US_PFM	10d bake-out prior to TV cycling
<b>Remark</b>				
1. All bake-outs have been performed under RGA-control in accordance with TNO internal procedure [RD-11]. 2. Before the bake-out carried out on a dedicated sub-assembly, single component bake-out have been performed on all mechanical parts and EEE parts Temperature: 90°C; Duration: > 48 hr (RGA controlled)				

# HOE ZORGEN WE HIERVOOR (PAC)

## INCLUSIEF RESULTATEN SENTINEL-5 TSBOA

- › Schoon werken
- › Afschermen en “purging” van kritisch oppervlakken
- › Heel veel meten
- › Schoon maken als het nodig is
- › Klant heeft instrument geaccepteerd

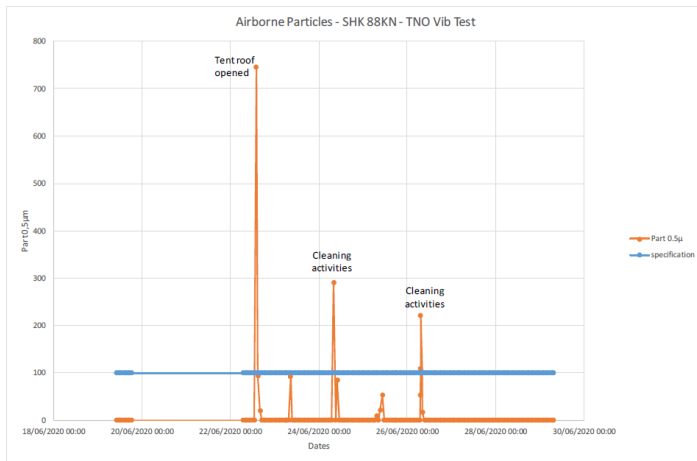


Figure 6-3 airborne particles of clean tent the TSBOA PFM-VN



Figure 6-2 PAC maintenance cleaning of TSBOA PFM-VN

Table 6-1 PFM-VN cleanliness sample monitoring overview

Activity	MOC ID	PFO ID	Date	Description	Result			
Assembly of PSA	M <sub>B-VN</sub> (#916) - cumulative -	P <sub>B-VN</sub> (A-460)	Jun. 19, '19	Start assembly				
TSBOA integration	M <sub>B-VN</sub> (#916)	M <sub>C-VN</sub> (#498)	Sep. 19, '19	Start integration of optical components	<ul style="list-style-type: none"> <li>MOC (#498) = 14 ng/cm<sup>2</sup></li> <li>PAC<sub>1</sub> (A-460) = 204 ppm</li> <li>0.8 ppm/day</li> <li>PAC<sub>2</sub> (9-007) = 1050 ppm</li> <li>7.0 ppm/day</li> </ul>			
		P <sub>B-VN</sub> (A-460)				P <sub>C-VN</sub> (9-007)	Feb. 12, '20	End integration PFM-VN (MIP-3)
TSBOA environmental testing	M <sub>B-VN</sub> (#916)	M <sub>D-VN</sub> (#184)	P <sub>B-VN</sub> (A-460)	P <sub>D-VN</sub> (B-140)	Mar. 6, '20 (for M <sub>D</sub> & P <sub>D</sub> )	Start environmental testing	<ul style="list-style-type: none"> <li>PAC<sub>1</sub> (A-460) = 101 ppm</li> <li>PAC<sub>2</sub> (B-140) = 18 ppm</li> </ul>	
Blank test	M <sub>A</sub> (#731)	N/A	Apr. 21-23, '20	Prior to TV cycling	Below detection limit			
TSBOA bake out & TVAC	M <sub>B-VN</sub> (#916)	M <sub>D-VN</sub> (#184)	M <sub>E-VN</sub> (#088)	P <sub>B-VN</sub> (A-460)	P <sub>D-VN</sub> (B-140)	Apr. 28, '20	Start TVAC: M <sub>E-VN</sub> (#088) → MOC sample on cold trap	<ul style="list-style-type: none"> <li>PAC<sub>1</sub> (A-460) = 142 ppm</li> <li>PAC<sub>2</sub> (B-140) = 129 ppm</li> </ul>
						Jun. 03, '20	KIP-5 after TVAC	<ul style="list-style-type: none"> <li>MOC (#184) = 28 ng/cm<sup>2</sup></li> <li>MOC (#088) = 285 ng/cm<sup>2</sup> (cold trap)</li> <li>PAC<sub>1</sub> (A-460) = 186 ppm;</li> <li>1.1 ppm/day</li> <li>PAC<sub>2</sub> (B-140) = 168 ppm;</li> <li>1.7 ppm/day.</li> </ul>
Vibration testing	M <sub>B-VN</sub> (#916)	M <sub>E-VN</sub> (#969)	P <sub>B-VN</sub> (A-460)	P <sub>D-VN</sub> (B-140)	Jun. 19, '20	Prior to vibration testing	<ul style="list-style-type: none"> <li>PAC<sub>1</sub> (A-460) = 180 ppm</li> <li>PAC<sub>2</sub> (B-140) = 192 ppm</li> </ul>	
					Jun. 29, '20	KIP-5 after Vibration	<ul style="list-style-type: none"> <li>PAC<sub>2</sub> (A-460) = 1356 ppm</li> <li>9.4 ppm/day</li> <li>PAC<sub>1</sub> (B-140) = 474 ppm</li> <li>4.0 ppm/day</li> </ul>	
						Note that the cleanliness witness samples above have monitored the complete vibration test incl. transport to/from CSL (B)		
Finalisation of environmental test program	M <sub>B-VN</sub> (#916)	M <sub>E-VN</sub> (#969)	P <sub>B-VN</sub> (A-460)	P <sub>D-VN</sub> (B-140)	Sep. 04, '20	Final KIP-5 (for MIP-5; prior to packing and shipment)	<ul style="list-style-type: none"> <li>MOC (#916) = 25 ng/cm<sup>2</sup> (cumulative)</li> <li>MOC (#969) = 20 ng/cm<sup>2</sup></li> <li>PAC<sub>1</sub> (A-460) = 444 ppm</li> <li>5.6 ppm/day</li> <li>PAC<sub>2</sub> (B-140) = 445 ppm</li> <li>2.4 ppm/day.</li> </ul>	
Transport	#112	#328	8-131	A-351	Sep. 23, '20	Cleanliness monitoring during transport will be performed by witness samples provided by Airbus		

# › MEETMETHODE

## › PAC

- › “Witness” samples op relevante locaties in de buurt van het instrument
- › “Witness” sample periodiek meten op aantal gedeponeerde deeltjes

## › MOC

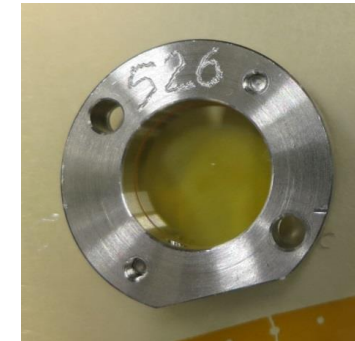
- › “Witness” samples op relevante locaties in de buurt van het instrument
- › “Witness” sample periodiek meten op depositie (FTIR)



Figure 6-1 Sample holder used for PAC and MOC monitoring



CaF<sub>2</sub>



ZnSe

# RESULTAAT SENTINEL 5 UV1 PRODUCTIE

S5 UV1 bottom-up budget of sensitive surfaces			
	Protective measures	Particulate [ppm]	Molecular [ng/cm <sup>2</sup> ]
Procured optical elements	Bagging & bake-out	25	30
Assembly & integration	Purging & bagging	+10	+15
Performance test	Purging	+5	+5
Vibration test	bagging	+5	+15
Vacuum test	Cold trap	0	+55
Storage	Purging	0	0
<b>Total at delivery</b>		<b>45</b>	<b>115</b>

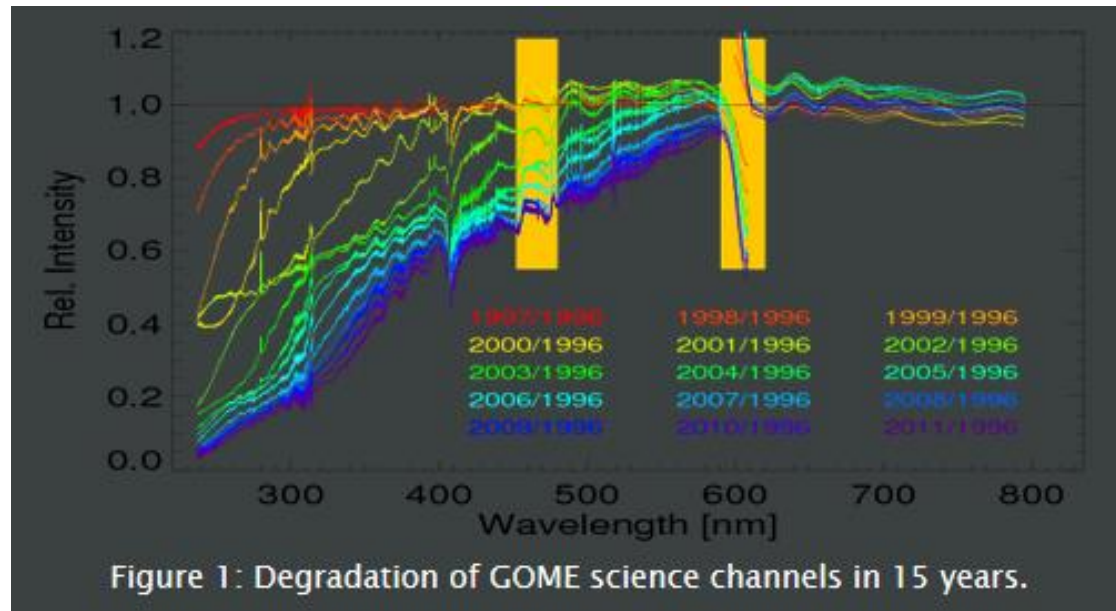
Table 9-4 Comparison between as-built and as-designed cleanliness level of the PFM

	MOC inside [ng/cm <sup>2</sup> ]	PAC inside [ppm]	PAC outside [ppm]
<b>As budgeted: Total at delivery to ADS</b>	<b>116</b>	<b>44</b>	<b>140</b>
<b>As built: Total at delivery to ADS</b>	<b>40</b>	<b>54</b>	<b>30</b>



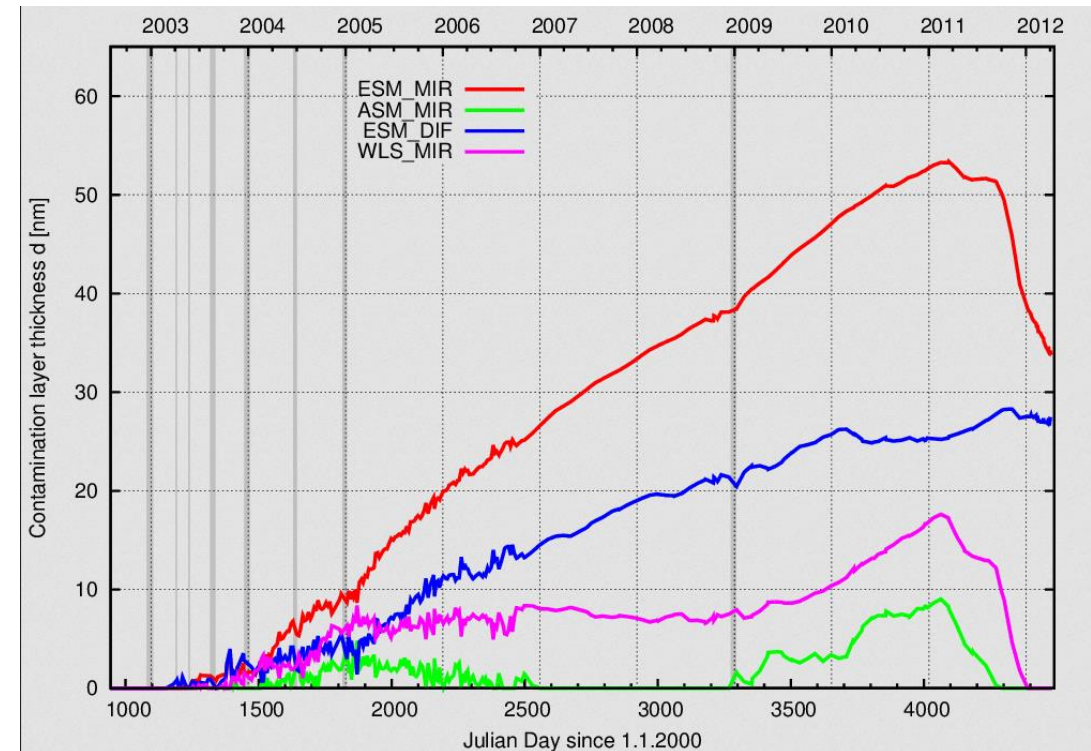
# IS DIT NU ALLEMAAL NODIG?

- › SCIAMACHY verloor 80% van zijn transmissie in de UV golflengte net voor EOL
- › GOME verloor tot 98% in het UV golflengte gebied



**GOME**

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



**SCIAMACHY**

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

# › REINHEIDSSPECIFICATIE

## DE JUISTE REINHEID OP DE JUISTE LOCATIE

- › Praktijk voorbeelden
  - › Ruimtevaart; Sentinel-5P
  - › Halfgeleiderindustrie; EBL2

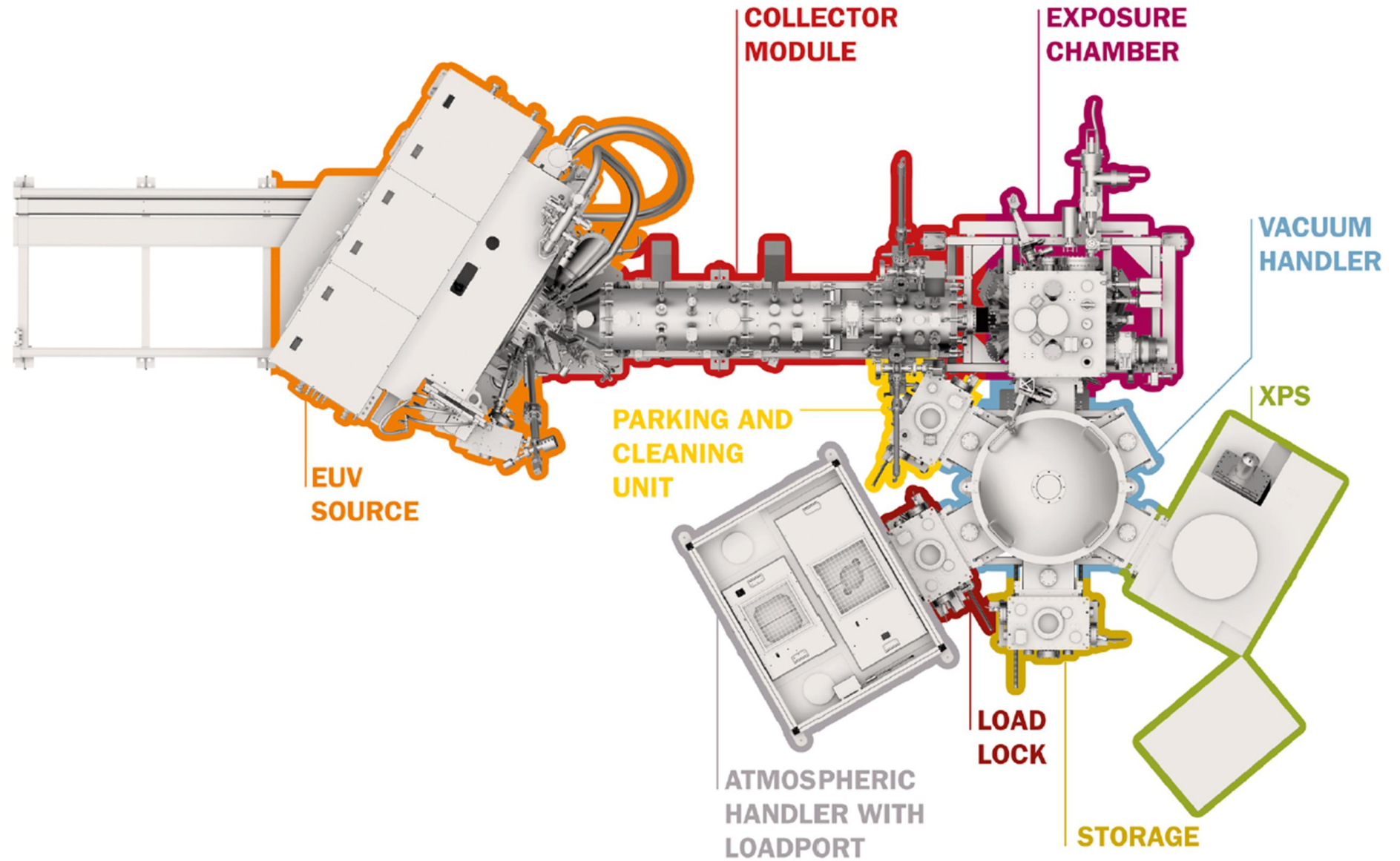
## › VOORBEELD VAN AANPAK: EBL2

- › EBL2 is een onderzoeksfaciliteit van TNO die gebruikt wordt voor het onderzoeken van levensduur van onderdelen die aan EUV blootgesteld worden
- › Ultra-schoon vacuüm
- › Deeltjesarm





# EBL2



# EBL2 VACUÛM

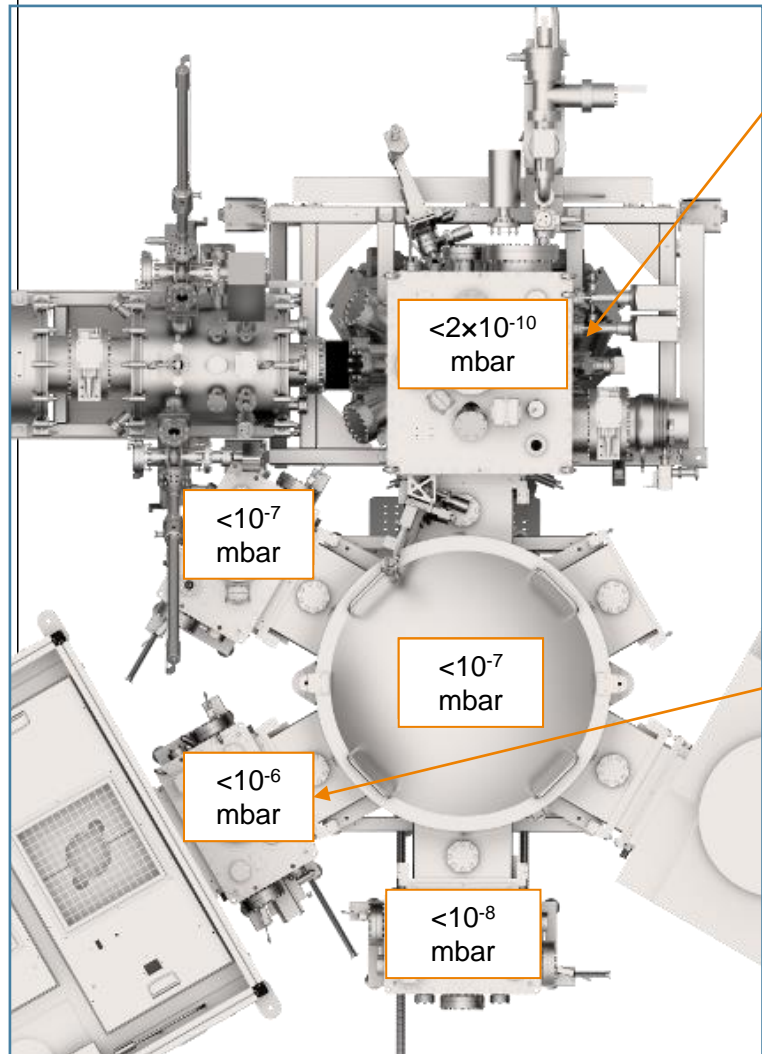


Table 4-9 Exposure Chamber qualification requirements

Requirement	Value	Unit
Total end pressure	$<1 - 2 \cdot 10^{-10}$	[mbar]
Partial pressure H <sub>2</sub>	$<10^{-10}$	[mbar]
Partial pressure H <sub>2</sub> O	$<10^{-10}$	[mbar]
Partial pressure N <sub>2</sub>	$<10^{-12}$ (integrated)	[mbar]
Partial pressure O <sub>2</sub>		
Partial pressure C <sub>x</sub> H <sub>y</sub> 45-100		
Partial pressure - C <sub>x</sub> H <sub>y</sub> 101-200		
He leak rate	$<1 \cdot 10^{-10}$	[mbar.l/s]

Grade 1 cleaning, (extra schoon)  
Verboden materialen lijst (HIO)

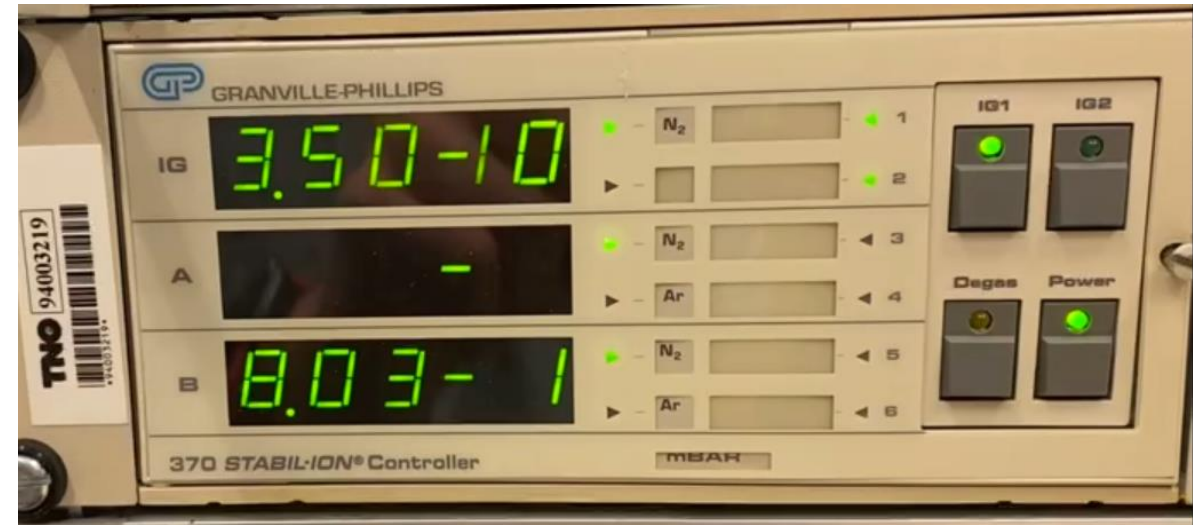
Te valideren

Table 4-2 Load Lock process requirements

Requirement	Value	Unit
Total pressure	$<10^{-6}$	[mbar]
Partial pressure H <sub>2</sub>	NA	
Partial pressure H <sub>2</sub> O	NA	
Partial pressure N <sub>2</sub>	$<10^{-7}$	[mbar]
Partial pressure O <sub>2</sub>	$<10^{-8}$	[mbar]
Partial pressure C <sub>x</sub> H <sub>y</sub> 45-100	$<10^{-9}$	[mbar]
Partial pressure - C <sub>x</sub> H <sub>y</sub> 101-200	$<10^{-10}$	[mbar]
Partial pressure Ar	NA	
Partial pressure Xe	NA	
Evacuation (pump down) time	15-20	[min]
Gate valve to VH1	50 x 336	[mm <sup>2</sup> ]

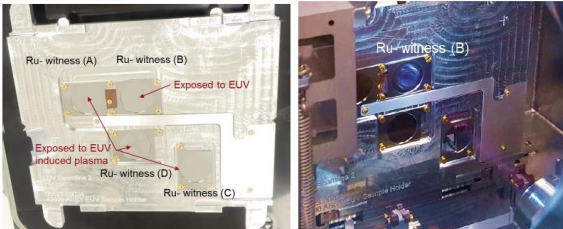
# › MEETMETHODE

- › Vacuüm einddruk word gemeten met drukmeters
- › Samenstelling van het vacuüm met RGA's
- › Reinheid van het hele systeem met een controle experiment



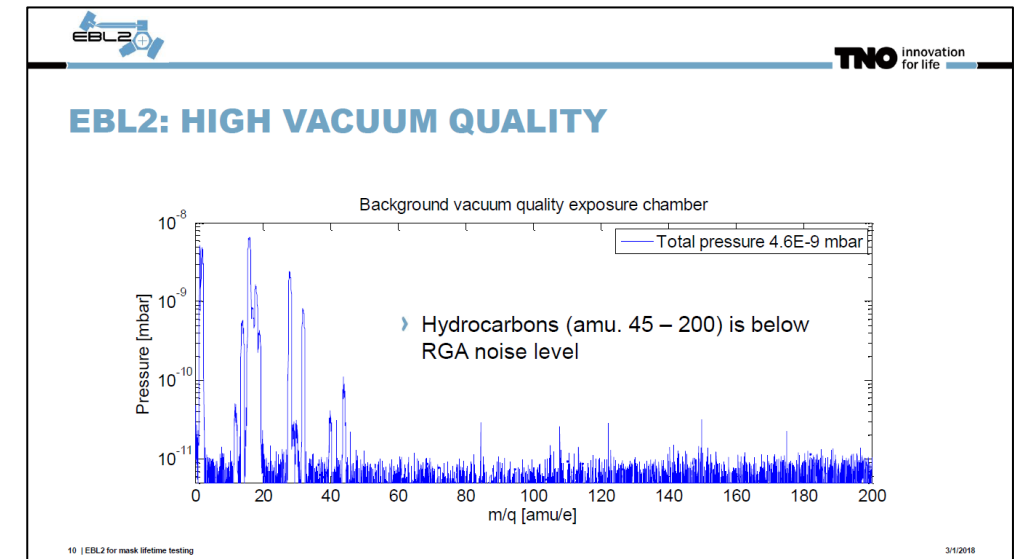
**EBL2: ULTRA CLEAN SYSTEM**

- › Background screening of EBL2 exposure chamber
  - › Ru-coated witness plates
  - › 3kHz, 18 MShots, 15 mW/mm<sup>2</sup> in standard H<sub>2</sub> condition
  - › XPS analysis without breaking vacuum



Sample code	O	Ru / C	S	Sn
Ru-witness (A)	7.3	91.1	1.5	<
Ru-witness (B)	7.3	91.0	1.7	<
Ru-witness (C)	10.3	88.8	1.0	<
Ru-witness (D)	8.0	90.6	1.4	<

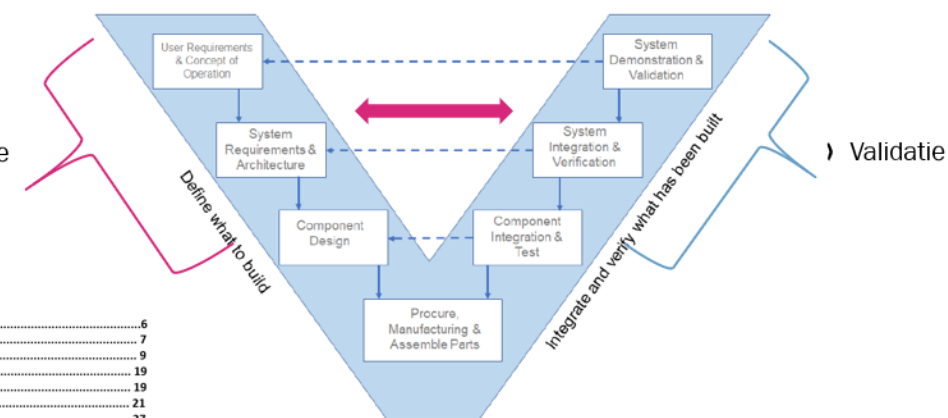
10 | EBL2 for mask lifetime testing 31/2018



EUV mask lifetime testing using EBL2; Chien-Ching Wu et.al. (TNO); 2018 SPIE Advanced Lithography

# CONCLUSIE

- › Eisen hebben een manier van bewijzen nodig
- › En hier moet al over nagedacht worden tijdens het bedenken van de eisen
- › Richtlijn 12 geeft handreikingen over hoe na te denken over eisen, en
  - › Verschillende meetmethoden, en waar ze geschikt voor zijn



INDEX page

PREFACE .....	6
INTRODUCTION .....	7
NEDERLANDSE SAMENVATTING .....	9
1. SCOPE .....	19
2. NORMATIVE REFERENCES .....	19
3. TERMS AND DEFINITIONS .....	21
4. GENERAL OUTLINE OF THE GUIDELINE .....	27
5. PRODUCT CLEANLINESS REQUIREMENTS .....	29
6. MEASUREMENT METHODS FOR QUALIFICATION .....	35
7. MANUFACTURING .....	45
8. CLEANING .....	51
9. ASSEMBLY .....	61
10. CONTAMINATION CONTROL SOLUTIONS TO KEEP A PRODUCT CLEAN .....	67
11. PACKAGING .....	77
12. DESIGN FOR PART'S CLEANLINESS .....	81

Bron: VCCN richtlijn 12

Size range of particles on surfaces (µm)											
0.005	0.01	0.05	0.1	0.5	1	5	10	50	100	500	1000
								Visual counting			
								Stereo microscopy			
							Surface monitor				
				Microscope (dark field)							
			Laser diffraction particle analyser								
		Near field microscopy									
		Light scattering									
		Scanning Electron Microscopy									
		Transmission Electron Microscopy									
Atomic Force Microscopy											

Table 6.1 Overview of some direct surface particles measurement methods

› **THANK YOU FOR  
YOUR TIME**

