



Universiteit
Leiden
The Netherlands

Proximity effects in superconducting spin-valve structures

Flokstra, M.G.

Citation

Flokstra, M. G. (2010, February 17). *Proximity effects in superconducting spin-valve structures*. *Casimir PhD Series*. Retrieved from <https://hdl.handle.net/1887/14751>

Version: Corrected Publisher's Version

License: [Licence agreement concerning inclusion of doctoral thesis in the Institutional Repository of the University of Leiden](#)

Downloaded from: <https://hdl.handle.net/1887/14751>

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

Samenvatting

Dit proefschrift beschrijft een serie metingen en een theoretische analyse om meer duidelijkheid te krijgen in de fundamentele werking van supergeleidende systemen wanneer deze in contact worden gebracht met (ferro)magnetische systemen, of wanneer deze zelf in een bijzondere niet-evenwichts situatie wordt gebracht. De aandacht ligt hierbij op de (elektronische) transport eigenschappen van dergelijke gekoppelde systemen, waarbij de werking van de afzonderlijke onderdelen ervan goed bekend is.

De wisselwerking tussen de elektronische toestanden in de supergeleider en de ferromagneet zijn antagonistisch van aard. In de supergeleider vindt paarvorming van elektronen plaats (Cooper paren), waarbij de spins, en dus de magnetisch momenten, van de twee elektronen antiparallel staan. In de ferromagneet is er juist een drijvende kracht om de elektron spins gelijk te richten. Wanneer beide systeem gekoppeld worden ontstaat er aan het grensvlak een competitie tussen beide elektron toestanden, met een nieuwe en niet-triviale toestand als resultaat. Deze is vanuit fundamenteel oogpunt erg interessant, maar biedt ook de mogelijkheid tot nieuwe toepassingen.

Eén van de systemen die de laatste jaren veel aandacht heeft gekregen is de supergeleidende spin-switch (of: -schakelaar). In dit systeem worden twee ferromagnetische lagen gekoppeld door een supergeleidende laag en is de richting van de magnetisatie in de ferromagneten bepalend voor de mate van onderdrukking van de supergeleiding in de tussenlaag. De theoretische voorspelling is dat complete onderdrukking van de supergeleidende toestand optreedt wanneer de magnetisatie in de ferromagneten parallel staat, terwijl in de anti-parallele situatie er wel supergeleiding mogelijk is. Dit is de feitelijke spin-switch: het aan/uit zetten van een (super)stroom door de supergeleider door middel van een kleine manipulatie aan de ferromagneten. Experimenten aan zwakke ferromagneten lijken de theorie te bevestigen, zij het met een heel wat kleiner gemeten effect dan voorspeld, maar ook zijn experimenten met sterke ferromagneten gerapporteerd die een omgekeerd effect laten zien. Wat tot nu toe weinig aandacht kreeg is de invloed van magnetische domeinen. Een groot deel van de hier beschreven experimenten gaat over de effecten van

domein vorming op de wisselwerking tussen de supergeleider en de ferromagneet.

In hoofdstuk 4 en 5 onderzoeken we de effecten van magnetische domeinen in dubbellagen en spin-switch geometrieën. In hoofdstuk 4 gebruiken we het zwak ferromagnetische materiaal CuNi met Nb als supergeleider. In hoofdstuk 5 gebruiken we het sterk ferromagnetische materiaal NiFe, wederom met Nb als supergeleider. We doen veld-afhankelijke weerstands metingen zowel vlak boven als beneden de supergeleidende transitie temperatuur T_c van het Nb, maar ook kritieke stroom metingen ver beneden T_c om te zien of de gevonden effecten eveneens plaats vinden wanneer de supergeleider tot volle sterkte is gekomen. Een hoofdconclusie is dat de effecten van de magnetische domeinen minstens zo belangrijk zijn als de effecten beschreven in het standaardmodel van de spin-switch, en dat ze ook de oorzaak zijn van de omkeer van de werking van het systeem. In de spin-switch met zwakke ferromagneten is de supergeleiding gebaat bij domein vorming doordat het feitelijk een minder parallelle magnetische toestand is, en daardoor minder onderdrukkend voor de Cooper paren. In de spin-switch met sterke ferromagneten zorgt een bijeffect van de domeinen, de dipool-strooivelden, er juist voor dat de supergeleider sterker wordt onderdrukt.

In hoofdstuk 6 onderzoeken we de op NiFe gebaseerde sandwiches op een ander voorspeld effect aan de grenslaag van supergeleider en ferromagneet, namelijk mogelijke indringing van magnetisme in de supergeleider. Hiervoor maken we gebruik van een geavanceerde meetopstelling waarin muonen (een elementair deeltje wat enigszins lijkt op een zeer zwaar elektron) in het systeem geschoten worden en die vervolgens het lokale magneetveld meten. Het experiment toont inderdaad de aanwezigheid van magnetizatie aan de supergeleidende kant van het grensvlak aan, hoewel de data analyse bemoeilijkt wordt doordat de grootte van de effecten tegen de gevoeligheid van het meetsysteem aan zitten.

In Hoofdstuk 7 doen we een theoretisch onderzoek aan de werking van een (mesoscopische) supergeleidende draad wanneer de elektronische toestanden in een niet-thermisch evenwicht wordt gebracht door de draad aan weerszijden te koppelen aan normaal metallische reservoirs en vervolgens over die reservoirs een elektrisch spanning te plaatsen. Als functie van deze spanning, en de daardoor opgewekte stroom, modelleren we de verandering van de elektronische toestanden in de supergeleider en het effect ervan op de supergeleider. Het blijkt dat we niet de verwachte (standaard) kritische stroom vinden, waarbij de supergeleider in de normale toestand wordt gedrukt doordat de Cooper paren uit elkaar worden getrokken. In plaats daarvan vinden we dat, voordat deze stroom bereikt wordt, de supergeleiding al door een heel ander effect

onderdrukt wordt, namelijk door de niet-thermische verdelings functies van de elektronen. Aangezien deze bepaald wordt door de spanning over de reservoirs spreken we hier over een kritieke spanning.

