

Abriss

ZnO ist ein direkter Halbleiter mit einer Bandlücke von 3,37 eV und einer Exzitonenbindungsenergie von ca. 60 meV. Durch Legierung mit Cadmium oder Magnesium lässt sich die Bandlücke zwischen 2,9 eV und 4 eV variieren, was die Realisierung von z. B. Quantentopfstrukturen ermöglicht. Deswegen ist ZnO ein aussichtsreiches Material für optoelektronische Anwendungen im blauen und nahen ultravioletten Spektralbereich. Trotz weltweit zahlreicher Forschungsaktivitäten über die letzten Jahre konnte allerdings die Realisierung von p-Typ ZnO nicht zufriedenstellend (d. h. reproduzierbar und langzeitstabil) gelöst werden.

Die ZnO-Schichten dieser Arbeit wurden mittels metallorganischer Gasphasenepitaxie hergestellt. Anhand der Untersuchungen an heteroepitaktisch abgeschiedenen, undotierten Schichten, zeige ich die Grenzen der Heteroepitaxie auf. Durch die Einführung eines dreistufigen Wachstumsverfahrens konnten physikalischen Eigenschaften (Morphologie, Lumineszenz, kristallografische und elektrische Eigenschaften) der obersten ZnO-Schicht deutlich verbessert werden. Dennoch konnte in Dotierversuchen kein p-Typ ZnO hergestellt werden. Hingegen wurde nachgewiesen, dass sich während des Herstellungsprozesses eine elektrisch hochleitfähige Zwischenschicht in der Nähe der Substrat/ZnO-Grenzfläche bildet, deren Ausbildung sich bei der Heteroepitaxie nicht vermeiden lässt.

Seit ca. drei Jahren sind ZnO-Substrate mit sehr guter Qualität kommerziell verfügbar. Deswegen behandelt der wesentliche Teil dieser Dissertation meine Arbeiten zur Homoepitaxie von ZnO. Für ein erfolgreiches homoepitaktischen Wachstum ist eine thermische Vorbehandlung (Annealing) der Substrate vonnöten. Dabei befindet sich das Substrat in einer Umgebung aus ZnO-Pulver und einer Sauerstoffatmosphäre. Die optimalen Temperbedingungen wurden ermittelt und der Einfluss dieser Vorbehandlung auf die physikalischen Eigenschaften der Substrate detailliert untersucht. Nach dem Annealing sind die Substrate für die Epitaxie geeignet.

Die Erfahrungen aus der Heteroepitaxie konnten nicht ohne weiteres auf die Homoepitaxie übertragen werden. Die Qualität der homoepitaktischen Schichten war anfangs sehr schlecht, konnte aber durch gezielte Veränderung der Wachstumsparameter immer weiter verbessert werden. Durch Verwendung von reinem O₂ als Sauerstoffquelle (anstatt N₂O) gelang weltweit erstmals die homoepitaktische Abscheidung von ZnO-Schichten in einem zweidimensionalen Wachstumsmodus.

Aufbauend auf dieserart Schichten wurden Versuche zur p-Dotierung durchgeführt, mit Arsen als Dotanden. Statt p-Typ ZnO bildete sich allerdings eine elektrisch isolierende Zn/As/O-Legierung. Diese Legierung wurde als Zn₃(AsO₃)₂ – Reinerit – identifiziert.