

University of Groningen

Spintronics and thermoelectrics in exfoliated and epitaxial graphene

van den Berg, Jan Jasper

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:

2016

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

Citation for published version (APA):

van den Berg, J. J. (2016). *Spintronics and thermoelectrics in exfoliated and epitaxial graphene*. [Thesis fully internal (DIV), University of Groningen]. Rijksuniversiteit Groningen.

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.

Propositions

1. The spintronic quality of wafer-scale arrays of epitaxial graphene spin devices is lower than custom spin devices made from exfoliated graphene (chapter 5).
2. Though they are both mediated by electrons, charge and spin diffusion in epitaxial graphene on silicon carbide behave differently from each other, because of a different interpretation of the classic diffusion coefficient for conserved (charge) and non-conserved (spin) quantities (chapter 6).
3. The independent measurement of the charge diffusion coefficient is a method to verify the spin transport properties determined by common experimental techniques like Hanle precession, when it is suspected that a spin channel is coupled to localized states (chapters 7 and 9).
4. The temperature dependence of the shape of the Hanle curve measured in a spin channel that is coupled to localized states gives information about the general parameters that describe the energy dependence of the localized states. However, due to the high number of free parameters, the exact relation cannot be obtained from Hanle precession experiments alone (chapter 8).
5. The principle of a gate-tunable Peltier effect demonstrated in graphene shows great promise for controlled cooling in future nano-scaled electronic devices (chapter 10). However, new 2D-materials with a higher thermoelectric figure of merit will have to be developed to make the effect useful for practical heat management applications in chips.
6. The scientific community, including all scientific publishers, must strive towards making all published scientific articles publicly available, in order to reduce global inequality in access to knowledge.
7. Wrong or exaggerated scientific claims in the mainstream media are often caused by an unintentional Chinese whispers effect, a snowball effect that starts with the scientist that conducted the research not thinking carefully enough about the effect of their wordings.
8. Because it often seems irrelevant to their day-to-day lab work, scientists don't think often enough about important ethical aspects of their research, such as the consequences of their findings for technological and societal developments.
9. The concept of a technology singularity, a point in the future after which intelligent technology is capable of autonomously developing increasingly more intelligent technology in an iterative manner, is such a speculative concept that any predictions over when this might occur are very likely to be wrong.

Stellingen

1. De spintronische kwaliteit van spin devices van epitaxiaal grafeen op een oppervlakte ter grootte van een wafer is lager dan individueel ontworpen spin devices van geëxfolieerd grafeen (hoofdstuk 5).
2. Ladingsdiffusie en spindiffusie in epitaxiaal grafeen op siliciumcarbide verschillen van elkaar, hoewel beide diffusieprocessen worden veroorzaakt door de verplaatsing van elektronen. Dit komt door een andere interpretatie van de klassieke diffusiecoëfficiënt voor behouden (lading) en niet-behouden (spin) grootheden (hoofdstuk 6).
3. Het onafhankelijk meten van de ladingsdiffusiecoëfficiënt is een goede controle op de spintransporteigenschappen gemeten met behulp van veelgebruikte experimentele methoden zoals Hanle-precessie, als het erop lijkt dat het spinkanaal gekoppeld is aan gelokaliseerde toestanden. (hoofdstuk 7 en 9).
4. De temperatuursafhankelijkheid van de vorm van de Hanle-kurve, gemeten aan een spinkanaal dat aan gelokaliseerde toestanden is gekoppeld, geeft informatie over de algemene parameters die de energieafhankelijkheid van die gelokaliseerde toestanden beschrijven. Door het hoge aantal vrije parameters is het desondanks niet mogelijk een exacte relatie af te leiden met puur en alleen Hanle-precessie-experimenten (hoofdstuk 8).
5. Het principe van een gate-gestuurd Peltier-effect, zoals aangetoond in grafeen, is veelbelovend voor gereguleerde koeling van elektronische devices op nanoschaal (hoofdstuk 10). Desalniettemin zullen 2D-materialen met een hogere thermoelektrische figure-of-merit moeten worden ontwikkeld om het effect te kunnen gebruiken in praktische toepassingen voor warmtemanagement in chips.
6. De wetenschappelijke gemeenschap, inclusief wetenschappelijke uitgevers, moet ernaar streven om alle gepubliceerde wetenschappelijke artikelen publiekelijk verkrijgbaar te maken, om de mondiale ongelijkheid in de vrije toegang tot kennis te verminderen.
7. Foutieve of overdreven wetenschappelijke uitlatingen in de media zijn vaak het onbedoelde gevolg van doorfluisteren: een sneeuwbaaleffect beginnende met de onderzoeker in kwestie die niet goed genoeg nadenkt over het effect van de te gebruiken bewoordingen.
8. Omdat het vaak irrelevant lijkt voor het dagelijks werk in het lab denken wetenschappers niet vaak genoeg na over belangrijke ethische aspecten van hun onderzoek, zoals de gevolgen van hun bevindingen voor technologische en maatschappelijke ontwikkelingen.
9. Het concept van een technologische singulariteit, een moment in de toekomst vanaf wanneer intelligente technologie in staat is om zelfstandig toenemend intelligente technologie te ontwikkelen, is een dusdanig speculatief concept dat elke voorspelling over wanneer dat moment zal gaan plaatsvinden hoogstwaarschijnlijk fout is.