



## UvA-DARE (Digital Academic Repository)

### Magnetotransport of low dimensional semiconductor and graphite based systems

van Schaijk, R.T.F.

**Publication date**  
1999

[Link to publication](#)

#### **Citation for published version (APA):**

van Schaijk, R. T. F. (1999). *Magnetotransport of low dimensional semiconductor and graphite based systems*. [, Universiteit van Amsterdam]. Universiteit van Amsterdam.

#### **General rights**

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

#### **Disclaimer/Complaints regulations**

If you believe that digital publication of certain material infringes any of your rights or (privacy) interests, please let the Library know, stating your reasons. In case of a legitimate complaint, the Library will make the material inaccessible and/or remove it from the website. Please Ask the Library: <https://uba.uva.nl/en/contact>, or a letter to: Library of the University of Amsterdam, Secretariat, Singel 425, 1012 WP Amsterdam, The Netherlands. You will be contacted as soon as possible.

## Samenvatting

Het onderwerp van dit proefschrift is magnetoweerstand van laag-dimensionale ladingsdrager systemen. Magnetotransport metingen zijn zeer geschikt om de elektronenstructuur van laag-dimensionale systemen bij lage temperaturen te onderzoeken. 'Laag-dimensionaal' in de onderzochte materialen betekent minder dan drie dimensies (3D). De ladingsdragers in deze systemen zijn niet vrij om te bewegen in alle richtingen en daarom spreekt men voor deze materialen van dimensies tussen 3D en 2D, 2D of tussen 2D en 1D. Vier verschillende materialen zijn onderzocht, bestaande uit halfgeleiders en op grafiet gebaseerde materialen. Na een korte algemene inleiding volgt in hoofdstuk 2 een overzicht van de magnetotransport eigenschappen van laag-dimensionale elektrongassen.

In hoofdstuk 3 is de bandstructuur van  $\text{PdAl}_2\text{Cl}_8$  grafiet intercalatie verbindingen *stage* 1, 2 en 3 onderzocht. Met behulp van Shubnikov-de Haas oscillaties, gemeten in magneetvelden tot 38T, is het Fermi oppervlak bepaald. De resultaten zijn vergeleken met een 2D bandstructuur model. Het 2D model is een goede beschrijving van de bandstructuur, in het geval dat de interlaag interactie tussen de koolstofatomen in opeenvolgende grafietlagen, gescheiden door een intercalatielaag, klein is. Het *stage* 1 materiaal heeft een 2D bandstructuur, in overeenstemming met de extreem hoge anisotropie van de geleiding langs de c-as en in de grafietlaag. De bandstructuur van het *stage* 2 materiaal is ook in overeenstemming met het 2D bandmodel, hoewel het Fourier spectrum meer dan het verwachte aantal frequenties laat zien. Deze extra frequenties worden toegeschreven aan sommen verschilfrequenties van twee fundamentele frequenties en hogere harmonischen van een fundamentele frequentie. Het *stage* 3 materiaal bezit een duidelijke modulatie van het Fermi oppervlak, veroorzaakt door interlaag interactie. Deze modulatie is bepaald met behulp van de hoekafhankelijkheid in de Shubnikov-de Haas frequenties. Door deze interlaag interactie is de toepasbaarheid van het 2D model voor het *stage* 3 materiaal beperkt.

In het volgende hoofdstuk is een ander op grafiet gebaseerd materiaal onderzocht, namelijk structuren gemaakt van *exfoliated* grafiet. Alle preparaten bezitten de kenmerken van zwakke lokalisatie: een logaritmische afhankelijkheid van de weerstand met temperatuur ( $T < 2.5\text{K}$ ) en een negatieve magnetoweerstand in zwakke magneetvelden ( $B < 0.5\text{T}$ ). De negatieve magnetoweerstand wordt verklaard door quantum correcties op de geleiding voor 2D. De meetgegevens zijn geanalyseerd met een model voor zwakke lokalisatie, waarbij de fase relaxatietijd van de ladingsdrager golf functie de enige fitparameter is. De zwakke lokalisatie in dit materiaal wordt veroorzaakt door wanorde in de stapeling van de grafietlagen. Het effect van structurele veranderingen in het materiaal op de negatieve magnetoweerstand is onderzocht als functie van dichtheid en warmtebehandeling. De negatieve magnetoweerstand wordt niet beïnvloed door de dichtheid, waardoor geconcludeerd kan worden dat verstrooiingsprocessen tussen grafietkorrels geen belangrijke rol spelen. Verhoging van de temperatuur tijdens de warmtebehandeling van de materialen vermindert de

negatieve magnetoweerstand significant. Dit wordt veroorzaakt door de verminderde wanorde in de stapeling van de grafietlagen.

Het onderwerp van hoofdstuk 5 is schaling in het quantum Hall *regime*. De schalingstheorie voorspelt een machtswet voor de temperatuurafhankelijkheid van de transportcoëfficiënten, veroorzaakt door het universele gedrag van delokalisatie van de ladingsdragers in het integer quantum Hall effect. Experimenten aan een lage mobiliteit InGaAs/InP heterostructuur bevestigen op een indrukwekkende wijze de quantum faseovergang. Deze quantum faseovergang betekent dat de plateau-plateau (PP) overgang oneindig scherp wordt als de temperatuur het absolute nulpunt nadert. Vanwege korte dracht potentiaal verstrooiingen zijn InGaAs/InP heterostructuren van wezenlijk belang voor het onderzoek naar kritische exponenten met behulp van schalingsexperimenten. Voor de eerste keer is het kritische gedrag van de overgang van het  $\nu=1$  quantum Hall plateau naar de isolator fase (PI) in een InGaAs/InP heterostructuur onderzocht. Dit kritisch gedrag is vergeleken met de schaling van de PP overgangen, onderzocht in dezelfde heterostructuur. We hebben aangetoond dat de PI overgang het zelfde schalingsgedrag bezit als de PP overgangen, met een gelijke kritische exponent. Dit is in overeenstemming met de voorspellingen van de schalingstheorie. De kritische exponent van de PI overgang kan beïnvloed worden door macroscopische inhomogeniteit van het preparaat. Hoewel de inhomogeniteiten zwak zijn resulteren ze in een temperatuurafhankelijkheid van de kritische geleiding  $\sigma^*_{xx}$ . Deze temperatuur afhankelijkheid is gebruikt om te corrigeren voor de inhomogeniteit en de universele kritische exponent is bepaald. Door het combineren van de resultaten voor de PP en PI overgangen, concluderen we dat de kritische exponent  $\kappa=0.42$  de universele kritische exponent voor de quantum faseovergang is.

In het laatste hoofdstuk wordt magnetotransport aan GaAs structuren delta gedoteerd met tin besproken. Voor de eerste keer is tin gebruikt als donor in een  $\delta$ -laag, wat voor- en nadelen heeft vergeleken met meer gebruikelijke doteringsatomen zoals silicium en beryllium. Een voordeel van tin is de mogelijkheid om hoge elektrondichtheden te verkrijgen. In onze structuren was de hoogste elektrondichtheid gelijk aan  $8.4 \times 10^{13} \text{ cm}^{-2}$ , bepaald door Hall metingen. Een nadeel van tin is de grote segregatie en diffusiesnelheid, wat resulteert in brede  $\delta$ -lagen. Maar dit is juist een voordeel voor de groei op *vicinal* substraten. *Vicinal* substraten ontstaan door een kleine misoriëntatie bij het klieven van het substraat, wat resulteert in stapranden en terrassen op het oppervlak van het substraat. De hoge segregatie snelheid van tin kan leiden tot ordening van de tin atomen aan de stapranden. Naast de afgenomen dimensionaliteit in de vorm van rijen quasi 1D tin atomen, heeft de laterale ordening een positief effect op de ladingsdrager mobiliteit. Een duidelijke anisotropie in de elektronische eigenschappen is waargenomen voor de stroom  $\parallel$  en  $\perp$  op de stapranden, oplopend tot  $R_{\perp}/R_{\parallel} \sim 1.5$  ( $T=4.2\text{K}$ ) voor een structuur met een elektrondichtheid  $n=8 \times 10^{12} \text{ cm}^{-2}$ . Het laatste gedeelte van dit hoofdstuk behandelt het persistente fotogeleidingseffect in  $\delta$ -gedoteerd GaAs. In de zwaar gedoteerde structuren ( $n > 2 \times 10^{13} \text{ cm}^{-2}$ ) worden twee verschillende belichtingseffecten waargenomen, afhankelijk van de golflengte van het licht. Voor belichting met licht met een golflengte kleiner dan 850nm is positieve

persistente fotogeleiding aanwezig, wat een afname in weerstand na belichting inhoudt. Voor belichting met licht met een golflengte groter dan 850nm is negatieve fotogeleiding waargenomen. Voor de licht gedoteerde structuren is alleen het positieve effect waargenomen. Het verschil in fotogeleiding tussen de zwaar en licht gedoteerde structuren is de bezetting van een diepe donortoestand, het zogenaamde DX niveau in de zwaar gedoteerde structuren. De ionisatie van deze gevulde DX niveaus veroorzaakt het negatieve fotogeleidingseffect.

