



Universiteit
Leiden
The Netherlands

Unravelling Heterodyne Force Microscopy

Verbiest, G.J.

Citation

Verbiest, G. J. (2013, November 19). *Unravelling Heterodyne Force Microscopy. Casimir PhD Series*. Retrieved from <https://hdl.handle.net/1887/22238>

Version: Not Applicable (or Unknown)

License: [Leiden University Non-exclusive license](#)

Downloaded from: <https://hdl.handle.net/1887/22238>

Note: To cite this publication please use the final published version (if applicable).

Cover Page



Universiteit Leiden



The handle <http://hdl.handle.net/1887/22238> holds various files of this Leiden University dissertation

Author: Verbiest, Gerard Jan

Title: Unravelling heterodyne force microscopy

Issue Date: 2013-11-19

In September 2009 begon ik aan een experimenteel onderzoek naar Heterodyne Kracht Microscopie. Elk experimenteel aspect van het onderzoek was nieuw voor mij, omdat ik zojuist mijn Master opleiding Theoretische Natuurkunde had afgerond en daardoor nauwelijks experimentele ervaring had verkregen. Nu, aan het eind van vier jaar onderzoek, heb ik een groot aantal experimenten gecombineerd met een uitgebreide (theoretische) analyse, en juist de combinatie van experiment en theorie hebben geleid tot het doorgronden van de Heterodyne Kracht Microscopie. Zonder de bijdrage van velen zou dit niet mogelijk zijn geweest.

Toen ik begon met mijn promotieonderzoek had ik geen experimentele ervaring met Atomaire Kracht Microscopie. In de eerste maand van het onderzoek heb ik onder begeleiding van Federica Galli leren werken met een dergelijke microscoop. Daarna begon ik ultrasone geluidsgolven door zowel het sample als de cantilever te sturen. Hierbij kwamen veel problemen boven water. Deze problemen hadden betrekking op de elektronica en de manier waarop we de ultrasone geluidsgolven genereerden. Bij het oplossen van deze problemen was de ondersteuning van de fijnmechanische dienst, in de persoon van Dian van der Zalm, en van de elektronische dienst, in de persoon van Raymond Koehler, essentieel. Mede door hun slimme ideeën en oplossingen, heb ik nu een speciale cantilever houder, waarmee de Atomaire Kracht Microscoop ook gebruikt kan worden als een Heterodyne Kracht Microscoop.

In het begin van mijn promotieonderzoek begeleide ik Johannes Simon, die in het kader van een Master stage bij het project was betrokken. Gezamenlijk werkten wij aan het bestuderen van de propagatie van geluidsgolven in onze samples door middel van een *eindige-elementenmethode simulatie*. Het opzetten van deze simulatie is voornamelijk gedaan door Johannes.

Een bijzonder probleem tijdens het onderzoek was het maken van goed gedefinieerde samples. Uiteindelijk hebben we gebruik gemaakt van de ervaring aanwezig in de optica groep voor het maken van samples die bestaan uit polymeren met daarin begraven gouden nanodeeltjes. In het bijzonder heeft Mustafa Yorulmaz een belangrijke bijdrage geleverd aan het realiseren van goed gedefinieerde samples.

Om de exacte diepte te bepalen van de gouden nanodeeltjes, hebben we, in samenwerking met het Forschungszentrum Jülich in Duitsland, *Rutherford Backscattering Spectrometry* toegepast. Deze experimenten zijn het werk van Roger Würdenweber en Eugen Hollmann. Zij hebben ook een eerste analyse gedaan van de deze resultaten. Na een paar discussies met Marcel Hessel-

berth, was ik in staat om zelf de definitieve analyse te doen van het *Rutherford Backscattering Spectrometry* experiment.

De werkbesprekingen en discussies met groepsgenoten hebben mij vaak een duwtje in de juiste richting gegeven bij het oplossen van technische en wetenschappelijke vraagstukken. In het bijzonder wil ik de discussies met Maarten van Es over de dynamica van de cantilever en de invloed van tip-sample demping hierop vermelden. Deze discussies hebben een extra bijdrage geleverd aan het goed begrijpen van de dynamica van de cantilever in de Heterodyne Kracht Microscopie.

Als laatste wil ik noemen, dat tijdens het onderzoek naar voren is gekomen, hoe het misschien mogelijk is, om de hoogfrequente ultrasone trilling van het sample *direct* met de cantilever te kunnen waarnemen. Hiervoor zou een speciale miniatuur cantilever met een resonantie frequentie van een paar MHz gebruikt moeten worden. Binnen het instituut hebben wij ervaring met het maken van dergelijke cantilevers en getriggerd door dit idee, heeft Laurens van der Heijden, in het kader van een Master stage onder mijn begeleiding, numeriek berekend hoe de cantilever de trilling van het sample op kan pikken in *noncontact-AFM*. Dit heeft een experimenteel vervolg gekregen op de speciale miniatuur Atomaire Kracht Microscopie, waarmee Maarten van Es werkt. Terwijl ik helaas niet meer de mogelijkheid heb gehad deze resultaten te verwerken in het proefschrift, zijn wij wel nog van plan hierover te publiceren. Ik wil alle genoemde personen bedanken voor hun bijdrage aan mijn onderzoek en de totstandkoming van dit proefschrift.

Curriculum vitae

Gerard Jan Verbiest

Op 16 September 1986 ben ik geboren in Schiedam. Na het behalen van het VWO diploma aan de Scholengemeenschap Spieringshoek in Schiedam, ben ik in September 2004 aan de Universiteit Leiden met de studie Natuurkunde begonnen. Mijn Bachelor opleiding Natuurkunde heb ik afgesloten met een stage in de groep van Prof. dr. J. Aarts. Het onderwerp van deze stage was: “Calculation of stray fields from small Permalloy strips and their effect in Permalloy/Niobium bilayers”. Vervolgens ben ik in September 2007, ook aan de Universiteit Leiden, begonnen aan de Master opleiding Theoretische Natuurkunde. Deze opleiding heb ik *cum laude* afgesloten met een onderzoek naar “Cosmic String Interactions” onder supervisie van Prof. dr. A. Achúcarro. Dit onderzoek heeft geleid tot twee publicaties, waarvan er één is gepubliceerd in Physical Review Letters. Hierna wilde ik heel graag een promotieonderzoek gaan doen. Het bijzondere was, dat ik nu een experimenteel onderzoek wilde gaan doen, waarin ik bovendien ook nog mijn theoretische achtergrond kon inbrengen. Na een korte zoektocht kwam ik uit bij het SubSurface-AFM onderzoek van Dr. M.J. Rost en Prof. dr. ir. T.H. Oosterkamp. In September 2009 ben ik met dit onderzoek begonnen en de resultaten zijn beschreven in dit proefschrift. In de laatste maanden van het onderzoek ben ik met succes op zoek gegaan naar een Post-Doc positie in Duitsland. Ik zal op 1 November 2013 beginnen met een onderzoek naar de koppeling tussen de mechanische en de elektrische transport eigenschappen van Grafeen. Dit onderzoek gaat plaatsvinden aan zowel de Universiteit van Aken onder leiding van Prof. dr. C. Stampfer en aan het Forschungszentrum Jülich in Duitsland in het kader van het samenwerkingsverband JARA.

List of Publications

- *True non-contact mode Heterodyne Force Microscopy*, G.J. Verbiest, L. van der Heijden, T.H. Oosterkamp, and M.J. Rost, *Nanotechnology*, in preparation
- *True non-contact mode Subsurface-AFM: Direct detection of the ultrasonic sample vibration*, G.J. Verbiest, M. van Es, T.H. Oosterkamp, and M.J. Rost, *Nanotechnology*, in preparation.
- *Heterodyne Force Microscopy add-on for Atomic Force Microscopes*, G.J. Verbiest, D.J. van der Zalm, T.H. Oosterkamp, and M.J. Rost, in preparation (**Chapter 1**).
- *Sensitivity in Heterodyne Force Microscopy applying different excitation schemes*, G.J. Verbiest and M.J. Rost, *Nanotechnology*, in preparation (**Chapter 6**).
- *Beating beats nonlinear mixing: Heterodyne Force Microscopy as an example*, G.J. Verbiest and M.J. Rost, *Nature Physics*, submitted (**Chapter 5**).
- *Contrast mechanism in Heterodyne Force Microscopy: Friction at shaking nanoparticles*, G.J. Verbiest and M.J. Rost, <http://arXiv/abs/1307.1292> (**Chapter 6**).
- *Subsurface-AFM: Sensitivity to the heterodyne signal*, G.J. Verbiest, T.H. Oosterkamp, and M.J. Rost, *Nanotechnology* **24**, 365701 (2013) (**Chapter 4**).
- *Cantilever dynamics in Heterodyne Force Microscopy*, G.J. Verbiest, T.H. Oosterkamp, and M.J. Rost, *Ultramicroscopy* **135**, 113 (2013) (**Chapter 3**).
- *Subsurface Atomic Force Microscopy: Towards a quantitative understanding*, G.J. Verbiest, J.N. Simon, T.H. Oosterkamp, and M.J. Rost, *Nanotechnology* **23**, 145704 (2012) (**Chapter 2**).
- *High speed collision and reconnection of Abelian Higgs strings in the deep type-II regime*, G.J. Verbiest and A. Achúcarro, *Phys. Rev. D* **84**, 105036 (2011).
- *Higher order intercommutations in cosmic string collisions*, A. Achúcarro and G.J. Verbiest, *Phys. Rev. Lett.* **105**, 021601 (2010).

