



## Regeling van de Minister van Onderwijs, Cultuur en Wetenschap van 21 juni 2024, nr. 46637023 houdende wijziging van de R&D-regeling technologiedomeinen Einstein Telescope in verband met het openstellen van het technologiedomein optica

De Minister van Onderwijs, Cultuur en Wetenschap,

Gelet op artikel 1.2 van de Kaderregeling subsidies OCW, SZW en VWS;

Besluit:

### ARTIKEL I

De R&D-regeling technologiedomeinen Einstein Telescope wordt als volgt gewijzigd:

A

In artikel 8, tweede lid, wordt 'bijlage 2 en 4' vervangen door 'bijlage 2, 4 en 5'.

B

In artikel 11, tweede lid, wordt 'bijlage 2 en 4' vervangen door 'bijlage 2, 4 en 5'.

C

Na bijlage 4 wordt een bijlage 5 'Openstelling Optica' toegevoegd, die luidt:

#### **Bijlage 5. – Openstelling Optica**

*Deze bijlage hoort bij de artikelen 8 en 11 van de R&D-regeling technologiedomeinen Einstein Telescope*

De openstellingstermijn, bedoeld in artikel 8, eerste lid, van de R&D-regeling technologiedomeinen Einstein Telescope voor het technologiedomein Optica loopt vanaf 7 juli 2024 tot en met 12 september 2024 om 23:59 uur. Het subsidieplafond, bedoeld in artikel 11, tweede lid, van de R&D-regeling technologiedomeinen Einstein Telescope bedraagt € 2.500.000,00.

#### **Uitwerking technologiedomein Optica**

##### **1. Introductie**

De toekomstige Einstein Telescope (hierna: ET) is een observatorium voor zwaartekrachtgolven dat afhankelijk is van de meting van minieme relatieve lengteverschillen tussen de kilometerslange armen van een laserinterferometer. Optische systemen zijn een cruciaal aspect van ET; de 200 kg super gepolijste spiegels met speciaal geoptimaliseerde coatings aan de uiteinden van de armen dienen als testmassa's; een ultrastabiele laser levert de monochromatische laserstralen die de testmassa's peilen; talloze extra optische systemen en sensoren dienen om het instrument te controleren en te stabiliseren om de signatuur van de passage van een zwaartekrachtgolf door ET te kunnen detecteren als een minuscule 'flikkering' in de fotodetector (fotodiode) die de intensiteit van de samengevoegde laserstralen registreert. Hieronder staat een nadere toelichting.

##### **2. Uitdaging samengevat**

Ontwikkelen en interferometrisch testen van grote (10–45 cm diameter) siliciumspiegels met een bulkabsorptie voor 1.550 Newtonmeter (hierna: nm) laserlicht van minder dan een paar delen per miljoen (hierna: ppm) per cm en super gepolijste oppervlakken met een vlakheid van minder dan  $\pm 2$  nm, een kwadratisch gemiddelde ruwheid van minder dan 100 picometer (hierna: pm). De gepolijste oppervlakken moeten een gemiddelde laserlicht absorptie van minder 50 ppm hebben (waarvan de oorsprong bekend moet zijn) en gecoat zijn met een ruisarme, hoge reflectiviteit coating met een absorptie van minder dan 5 ppm.



### 3. Uitdaging van optica in meer detail

Een van de unieke eigenschappen van ET is het gebruik van cryogeen gekoelde silicium spiegels om de gevoeligheid voor lage gravitatiegolf frequenties (onder de 20 Hertz (hierna: Hz) aanzienlijk te verbeteren door de thermische ruis in met name de spiegelcoatings en -suspensies te verminderen. Bepaalde types kristallijn silicium, een bekend materiaal uit de halfgeleiderindustrie, zijn ideaal voor dit doel; naast zijn uitstekende mechanische kwaliteitsfactor vertoont silicium een verwaarloosbare thermische uitzettingscoëfficiënt bij temperaturen rond de 120 en onder de 20 Kelvin (hierna: K), en, wat nog belangrijker is, het wordt een uitstekende thermische geleider bij een lage temperatuur. Thermische spiegelvervormingen zullen sterk verminderen in vergelijking met glazen (amorphe siliciumdioxide) spiegels.

Wat betreft het kristallijne siliciumsubstraat, of ingot, moet de bulkabsorptie van het laserlicht dat de spiegels verwarmt onder ongeveer 5 ppm/cm worden gehouden om de spiegels, met name bij 20 K, op een stabiele cryogene temperatuur te kunnen houden. Aangezien resterende vrije ladingsdragers de absorptie domineren bij de beoogde golflengten van 1,5 – 2,0 micrometer (hierna:  $\mu\text{m}$ ), zijn substraten met een hoge weerstand (beter dan 10  $\text{k}\Omega\text{cm}$ ) vereist. Terwijl float-zone gegroeid silicium de vereiste hoge weerstand bereikt, is het technisch beperkt tot kleinere diameters. Groeiprocessen die grote substraten bereiken met weinig onzuiverheden, zoals magnetisch ondersteunde Czochralsky-processen, moeten verder worden onderzocht.

Polijsprocessen die dezelfde specificaties kunnen leveren op siliciumsubstraten moeten onderzocht worden en hun kwaliteit moet bewezen worden door geschikte metrologie, inclusief parameters zoals doorgelaten golffrontvervorming en absorptie op het oppervlak en in de bulk. Met het oog op de verschillende golflengtes en de cryogene temperaturen moeten er geheel nieuwe meerlaagse coatings worden ontwikkeld.

### 4. Specifieke doelstelling(en) binnen dit domein

Binnen dit domein zijn de volgende specifieke uitdagingen waarbij de inbreng van het bedrijfsleven is gewenst.

Ontwikkelen en interferometrisch testen van grote (10–45 cm diameter) siliciumspiegels met een bulkabsorptie voor 1.550 nm laserlicht van minder dan een ppm per cm en super gepolijste oppervlakken met een vlakheid van minder dan  $\pm 2$  nm en een kwadratisch gemiddelde ruwheid van minder dan 100 pm.

Hierbij zijn de volgende elementen van belang:

- Het onderzoeken van de correlatie van het polijstproces en de absorptie van de 1.550 nm laserlicht aan de oppervlakte van de spiegels met het doel de absorptie te reduceren.
- Het ontwikkelen en testen van nieuwe materialen voor coatings met een hoge reflectiviteit, lage thermische ruis bij een temperatuur van 20 K en een lage absorptie voor 1.550 nm laserlicht.

### 5. Gerelateerde projecten

In een aantal gerelateerde projecten is reeds vooronderzoek gedaan naar deze technologie:

- ETpathfinder: In dit project – tevens de R&D faciliteit voor de Einstein Telescope – kan de opstelling worden geïntegreerd en getest.
- LIGO / VIRGO: De polijstspecificaties van het silicium zullen voor de meeste parameters vergelijkbaar zijn met de zeer hoge eisen die momenteel worden gesteld aan amorfe siliciumdioxide voor de LIGO- en Virgo-observatoria. Deze spiegels (ongeveer 40 kg per stuk) worden gepolijst met een kromtestraal van ongeveer 2 km, met een vlakheid van  $\pm 2$  nm en een ruwheid van minder dan 0,1 nm. Deze precisie wordt bereikt met behulp van elektrolytisch polijsten, beitsen met ionenbundel en corrigerende coatings. De reflectiviteit van deze spiegels is 99,999%, de gemeten bulkabsorptie van de spiegel substraat is minder dan 1 ppm/cm, en de absorptie van de coatings is minder dan 0.5 ppm per coating.

## ARTIKEL II

Deze regeling treedt in werking met ingang van de dag na de datum van uitgifte van de Staatscourant waarin zij wordt geplaatst.



---

Deze regeling zal met de toelichting in de Staatscourant worden geplaatst.

*De Minister van Onderwijs, Cultuur en Wetenschap,  
R.H. Dijkgraaf*



## TOELICHTING

### Achtergrond

Op basis van het positieve advies van de Adviescommissie Nationaal Groeifonds (hierna: NGF) heeft het kabinet op 12 juli 2022 besloten tot een gefaseerde financiering voor de bouw van de zogenoemde Einstein Telescope. Aan het project ET is een bijdrage van € 42 miljoen uit het NGF toegekend voor de voorbereidingsfase van het project (2022 – 2028). In deze voorbereidingsfase geldt een tweeledig doel. Het eerste doel is ervoor zorgen dat de ET in de Euregio Maas-Rijn (hierna: EMR) wordt gebouwd. Over de definitieve locatie voor de bouw van de ET moet in Europees verband nog een keuze worden gemaakt. Een alternatieve locatie is Sardinië in Italië. De NGF-middelen zijn voor een deel bedoeld voor een haalbaarheidsstudie. Het tweede doel is dat het bedrijfsleven op een effectieve manier wordt betrokken. Dit staat bekend als valorisatie. Deze regeling ziet op dit tweede doel.

De ET wordt een ondergrondse detector voor zwaartekrachtsgolven. In deze detector kunnen hoogwaardige krachtige laserstralen heen en weer kaatsen tussen ijskoude en trillingvrij opgehangen spiegels aan de uiteinden van kilometerslange ondergrondse tunnels. Die tunnels zullen ongeveer elk 10 kilometer lang zijn en bevinden zich 200 tot 300 meter onder de grond. Zwaartekrachtsgolven die de aarde passeren, veroorzaken minieme variaties of trillingen in die laserstralende spiegels. Die variaties kunnen wetenschappers met uiterst gevoelige interferometers onderzoeken. Uit voorlopig onderzoek lijkt de EMR-grensregio geologisch uitstekend geschikt om deze detector te huisvesten vanwege de uiterst stille en stabiele ondergrond. Daarbij ligt Zuid-Limburg midden in een technologie-regio met hoogwaardige onderzoeksinstituten en hightechindustrie, onder meer geconcentreerd rond Aken, Eindhoven en Leuven. Juist dit laatste sluit aan bij het doel van deze regeling om ook te zorgen dat het bedrijfsleven betrokken gaat worden.

Investeringsen in de ET passen uitstekend in de nationale beleidscontext. Er ligt een bredere investeringsopgave voor onderzoeks- en innovatie ecosystemen, waardoor benodigde technologieën sneller en beter kunnen worden ontwikkeld én doorontwikkeld richting (markt)toepassingen. Voor de realisatie van de ET zijn uiterst geavanceerde instrumenten en technologieën nodig die nu nog in ontwikkeling zijn. Deze regeling richt zich op een aantal specifieke technologieën of technologiedomeinen zoals die in deze regeling zijn vastgesteld. De lijst is tot stand gekomen in nauw overleg met betrokken wetenschappers en het Limburgs Instituut voor Ontwikkeling en Financiering (hierna: LIOF). De lijst van technologiedomeinen is vastgesteld door een programmacommissie met wetenschappers die nauw betrokken zijn bij de ontwikkeling van de ET. LIOF voert de regeling uit namens de minister. Het zijn allemaal technologieën die uiteindelijk nodig kunnen zijn voor de realisatie van de ET.

### Wijziging

Deze regeling wijzigt de R&D-regeling Einstein Telescope. Deze wijziging is benodigd voor de openstelling van de R&D-regeling voor subsidieaanvragen voor het technologiedomein optica. Binnen dit domein is er een specifieke uitdaging waarbij de inbreng van het bedrijfsleven is gewenst. Deze uitdaging is; 'Ontwikkelen en interferometrisch testen van grote (10–45 cm diameter) siliciumspiegels met een bulkabsorptie voor 1.550 nm laserlicht van minder dan een paar ppm/cm en super gepolijste oppervlakken met een vlakheid van minder dan  $\pm 2$  nm en een kwadratisch gemiddelde ruwheid van minder dan 100 pm.' Deze uitdaging wordt nader uitgewerkt in bijlage 5. Voor deze uitdaging is een bedrag van € 2.500.000,00 beschikbaar.

*De Minister van Onderwijs, Cultuur en Wetenschap,  
R.H. Dijkgraaf*