

Een andere manier van meten

Jan Chris van Osnabrugge • TNO Industrie en Techniek

Dit is het eerste deel uit een serie welke gaat over het meten met behulp van optische glasvezels en de bijbehorende detectie methodieken. De afgelopen jaren zijn de ontwikkelingen op dit gebied met een snel treinvvaart gegaan en wordt er wereldwijd al veelvuldig gebruik gemaakt van dit soort sensoren. Vooral in Azië en de VS is men in de ban geraakt van dit type sensoren. In Europa zet deze trend zich de laatste jaren eveneens goed door. In deze serie zullen de verschillende detectie technieken worden besproken (DST, Interferometer, Fiber Bragg Grating (FBG) en FBG laser) en wordt er uiteindelijk een overzicht gegeven van enkele glasvezel gebaseerde sensoren. Deze eerste publicatie gaat over een detectie techniek die "Distributed Sensing Technique" heet, of te wel DST.

Hoe werkt DST?

DST maakt gebruik van de natuurlijke gevoeligheid van glasvezels voor omgeving parameters als temperatuur en rek. In een DST systeem gedraagt de gehele glasvezel zich als sensor. De temperatuur en/of rek waaraan de glasvezel wordt blootgesteld beïnvloedt de eigenschappen van het licht dat door de glasvezel propageert. Het zo gevormde signaal wordt opgevangen door een fotodetector en met behulp van een complex analyse systeem wordt de gewenste informatie verkregen. DST zorgt ervoor dat de integratie van duizenden conventionele sensoren nu vervangen kunnen worden door gebruik te maken van een glasvezel.

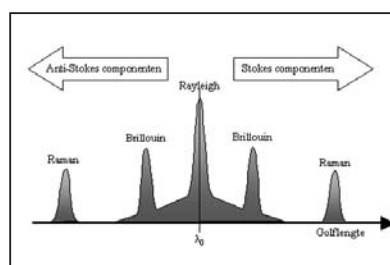
Het fenomeen wat gebruikt wordt om de interactie tussen het propagerende licht en de temperatuur en/of rek te meten is: *Brillouin Scattering*.

Wat is scattering?

Wanneer licht door een transparant medium gaat zal het merendeel van dit licht "rechtdoor" gaan terwijl een klein deel wordt terug verstrooid. Scattering, of verstrooiing, ontstaat door inhomogeniteiten in de brekingsindex of door akoestische golven (Phononen). Het verstrooide licht bestaat uit verschillende componenten welke afzonderlijk geïdentificeerd kunnen worden. Phononen verstrooiing induceert een Doppler frequentie verschuiving van

het verstrooide licht, dit wordt Brillouin verstrooiing genoemd.

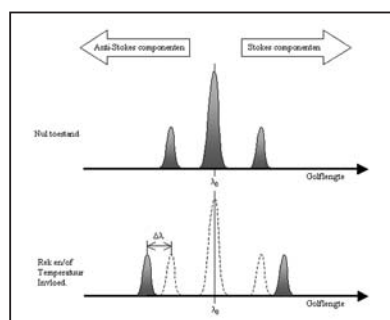
In figuur 1 staat een schematisch overzicht van de verschillende verstrooiing vormen. Het valt op dat de Brillouin



Figuur 1: Overzicht van de verstrooiing spectra

pieken deels worden overlapt door de veel sterkere Rayleigh piek.

Brillouin verstrooiing is dus een interactie tussen licht en materie, welke afhankelijk is van de temperatuur en rek. Het terug verstrooide licht wordt in frequentie verschoven, deze verschuiving is lineair met de temperatuur of rek verandering (zie figuur 2).



Figuur 2: Effect van rek en/of temperatuur op Brillouin verstrooiing



Jan Chris van Osnabrugge is sinds 1998 redactielid van het Fotonica Magazine. Na vijf jaar gewerkt te hebben als optical designer bij ASML te Veldhoven op het gebied van hoge resolutie optiek is hij sinds 2000 werkzaam als wetenschappelijk medewerker bij TNO Industrie en Techniek.

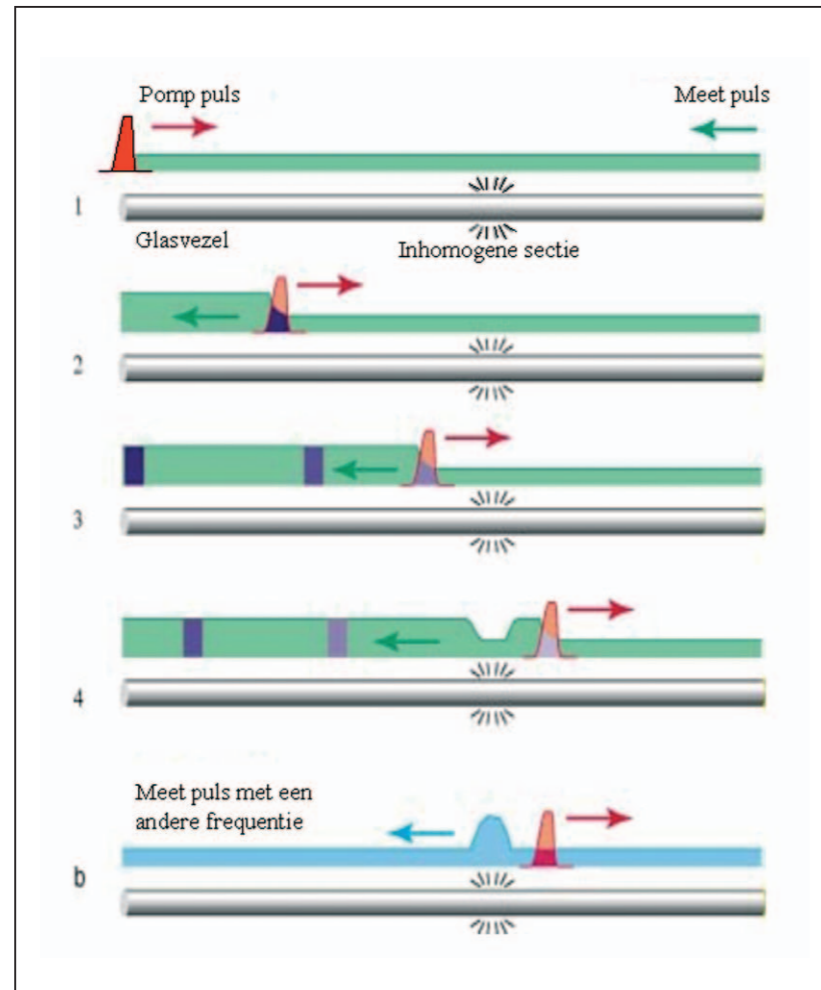
Sinds eind 2004 houdt hij zich voornamelijk bezig met business development voor TNO Industrie en Techniek en om de organisatie meer marktgericht te laten opereren.

jan-chris.vanosnabrugge@tno.nl

Om het verstrooide signaal te optimaliseren wordt er naast de "reguliere Brillouin" techniek ook gebruik gemaakt van gestimuleerde Brillouin verstrooiing.

Gestimuleerde Brillouin verstrooiing

In een dielectrisch medium, zoals een kwarts glasvezel, heeft het materiaal de eigenschap om lokaal onder invloed van een groot elektrisch veld van dichtheid te veranderen (deze neemt toe). Dit betekent dat wanneer er een sterke lichtpuls door het medium propageert de brekingsindex zal toenemen. Dit fenomeen noemt men ook wel electrostrictie en is deels verantwoordelijk voor het Kerr effect. Wanneer twee lichtgolven met verschillende frequenties tegen elkaar in propageren in hetzelfde materiaal, zal de superpositie van de twee resulteren in interferentie zones van hoge en lage elektrische veldsterkten. Door de electrostrictie zullen periodieke compressie zones zich gaan voortbewejen in het materiaal. Wanneer de voortplantingssnelheid van deze zones gelijk is aan de snelheid van het geluid in het betreffende materiaal, zal er een akoestische golf ontstaan. Dit effect kan gebruikt worden om de Brillouin verstrooiing te versterken. Een lichtpuls, ook wel de pomppuls genoemd, propageert in een glasvezel en genereert spontane Brillouin verstrooiing. Dit terugverstrooide licht interfereert met de pomppuls. Door de electrostrictie zal er een akoestische golf gecreëerd worden welke de Brillouin verstrooiing nog verder zal stimuleren, welke op zijn beurt de akoestische golf verder versterkt. Dit proces noemt men ook wel gestimuleerde Brillouin verstrooiing. Het is dus eigenlijk niet meer dan een optische versterking van de Stokes golf in een electrostrictie medium onder invloed van de pomppuls. Deze techniek wordt gebruikt om het Brillouin signaal te versterken wanneer er over grote afstanden gemeten wordt zonder daarbij de integratie tijd te moeten vergroten. In figuur 3 is schematisch de gestimuleerde



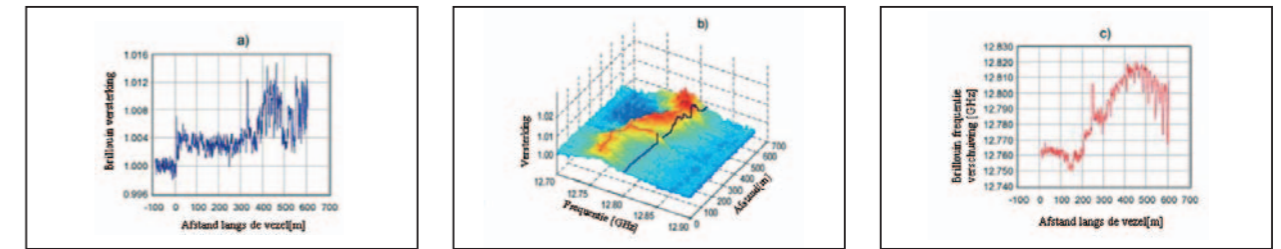
Figuur 3: Schematische voorstelling van gestimuleerde Brillouin verstrooiing

Brillouin verstrooiing weergegeven. Figuur 3-1 tm 3-4 geeft de opeenvolgende stadia van de meetpuls terwijl de pomppuls propageert door de glasvezel. In dit voorbeeld wordt er vanuit gegaan dat het frequentie verschil tussen beide pulsen overeenkomt met de Brillouin verschuiving van de vezel in zijn nultoeestand. Aangezien de Brillouin verschuiving in de inhomogene sectie (door rek of temperatuur) anders is zal er daar geen versterking plaatsvinden zoals te zien is in figuur 3-4. Figuur 3-b geeft echter het omgekeerde weer waar de frequentie van de meetpuls zo is aangepast dat deze overeenkomt met de lokale Brillouin verschuiving.

Hoe werkt het detectie systeem?

De lokale temperatuur en rek van de

glasvezel worden bepaald uit de maximale Brillouin versterking in het frequentie domein. Om de maximale Brillouin versterking te kunnen bepalen wordt de frequentie van de meetpuls gevarieerd en wordt de bijbehorende Brillouin respons gemeten voor elke meetpuls frequentie. De spectrale informatie van het terugverstrooide licht wordt vervolgens opgeslagen als functie van de looptijd van de puls in de glasvezel (figuur 4-a). Dit wordt herhaald voor een breed spectrum van frequenties, vervolgens worden de responsies opgeslagen in een 3D matrix (zie figuur 4-b). De looptijd van de lichtpuls geeft informatie over de positie in de glasvezel en dus over het meetpunt. Vervolgens wordt de maximale versterking op elke positie uitgerekend, wat resulteert in de



Figuur 4: Acquisitie principe van DST systeem

Brillouin verschuiving als functie van de tijd (zie figuur 4-c). Deze Brillouin verschuivings informatie kan vervolgens gebruikt worden om temperatuur en/of rek uit te bepalen.

Spatiele resolutie

Met de spatiele resolutie van een DST systeem wordt bedoeld de mogelijkheid om op kleine gebieden langs de glasvezel veranderingen te kunnen detecteren. Tijdens het verzamelen van de meetgegevens wordt er steeds een lichtpuls met een verschillende frequentie in de glasvezel gestuurd. Aangezien de snelheid van deze pulsen in de glasvezel een bekende is kun-

nen de tijdcoördinaten omgezet worden in spatiele informatie. De Brillouin versterking hangt echter samen met de pulsenergie (amplitude*pulsbreedte). De grootste spatiele resolutie verkrijgt men wanneer de puls erg kort is. De maximale spatiele resolutie wordt bereikt wanneer de pulsenergie niet voldoende is om de Brillouin versterking volledig te induceren. Bij de meeste commerciële systemen ligt de maximale spatiele resolutie zo rond de 1 meter.

Nummer twee van deze serie zal gaan over interferometrische glasvezel detectie systemen. ♦

Nederlandse Vereniging voor Fotonica tevens sectie Fotonica van de NNV en de KNCV
Fotonica magazine wordt 4x per jaar uitgegeven.



Anmelden kan op de volgende manieren:

- via de website <http://www.fotonica.nl>
- per e-mail aan fotonica.dekker@xs4all.nl o.v.v. de gevraagde gegevens in dit formulier
- door onderstaand formulier te sturen naar NVvF p/a E. Dekker, Koninginneweg 236, 3078GS Rotterdam

A A N M E L D I N G S F O R M U L I E R

Naam: Werkzaam bij:

Privé-adres: Adres:

Postcode: Postcode:

Plaats: Plaats:

Telefoon: Telefoon:

E-mail: E-mail:

Gewenst verzendadres: Privé werk

Bezwaar tegen: opname verzendadres in gepubliceerde ledenlijst
 gebruik verzendadres voor mailing e.d. van derden, waarvan NVvF-bestuur denkt dat die in het belang van leden kan zijn

Lid NNV: ja nee Lid KNCV: ja nee

Wenst lid te worden van de Nederlandse Vereniging voor Fotonica inclusief abonnement op Fotonica Magazine à € 35,- per jaar.

Datum: Handtekening: