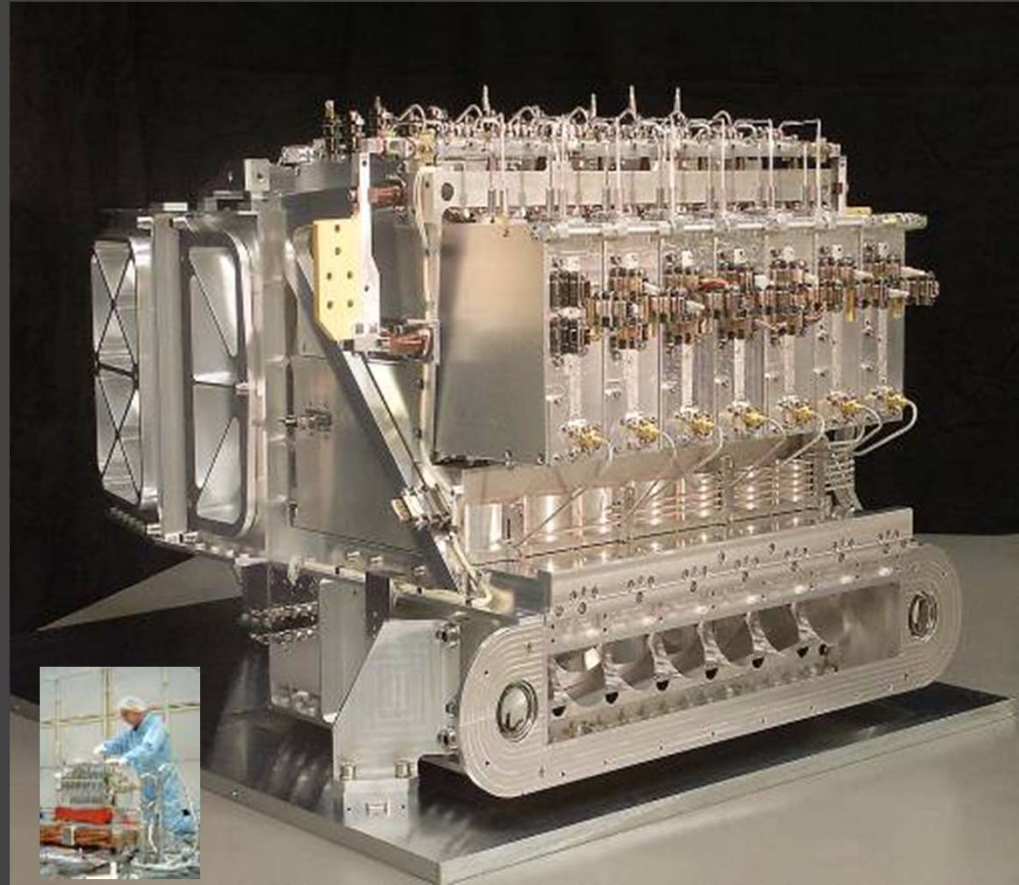


Ruimteonderzoek in Nederland



Of; de kruisbestuiving tussen wetenschap en technologie

Gerard Cornet, stafmedewerker SRON

Wat is ruimteonderzoek?

- Wetenschappelijk onderzoek dat gebruik maakt van satellieten en ruimtevaartuigen;
 - Om straling vanuit het heelal te kunnen detecteren,
 - Om grootschalige verschijnselen op Aarde of planeten vanaf grote hoogte te kunnen bestuderen,
 - Om gebruik te maken van speciale omstandigheden in de ruimte (gewichtloosheid, luchtledigheid, etc.)

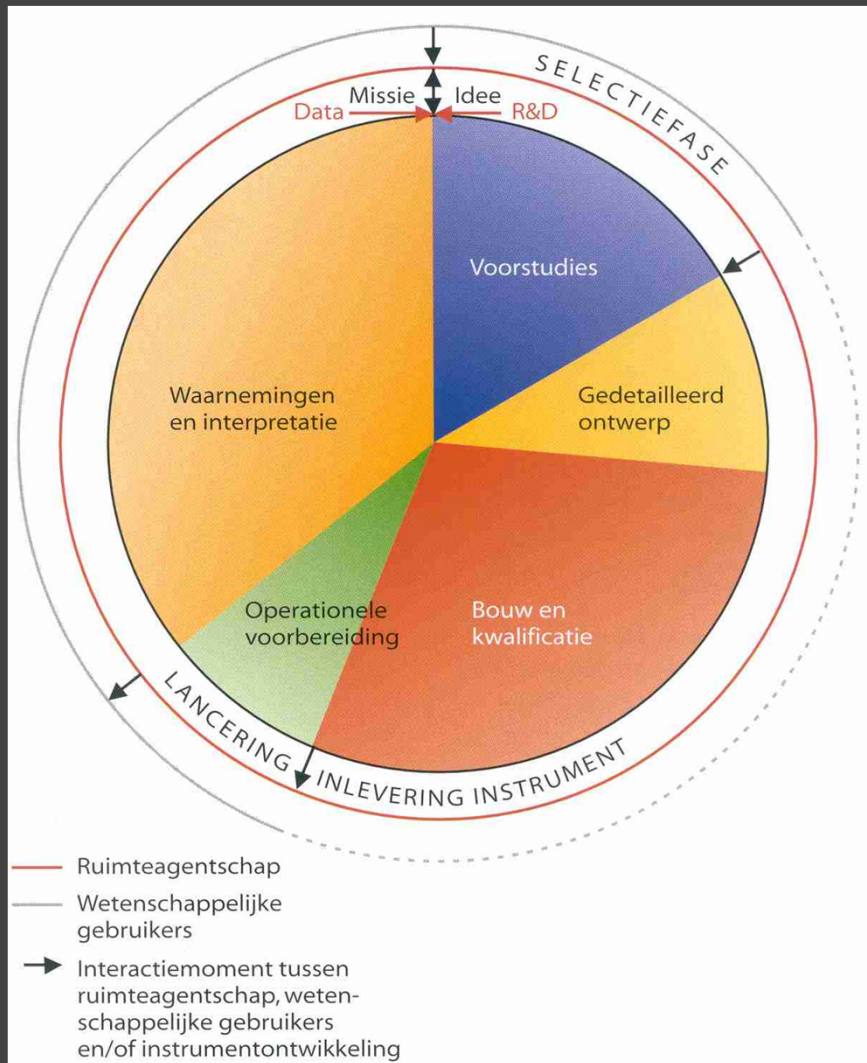
Context

- Internationale samenwerking (politiek, prestige, economie, innovatie)
 - NL is lid van ESA (19 lidstaten, budget 4 miljard €, voor wetenschap (incl. planeetonderzoek, excl. aardobservatie); 480 miljoen)
 - Vergelijk NASA: 18 miljard dollar, waarvan 5 miljard voor wetenschap
 - NL ruimtevaartbudget: 100 miljoen €, w.o. contributie ESA Science programma; 20 M€
- Noodzakelijk middel om wetenschappelijke grenzen te verleggen

Wat is SRON?

- Ontstaan in de jaren 60 uit werkgroepen aan de universiteiten van Utrecht, Groningen en Leiden
- In 1983 opgericht als Stichting Ruimteonderzoek Nederland, thuisbasis voor NL deelname aan "verplichte" ESA Science programma
- Hét Nederlands expertise-instituut op gebied van ruimteonderzoek
- Missie: ontwerp, ontwikkeling en gebruik van 'wereldklasse' innovatieve ruimte-instrumenten voor astrofysisch en aardgericht onderzoek
- Ambitie: verwerven van een PI-rol in grensverleggende internationale ruimtemissies (ESA, NASA); "highest value for money"
- Onderscheidend vermogen: sterke wisselwerking tussen wetenschappelijke inspiratie en technologische realisatie
- Adviseur overheid over ruimtevaartzaken
- Jaarbudget: 15 M€ (basis NWO)
- Ongeveer 200 werknemers
- Laboratoria in Utrecht en Groningen

Projectcyclus in Ruimteonderzoek



- Voorstudies: technologisch ontwerpers i.s.m. wetenschappelijke gebruikers.
- Ontwerp, bouw en kwalificatie: ontwerpers.
- Waarnemingen: wetenschappelijke gebruikers.
- SRON omvat noodzakelijke expertises om de hele projectcyclus mee te draaien.
- Doorlooptijd ~ 15-20 jaar
- Totale kosten project ~ 100 M€

SRON “Expertise Driehoek”

Science

- Astrofysisch en atmosferisch onderzoek
- Spectroscopie in IR, submm en röntgen

Enabling Technology

- Detectoren + read-out electronica +
micro-mechanische systemen in cryo omgeving
- State-of-the-art litho faciliteiten en clean rooms

Space Instruments

- Systemkennis
- Ontwerp, engineering, bouw en kwalificatie
van vluchtinstrumentatie in internationale consortia



Doel meting:

Instrument geplaatst in:

Hoge resolutie spectroscopie van röntgenbronnen

Chandra
(NASA, 1999)

in bedrijf

Spectroscopie van zwakke en/of ver verwijderde röntgenbronnen

XMM-Newton
(ESA, 1999)

in bedrijf

Concentratie metingen van sporegassen in de atmosfeer

ENVISAT
(ESA, 2002)

in bedrijf tot mei 2012

Ver-infrarood en submillimeter straling uit het heelal (HIFI)

Herschel
(ESA, 14 mei 2009)

in bedrijf

Samenstelling troposfeer/lucht-kwaliteit (TROPOMI)

Sentinel-5 precursor
(ESA/EU, 2014)

in voorbereiding

Ver-infrarood en submillimeter straling uit het heelal (SAFARI)

SPICA
(JAXA/ESA, 2022)

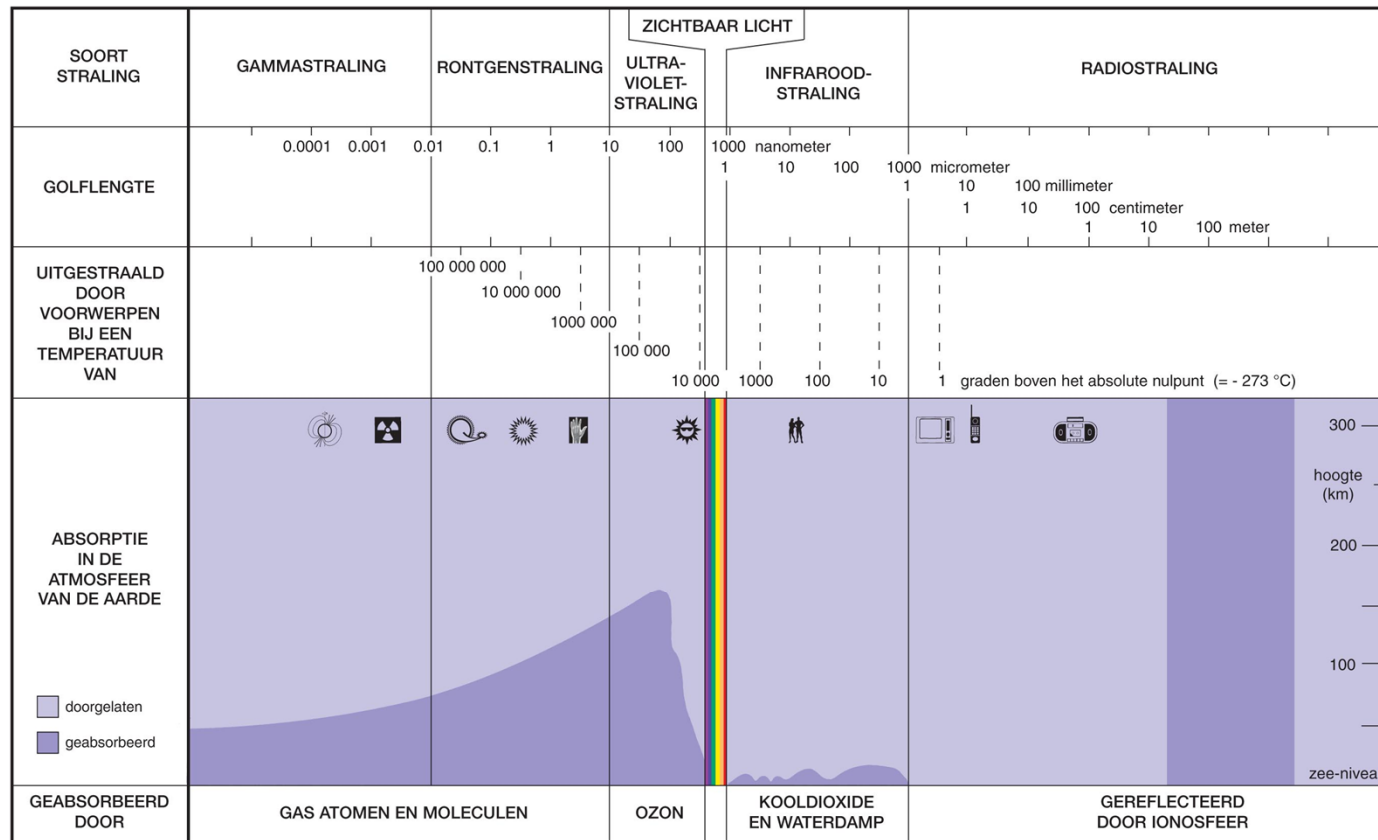
in voorbereiding!!

Hoge resolutiespectroscopie compacte Röntgenbronnen (via ASTRO-H, 2013)

IXO (ESA/NASA, > 2022)

onzekere status

Spectrum van de electromagnetische straling



Herschel

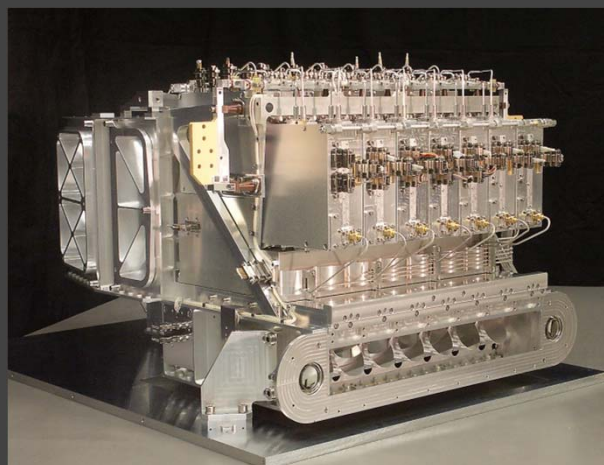
Missie



Herschel
Gelanceerd 14
mei 2009



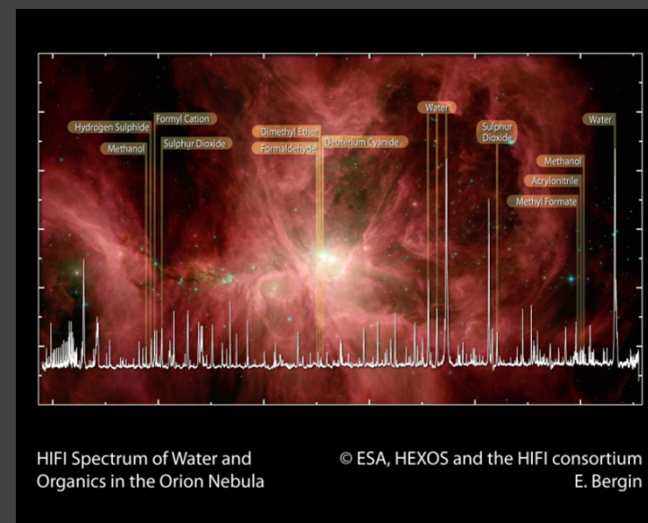
SRON
bijdrage



PI en ontwerp
en bouw van
HIFI
instrument



Resultaat



HIFI Spectrum of Water and
Organics in the Orion Nebula

© ESA, HEXOS and the HIFI consortium
E. Bergin

IR en sub-mm
spectroscopie van
bronnen in het
heelal

Wapenfeiten

SWS instrument op ISO (met MPI Garching)

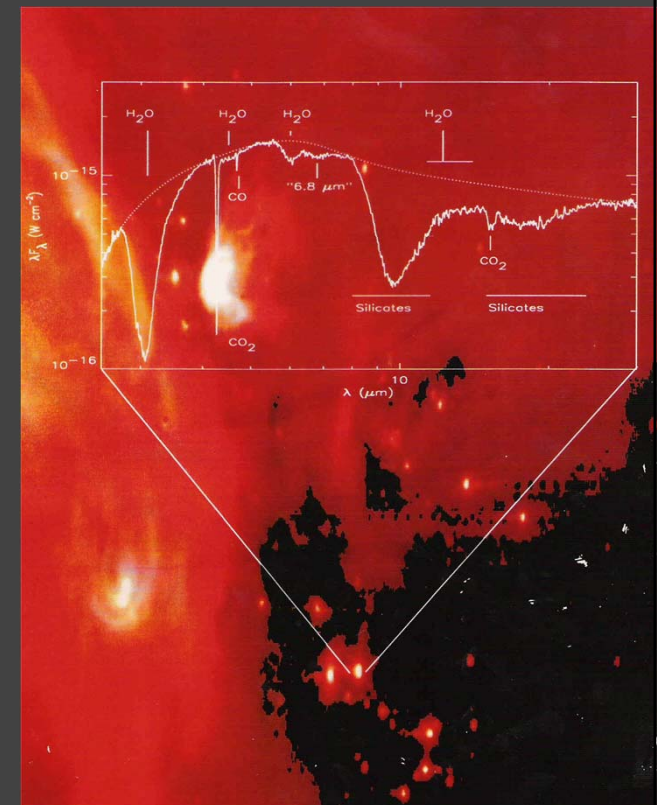
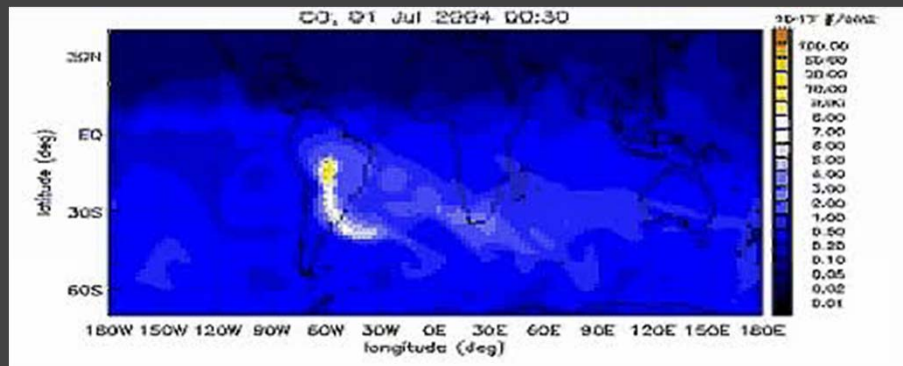
- Eerste hoge resolutie spectra van circumstellair gas en stof (1996)

RGS instrument op XMM-Newton (met VS, UK en Switzerland)

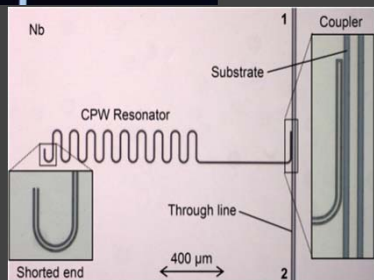
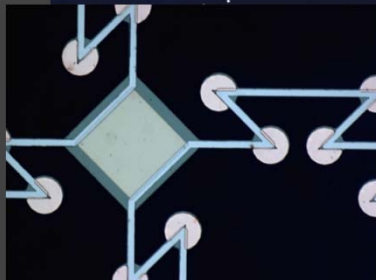
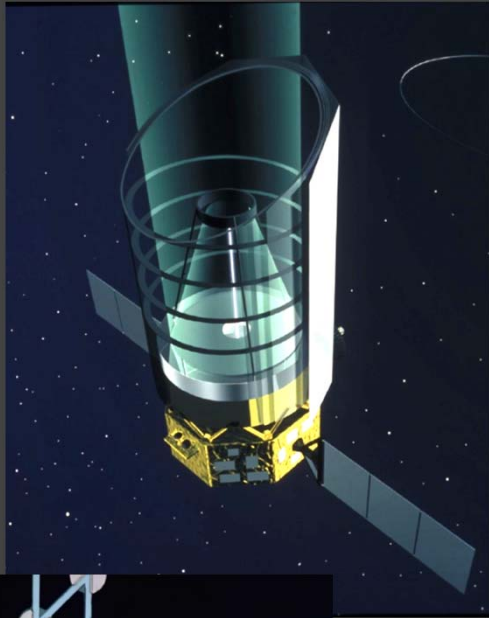
- Kosmisch web zichtbaar gemaakt als onderdeel “ontbrekende materie” in het heelal (2008)

SCIAMACHY instrument op ENVISAT (met o.m. Dutch Space, TNO, KNMI)

- Herkomst en verspreiding van koolmonoxide (2004)
- Zwaar water (HDO) in de atmosfeer: hydrologische cyclus in klimaat modellen

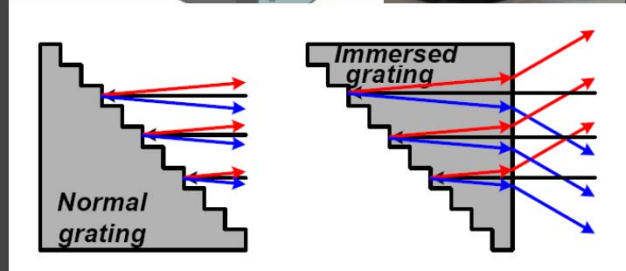
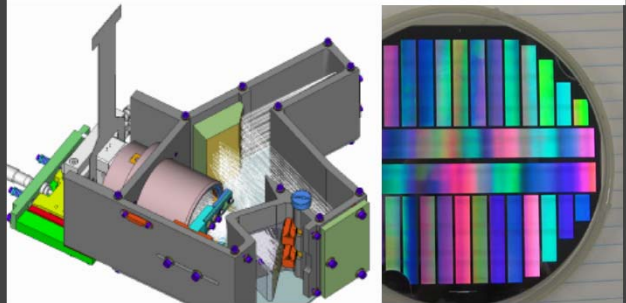
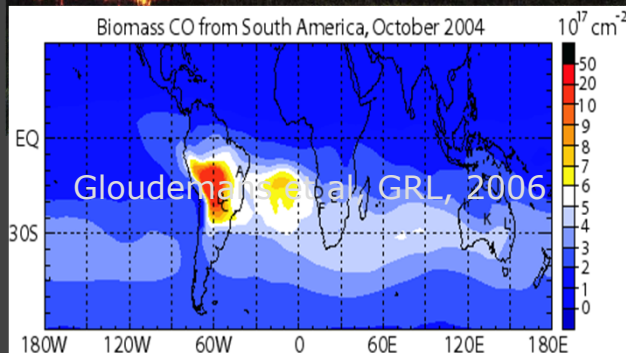


SPICA



- Japanse missie; samenwerking met Europa, VS en Korea.
- Infrarood (5-210 μm) spectroscopie en “imaging”.
- Studie van de vorming en evolutie van melkwegstelsels en planeetstelsels.
- Lancering: gepland voor 2022.
- Actieve koeling; dus geen vloeibaar Helium.
- 3.5 m telescoop op temperatuur 4.5 K.
- Bijdragen vanuit Europa:
 - Instrument **SAFARI**.
 - 3.5 m spiegel (Herschel spin-off).
 - Ground segment support.
- **SAFARI**: >15 partners (onder leiding SRON) in 7 EU landen.
- 35-210 μm camera en spectrometer.
- Detector opties: photoconductors, TES bolometers, of KID's (100 x gevoeliger dan nu!).
- **SRON**: detectoren en mechanismen.

TROPOMI instrument: luchtkwaliteit en klimaat



Doelstelling

- Meting aan luchtvervuiling, broeikasgassen en aerosol met hoge ruimtelijke resolutie gevoeligheid tot aan het aardoppervlak.
- In 3 dagen zelfde hoeveelheid metingen van CO and CH₄ als SCIAMACHY in een jaar!
- Samenwerking: KNMI (PI), SRON, DS, TNO, Mecon.

SRON leiding SWIR spectrometer en wetenschap

- Broeikasgas CH₄ and luchtverontreinigend CO.
- Na SCIAMACHY geen ander instrument voor CH₄ en CO voorzien met deze gevoeligheid tot aan oppervlak.

SRON/TNO enabling technology

- Miniaturisatie van 2D optische module door 'immersed grating' technology: $\approx 120 \ell \Rightarrow 3 \ell$.

Huidige status

- Immersed grating ontwikkeld.
- SWIR kanaal gedemonstreerd als verwacht.

Wat hebben we er aan?

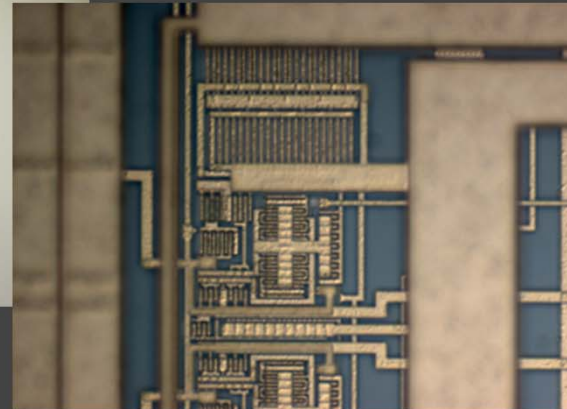
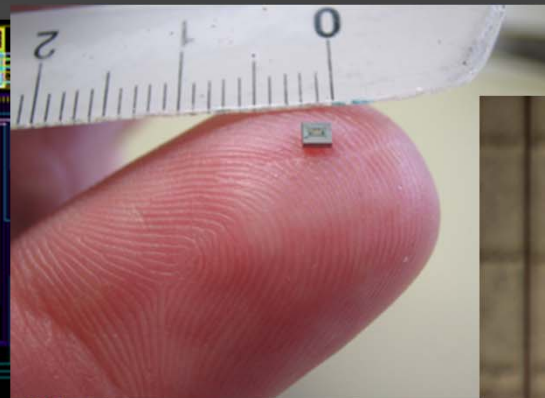
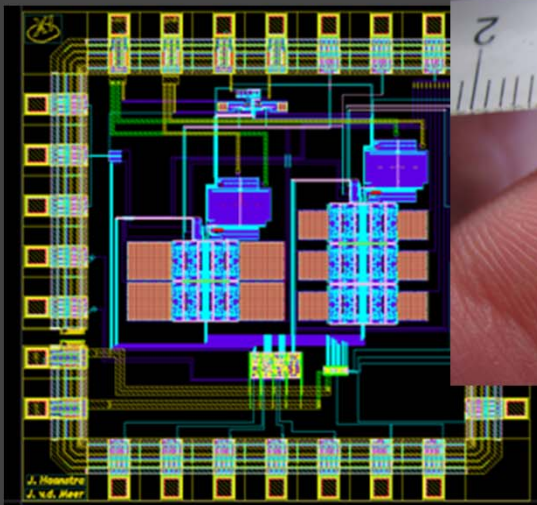
- Door nieuwsgierigheid gedreven onderzoek; vruchtbare wisselwerking tussen wetenschappelijke inspiratie en technische realisatie
- Ruimtevaart is bron van innovatie; microsteemtechnologie; systemen moeten klein, licht en duurzaam worden uitgevoerd en weinig energie verbruiken; meestal moeten volstrekt nieuwe technologieën of meetprincipes worden ontwikkeld.
- Tech transfer en valorisatie: o.m. TeraHertz imaging, miniaturisatie van electronica (ASICs)

Miniaturisering van electronica

- Ontwerp, productie, levering **prestatiekritische componenten** van uitlees- en meet- en regelsysteem
- **Ruimtekwalificatie** van volledig nieuwe seismometer uitleeselektronica

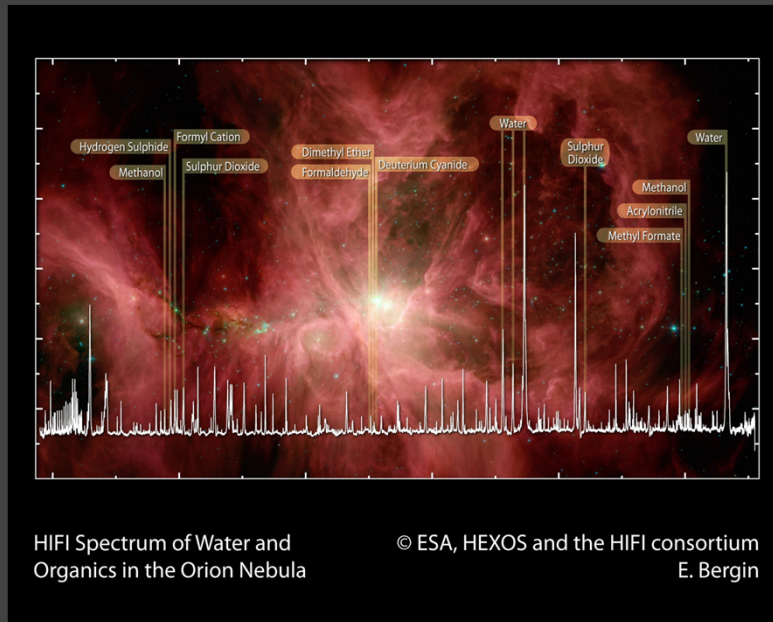
Eigenschappen:

- **ongeëvenaarde nauwkeurigheid**
- **geminiaturiseerd** (klein, licht)
- laag energieverbruik



- 24 bits **mixed-signal ASIC** (*Application Specific Integrated Circuit*)
- Dataconversie met extreme nauwkeurigheid over zeer groot frequentiebereik (kenmerkend voor seismische signalen)

THz technology; spin-off heterodyne expertise



- Security (radiation can penetrate packaging materials; concealed weapons or explosives detection)
- Health (skin cancer diagnostics, breath analysis)
- Non-destructive testing (aerospace or food packaging control)
- Determination of water content (food production processes)
- Art conservation studies (visualize underpaintings)

Waterspectrum van een pre-stellaire kern (L1544)

