

University of Groningen

Coherent control of electron spin dynamics in nano-engineered semiconductor structures

Denega, Sergii Zinoviyovich

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:

2011

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

Citation for published version (APA):

Denega, S. Z. (2011). *Coherent control of electron spin dynamics in nano-engineered semiconductor structures*. 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).

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

Het onderzoek dat in dit proefschrift gepresenteerd wordt heeft tot doel het begrijpen en controleren van de evolutie van spin ensembles in halfgeleider device structuren. Verschillende fundamentele eigenschappen van de evolutie van spin ensembles, zoals defasering, decoherentie, relaxatie, diffusie en drift worden behandeld. In alle experimenten zijn op GaAs of GaAs/AlGaAs gebaseerde devices gebruikt. Deze zijn op nanoschaal bewerkt, opdat ze over eigenschappen beschikken die voordelig zijn voor het controleren van coherente spindynamica. Deze systemen vormen interessante testsystemen, omdat ze de best beschikbare materiaalkwaliteit en een zeer geavanceerd niveau van device fabricage combineren met sterke optische transitie over de bandkloof. Deze transitie zijn onderworpen aan strenge selectieregels met betrekking tot optische polarisatie en spin. Voortgang in deze tak van onderzoek is relevant voor het realiseren van nieuwe functionaliteit in de spintronica en kwantum informatietechnologie.

Dit werk richt zich op het beantwoorden van vragen en het realiseren van nieuwe experimentele ontwerpen in dit veld. De focus ligt op het gebruik van de voordelen van optische studies met ultrasnelle laserpulsen voor preparatie en detectie van spinpolarisatie, wat ten tijde van de aanvang van dit werk reeds een goed ontwikkelde techniek was. Het doel was om dit voor het eerst toe te passen op studies van spindynamica die specifiek optreedt in device structuren, en inzicht te krijgen wanneer dit afwijkt van de spindynamica in bulk materiaal. Verschillende interessante resultaten zijn behaald. Echter, enkele van de gedane experimenten leidden tot observaties die er op duiden dat het begrip van het onderliggende fysische mechanisme –ondanks de vele eerdere studies aan bulk materiaal– incompleet was, en zelfs tot observaties die in conflict zijn met de gangbare beschrijvingen. In deze gevallen heeft dit werk tot doel deze nieuwe observaties te karakteriseren en te begrijpen.

Dit onderzoek heeft tot resultaten geleid in drie deelgebieden:

1) *Onderdrukking van spin defasering van geleidingselektronen in draadstructuren*

Dit onderzoek heeft geleid tot resultaten die aantonen dat spin defasering door

toedoen van spin-orbitaal interactie voor elektronen in draden kan worden onderdrukt door de verschillende spin-orbitaal interactie termen te controleren. Dit effect was voorspeld voor draden van twee-dimensionale elektronensystemen en is door ons gedemonstreerd. Een onverwachte observatie is dat het effect ook optreedt voor draden van drie-dimensionale elektronensystemen. Dit werk bevat numerieke simulaties die goede overeenkomsten vertonen met de experimentele observaties, zowel voor draden van twee- als van drie-dimensionale elektronensystemen.

2) Spin initialisatie en detectie van gelokaliseerde elektron spins

Het tweede onderwerp dat in dit proefschrift behandeld wordt is het verkrijgen van volledig kwantumcoherent gedrag van de interactie tussen elektron spins en optische initialisatie en detectie pulsen. In dit deel van het werk wordt de spintoestand van een donorgebonden elektron, gelokaliseerd op een Si-donor positie in lichtgedoteerd GaAs, gebruikt. Deze elektronen worden geadresseerd als een homogeen ensemble. De experimenten demonstreren een nieuwe, ultrasnelle methode voor spin initialisatie en detectie met laserpulsen. Opvallend is dat de methode een complete transformatie tussen optische polarisatie en de kwantumtoestand van de elektronspins uitvoert, voor elke mogelijke polarisatie en spintoestand, en zowel voor initialisatie als detectie

3) Volledig tijdsopgeloste studie van de Landé g factor in elektron-gedoteerd GaAs materialen

In het laatste deel van dit proefschrift wordt een gedetailleerde studie van de g-factor van het elektron in bulk GaAs gepresenteerd. Aanleiding voor deze studie waren observaties van g-factorwaarden zo laag als $g = -0.48$, terwijl de meeste toonaangevende literatuur uitgaat van $g \geq -0.44$. Nader onderzoek toont aan waarom de waargenomen g-factor sterk afhangt van de experimentele parameters, en laat zien dat de onconventionele g-factor waarden van $g = -0.48$ veroorzaakt worden door elektronen met lage energie in GaAs materialen waar de donortoestanden een band vormen.