

Kapitel 6

Zwei-Pfad-Leitung in epitaktischen CuGaSe_2 -Schichten

Wie in Kapitel 4 beschrieben, lässt sich CuGaSe_2 mittels des MOVPE-Prozesses epitaktisch auf GaAs-Wafern abscheiden. Hierdurch wird die Bildung von Korngrenzen mit ihren negativen Auswirkungen auf die elektrischen Transporteigenschaften vermieden. In [Sch02a] wurden bereits vier verschiedene mittels PVD auf GaAs gewachsene epitaktische Proben untersucht. Die Proben wiesen unterschiedlich starken Einfluss von Zwei-Pfad-Leitung auf, die durch Hopping-Transport über Störstellen erklärt wurde. Um die Temperaturabhängigkeit der Ladungsträgerdichten zu erklären, wurde von einem Akzeptor mit variabler Aktivierungsenergie und kompensierenden Donatoren ausgegangen.

In dieser Arbeit wurde beobachtet, dass Zwei-Pfad-Leitung durch Erhitzen der Proben an Luft aufgelöst werden kann.

6.1 Zwei-Pfad-Leitung nach Erhitzen

Es wurde eine leicht kupferreiche epitaktische CuGaSe_2 -Schicht mittels des in Kapitel 4.1 beschriebenen MOVPE-Prozesses auf einem semi-isolierenden GaAs-Wafer abgeschieden und Proben für Hall-Messungen präpariert (siehe Abschnitt 4.3.1). Einige der Proben wurden mit Zwei-Komponenten-Epoxy-Kleber kontaktiert. Damit der Kleber seine volle Leitfähigkeit und Adhäsion erreicht, muss er kurzzeitig erhitzt werden (15 Minuten bei 150°C). Hieraus ergaben sich unerwartete Auswirkungen: Die Leitfähigkeit der Proben selbst erhöhte sich (siehe Abbildung 6.1). Besonders die starke Erhöhung der Leitfähigkeit bei tiefen Temperaturen um bis zu vier Größenordnungen gegenüber der unbehandelten Probe ist herausragend. Die Messungen wurden zu einem Zeitpunkt durchgeführt, zu dem das

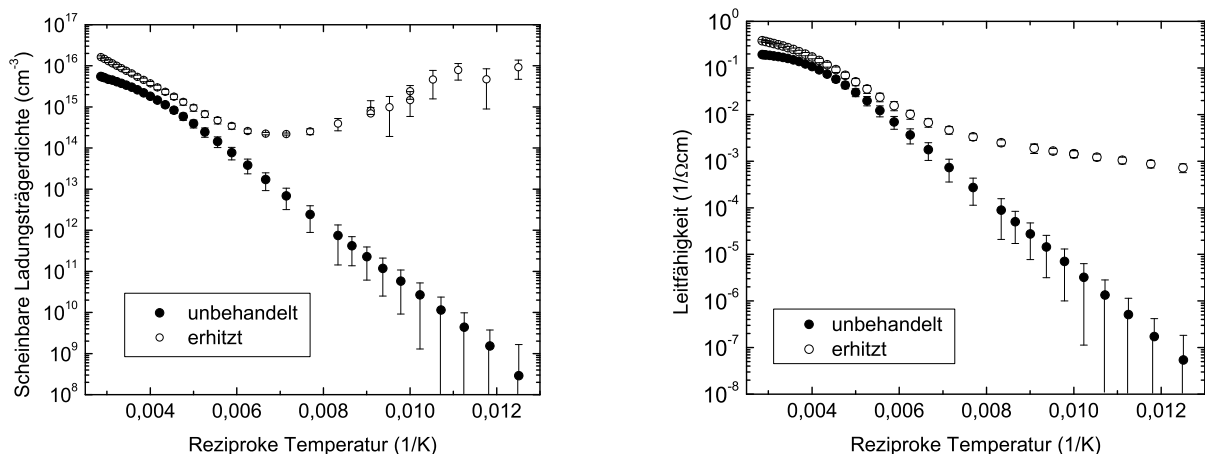


Abbildung 6.1: Temperaturabhängige (scheinbare) Ladungsträgerdichte und Leitfähigkeit von epitaktischen CuGaSe_2 . Beide Proben stammen aus demselben Prozesslauf. Die durch die offenen Symbole dargestellte Probe wurde kurzzeitig (ca. 15 min) auf 150°C in Luftatmosphäre erhitzt. Die Ladungsträgerdichte der erhitzten CuGaSe_2 -Schicht zeigt bei sinkender Temperatur ($T^{-1} > 0,007\text{K}^{-1}$) einen scheinbaren Anstieg, der durch Ladungstransport in Störbändern verursacht wird.

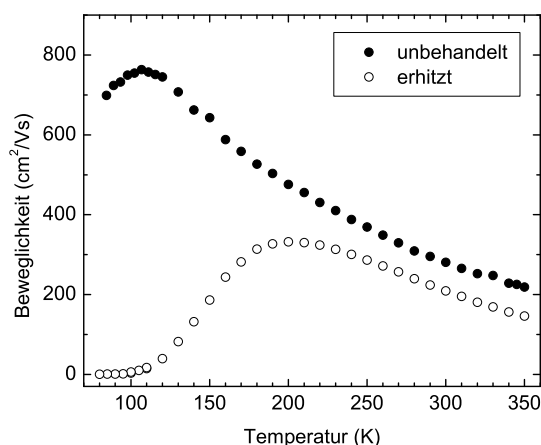


Abbildung 6.2: Temperaturabhängige Beweglichkeit von unbehandeltem und erhitztem epitaktischem CuGaSe_2 . Die Kurven wurden aus den Werten in Abbildung 6.1 berechnet.

im Rahmen dieser Arbeit erstellte Messprogramm noch nicht zur Verfügung stand. Das alte Programm weist eine relativ ungenaue Temperatureinstellung auf und führt keine Berechnung der Fehlerbalken der Messwerte durch. Daher wurden die Fehlerbalken der Messungen abgeschätzt. Es wurde davon ausgegangen, dass der durch die ungenaue Temperatureinstellung entstehende Fehler die anderen Fehler übertrifft. Als Wert für die Richtigkeit der Temperatureinstellung wurden $\pm 5\text{K}$ angenommen. Die Fehlerbalken der Beweglichkeit wurden nicht abgeschätzt.

6.2 Diskussion und Schlussfolgerung für die weiteren Messungen

Da die scheinbare Ladungsträgerdichte der erhitzten Probe für sinkende Temperaturen ansteigt (offene Symbole in Abbildung 6.1 für $T^{-1} > 0,007\text{K}^{-1}$), ist davon auszugehen, dass die Leitfähigkeit dieser Probe in diesem Bereich durch Zwei-Pfad-Leitung bestimmt wird. Hierfür kommen entweder Leitung durch Defekte (siehe Abschnitt 3.2.3) oder metallische Leitung in einer Cu_{2-x}Se -Schicht an der Oberfläche in Frage. Cu_{2-x}Se ist ein entarteter Halbleiter mit metallischen Transporteigenschaften (Vergleiche Materialparameter im Anhang).

Die mittels Hall-Effekt gemessenen Ladungsträgerdichten werden durch Defekt-Leitung bzw. metallische Leitung verfälscht und entsprechen nicht mehr der tatsächlichen Dichte der freien Ladungsträger. Dies erklärt den scheinbaren Anstieg der Ladungsträgerdichte bei sinkenden Temperaturen. Gleichzeitig verringert sich auch die gemessene Beweglichkeit, die sich aus Leitfähigkeit und Ladungsträgerdichte berechnet. Um genauere Aussagen machen zu können, wären weitere Experimente zu diesem Themenbereich notwendig. Eine Cu_{2-x}Se -Schicht ließe sich durch Ätzen in Kaliumcyanidlösung wieder entfernen. Experimentell ist dies nicht ganz einfach, da die Kaliumcyanidlösung die auf der Probe angebrachten Metallkontakte ebenfalls entfernt. Da in dieser Arbeit der elektrische Transport in den Bändern untersucht werden soll, ist Zwei-Pfad-Leitung ein unerwünschtes Phänomen. Für die weiteren Experimente wurden die Kontakte daher mit handelsüblichem Silberleitlack aufgeklebt, der bei Raumtemperatur trocknet. Der Lack weist eine hervorragende Leitfähigkeit auch bei tiefen Temperaturen auf (siehe Abschnitt 5.2.1). Ein Erhitzen der Proben entfällt damit.