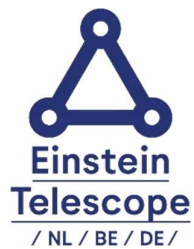




DOMEIN 2 - VACUÛMTECHNOLOGIE



Openstellingstekst voor de R&D-regeling technologiedomeinen Einstein Telescope

Domein 2: Vacuümtechnologie

Uitdaging: Industrialisatie van het (arm) vacuümsysteem en in het bijzonder een kostenefficiënt ontwerp van de productiefaciliteit en het installatiescenario

Versie 1 (12.9.2024)

Openstelling– Vacuümtechnologie

De openstellingstermijn, bedoeld in artikel 8, eerste lid, van de R&D-regeling technologiedomeinen Einstein Telescope voor het technologiedomein Vacuümtechnologie loopt vanaf 25 oktober 2024 tot en met 28 november 2024 om 23:59 uur. Het subsidieplafond, bedoeld in artikel 11, tweede lid, van de R&D-regeling technologiedomeinen Einstein Telescope bedraagt € 2.000.000,00. De uiterste einddatum voor afronding van projecten binnen dit domein is 30 juni 2027.

Uitwerking technologiedomein Vacuümtechnologie

1. Introductie

Voor de Einstein Telescope (hierna: ET) is ongeveer 120 kilometer vacuümbuis nodig met een binnendiameter van 1 meter om laserstralen ongestoord tussen spiegels te laten kaatsen.

De huidige detectoren gebruiken roestvrij staal (AISI 304L) voor hun 3 tot 4 kilometer lange buizen, met een diameter van 0,7 tot 0,9 meter en een wanddikte van 3 tot 4 millimeter. Deze werken bij een totale vacuümdruk van 10^{-8} millibar (hierna: mbar).

Als deze technologie wordt opgeschaald naar de ET zal dat resulteren in een duur arm-vacuümsysteem. Daarnaast heeft ET strengere ultrahoogvacuüm (hierna: UHV) eisen.

Binnen dit domein staat de zoektocht naar alternatieven voor dit vacuümsysteem centraal. Parallel wordt er bij andere instituten - waaronder CERN - nader onderzoek gedaan.

2. Uitdaging van het vacuümsysteem

De hoofdvraag luidt: “Hoe bouwen we de 120 kilometer UHV vacuümbuizen voor de armen van de ET, die aan alle eisen voldoen?”

Specifiek gaat het om de industrialisatie en proof-of-concept van een kostenefficiënte productie- en ondergrondse installatiestrategie, voor de vacuümsystemen van de ET op basis van een corrugated buisontwerp. Bij een corrugated buisconcept wordt uit plaatmateriaal een gegolfde vorm gemaakt om de buis te verstevigen en waardoor de wanddikte dunner kan zijn.

Hierbij moet rekening worden gehouden met het reduceren van de kosten ten opzichte van een conventioneel AISI 304L buissysteem, de doorlooptijden, de reductie met betrekking tot lifecycle-analyse uitkomsten en risico's. Hierop zijn, onder andere maar niet uitsluitend, het uitstookproces voor het reduceren van restgassen, de reinheidseisen van oppervlakken en de betrouwbaarheid van eventuele lassen van grote invloed. Een algehele systeemintegratie is cruciaal, niet alleen met het oog op de kosten, maar ook met het oog op de vereiste lange levensduur van minstens 50 jaar met idealiter weinig onderhoud.

De Einstein Telescope Organisatie heeft een contract met CERN voor de ontwikkeling van de UHV-buizen. In dit contract is afgesproken dat CERN het Technisch Design Rapport schrijft, een prototype bouwt en test, workshops organiseert en contact onderhoudt met de collega's die werken aan de Cosmic Explorer (toekomstige gravitatiegolfdetector in de US). Binnen dit project wordt door CERN nog volop gewerkt aan verschillende werkpakketten. Resultaten vanuit de werkpakketten zullen na goedkeuring worden gedeeld.

CERN is echter een wetenschappelijke onderzoeksfaciliteit. CERN heeft veel ervaring met grote projecten, maar voor de fabricage en installatie van 120 kilometer vacuümbuis is kennis vanuit de

industrie nodig. Die kennis is belangrijk om de maakbaarheid en industrialisatie van de vacuümbuis verder te ontwikkelen.

3. Specifieke doelstelling voor dit domein

De vacuümbuizen moeten voldoen aan de eisen die zijn opgesteld in het document: "Einstein Telescope beampipe requirements" (ET-0385A-24, 2024; te downloaden via www.einsteintelelescopeforbusiness.nl). In dit document staan bijvoorbeeld de eisen over de maximale restgasdrukken in de buis en eisen over het afvangen van lichtvervuiling door schotten, veroorzaakt door het weerkaatsen van de laser tegen restgassen, deeltjes en andere vervuiling.

Tabel 1: Partiële drukeisen uit ET-0385A-24

Restgas	Max. partiële restgasdruk in mbar
H ₂	5.3 x 10 ⁻¹¹
H ₂ O	9.6 x 10 ⁻¹²
N ₂	5.6 x 10 ⁻¹²
CO	2.2 x 10 ⁻¹²
CO ₂	2.0 x 10 ⁻¹²
Hydrocarbons	9.1 x 10 ⁻¹⁴

Andere onderwerpen zijn de diameter van de buis, de werkcondities onder de grond en de uitlijning van de buis. Voortvloeiend uit dit pakket van eisen volgen impliciete eisen op bijvoorbeeld maakbaarheid en betrouwbaarheid.

Binnen dit domein zijn er een aantal specifieke uitdagingen waarbij de inbreng van het bedrijfsleven is gewenst. Deze uitdagingen zijn:

1. Industrialisatie van 120 kilometer corrugated vacuümbuis (maakbaarheid op grote schaal), inclusief een supply chain studie.
2. Het ontwerpen, maken en waarborgen van de kwaliteit voor het vormen en lassen van een corrugated buis, die aan de eisen voldoet zoals beschreven in het document Einstein Telescope beampipe requirements (ET-0385A-24).
3. De ontwikkeling van het proces voor het reinigen en controleren van de reinheid van de buis. Met inbegrip van de logistiek van productie tot installatie en onderhoud.
4. Voor alle uitdagingen geldt dat er een inschatting moet worden gemaakt van kosten, tijd, life-cycle en risico's voor productie, installatie en operatie.

Een ontwerp van de corrugated buis is beschikbaar, maar dit ontwerp kan aangepast worden als dat een verbetering voor de productie en/of installatie oplevert. Ferritisch roestvrij staal AISI 441 / X2CrTiNb18 wordt op dit moment als voorkeursmateriaal beschouwd, omdat verwacht wordt dat dit een substantiële kostenbesparing kan opleveren (Carlo Scarcia, "Study of selected mild steels for application in vacuum systems of future gravitational wave detectors," *Journal of Vacuum Science*

and Technology, 5 augustus 2024). Roestvrij staal AISI 304L wordt beschouwd als alternatief en back-up materiaal.

Er zijn – in overleg – mogelijkheden tot samenwerking met en testen bij CERN.

4. Gerelateerde documentatie en projecten

Naast de reeds genoemde documentatie, zijn er diverse rapporten waarin meer informatie is te vinden:

- ET conceptual design report CDR (2011)
- Einstein Telescope: Science Case, Design Study and Feasibility Report ("30 pages" ESFRI document), ET-0028A-20, 2020
- ET design report update 2020 ("long ESFRI document"), ET-0007A-20, 2020
- Science Case for the Einstein Telescope, arXiv:1912.02622, 2020
- ET cost book, ET-0000A-20, 2020
- Socio-economic impact of the Einstein Telescope - Executive Summary, ET-0001A-20, 2020
- Workshop Beampipes for Gravitational Wave Telescopes 2023:
<https://indico.cern.ch/event/1208957/timetable/?view=standard>

In een aantal gerelateerde projecten is vooronderzoek gedaan naar de uitdagingen:

- ET Technologies: In dit afgeronde project is gerelateerd aan vacuümtechnologie materiaalonderzoek naar metalen en coatings gedaan om alternatieven voor het vacuümsysteem te kunnen beoordelen;
- Beampipes4ET (Interreg-MR): In dit lopende project met leadpartner RWTH Aachen wordt er onderzoek gedaan naar een nieuw productieconcept voor vacuümbuizen en een nieuwe lastechnologie. Daarnaast wordt een bestaande productietechnologie voor flenzen en T-profielen toegepast op vacuümbuizen. Meer hierover op deze website: <https://keep.eu/projects/29344>.