

VU Research Portal

Applications of Fiber-top Technology for Material Property Characterization at Nanoscale

Chavan, D.C.

2014

document version

Publisher's PDF, also known as Version of record

[Link to publication in VU Research Portal](#)

citation for published version (APA)

Chavan, D. C. (2014). *Applications of Fiber-top Technology for Material Property Characterization at Nanoscale*. [PhD-Thesis - Research and graduation internal, Vrije Universiteit Amsterdam].

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

E-mail address:

vuresearchportal.ub@vu.nl

Samenvatting

Tegenwoordig zijn scanning probe microscopy en nanoindentatie twee vaak gebruikte technieken voor het karakteriseren van materialen met nanometer resolutie. Deze technieken worden gebruikt voor het onderzoeken van fysieke, chemische, thermische, elektrische en optische eigenschappen van een materiaal. Hoewel deze technieken een significante bijdrage hebben geleverd aan het onderzoek van materiaal, wordt het nog weinig gebruikt buiten het laboratorium vanwege de complexiteit van de instrumentaten. Daarom zijn nieuwe ontwikkelingen die de instrumenten versimpelen en de toepasbaarheid vergroten van groot belang.

Dit proefschrift focust zich op de ontwikkeling van een nieuw technologisch platform – *fiber-top* technologie - als een hulpmiddel voor het bepalen van materiaaleigenschappen op nanometerschaal. Het onderzoek dat nodig was bij het ontwikkelen van deze techniek was zeer multidisciplinair en omvatte toepassingsgebieden als 'fiber sensing', micro-technologie/micro-fabricatie, feedback systemen, optica en biomaterialen. Dit proefschrift kan ruwweg worden onderverdeeld in twee belangrijke toepassingsgebieden van *fiber-top* technologie: (i) Scanning probe microscopy en (ii) Nanoindentatie.

Het concept van *fiber-top* technologie – het uitsnijden van een cantilever op het uiteinde (afgesneden eind) van een optische vezel – werd geïntroduceerd door D. Iannuzzi *et al.* in 2006. In zo'n *fiber-top* instrument wordt een laser door de kern van een optische vezel gescheten. Een deel van het licht wordt gereflecteerd door het uiteinde van de optische vezel, de rest reist verder en wordt gereflecteerd door de cantilever. Het gereflecteerde licht reist samen terug door dezelfde optische vezel en wordt gedetecteerd door een detector. Met dit detectieschema kan de beweging van een *fiber-top* cantilever worden gemeten met subnanometer resolutie.

In het eerste hoofdstuk van dit proefschrift wordt de achtergrond en het principe van scanning probe microscopie beschreven, gevolgd door: een introductie van het concept *fiber-top* technologie, het detectie schema, het principe en de beperkingen. Het volgende hoofdstuk beschrijft een nieuwe kostenbesparende fabricatie methode als een alternatief voor *fiber-top* technologie. Bij dit nieuwe concept, ferrule-top technologie genaamd, wordt een cantilever uitgesneden op het uiteinde van een in een ferrule gestoken optische vezel. Ook wordt de fabricatie van een atomic force microscoop (AFM) probe en de constructie van een volledig functioneel AFM systeem besproken. Dit AFM systeem demonstreert 'contact mode imaging' van een monster in lucht en in vloeistof.

Het derde hoofdstuk bevat verbeteringen in het ferrule-top probe fabricatie proces, dit vergroot de mogelijkheden van dit veelzijdige hulpmiddel voor beeldvorming op de nanometer schaal. In het eerste deel van het hoofdstuk demonstreren we 'tapping mode' en 'contact mode imaging' bij een temperatuur van 12 Kelvin. In het tweede deel van het hoofdstuk integreren we een ferrule-top probe in een hogesnelheids AFM en doen we contact mode imaging met een snelheid tot twee frames per seconde. Het vierde hoofdstuk focust op een belangrijke en unieke toepassing van *fiber-top* technologie; het combineren van scanning probe microscopie met near field optische microscopie (SNOM), wat het gelijktijdig verkrijgen van informatie over de topografie van het monsteroppervlak en zijn optische eigenschappen mogelijk maakt. De verkregen resultaten laten zien dat *fiber-top* en ferrule-top technologie meerdere voordelen kunnen hebben ten opzichte van conventionele SNOM technieken.

Het werk in het vijfde hoofdstuk focust op de ontwikkeling van ferrule-top technologie voor het toepassingsgebied van de nanoindentatie. Ferrule-top technologie heeft unieke voordelen ten opzichte van conventionele indentatie technieken in de zin van een betere krachresolutie, het gebruiksgemak en de mogelijkheid om nanoindentatie experimenten uit te voeren in vloeistof. De resultaten van indentatie testen op verschillende polymeren laten de volledige functionaliteit van ferrule-top probes zien. In het volgende hoofdstuk vergroten we de mogelijkheden van ferrule-top

probes door het uitvoeren van 'optical coherence elastography' (OCE) door het combineren van indentatie en 'optical coherence tomography' (OCT) met een speciaal ontwikkelde ferrule-top probe, OMNE (OptoMechanical NanoElastography) probe genaamd. Deze probe maakt het mogelijk om, met nanonewton resolutie, kracht uit te oefenen op het monster en tegelijkertijd de vervorming waar te nemen.

Het laatste hoofdstuk presenteert een aantal van de laatste ontwikkelingen op het gebied van de ferrule-top nanoindenter voor het scannen van grote oppervlaktes, als een stap in de richting van preklinische testen. Verder bespreekt dit hoofdstuk ook andere toepassingsgebieden waarbij ferrule-top technologie een rol kan spelen, zoals het bestuderen van biologische processen door middel van mechanotransductie en chemieluminescentie. Over de jaren *fiber-top* technologie is enorm gegroeid en inmiddels nu gecommmercialiseerd door een spin-off bedrijf (Optics 11 BV).