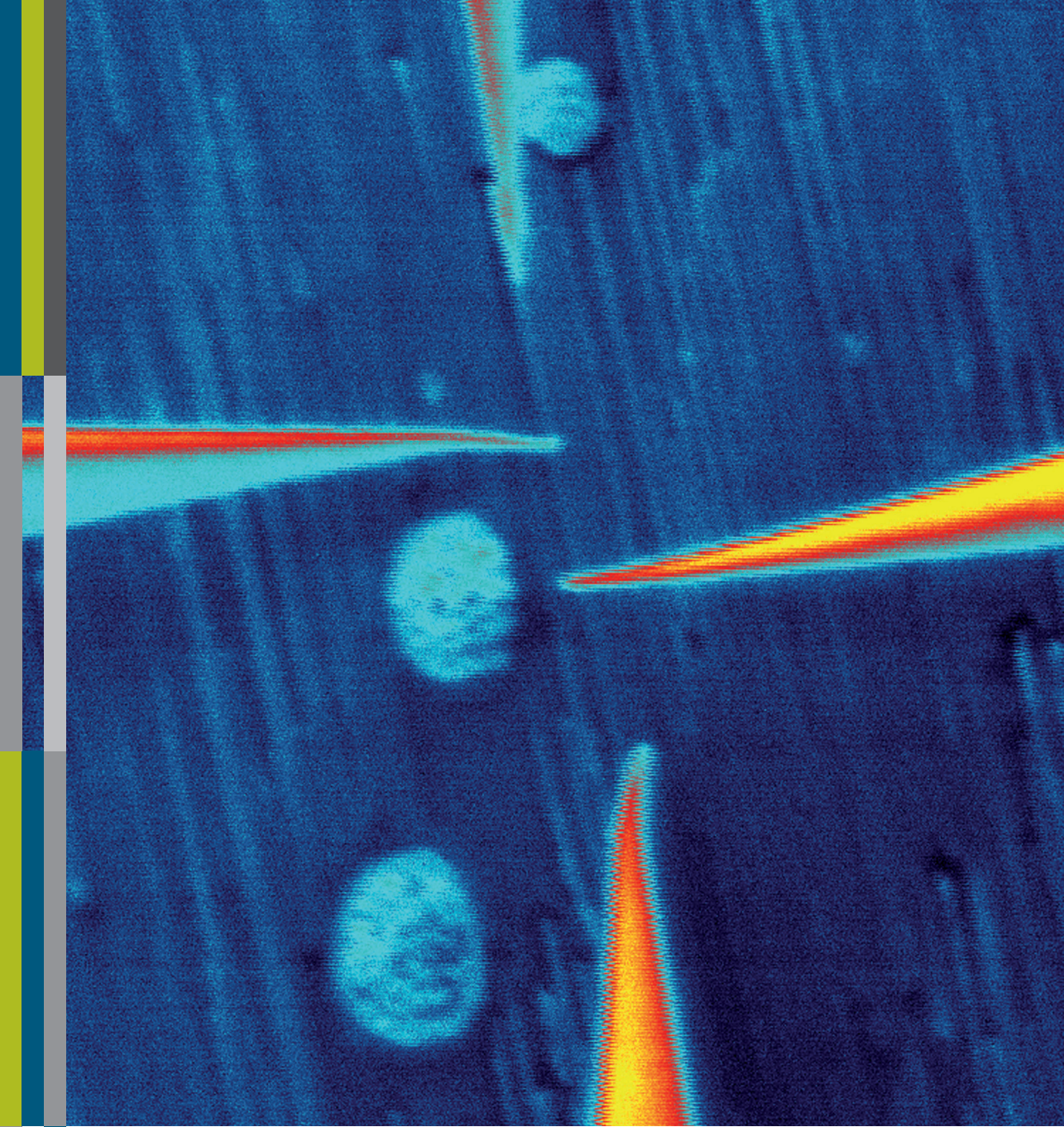




# **Aufbau einer Vierspitzen-Rastertunnelmikroskop/ Rasterelektronenmikroskop-Kombination und Leitfähigkeitsmessungen an Silizid Nanodrähten**

Evgeniy Zubkov

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

# **Aufbau einer Vierspitzen-Rastertunnelmikroskop/ Rasterelektronenmikroskop-Kombination und Leitfähigkeitsmessungen an Silizid Nanodrähten**

Evgeniy Zubkov

Schriften des Forschungszentrums Jülich  
Reihe Schlüsseltechnologien / Key Technologies

Band / Volume 55

ISSN 1866-1807

ISBN 978-3-89336-848-8

# Inhaltsverzeichnis

|                                                                        |           |
|------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Einleitung</b>                                                      | <b>9</b>  |
| <b>1 Theoretische Grundlagen</b>                                       | <b>15</b> |
| 1.1 Tunneleffekt . . . . .                                             | 15        |
| 1.1.1 WKB-Näherung 1D . . . . .                                        | 17        |
| 1.1.2 Tersoff Hamann-Näherung 3D . . . . .                             | 18        |
| 1.2 Rastertunnelmikroskopie (RTM) . . . . .                            | 21        |
| 1.3 Vierpunktmessung . . . . .                                         | 23        |
| <b>2 Experimenteller Aufbau</b>                                        | <b>27</b> |
| 2.1 UHV-System . . . . .                                               | 27        |
| 2.1.1 Präparationskammer . . . . .                                     | 29        |
| 2.1.2 Analysekommer . . . . .                                          | 30        |
| 2.1.3 Schleuse . . . . .                                               | 32        |
| 2.2 REM/RTM-Kombinationsapparatur . . . . .                            | 33        |
| 2.2.1 Komponenten des Rasterelektronenmikroskops . . . . .             | 34        |
| 2.2.2 Besocke BEETLE-STM . . . . .                                     | 39        |
| 2.2.3 Multispitzen RTM-Messkopf: das koaxiale Beetle-Konzept . . . . . | 40        |
| 2.2.4 Z-Antrieb . . . . .                                              | 44        |
| 2.2.5 Schwingungsisolierung . . . . .                                  | 49        |
| 2.2.6 Hochlegen von Tunnelspitzen . . . . .                            | 51        |
| 2.2.7 Elektrische Funktionsweise des Rastertunnelmikroskops . . . . .  | 53        |
| 2.3 Spitzenpräparation . . . . .                                       | 55        |
| 2.3.1 Ätzen der Wolframspitzen . . . . .                               | 56        |
| 2.3.2 Thermische Methode zur Reinigung der Tunnelspitzen . . . . .     | 57        |
| 2.3.3 Proben- und Spitzenwechsel . . . . .                             | 58        |
| 2.4 Software . . . . .                                                 | 60        |
| 2.4.1 STMAFM Software . . . . .                                        | 60        |

## *Inhaltsverzeichnis*

|          |                                                                                       |            |
|----------|---------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 2.4.2    | Synchronisationsmethoden von Spektroskopievorgängen . . . .                           | 63         |
| 2.4.3    | Software Änderung . . . . .                                                           | 66         |
| 2.4.4    | DSP-Code Änderung . . . . .                                                           | 67         |
| <b>3</b> | <b>Anwendungen</b>                                                                    | <b>69</b>  |
| 3.1      | Fähigkeiten der Kombinationsapparatur . . . . .                                       | 69         |
| 3.1.1    | Auflösung und thermische Drift des 4-Spitzen-RTM . . . . .                            | 69         |
| 3.1.2    | Leitungskapazitäten von vier RTM-Einheiten . . . . .                                  | 73         |
| 3.1.3    | Frequenzgang der vier RTM-Einheiten . . . . .                                         | 75         |
| 3.1.4    | Auflösung des REM . . . . .                                                           | 76         |
| 3.1.5    | Navigation der RTM-Tunnelspitzen mittels REM-Kontrolle . .                            | 79         |
| 3.1.6    | Simultane Topographieaufnahmen mit der Überlappung . . . .                            | 81         |
| 3.2      | Transportmessungen an Y/Si(110)-Nanodrähten . . . . .                                 | 85         |
| 3.2.1    | Präparation der Y/Si(110)-Nanodrähte . . . . .                                        | 88         |
| 3.2.2    | Spannungsabhängigkeit der Schottky-Barriere . . . . .                                 | 91         |
| 3.2.3    | Elektronischer Transport an Y/Si(110)-Nanodrähten mit zwei<br>RTM-Einheiten . . . . . | 98         |
| 3.2.4    | Ergebnisse und Diskussion der Zweispitzen-Messungen . . . .                           | 104        |
| 3.2.5    | Untersuchung der Schottky-Barriere mit einem Gate . . . . .                           | 109        |
| 3.2.6    | Elektronischer Transport an Y/Si(110)-Nanodrähten mit vier<br>RTM-Einheiten . . . . . | 114        |
| 3.2.7    | Spezifischer Widerstand . . . . .                                                     | 124        |
| 3.2.8    | Kontaktwiderstände . . . . .                                                          | 129        |
| <b>4</b> | <b>Zusammenfassung</b>                                                                | <b>137</b> |
| <b>5</b> | <b>Ausblick</b>                                                                       | <b>141</b> |
|          | <b>Literaturverzeichnis</b>                                                           | <b>143</b> |
|          | <b>Danksagung</b>                                                                     | <b>149</b> |

**Schlüsseltechnologien / Key Technologies**  
**Band / Volume 55**  
**ISBN 978-3-89336-848-8**

