



Universiteit
Leiden
The Netherlands

Lattice models for Josephson junctions and graphene superlattices

Ostroukh, V.

Citation

Ostroukh, V. (2018, June 27). *Lattice models for Josephson junctions and graphene superlattices*. *Casimir PhD Series*. Retrieved from <https://hdl.handle.net/1887/63217>

Version: Not Applicable (or Unknown)

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

Downloaded from: <https://hdl.handle.net/1887/63217>

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

Cover Page



Universiteit Leiden



The handle <http://hdl.handle.net/1887/63217> holds various files of this Leiden University dissertation.

Author: Ostroukh, V.

Title: Lattice models for Josephson junctions and graphene superlattices

Issue Date: 2018-06-27

Samenvatting

In dit proefschrift onderzoeken wij quantum transportverschijnselen op de nanometerschaal, in twee type materialen: topologische isolatoren met geïnduceerde supergeleiding en superroosters in grafeen. Beide onderwerpen zijn gemotiveerd door recente experimentele ontwikkelingen: het eerste onderwerp ontstond uit de zoektocht naar Majorana fermionen in een quantum-spin-Hall-isolator, het tweede onderwerp ontstond uit de zoektocht naar massieve Dirac fermionen in de Kekulé bandstructuur van grafeen op een koper-substraat.

In de eerste twee hoofdstukken onderzoeken wij de experimentele waarneming in Delft van een h/e -periodieke component in de magneetveldafhankelijkheid van de kritische superstroom in een Josephsonjunctie die gevormd is uit een quantum-spin-Hall-isolator. Deze verdubbelde Fraunhoferperiodiciteit suggereert de aanwezigheid van Majoranadeeltjes in de junctie, echter de theorie in hoofdstuk 2 geeft een minder exotische interpretatie. Gebruikmakend van een netwerkmodel van randgeleiding in een Josephsonjunctie tonen wij aan dat het optreden van een geleidend kanaal langs de grens tussen het normale materiaal en de supergeleider heel goed het samengaan van h/e en $h/2e$ Fraunhoferperiodiciteiten kan verklaren — zonder dat er een bijdrage nodig is van Majorana fermionen.

Hoofdstuk 3 betreft een samenwerking met de experimentatoren in Delft, waarin we onze theorie testen aan nieuwe waarnemingen. We houden rekening met de details van het experiment, in het bijzonder de gedeeltelijke afscherming van het normale deel van de Josephsonjunctie door de metalen elektrodes. Gebruikmakend van een realistische roostermodel kunnen we de experimenten verklaren volgens de theorie van het voorgaande hoofdstuk.

In hoofdstuk 4 vervolgen we de studie van Josephsonjuncties in een ander systeem, het geleidende oppervlak van een drie-dimensionale topologische isolator. Het circulaire Fermi-oppervlak van vrije elektronen

heeft een vierkante vervorming, die een sterke invloed blijkt te hebben op het rooster van magnetische vortices. Een één-dimensionaal rooster van Josephson-vortices is bekend uit eerder werk, wij vinden echter een volledig twee-dimensionaal vortexrooster. We voorspellen dat dit rooster waarneembare consequenties heeft voor de vervalsnelheid van de Fraunhofer-oscillaties. Het rooster zou ook direct waarneembaar kunnen zijn met behulp van een rastermicroscop.

In hoofdstuk 5 gaan we over tot het tweede onderwerp van het proefschrift, het superrooster van een koolstof-monolaag (grafeen) dat epitaxiaal gegroeid is op een substraat. Experimenten aan een grafeen/koper superrooster hadden een periodieke modulatie waargenomen van de elektrische potentiaal, met een structuur die lijkt op de periodieke modulatie van de bindingen in een benzeenring (bekend als Kekulé dimerisatie). De conclusie van de gepubliceerde experimenten was dat deze modulatie de massalose Dirac-fermionen in grafeen omzet in gewone massieve elektronen. Wij hebben echter gevonden dat het probleem heel anders in elkaar zit: de elektronen blijven massaloos, maar wat het superrooster bewerkt is dat er een koppeling optreedt tussen de beweging van de elektronen en hun “valley” vrijheidsgraad. Deze “valley-momentum locking” zou toegepast kunnen worden in het vakgebied van de “valleytronics” (een variant op “spintronics” waar de elektronspin vervangen wordt door de “valley” pseudo-spin).