

## 6 Hall- und Leitfähigkeitsmessungen

Zur Charakterisierung der am Hahn-Meitner Institut von Herrn Dr. Fiechter und Frau Dr. Tomm hergestellten und in dieser Arbeit verwendeten Schichtgitter-Kristallproben wurden Hall- und Leitfähigkeitsmessungen durchgeführt.

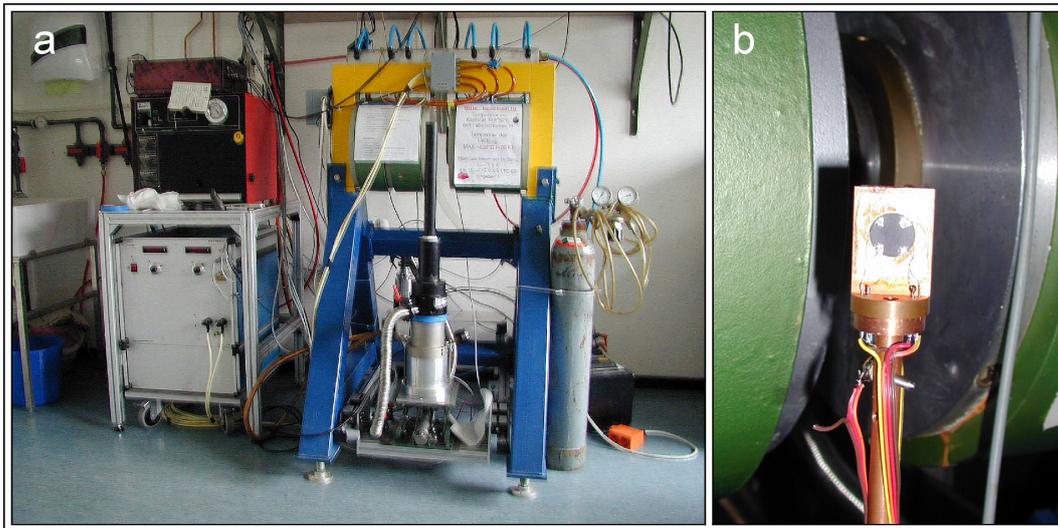
Die dafür vorgesehene Meßapparatur (siehe Abb.6.1) erlaubt Hall- und Leitfähigkeitsmessungen in einem weiten Temperaturbereich. Nach einem längeren Stillstand zeigten die ersten Messungen, daß ein neues Verdrahten notwendig war, und nach dem Defekt des Macintosh-Steuercomputers wurde auch die Umstellung der Apparatur auf die Steuerung mit einem IBM-PC erforderlich. Da die letzte Steuerprogrammversion nicht mehr vorhanden war, wurde eine Vorgängerversion gründlich überarbeitet und erweitert. Da es sich um ein Igor-Programm handelte, traten bei der Übertragung auf den PC nur geringfügige Probleme auf, die in den unterschiedlichen Versionen der Igor-Programmumgebung begründet waren.

### 6.1 Probenkopf und neues Substrat

Für die Hallmessungen an dieser Apparatur stand ein Meßkopf aus Kupfer zu Verfügung, auf dessen Vorder- und Rückseite jeweils eine Halbleiterprobe mit Wärmeleitpaste fixiert wird. Die Proben werden jeweils mit vier feinen Drähten und einem geeigneten Leitkleber kontaktiert.

Für Messungen an Schichtgitterhalbleitern konnten diese Meßköpfe nicht verwendet werden. Die Kristalle hatten einen maximalen Durchmesser von 6 mm und waren je nach Charge etwas flexibel oder sehr zerbrechlich. Um sie für Messungen nach van der Pauw an den Probenrändern möglichst punktförmig und sicher zu kontaktieren, wurde ein neues Substrat entwickelt und der Probenkopf für die Aufnahme dieses Substrats modifiziert. Substrat und neuer Probenkopf sind in Abb.6.2 gezeigt.

Das Substrat besteht aus einer runden ( $\varnothing$  10 mm), 0,5 mm-dünnen Schicht glasfaserverstärkten Epoxidmaterials mit jeweils vier verzinnnten Kupferkontakten auf jeder Seite. Die Kontakte der Oberseite sind als schmale Metallstege ausgeführt, während die unteren größere Viertelkreise bilden. Die übereinander liegenden Kontaktpaare, je ein Steg und ein Viertelkreis, sind durch die Schicht elektrisch leitend verbunden.



**Abb. 6.1:** Apparatur zur Messung des Halleffektes und der Leitfähigkeit.  
a) Apparatur mit schwarz abgedeckter Meßkopfhalterung zwischen den grünen Polschuhen des Magneten. links: Netzteil und Kryostat.  
b) Meßkopf mit konventionell kontaktierter Si-Referenzprobe.

## 6.2 Probenpräparation

Zur Probenpräparation wird die Scheibe auf der Oberseite mit einem Lack isoliert, und die Halbleiterprobe mit Epoxidharz mittig auf das Substrat geklebt. Wo die Stegkontakte an den Probenrändern heraustreten, wird die Lackschicht mit einer Nadel entfernt, und auch die Probe selbst vorsichtig und nur ganz am Rand wenig angekratzt. An diesen vier Positionen wird die Probe anschließend mit einem geeigneten Leitkleber kontaktiert.

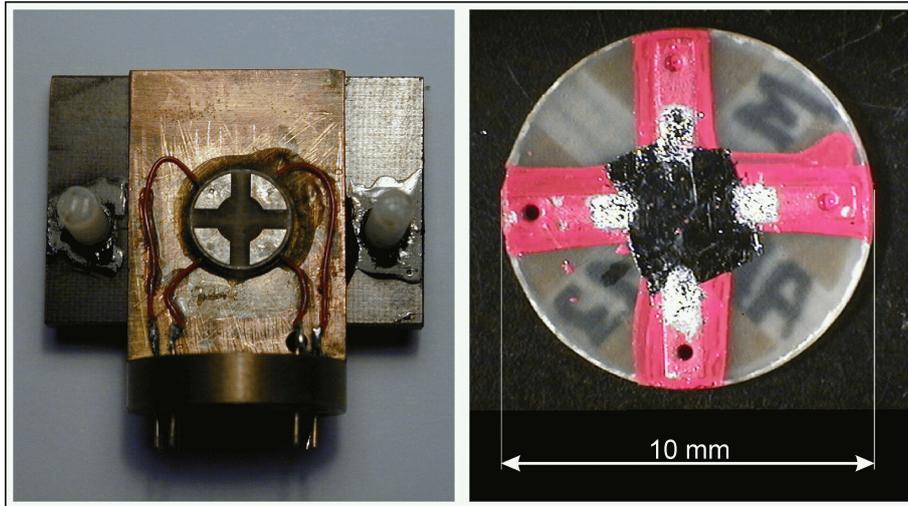
## 6.3 Durchführung der Messung

Für die Messungen wird die Probe mit ihrem Kontaktplättchen auf den Meßkopf geklemmt, wobei sie mit zwei Kunststoffschrauben und einem Pertinaxbrettchen mit zentraler Bohrung so fixiert wird, daß alle vier Rückkontakte jeweils mit denen des Meßkopfes verbunden sind.

Der komplette Meßkopf wird dann zwischen die Polschuhe des Elektromagneten gebracht und das Meßprogramm gestartet.

Zuerst wird ein geeigneter Meßstrom  $I$  eingestellt, so daß der Spannungsbereich des digitalen Voltmeters, meist 1 V, ausgenutzt, aber nicht überschritten wird. In einer ersten Widerstandsmessung wird überprüft, ob die Werte etwa in der gleichen Größenordnung liegen. Stärkere Abweichungen können auf Kurzschlüsse oder schlechte Kontakte hinweisen.

In der folgenden Messung wird die Strom-Spannungscharakteristik der Proben-



**Abb. 6.2:** Neuentwickelter Meßkopf für Hall- und Leitfähigkeitsmessungen (links) und passendes Substrat mit  $\text{WSe}_2$ -Probe (rechts).

kontakte geprüft, um sicherzustellen, daß die Probenkontakte ohmsch sind. Dazu wird der Meßstrom von  $-I$  bis  $+I$  durchfahren und über dem gemessenen Spannungsabfall aufgetragen.

Wenn die Strom-Spannungskennlinie von einer Geraden stark abweicht, liegt kein ohmscher, sondern ein Mott-Schottky Kontakt zwischen Leitklebermetall und Halbleiterprobe vor. Diese Proben können nicht weiter verwendet werden, da die Widerstände der Kontakte stark meßstromabhängig und nicht vernachlässigbar klein sind. In diesem Fall wird eine neue Probe mit einem besser geeigneten Kontaktmetall hergestellt.

Bei guten Proben mit ohmschen Kontakten und Widerständen in gleicher Größenordnung werden nun die eigentlichen Leitfähigkeitsmessungen für alle Kontaktpaare und anschließend die Hallmessungen in einem Magnetfeld von 0,8 T für beide Magnetfeldrichtungen durchgeführt.

Nachdem die vorher am Step-Profilometer<sup>1</sup> gemessene Schichtdicke  $d$  eingegeben wurde, erfolgen die Berechnungen des spezifischen Widerstandes  $\rho$  und der spezifischen Leitfähigkeit  $\sigma$  automatisch im Programm. Dabei werden auch die Korrekturen nach van der Pauw (Gl.3.14, S.32) durchgeführt.

Zusammen mit der Hallkonstanten  $R_H$  (Gl.3.19, S.33), der Hallmobilität  $\mu_H$  (Gl.3.20) und der Ladungsträgerkonzentration  $n$  oder  $p$  (Gl.3.22) werden die spezifische Leitfähigkeit  $\sigma$  und der spezifische Widerstand  $\rho$  in tabellarischer Form ausgegeben.

<sup>1</sup>Sloan DekTak 3030; Veeco Instruments Inc., Woodbury, NY, USA.

