

Ultrahohe Gleichstromdichten in magnetischen Nanodrähten auf Diamant-Substrat

Diplomarbeit

am

**Institut für Angewandte Physik
der Universität Hamburg**

vorgelegt von

Konrad Sachse

2. Juni 2008

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Grundlagen	3
2.1	Besonderheiten hoher Stromdichten	3
2.2	Permalloy	5
2.3	Diamant-Einkristalle und CVD-Diamant	5
2.4	Elektrische Leitfähigkeit	6
2.4.1	Modelle der elektrischen Leitfähigkeit	6
2.4.2	Elektrische Leitfähigkeit in Nanostrukturen	8
2.4.3	Annealing-Effekte in Permalloy	9
2.4.4	Temperaturabhängigkeit der elektrischen Leitfähigkeit in Permalloy	10
2.4.5	Anisotroper Magnetowiderstand	11
2.5	Thermische Eigenschaften	12
2.5.1	Thermische Leitfähigkeit allgemein	12
2.5.2	Thermische Leitfähigkeit in Diamant	14
2.6	Rasterelektronenmikroskopie mit Polarisationsanalyse	15
3	Versuchsaufbau	17
3.1	Vakuumsystem	17
3.2	Kühlung	18
3.3	Probenhalter	18
3.4	Kontaktierung der Proben	20
3.4.1	Der Bonder	21
3.4.2	Kontaktierung per Bonder und Leitsilber	21
3.4.3	Kontaktierung mit Federblechen	22
3.4.4	Kontaktierung per Bonder	24
3.5	Messsystem	25
3.5.1	Hardware	25
3.5.2	Software	26
3.5.3	Zeitlich höher aufgelöste Messungen	28
4	Probenherstellung	29
4.1	Substrate	29
4.1.1	Elektrische Eigenschaften	29
4.1.2	Thermische Eigenschaften	30
4.1.3	Auswahl des Diamanten als Substrat	30
4.2	FIB-Masken	31
4.3	Präparation	33

4.3.1	Präparation und Aufdampfen der Kontaktpads	33
4.3.2	Präparation und Aufdampfen des Nanodrahtes	35
4.3.3	Nasschemische Reinigung der Diamant-Substrate	36
5	Versuchsdurchführung	39
5.1	Probencharakterisierung mittels REM und AFM	39
5.1.1	Bestimmung der Abmessungen eines Nanodrahtes	40
5.1.2	Berechnung des theoretisch erwarteten Widerstands	40
5.1.3	Bestimmung der Oberflächenrauigkeit	42
5.2	Messverlauf für ultrahohe Stromdichten	42
5.2.1	Allgemeiner Messverlauf	42
5.2.2	Bipolare Messungen	43
5.3	Temperaturmessung am Nanodraht	44
5.3.1	Erstmalige Kalibrierung einer Probe	44
5.3.2	Rekalibrierung	47
6	Ergebnisse und Diskussion	49
6.1	Übersicht der verwendeten Proben	49
6.2	Vergleich der erwarteten und gemessenen Widerstände	49
6.2.1	Temperaturabhängigkeiten der Drahtwiderstände	52
6.2.2	Abweichung des theoretischen vom gemessenen $R(T)$ -Verlauf	53
6.3	Annealing	56
6.4	Reaktion des Nanodrahtes auf eine Stromerhöhung	60
6.4.1	Zeitkonstanten und Amplituden des Widerstands	60
6.4.2	Zeitkonstanten der berechneten Temperatur	64
6.5	Erreichte Stromdichten	65
6.6	Durchbrennen der Nanodrähte	67
6.7	Reproduzierbarkeit der thermischen Ankopplung	69
6.8	Simulationen zum Temperatur- und Stromdichteprofil in einem Nanodraht	70
6.9	Verifizierung des Ferromagnetismus mittels AMR	71
7	Zusammenfassung und Ausblick	75