

University of Groningen

High frequency spin dynamics in hybrid metallic devices

Costache, Marius Vasile

IMPORTANT NOTE: You are advised to consult the publisher's version (publisher's PDF) if you wish to cite from it. Please check the document version below.

Document Version

Publisher's PDF, also known as Version of record

Publication date:

2007

[Link to publication in University of Groningen/UMCG research database](#)

Citation for published version (APA):

Costache, M. V. (2007). *High frequency spin dynamics in hybrid metallic devices*. s.n.

Copyright

Other than for strictly personal use, 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), unless the work is under an open content license (like Creative Commons).

The publication may also be distributed here under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license. More information can be found on the University of Groningen website: <https://www.rug.nl/library/open-access/self-archiving-pure/taverne-amendment>.

Take-down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

Downloaded from the University of Groningen/UMCG research database (Pure): <http://www.rug.nl/research/portal>. For technical reasons the number of authors shown on this cover page is limited to 10 maximum.

Samenvatting

Dit proefschrift beschrijft een reeks experimenten met het doel de fysica te begrijpen van magnetizatie en spin dynamica in het GHz frequentiebereik (1 - 40 GHz) in hybride submicron ferromagneet/niet-magnetisch-metaal devices. Het begrijpen en beïnvloeden van de interactie van lading, spin en magnetizatie dynamica in ferromagneet/niet-magnetisch-metaal devices is noodzakelijk voor verdere ontwikkeling van spintronika devices op de nanoschaal. Naast het begrijpen van de onderliggende fysica van magnetizatie en spin dynamica bij hoge frequenties, hebben we twee nieuwe microgolf meettechnieken ontwikkeld. De belangrijkste resultaten van dit proefschrift zijn:

1. De invloed van verschillende magnetische configuraties van elektroden op het spin valve signaal is gemeten in een spin valve device met 4 ferromagnetische contacten (hoofdstuk 4).
2. Nieuwe methoden zijn ontwikkeld om ferromagnetische resonantie on-chip te genereren en te detecteren in een submicron ferromagnetische strip (hoofdstuk 5 en 6).
3. Detectie van magnetizatie inversie in een enkele Cobalt strip als gevolg van in resonantie versterkte microgolf magnetische velden, door meting van de anisotropische magnetoweerstand (hoofdstuk 8).
4. DC elektrische detectie van het spin pumping effect als gevolg van de precederende magnetizatie in een enkele ferromagneet (hoofdstuk 7).

We zijn begonnen in het verlengde van het werk dat hier in Groningen is gedaan door Jedema et al. en Zaffalon et al.. In het algemeen moeten, in een 4-punts meting van een lateraal spin valve device, ten minste twee van de elektroden ferromagnetisch zijn, n voor spin injectie en de tweede voor spin detectie. Vanuit praktisch oogpunt is het eenvoudiger om alle

4 contacten ferromagnetisch te maken. In hoofdstuk 4 hebben we de DC spin accumulatie in een Al eiland bestudeerd dat verbonden was met 4 Co elektroden. Als gevolg van de kleine variaties in het fabricage proces en magnetische interacties tussen de Co elektroden kan het omslagveld voor identiek ontworpen Co elektroden toch iets verschillen. Evenwel kunnen we uit de metingen de volgorde van magnetisatie omslag van de ferromagnetische contacten herleiden.

Daarna hebben we ons gericht op experimenten bij hoge frequentie. Vooruitgang in het begrijpen van de fysica van ferromagneet/niet-magnetisch-metaal bij hoge frequentie kan niet geboekt worden zonder de ontwikkeling van nieuwe microgolf meettechnieken. In de hoofdstukken 5 en 6 beschrijven we twee experimenten waarin we ferromagnetische resonantie (FMR) on-chip genereren en detecteren in een enkel, submicron ferromagnetisch deeltje. Daarin meten we ook de precessie hoek door middel van het DC anisotropische magnetoweerstand (AMR) effect.

Voor deze experimenten is een ferromagnetische permalloy stip aangebracht in een laterale microgolf transmissielijn. Sterke aandrijving van de grote precessie hoek van de magnetisatie precessie is gekregen door het element in de nabijheid van het kortgesloten eind van een microgolf transmissielijn te plaatsen welke een sterk lokaal microgolf magnetisch veld genereert. Met de eerste methode is de uniforme precessie mode gemeten door middel van inductieve detectie van een oscillerende magnetische flux door de magnetisatie dynamica (hoofdstuk 5). In de tweede methode is door het aanbrengen van een elektrische stroom en het meten van de anisotropische magnetoweerstand de precessiehoek bepaald van de magnetisatieprecessie met hoge precisie. De perfecte fit van de experimentele data aan de Kittel formule voor de uniforme precessie mode demonstreert de toetsbaarheid van beide methoden.

Bij een eerdere poging om FMR te detecteren in een submicron Co strip (hoofdstuk 8) hebben we een nieuwe detectie methode voor microgolf spectroscopie van magnetisatie omslag dynamica van de strip ontwikkeld. We hebben AMR metingen gedaan om te meten hoe de magnetisatie omslag van een Co strip versterkt wordt door resonante microgolf magnetische velden.

Al deze technieken waren een belangrijke voorloper van het spin pumping work, het belangrijkste resultaat in dit proefschrift. In hoofdstuk 7 laten we zien dat alleen al de beweging van de magnetisatie van een ferromagneet een spanningsverschil kan genereren. Dit is het gevolg van het spin pumping effect, waarbij de beweging van de magnetisatie een pure spin stroom (zonder ladingsstroom) in een aangrenzend niet-magnetisch-metaal kan sturen. Dit resulteert in een spin accumulatie. Deze spin accumulatie genereert een terugstroom van spin stroom in de ferromagneet waardoor er een DC spanningsverschil ontstaat als gevolg van de spin afhankelijke geleiding van de ferromagneet. Door verschillende contact materialen (Al

en/of Pt) te vergelijken in verschillende geometrieën vinden we, in overeenstemming met de theorie, dat de spin gerelateerde eigenschappen van het niet-magnetische metaal de grootte van het DC signaal bepalen. Een belangrijke waarneming is dus dat dezelfde ferromagneet de bron en ook de detector van de spin stroom is. Daardoor is dit een zeer nauwkeurige methode voor de elektrische detectie van magnetizatie dynamica.

Dit proefschrift presenteert een systematische studie in de mesoscopische fysica, in het bijzonder aan de metallische spintronica. Beginnend met een lateraal spin valve device, welke een simpele uitbreiding was van vorig werk gedaan hier in Groningen, hebben we succesvol hoge frequentie meettechnieken geïntroduceerd door middel van microgolf structuren op standaard Si/SiO₂ chips. De focus lag op de precieze fabricatie en layout van de submicron metallische structuren voor verschillende functionaliteiten: het creëren van hoog intense en gelokaliseerde microgolf magneetvelden, ferromagnetische strips voor elektrische spin injectie en detectie en verscheidene paramagnetische metalen als spin transport geleiders.

De detectie van spin pumping biedt inzicht in de fundamentele fysica van de spintronica en kan leiden tot nieuwe technologische applicaties.

