

Leidse student medeauteur van Sciencepublicatie

De wrijving in atomair dunne laagjes neemt toe naarmate het laagje dunner is. Een internationaal team van onderzoekers van nanotechnologie bestudeerde vier stoffen met behulp van wrijvingskrachtmicroscopie. De Leidse masterstudent Xin Liu maakte deel uit van het team.

De Leidse masterstudent Xin Liu.

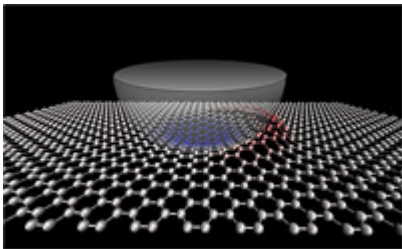


Smeermiddel

Liu heeft natuurkunde in Leiden gestudeerd. Tijdens de eindfase van de master-opleiding kreeg hij via zijn begeleider prof.dr. Joost Frenken de kans om aan dit onderzoek mee te werken als zijn afstudeerstage.

De onderzoekers ontdekten een universele eigenschap van de vier zeer verschillende materialen. Het resultaat is heel verrassend omdat geen enkele theorie deze toename van wrijving voorspelde. De ontdekking onthult een belangrijk principe van de stoffen die veel gebruikt worden als vast smeermiddel bij technische toepassingen. Deze stoffen zijn bovendien belangrijke kandidaten voor toekomstige nano-elektronische toepassingen.

Computermodellen



Verder ontdekten de onderzoekers dat de wrijving in alle vier de materialen toeneemt als het aantal laagjes minder wordt, ongeacht hoe verschillend deze stoffen zich chemisch, elektronisch of in het groot gedragen. De metingen die ondersteund worden door computermodellen, suggereren: hoe dunner het materiaal, des te flexibeler het is. Net als een velletje papier dat makkelijker te buigen is dan een dik stuk karton.

Het rimpeleffect in een laagje van één atoom dik.

Wrijvingsgedrag

Het onderzoek werd geleid door Robert Carpick van de University of Pennsylvania en James Hone van Columbia University. Het team onderzocht de wrijvingseigenschappen op nanoschaal van grafeen – atomair dunne lagen van grafiet, molybdeendisulfide (MoS₂), hexagonaal boornitride (h-BN) en niobiumdiselenide (NbSe₂). Ze schaafden letterlijk laagjes van de dikte van een atoom van iedere stof af op een ondergrond van siliciumoxide en vergeleken de resultaten van dezelfde materialen in het groot, oftewel in lagen van miljoenen atomen. Iedere stof vertoonde hetzelfde wrijvingsgedrag, ondanks de verschillende elektronische eigenschappen die variëren van metallisch via halfgeleidend tot isolerend.

Rimpeleffect

‘We noemen dit mechanisme dat leidt tot hogere wrijving bij dunnere laagjes het “rimpeleffect”’, zegt Liu. ‘Krachten tussen de atomen, zoals de Van der Waalskracht, zorgen ervoor dat het dunne laagje wordt aangetrokken door de scannaaldpunt van de atoomkrachtmicroscop die wrijving meet op nanoschaal. Omdat het laagje zo dun is – in sommige gevallen slechts één atoom dik – buigt het af in de richting van de naald. Hierdoor ontstaat een rimpelige vorm en wordt het oppervlak van het laagje dat in wisselwerking met de naald staat, groter en dus neemt de wrijving toe.

Contactoppervlak

Als de naald over het oppervlak glijdt, vervormt het laagje nog meer doordat het gedeeltelijk door de punt wordt meegetrokken, waarbij het voorste gedeelte van het contactoppervlak met de naald wordt gerimpeld. Dikkere laagjes kunnen niet zo makkelijk verbuigen, omdat die veel stijver zijn. Daardoor is de toename in wrijving daar minder uitgesproken.

Mica

De onderzoekers ontdekten dat de toename in wrijving voorkomen kon worden als de laagjes stevig gebonden waren aan de ondergrond. Als de stoffen aan het vlakke, hoogenergetische oppervlak van mica – een natuurlijk mineraal – gebonden waren, verdween het effect. De wrijving blijft hetzelfde ongeacht het aantal laagjes, omdat de stof stevig met het mica is verbonden, waardoor er geen rimpeling kan ontstaan.

Spannend

‘De nanotechnologie bestudeert hoe stoffen zich anders gaan gedragen naarmate ze worden teruggebracht op nanoschaal’, vertelt Carpick. ‘Op fundamenteel niveau is het weer spannend om een eigenschap te ontdekken die fundamenteel verandert als een stof dunner wordt.’ De ontdekking kan consequenties hebben voor het ontwerp van nanomechanische apparaatjes die gebruikmaken van grafeen, dat een van de sterkste

materialen is die bekend zijn. En de ontdekking kan onderzoekers helpen beter het macroscopische gedrag van grafiet, MoS₂ en boornitride te begrijpen. Die stoffen worden gebruikt als smeermiddel in machines om wrijving en slijtage te voorkomen.

Beurscoördinatie

Liu's verblijf van zes maanden in de Verenigde Staten voor dit onderzoek werd met de hulp van de beurscoördinatie van Gloria Schildwacht het international office geregeld. Het werd medegefinancierd door de Leidse Outboundbeurs, het Leidse Curatorenfonds en de Gorterstichting van de afdeling natuurkunde in Leiden. Momenteel is Xin Liu werkzaam in de onderzoeksgroep van Robert Carpick aan de University of Pennsylvania.