

## Ladungstransport durch Graphenschichten und GaAs-Nanodrähte untersucht mit einem Multispitzen-Rastertunnelmikroskop

Stefan Korte

Forschungszentrum Jülich GmbH  
Peter Grünberg Institut (PGI)  
Functional Nanostructures at Surfaces (PGI-3)

# Ladungstransport durch Graphenschichten und GaAs-Nanodrähte untersucht mit einem Multispitzen-Rastertunnelmikroskop

Stefan Korte

Schriften des Forschungszentrums Jülich  
Reihe Schlüsseltechnologien / Key Technologies

Band / Volume 90

---

ISSN 1866-1807

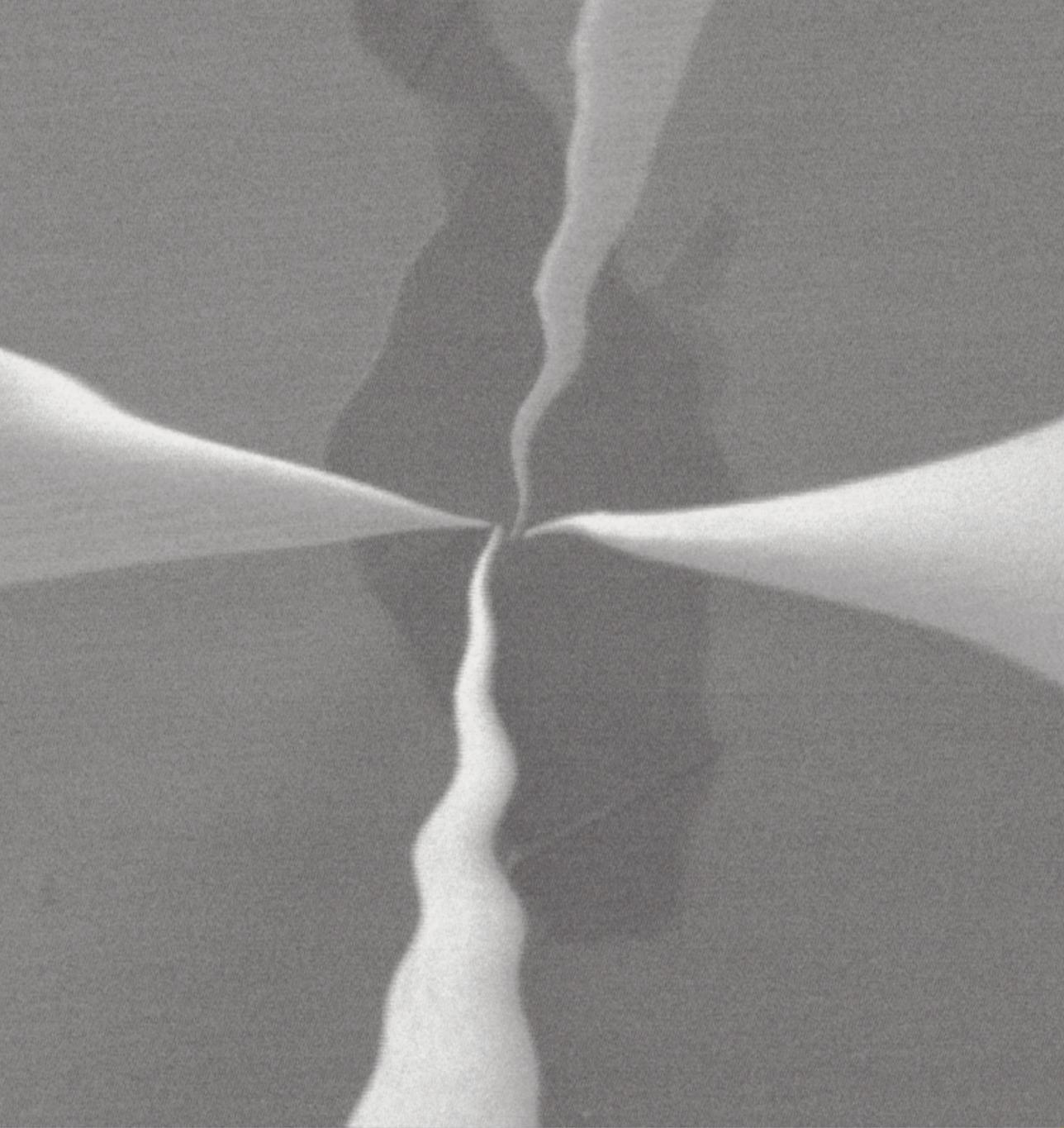
ISBN 978-3-89336-990-4

# Inhaltsverzeichnis

Einleitung	9
<b>1 Theoretische Grundlagen</b>	<b>11</b>
1.1 Tunneleffekt und Rastertunnelmikroskopie . . . . .	11
1.2 Leitfähigkeit und Messverfahren . . . . .	14
1.2.1 Vierpunktmessungen an eindimensionalen Leitern . . . . .	15
1.2.2 Vierpunktmessungen an zweidimensionalen Leitern . . . . .	16
1.3 Graphen – Bandstruktur des zweidimensionalen Leiters . . . . .	19
1.4 Galliumarsenid-Nanodrähte – Bandverbiegung an der Oberfläche . . . . .	20
<b>2 Experimenteller Aufbau</b>	<b>23</b>
2.1 Das Ultrahochvakuum-System . . . . .	23
2.2 Das Rasterelektronenmikroskop . . . . .	25
2.2.1 Die Elektronenkanone . . . . .	25
2.2.2 Kontrastmechanismen im Rasterelektronenmikroskop . . . . .	26
2.3 Das Multispitzen-Rastertunnelmikroskop . . . . .	27
2.3.1 Der mechanische Aufbau . . . . .	28
2.3.2 Multispitzen-Messelektronik – Die „Black Box“ . . . . .	29
2.3.3 Datenerfassung . . . . .	32
2.4 Tunnelspitzen . . . . .	33
2.4.1 Wolframspitzen . . . . .	33
2.4.2 Goldspitzen . . . . .	34
2.4.3 Spitzenwechsel . . . . .	35
<b>3 Multispitzen-Messungen an Graphen auf hexagonalem Bornitrid</b>	<b>37</b>
3.1 Probenpräparation . . . . .	37
3.1.1 Die „Scotch-Tape“-Methode . . . . .	38
3.1.2 Graphen auf hexagonalem Bornitrid . . . . .	40
3.1.3 Montage der Proben für das Multispitzen-Rastertunnelmikroskop . . . . .	42
3.2 Möglichkeiten zur Kontaktierung . . . . .	42
3.3 Kontaktieren mit dem Multispitzen-Rastertunnelmikroskop . . . . .	44
3.4 Zweipunktmessung an Graphen/SiO <sub>2</sub> . . . . .	45

## Inhaltsverzeichnis

3.5	Rastertunnelmikroskopie an Graphenflocken . . . . .	47
3.5.1	Rastertunnelmikroskopie an Graphen auf SiO <sub>2</sub> . . . . .	47
3.5.2	Rastertunnelmikroskopie an Graphen auf hexagonalem Bornitrid . . . . .	48
3.6	Zweidimensionale Leitfähigkeit durch Vierpunktmessungen . . . . .	51
3.7	Ladungsträgerbeweglichkeit durch Feldeffektmessungen . . . . .	54
3.8	Anheben von Graphen . . . . .	57
3.9	Zusammenfassung und Ausblick: Graphen . . . . .	62
<b>4</b>	<b>Multispitzen-Messungen an freistehenden GaAs-Nanodrähten</b>	<b>63</b>
4.1	Wachstum per metallorganischer Gasphasenepitaxie . . . . .	64
4.2	Freistehende Nanodrähte im Multispitzen-Rastertunnelmikroskop . . . . .	67
4.2.1	Probenausrichtung . . . . .	67
4.2.2	Kontaktieren mit Tunnelspitzen . . . . .	69
4.2.3	Kontaktwiderstände . . . . .	71
4.2.4	Widerstandsmessung nach der Vierpunktmethode . . . . .	73
4.3	Elektronenstrahlinduzierter Stromfluss . . . . .	74
4.4	Verbiegungsabhängige Widerstandsmessung . . . . .	76
4.5	Widerstandsprofile freistehender Nanodrähte . . . . .	78
4.5.1	<i>p</i> -GaAs-Nanodrähte auf <i>n</i> -GaP(111)-B-Substrat . . . . .	81
4.5.2	<i>p</i> -GaAs-Nanodrähte auf <i>n</i> -GaAs(111)-B-Substrat . . . . .	83
4.5.3	<i>p</i> -GaAs-Nanodrähte auf <i>p</i> -GaAs(111)-B-Substrat . . . . .	84
4.5.4	Dotierung der Nanodrähte . . . . .	86
4.6	Zusammenfassung und Ausblick: GaAs-Nanodrähte . . . . .	88
<b>5</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick</b>	<b>89</b>
	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>91</b>
	<b>Danksagung</b>	<b>95</b>



**Schlüsseltechnologien / Key Technologies**  
**Band / Volume 90**  
**ISBN 978-3-89336-990-4**

