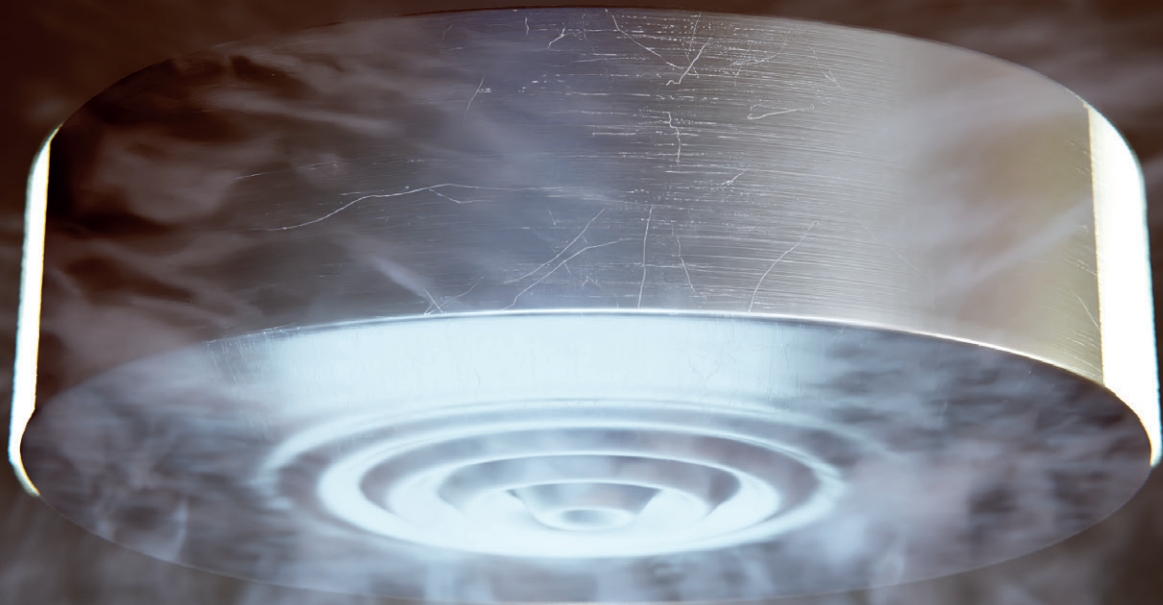


Pionierend experiment houdt spingolven onder controle



Artist's impression van een
supergeleider (onder) die als spiegel
dient voor een spingolfpatroon in de
magneet (boven).

Een baanbrekend experiment bij de TU Delft laat voor het eerst zien dat magnetische golven, spingolven genaamd, door middel van supergeleiders beheersbaar zijn. Spingolven hebben de potentie om elektrische apparatuur efficiënter te maken of om als connectoren in een quantumcomputer te dienen. Het resultaat zet daarmee een flinke stap richting toepassingen van dit natuurkundige fenomeen.

Spingolven

We vertrouwen in ons alledaagse leven veel op elektrische signalen, bijvoorbeeld om informatie te verzenden. Toch gebeurt dat niet heel efficiënt, want een elektrische stroom verliest veel energie omdat een gedeelte wordt omgezet in warmte en geluidsgolven. Om dit proces en daarmee elektrische apparatuur te verbeteren, wordt gezocht naar alternatieven. Een mogelijkheid is het gebruik van spingolven; kleine golfjes in een magnetisch materiaal. Ze ontstaan wanneer het magnetisch moment binnen in het materiaal van richting verandert en deze verandering als een ‘domino-effect’ door het materiaal beweegt. Als we controle zouden hebben over de eigenschappen van spingolven, zoals richting en golflengte, zouden ze ook informatie kunnen dragen. Alleen is juist het hebben van controle tot nu toe erg moeilijk gebleken.

Een nieuw experiment aan de TU Delft laat zien dat het toch mogelijk is om spingolven op meerdere manieren te beïnvloeden en onder controle te houden. Het onderzoek dat Toeno van der Sar samen met onder andere zijn promovendus Michael Borst uitvoerde, borduurt verder op

theoretisch onderzoek waarmee aangetoond is dat spingolven extreem gevoelig zouden moeten zijn voor kringstromen in metalen elektroden. In de praktijk bleek dit moeilijk te realiseren zijn, omdat gewone metalen een te hoge elektrische weerstand hebben. Daarom zijn de onderzoekers in Delft een stap verder gegaan. Een supergeleidende elektrode bracht hierin uitkomst. Deze elektrode gaf niet alleen richting aan de spingolven, maar beïnvloedde ook de snelheid en golflengte.

Unieke opstelling

De experimentele opstelling bestaat uit een stel elektrodes van verschillende laagjes; onderop ligt een dunne magnetische laag gemaakt uit granaatsteen van yttriumijzer. Daarbovenop ligt een laag van supergeleidend materiaal dat tot 5 K wordt afgekoeld om het supergeleidend te maken. Daarna volgt een laag van elektrodemateriaal waarmee de spingolven worden opgewekt.

Om inzicht in de dynamiek van spingolven te krijgen is het ook noodzakelijk dat je ze goed kunt meten. Een unieke sensortechniek, gepioneerd in het lab van Van der Sar, maakt dit mogelijk. Zij gebruiken een laag diamant waarbij op bepaalde plekken een stikstofatoom de plaats van twee koolstofatomen inneemt. Hierbij ontstaat een gat dat een lokaal ion met een vrij elektron creëert. De elektronspin is bijzonder gevoelig voor magnetische velden en dient daarmee als kleine magneetsensor. Deze sensoren, verdeeld over het diamant, maken het mogelijk om zeer precies spingolven onder het elektrodemateriaal in kaart te brengen.

Controle houden

In het Delftse experiment worden allereerst spingolven opgewekt. Die genereren een magnetisch veld, dat op hun beurt een zogenoemde superstroom opwekt in de supergeleider. De ontstane superstroom werkt als een spiegel: hij reflecteert de spingolven en geeft ze daarmee richting. De reflectie zorgt er ook voor dat ze langzamer bewegen en daarmee beter beheersbaar zijn. Belangrijk is ook dat de golflengte van de spingolven, die in de elektrode onder de supergeleider bewegen, sterk beïnvloed wordt door de temperatuur van de supergeleider. De wetenschappers toonden daarmee een unieke set knoppen om aan te draaien om controle te krijgen over de spingolven.

Met het onderzoek, dat onlangs gepubliceerd is in *Science* [1], denkt Van der Sar dat het bijvoorbeeld mogelijk moet zijn om het elektrische equivalent van computercomponenten te bouwen om zodoende berekeningen te maken of ze te gebruiken in connectoren in een quantumcomputer. Het biedt daarnaast ook unieke natuurkundige inzichten in de wisselwerking tussen magnetisch materiaal en supergeleiders. De volgende stap in het onderzoek is om te kijken naar de interactie tussen supergeleiders en verschillende soorten spingolven bij complexe temperatuurgradiënten in supergeleiders, om zodoende spingolftoepassingen verder te bestuderen.

REFERENTIE

1 M. Borst et al., Observation and control of hybrid spin-wave–Meissner-current transport modes, *Science* 382, 430–434 (2023).