



**Entwicklung, Aufbau und Charakterisierung eines
tieftemperaturtauglichen Rastersondenmikroskops
zur hochaufgelösten Messung des Energieübertrags
im Nanometerbereich**

Von der Fakultät für Mathematik und Naturwissenschaften
der Carl von Ossietzky Universität Oldenburg
zur Erlangung des Grades und Titels eines
Doktors der Naturwissenschaften
(Dr. rer. nat.)
angenommene Dissertation.

von

David Christopher Hellmann
geboren am 01.07.1982 in Ostercappeln

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	v
1 Einleitung	1
2 Elektronenstoßreinigung von Spitzen für den Einsatz im Rastersondenmikroskop	11
2.1 Einleitung	11
2.2 Entwicklung und Charakterisierung einer Elektronenquelle	17
2.3 Modellierung der Elektronenquelle	23
2.3.1 Die Filamenttemperatur	24
2.3.2 Der Richardson-Effekt	28
2.3.3 Die Schottky-Langmuir-Raumladungsformel	29
2.3.4 Kombination der Richardson-Gleichung mit der Schottky-Langmuir-Raumladungsformel	36
2.4 Anwendung auf Platin-Iridium- und Wolframspitzen	39
2.5 Automatisierung des Reinigungsprozesses	44
2.6 Behandlung von NSThM-Spitzen	52
2.6.1 Anwendung eines einzelnen Elektronenpulses: Modus 1	52
2.6.2 Anwendung einer Elektronenpulsserie: Modus 2	57
2.6.3 Veränderung der Qualität von mit einer NSThM-Spitze erstellten STM-Topographieaufnahmen durch die Anwendung der Elektronenstoßheizung	64
2.7 Fazit zur Methode der Elektronenstoßreinigung	67
3 Entwicklung, Aufbau und Charakterisierung eines LT-SPM	69
3.1 Einleitung	69

3.2	Neue Sensorkonzepte und Messmethoden	73
3.2.1	Ein neuartiges Sensorkonzept: Der supraleitfähige NSThM-Sensor	74
3.2.2	Betrieb an der Phasengrenze mit elektrothermischer Rückkopplung	81
3.2.3	Temperaturmessung über die Bestimmung der Energielücke eines Supraleiters	85
3.2.4	Temperaturmessungen anhand weiterer Größen	88
3.2.5	Einfluss der Temperatur auf die Größe des Leistungsübertrags	89
3.2.6	Präparation von SPM-Spitzen in LT-Spitzenhaltern	92
3.2.7	Zusammenfassung möglicher neuer Sensorkonzepte	96
3.3	Konzeption eines tieftemperaturtauglichen Rastersondenmikroskops	97
3.4	Vakuum- und Kryosystem	119
3.4.1	Aufbau des Vakuum- und Kryosystems	119
3.4.2	Eigenschaften des Vakuum- und Kryosystems	139
3.5	Elektronik	143
3.5.1	GXSM und Signal Ranger	146
3.5.2	Hochspannungsverstärker für die Erzeugung von Raster-signalen	149
3.5.3	Strom-Spannungswandler	155
3.5.4	Grobtriebelektronik	158
3.6	Charakterisierung des Gesamtsystems	175
3.6.1	Thermische Charakterisierung	177
3.6.2	Charakterisierung des Zusammenhangs zwischen thermischer Änderungsrate und räumlicher Driftrate	190
3.6.3	STM-Topographieaufnahmen	209
3.6.4	Zusammenfassung der Charakterisierung des Gesamtsystems	227
3.7	Zusammenfassung der Entwicklung, des Aufbaus und der Charakterisierung des LT-SPM	228
3.8	Ausblick	230

4 Fazit der Dissertation **237**

Anhang	239
A Ergänzende Daten zur Elektronenstoßreinigung von SPM-Spitzen	239
B Ergänzende Daten zum LT-SPM	243
B.1 Präparation von SPM-Spitzen in LT-Spitzenhaltern	243
B.2 Simulation der in der lateralen Antriebseinheit verbauten Magnet- kugeln	246
B.3 Elektronik	248
B.4 Vakuum- und Kryosystem	253
Literatur	255
Danksagung	273
Lebenslauf	275
Publikationsliste	277
Erklärung gemäß Promotionsordnung	279