

# Geef Uw **microscop**

Met licht- en elektronenmicroscopische technieken kunnen heden ten dage structuren worden afgebeeld met een oplossend vermogen van kleiner dan 0,2 micrometer (lichtmicroscopen) respectievelijk 1 nanometer (scanning microscopen). Deze beeldinformatie kan worden aangevuld met informatie over de elementaire samenstelling van het preparaat of de structuur door gebruik te maken van signalen (x-ray of elektronen) die bij de wisselwerking van elektronen met het preparaat ontstaan. Het oplossend vermogen van deze analytische methodes is ongeveer een micrometer. Voor verbetering van het oplossend vermogen wil een onderzoeker vaak het preparaat beter kunnen voorbereiden en in situ (dus in een microscoop) manipuleren op submicrometerschaal.

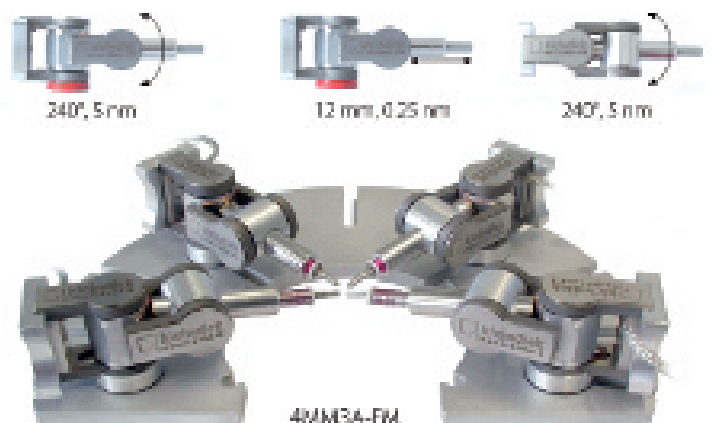
• **Bernd Volbert** •

**D**e firma Kleindiek Nanotechnik GmbH biedt compacte manipulators aan voor in situ manipulatie op submicrometerschaal. Het werkingsprincipe is de piezo-elektrische beweging in combinatie met het traagheidsprincipe (slipstick). Dit werkingsprincipe levert een fijne beweging (belangrijk bij hoge vergrotingen) in combinatie met grote afstanden (centimeters) en goede kwaliteit van de beweging (geen drift, etcetera). Elke manipulator beweegt in drie richtingen en de combinatie van twee rotatieassen en een lineaire as levert een actievolume van meer dan 110 cm<sup>3</sup>; zie Afbeelding 1. De kleinste stapgrote per as is subnanometer en dit levert ook bij hoge vergrotingen in de microscoop nog een hoge kwaliteit beweging op.

## Flexibiliteit

De applicatie-eisen aan een micromanipulatiesysteem zijn hoog. Naast de manipulatie, dus het grijpen en verplaatsen van kleine objecten, wenst een onderzoeker:

- elektrisch contact te maken met kleine structuren;
- kleine krachten te meten (nanoNewton);
- objecten veilig te grijpen;
- gassen en/of vloeistoffen te injecteren.



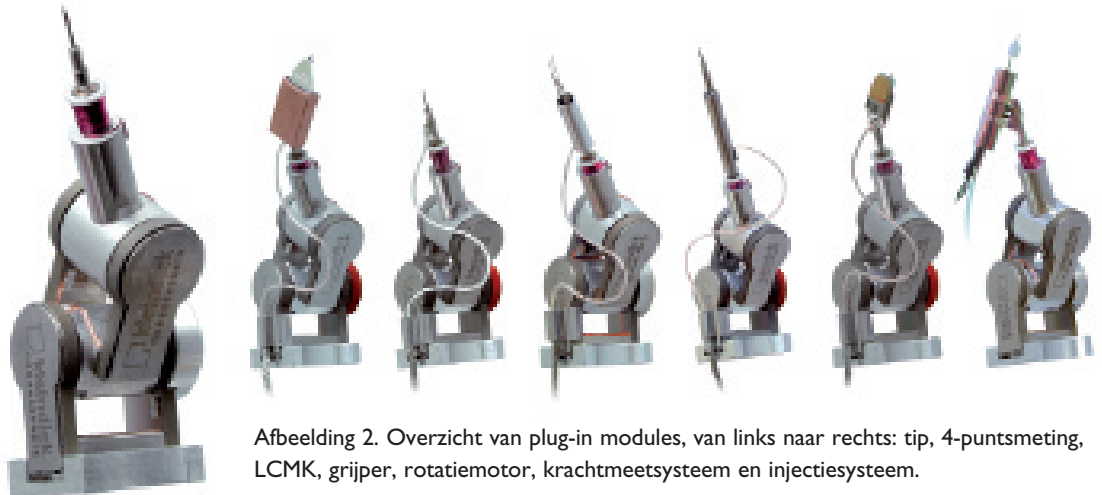
Afbeelding 1. Micromanipulatiesysteem van Kleindiek Nanotechnik.

Om aan deze behoefte aan flexibiliteit te voldoen, is er een plug-in concept ontwikkeld. Dit houdt in dat de manipulator gereedschapmodules (plug-ins) kan opnemen voor bepaalde taken; zie Afbeelding 2. De volgende plug-in modules zijn beschikbaar:

- W-tips met een radius van 100 nm (standaard) tot 30 nm voor specifieke kleine structuren; deze tips worden

# een hand

gebruikt om kleine objecten te grijpen en te verplaatsen volgens het eetstokjes-principe, of om elektrische metingen (tot pA) te doen op kleine structuren (LCMK, low-current measurement kit).

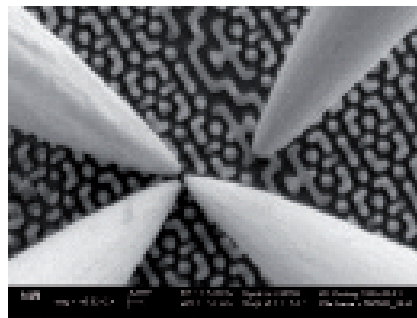


Afbeelding 2. Overzicht van plug-in modules, van links naar rechts: tip, 4-puntsmeting, LCMK, gripper, rotatiemotor, krachtmeetsysteem en injectiesysteem.

- Een 4-puntsmeet-systeem om elektrische 4-puntsmetingen uit te voeren, met als voordeel dat de contactweerstand geen rol meer spelen.
- Een rotatiemotor die een vierde dimensie aan de beweging geeft en eindeloze rotatie in kleine stappen van  $0,1^\circ$  mogelijk maakt.
- Een piëzo-elektrische gripper voor het grijpen en verplaatsen van objecten op micrometerschaal; de piëzo-elektrische werking maakt een fijne dosering van de grijpkracht mogelijk, waarbij de maximale opening van de gripper 40 micrometer is.
- Een piëzo-resistief krachtmeetsysteem dat duw- en trekkrachten kan meten van milli- tot nanoNewton.
- Een micro-injectiesysteem dat een microventiel bevat, voor het injecteren van kleine hoeveelheden gassen of vloeistoffen.

## Applicaties

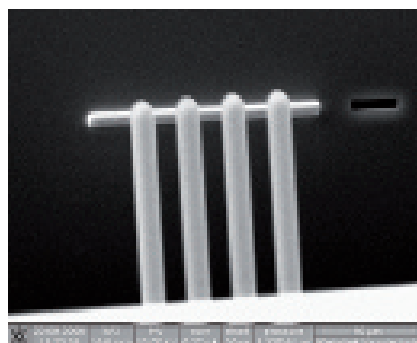
- Manipuleren van kleine objecten  
Kleine objecten kunnen worden gemanipuleerd door het gebruik van twee manipulatoren, uitgerust met scherpe tips, volgens het eetstokprincipe of door het gebruik van een grijpersysteem.
- Elektrische metingen op kleine structuren  
Metingen kunnen worden uitgevoerd op structuren tot ongeveer 45 nm. Beperkende factor is de tipradius. Deze kan door ionenstraaltechnologie tot 30 nm worden aangescherpt; zie Afbeelding 3.
- De weerstand van dunne lagen bepalen met 4-puntsmetingen; zie Afbeelding 4.
- De reactie van stoffen met gassen of vloeistoffen op micronschaal bestuderen.



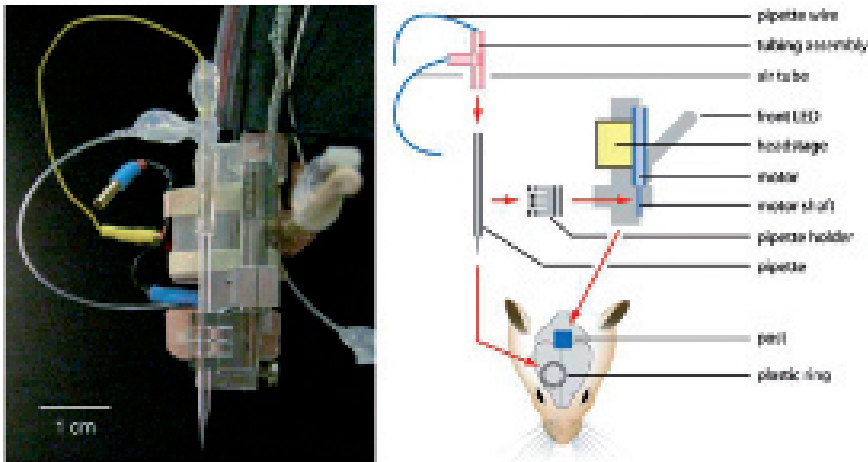
Afbeelding 3. Probing experiment op kleine transistor-structuren.

## Voorbeelden

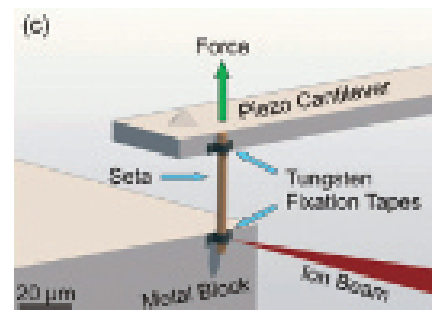
- 1) Membraanpotential- en stroommetingen van individuele neuronen op vrij bewegende ratten  
Voor deze toepassing wordt een lineaire motor van de micromanipulator op het hoofd van de rat bevestigd; zie Afbeelding 5. Met deze motor wordt een pipetje met een contactdraad naar de hersencellen gebracht in micrometertappen. Het signaal wordt met een speciale versterker verwerkt en opgenomen. Meettijden van 20-60 min zijn mogelijk met deze opstelling, die gemonteerd wordt op het hoofd van vrij bewegende ratten. Verdere details en meetresultaten zijn gepubliceerd in [1].



Afbeelding 4. 4-puntsmeting op een Pt-metaal-structuur, gedeponeerd met een ionenstraalstelsel, om de weerstand te meten van het Pt.



Afbeelding 5. Whole cell recording device voor elektrische metingen in hersencellen van een levende rat.



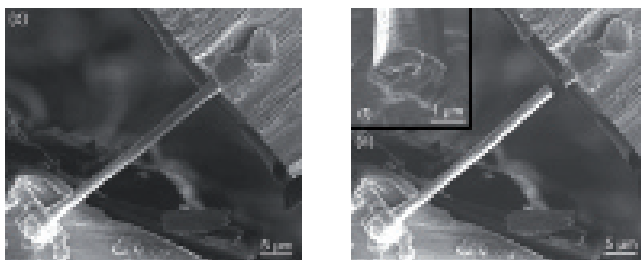
Afbeelding 6. In-situ testsysteem voor kleine monsters.

2) In-situ testsysteem voor kleine preparaten

In-situ mechanische testsystemen (voor trek en buiging) voor kleine preparaten, zoals componenten van MEMS-devices of insectenharen, zijn niet of nauwelijks te vinden. Schaalverkleining van systemen voor grotere preparaten is moeilijk, omdat er geen loadcells bestaan met krachten-resolutie van micro- of nanoNewton met een maximale kracht van enkele milliNewton. Ook is het manipuleren en vastzetten van kleine monsters een uitdaging.

De combinatie van een SEM, uitgerust met een ionenstraal, en een micro-manipulator is een oplossing. Daarbij wordt de SEM gebruikt om te 'zien', dus het bekijken van het monster tijdens het manipuleren en meten, en de ionenstraal om het kleine monster vast te zetten (micro-welding).

Het manipulatiesysteem, uitgerust met een krachtmeetsysteem, wordt gebruikt om trekexperimenten uit te voeren of krachten te meten, die nodig zijn om kleine monsters te breken; zie Afbeelding 6. Afbeelding 7 toont een insectenhaar, bevestigd met een ionenstraal aan een metaalblok en het krachtmeetsysteem, links intact en rechts na het trekexperiment waarbij het haar kapot getrokken is en de bijbehorende krachten zijn gemeten. Details van de opstelling en de meetresultaten zijn te vinden in [2].



Afbeelding 7. Insectenhaar, (a) voor en (b) na een trekexperiment.

**Conclusies**

Een micromanipulatiesysteem is een zinvolle uitbreiding op een microscoop, voor het manipuleren en mechanisch en elektrisch karakteriseren van kleine objecten.

**Auteursnoot**

Bernd Volbert heeft dertig jaar ervaring in microscopie, onder meer in verschillende functies bij een leidende leverancier van elektronenmicroscopen. Sinds 2002 is hij actief met zijn eigen adviesbureau Namitec in Eindhoven. Namitec is gespecialiseerd in het ondersteunen van kleine en middelgrote bedrijven bij het commercialiseren van technologie op het gebied van microscopie en andere analytische technieken. Dit omvat mede het opzetten van internationale verkoopkanalen. Voorts is Volbert verbonden aan The House of Technology, een onafhankelijke intermediaire organisatie die zelfstandige technologen en bedrijven in de high-tech machinebouw met elkaar in contact brengt.

**Referenties**

[1] Lee, A.K., Mans, I.D., Sakmann, B. and Brecht, M. (2006). Whole-cell recordings in freely moving rats. *Neuron* 51 (4), 399-407.  
 [2] Orso, S., Wegst, U.G.K. and Arzt, E. (2006). The elastic modulus of spruce wood cell wall material measured by an in situ bending technique. *J. Materials Science* 41 (16), 5122-5126.

**Information**

bvolbert@namitec.nl  
 www.kleindiek.com  
 www.thehouseoftechnology.nl