

# Van het oneindige heelal tot op celniveau: Compacte pulslaser voor zeer uiteenlopende toepassingen

Voor nieuwe ruimtemissies is uiterst compacte en nauwkeurige afstandsmeting onder vacuüm wenselijk. Tegelijk is betere microscopie in levende cellen een vurige wens van celbiologen. Met name het onderscheiden van specifieke stoffen om processen in beeld te brengen – en dat zonder gebruik van potentieel versturende tracers en markers – staat hoog op hun verlanglijst. Aan beide zeer uiteenlopende toepassingen ligt hetzelfde vertrekpunt ten grondslag: een zeer compacte bron voor korte gepulste lasers.

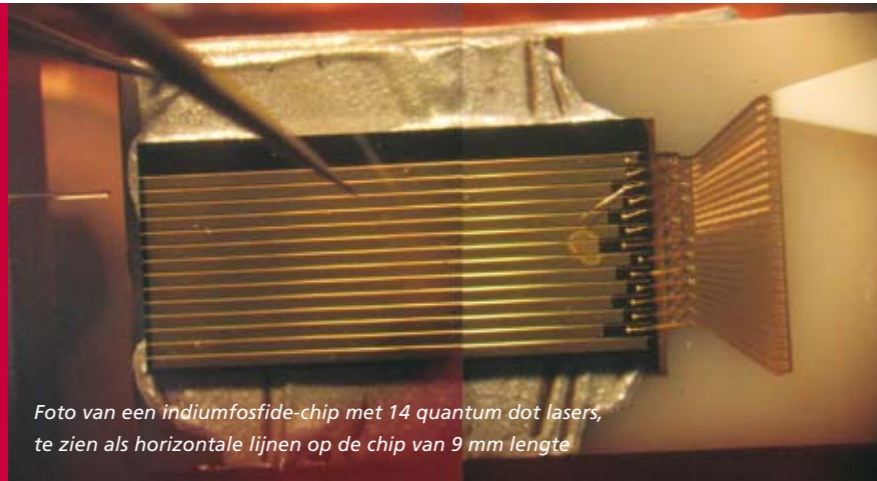


Foto van een indiumfosfide-chip met 14 quantum dot lasers, te zien als horizontale lijnen op de chip van 9 mm lengte

De laatste jaren maakten kortepuls-lasers met een zeer stabiele output een spectaculaire ontwikkeling door. Het gaat om zogeheten 'modelocked' lasers, die lichtpulsjes met een zeer constante frequentie uitzenden. De tijd tussen de pulsjes kan zo regelmatig worden gemaakt, gestabiliseerd, dat er een betere tijdmeting mee mogelijk is dan met een atoomklok. Die regelmaat van de pulsjes in de tijd betekent dat het optische spectrum van de laser bestaat uit een grote serie golflengten die onderling een nauwkeurige vastgelegde afstand in lichtfrequentie hebben: de 'frequentiekam'. Dr. Erwin Bente van de groep Optoelectronic Devices van de vakgroep Elektrotechniek aan de Technische Universiteit Eindhoven: "Dit schept mogelijkheden voor afstandsmeting onder vacuüm. De extreem nauwkeurige tijdsmeting vormt de basis voor afstandsmeting. De essentie is eenvoudig: een object waarnaar een laserpuls wordt gestuurd, kaatst een reflectie terug. De tijdsduur van de reflectie bepaalt de afstand. De werkelijke toepassing is overigens complexer. Daarbij werken we met een gesplitste bundel. Eén van beide gesplitste signalen gaat direct naar het object, het andere gaat daarheen via een referentie-arm. Beide pulsen komen na reflectie weer samen. Door overlap én verschil te analyseren kunnen we de tijd – en dus de afstand – tot op een fractie van de pulslengte achterhalen."

Behalve voor de ruimtevaart is deze nauwkeurige afstandsmeting veelbelovend voor het groeiend aantal high-techprocessen dat onder vacuüm plaatsvindt, zoals EUV-lithografie. Bente: "Helaas bestaan de huidige kortepuls-laserbronnen nog uit 19" racks, aangevuld met racks vol elektronica voor de stabilisatie. Dat is prima voor labopstellingen, maar niet geschikt voor de ruimtevaart. Elke kilo die het heelal in gaat kost een vermogen; bovendien zou de lasers de lancering niet overleven." Miniaturisering door optische integratie is daarom het devies. In hechte samenwerking met het Laser Centrum aan de Vrije Universiteit in Amsterdam, gespecialiseerd in extreem nauwkeurig gestabiliseerde lasers, is de groep in Eindhoven begonnen daarvoor lasers te ontwikkelen. Inmiddels getuigt een indiumfosfide-chip met daarop veertien kortepuls-lasers van negen millimeter dat het project een eind op weg is. Met deze laserbron hoopt de TU/e het hart van een uiterst kleine en lichte afstandsmeter voor de ruimtevaart in handen te hebben.

## Microscopie

Voor de microscopie is een dergelijke bron al even interessant, maar dit toepassingsgebied vraagt om de ontwikkeling van een uitgebreider optisch circuit achter de laser. In het project 'Frequency comb laser devices' (IPD083346) is de Universiteit Twente als ontwikkelaar

betrokken en als gebruiker van microscopische technieken betrokken, onder andere om aan te geven hoe ze de laser voor toepassing wil hebben. Toptica GmbH in Duitsland zit als laser-fabrikant in het project. Momenteel maken biologen voor bepaalde onderzoeken gebruik van Confocale Laser Scanning Microscopen (CLSM). Daarbij staat een continue laserbron gericht op het monster. Daarin zijn vaak speciale markers aangebracht. Het monster absorbeert in zijn geheel het laserlicht. Van dit licht keert een deel terug in de microscoop. Om de gewenste selectie van het monster scherp in beeld te krijgen, maakt de CLSM gebruik van een 'pinhole', een klein diafragma, dat uitsluitend de reflectie toelaat uit het deel van het monster dat in focus is. Bente: "Hier kleven nadelen aan. Doordat het hele monster licht absorbeert en de detectie inefficiënt is, is er veel laserlicht nodig. Dat maakt het monster zo warm dat onderzoek aan levende cellen niet mogelijk is. Ook de benodigde markers zijn een nadeel." Het alternatief is een niet-lineaire microscoop. De laserbron genereert alleen licht op het brandpunt. Alleen daar absorbeert het monster licht, waardoor weinig warmte-ontwikkeling plaatsvindt. Dat brengt werken met levende cellen binnen bereik. En door het monster over drie assen ten opzichte van de lens te variëren, kan een 3D-afbeelding worden gemaakt. Bente: "Alleen de korte pulsen uit een 'modelocked'

laser hebben voldoende intensiteit in het focus om het monster te laten oplichten. De microscoop en het monster zelf vervormen de laserpulsjes echter. Om een punt toch optimaal in beeld te brengen moet een zogeheten pulsvormer de pulsen corrigeren. Voor een 3D-afbeelding moet je die correctie bovendien voortdurend bijstellen. Zo'n pulsvormer haalt het laserlicht uit elkaar in losse frequentielijnen – de tanden uit de frequentiekam. De pulsvormer controleert en corrigeert van alle vijftig lijnen apart de fase en amplitude. Vervolgens komen alle gecorrigeerde lijnen weer bij elkaar. Normaal gesproken gebeurt dit met een lijvig stuk optiek. In het project willen we dit met twee half-geleiderchips oplossen." Het bedrijf Xio-Photonics in Enschede ontwikkelt daar één van: een op siliciumtechnologie gebaseerde chip die alle golflengten uit het laserlicht uitkoppelt naar verschillende kanalen. De TU/e en het Eindhovense bedrijf Cedova tekenen voor de tweede chip, van indiumfosfide. Deze versterkt het licht per golflengte en regelt

de gewenste fase. Bente: "Een punt dat we nog moeten oplossen is de overdracht van de vijftig aparte lichtsignalen van de ene chip naar de andere. Dat is in de praktijk nog nooit gedaan en vraagt om een robuuste en stabiele positionering."

## Gunstig perspectief

De uitvoering met twee chips is niet alleen kleiner, maar leidt door de geringe afstanden op een chip ook tot een snellere modulatie dan met optiek. De modulatiesnelheid ligt in de orde van nanoseconden. Die snelheid maakt het mogelijk elke puls een aparte fase-instelling mee te geven. Deze variatie in golflengteverschil tussen laserpulsjes schept interessante mogelijkheden; de Universiteit Twente onderzoekt die nu. Bente: "Bepaalde moleculen in een monster reageren op een bepaalde pulsform. Dit betekent dat stoffen of processen in een monster selectief zijn af te beelden, zonder dat daarvoor tracers en markerstoffen nodig zijn. Dit is een groot

voordeel, omdat deze stoffen het monster kunnen verstoren. Als we er in slagen de uitdagingen te overwinnen liggen er nog meer voordelen. Voor onze technologie kun je optiek in het 1500- tot 1600-nanometer bereik toepassen, die populair is in de telecommunicatie. Dat betekent bijvoorbeeld dat er objectieven tegen gunstige kosten voor beschikbaar zijn."

## In het project werken samen Participants

- Eindhoven University of Technology
- VU University Amsterdam
- Lionix BV
- University of Twente
- Toptica Photonics AG
- Cedova BV

Projectnummer: IPD083346  
Contact: Dr. E.A.J.M. Bente  
Telephone: +31 (0)40 247 51 06  
Email: e.a.j.m.bente@tue.nl

## From the universe to the cell-level: Compact modelocked laser for divergent applications

A telemetry device for measurement under vacuum, both accurate and compact... It would be most welcome during space missions. At the same time, better microscopy in live cells is what biologists wish for. Particularly the distinction of specific matter to visualize processes in 3D – without the use of potentially disturbing tracers and markers – is high on their wish list. Both very divergent applications start from the same point: a very compact mode locked short pulse laser source. This is what the project 'frequency comb laser devices' (IPD083346) aims to deliver. The Optoelectronic Devices group at Eindhoven University (TU/e) develops this device in co-operation with the Laser Centre at the Free University Amsterdam (VU) and laser manufacturer Toptica GmbH from Germany. The project already led to a nine millimeter laser source on an indiumphosphide chip. This means a big step towards

replacement of the present 19" rack short pulse laser devices. In the microscopy part of the project, Twente University acts as both developer and user. The aim is to get enhanced functionality as compared to presently used Confocal Laser Scanning Microscopy (CLSM). A non-linear microscope is developed on the basis of the new laser source. It only targets the part of the sample that is in focus. As a result the thermal load can remain low, enabling to work with live cells. In order to realize this, a pulse shaper is necessary. It splits the laserlight into fifty separate frequency lines. These separate signals are then corrected in phase and amplitude before reuniting them again. The project develops a dual semiconductor solution for this. Xio-Photonics at Enschede develops the silicon chip to split the laser signal, TU/e and Eindhoven-based Cedova develop the second 'check, correct and reunite' indiumphosphide chip.