



UvA-DARE (Digital Academic Repository)

X-ray waveguiding studies of ordering phenomena in confined fluids

Zwanenburg, M.J.

Publication date
2001

[Link to publication](#)

Citation for published version (APA):

Zwanenburg, M. J. (2001). *X-ray waveguiding studies of ordering phenomena in confined fluids*. [Thesis, fully internal, Universiteit van Amsterdam].

General rights

It is not permitted to download or to forward/distribute the text or part of it without the consent of the author(s) and/or copyright holder(s), other than for strictly personal, individual use, unless the work is under an open content license (like Creative Commons).

Disclaimer/Complaints regulations

If you believe that digital publication of certain material infringes any of your rights or (privacy) interests, please let the Library know, stating your reasons. In case of a legitimate complaint, the Library will make the material inaccessible and/or remove it from the website. Please Ask the Library: <https://uba.uva.nl/en/contact>, or a letter to: Library of the University of Amsterdam, Secretariat, Singel 425, 1012 WP Amsterdam, The Netherlands. You will be contacted as soon as possible.

Samenvatting

De eigenschappen van een vloeistof opgesloten tussen twee harde wanden zijn het onderwerp van vele studies. Opgesloten vloeistoffen komen veelal voor als smeermiddel tussen twee glijdende oppervlakken en zijn daarmee van technologisch belang. De smerende eigenschappen kunnen sterk beïnvloed worden door een verandering in de dikte van de vloeistoffilm. Als namelijk de dikte van de vloeistoffilm wordt gereduceerd tot slechts een aantal maal de diameter van de vloeistofdeeltjes, dan worden sterke ordeningsverschijnselen en zelfs een overgang naar een vaste toestand voorspeld. Om deze voorspelling te verifiëren, hebben we röntgenverstrooiingsexperimenten uitgevoerd om de structuur van de opgesloten vloeistof te bepalen.

De methode is gebaseerd op de volgende principes. Een vloeistof wordt opgesloten tussen twee extreem vlakke, parallelle platen, die op een afstand van enkele tientallen nanometers van elkaar geplaatst kunnen worden. Dit wordt gerealiseerd door gebruik te maken van piëzo-aangedreven motoren voor het regelen van de afstand in combinatie met een optische interferometrische methode voor de bepaling van de afstand en de scheefheid (zie hoofdstuk 3). Nadat de plaatafstand is ingesteld, wordt het apparaat met een röntgenbundel van de zijkant belicht, waarbij de hoek van inval ten opzichte van de oppervlakken scherend is. Als de hoek van inval kleiner is dan de kritische hoek voor totale interne reflectie (typisch $< 0.2^\circ$), dan blijven de röntgenstralen opgesloten in de ruimte tussen de platen. Het apparaat werkt dan als een golfgeleider voor röntgenstralen. Door de totale interne reflecties is de amplitude van het golfveld vlakbij de opsluitende wanden bijna nul, waardoor de achtergrondverstrooiing door de opsluitende wanden wordt geminimaliseerd. In de aanwezigheid van variaties in de brekingsindex (d.w.z., dichtheidsvariaties) worden de zich in de vloeistof voortplantende golven in verschillende richtingen verstrooid. Daar het golfveld in de golfleider een li-

neaire combinatie is van staande golven, kan het verstrooiingsproces beschreven worden als een koppeling van deze staande golven. In hoofdstuk 2 bespreken we hoe deze golfvelden kunnen worden berekend voor een planaire golfgeleider die gevuld is met een vloeistof met een gegeven brekingsindexprofiel. Vervolgens wordt de numerieke berekening van golfvelden besproken.

In de allereerste experimenten hebben we de transmissie-eigenschappen van de lege golfgeleider, d.w.z. de golfgeleider met lucht tussen de platen, bestudeerd (hoofdstuk 4). Deze experimenten zijn uitgevoerd ter bestudering van de excitatie en de voortplanting van de staande golven. Door belichting met een röntgenbundel vormt zich een goed gedefinieerde staande golf aan de ingang van de golfgeleider. Door de hoek van inval te variëren, veranderen we de afstand tussen de knopen van de staande golf. Als de positie van een knoop zodanig wordt gekozen dat deze samenvalt met de positie van de bovenste plaat, dan past de inkomende staande golf precies in de golfgeleider. Op deze wijze worden enkele staande golven geëxciteerd. Uit transmissiemetingen blijkt dat de staande golven vrijwel ongehinderd propageren, wat de goede kwaliteit van de golfgeleider aangeeft. Bij andere invalshoeken past het invallende golfveld niet in de golfgeleider en valt het uiteen in een combinatie van verschillende staande golven. Er is een sterke interferentie tussen deze staande golven, zoals blijkt uit metingen van de aan de uitgang afgebogen golven. De coherentie van het golfveld blijft derhalve tijdens de propagatie behouden, zowel in de ruimte als in de tijd.

De golfgeleider kan ook als focusserend element dienen. In hoofdstuk 5 laten we zien hoe een taps toelopende lege golfgeleider resulteert in een lijnfocus van coherente röntgenstralen. Het focusseren berust op de compressie van het golfveld, met gebruik van de interferentie tussen de verschillende staande golven. De goede overeenkomst tussen de metingen en de berekeningen demonstreert dat men het golfveld naar eigen inzichten kan vormgeven.

In hoofdstuk 6 leiden we de structuur van een opgesloten colloïdale suspensie af door gebruik te maken van de golfgeleidingseigenschappen van het systeem. Het colloïde, bestaande uit een 10 vol. % oplossing van SiO_2 bolletjes met een diameter van 110 nm in dimethylformamide, is opgesloten in spleten van verschillende grootte. Uit een model-afhankelijke analyse van de hoekafhankelijkheid van de doorgelaten intensiteit, leiden we af dat in een spleet van 655 nm zes lagen vormen. Op dezelfde manier, hebben we de vorming van twee lagen waargenomen in

een spleet van 310 nm. Uit de metingen concluderen we dat het colloïde tengevolge van de opsluiting uitkristalliseert.

De beschreven methode is breed toepasbaar. In principe kan van tal van opgesloten systemen de structuur worden bepaald. Bovendien kunnen met behulp van röntgencorrelatiespectroscopie tijdsrelatiefuncties worden verkregen, waaruit het effect van opsluiting op de diffusieconstante van de deeltjes in de vloeistof blijkt. Het is dus mogelijk zowel de structuur als de dynamica van opgesloten systemen te bestuderen.

