

***Zusammenfassung der Dissertation mit dem Titel:***

***„Untersuchung der mikroskopisch optischen Eigenschaften von strukturellen Defekten in GaN-Epitaxie-Schichten mittels Tieftemperatur Kathodolumineszenzmikroskopie im Rasterelektronen- und Transmissionselektronenmikroskop“***

Im Rahmen der eingereichten Dissertation wird der Einfluss von strukturellen Defekten auf die optischen Eigenschaften von Materialien für hocheffiziente Halbleiterlichtemitter untersucht. Dazu wird die Methode der Tieftemperatur Kathodolumineszenz-Spektroskopie verwendet.

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurde die Tieftemperatur-Kathodolumineszenz (CL)-Spektroskopie im Transmissionselektronenmikroskop bei flüssig Helium Temperatur als neues Verfahren an der Universität Magdeburg etabliert. Diese Technik stellt eine wichtige Ergänzung der bereits seit vielen Jahren erfolgreich eingesetzten CL-Spektroskopie im Rasterelektronenmikroskop dar, welches die Möglichkeiten der bisher erzielten räumlichen Auflösung um bis zu etwa einer Größenordnung verbessern kann.

Weltweit erstmalig konnte so eine Auflösung des CL-Signals an Halbleiterheterostruktur-grenzflächen von weniger als 10 nm demonstriert werden. Dadurch wurde die Mächtigkeit dieser Methode herausgestellt, selbst nanoskopische Auswirkungen von strukturellen Defekten auf optische Eigenschaften in Halbleitermaterialien zu analysieren.

Darüber hinaus konnten neue Erkenntnisse über den Einfluss einer wichtigen Klasse von strukturellen Defekten, der Basalflächenstapelfehler (BSF), auf die optischen Eigenschaften von nicht- und semipolaren Galliumnitrid (GaN)-Schichten mittels orts- und zeitaufgelöster CL-Spektroskopie im Rasterelektronenmikroskop und im Transmissionselektronenmikroskop gewonnen werden. Zudem konnten grundlegende Eigenschaften der charakteristischen BSF-Lumineszenz analysiert werden. Erkenntnisse über den Einfluss von BSFs auf die Lumineszenz sind von besonderem Interesse, da nicht- und semipolares GaN derzeit aufgrund seines Potentials für die Verbesserung von Halbleiterlichtquellen weltweit intensiv beforscht wird.

Es konnte eine in-situ Korrelation zwischen der Lumineszenz, die durch einen einzelnen isolierten BSF verursacht wird, und dem entsprechenden BSF selbst hergestellt werden. Dabei konnte der Einflussbereich dieses BSF auf das umgebende ungestörte Material zu etwa 90 nm bei einer Temperatur von 15K bestimmt werden.

Weiterhin konnte ein deutlicher Einfluss der BSFs auf das Temperaturverhalten der Rekombinationsdynamik der im Material erwünschten Freien Exzitonen (FX) Lumineszenz herausgestellt werden. Die anfängliche Lebensdauer der FX ist durch die Anwesenheit der BSFs bei einer Temperatur 5K von 500 ps auf etwa 100 ps reduziert, was mit einem starken Einfang der FX an die BSFs interpretiert wird. Durch hoch orts- und zeitaufgelöste Untersuchungen im Temperaturbereich von 5K bis 300K konnte gezeigt werden, dass mit steigender Temperatur der Einfang weniger effizient ist und bei Raumtemperatur die FX-Rekombination das Spektrum dominiert. Es kann geschlussfolgert werden, dass die BSF an sich die Rekombination in einem Quantenfilm bei Raumtemperatur kaum beeinflussen.

***Abstract of the dissertation entitled:***

***„Untersuchung der mikroskopisch optischen Eigenschaften von strukturellen Defekten in GaN-Epitaxie-Schichten mittels Tieftemperatur Kathodolumineszenzmikroskopie im Rasterelektronen- und Transmissionselektronenmikroskop“***

The submitted dissertation directly visualizes the influence of structural defects on the optical properties of materials which can be used for highly efficient solid state light sources by use of low-temperature cathodoluminescence spectroscopy with nanoscale resolution.

As part of the present study, the technique of low-temperature cathodoluminescence (CL) spectroscopy in the transmission electron microscope (TEM) at liquid helium temperature was established as a new analytical tool at the University of Magdeburg. This technique adds to the possibilities of the successful CL-setup in a scanning electron microscope (SEM) as it can improve the possibilities regarding spatial resolution by almost one order of magnitude. It thus is an important supplement of the characterization techniques available.

For the first time a special resolution of the CL-signal of less than 10 nm was demonstrated at a semiconductor heterostructure interface. This result demonstrates the potential of this method for analysis of even nanoscopic effects of structural defects on the optical properties of semiconductor materials.

Furthermore, new findings on the influence of an important class of structural defects, the basal plane stacking faults (BSF), on the optical properties of non- and semipolar gallium nitride (GaN) layers are obtained by highly spatially and time resolved CL spectroscopy in the SEM and TEM. Such results are of particular interest due to the current worldwide research focus on this class of materials because of their potential for improvement of semiconductor light sources.

An in-situ correlation between the luminescence caused by an isolated, single BSF and the presence of that particular BSF itself was demonstrated. From highly spatially resolved measurements at a temperature of 5K, the region of influence of the isolated BSF on the undisturbed material was determined to be 90 nm. Additionally, a clear influence of the presence of BSFs on the temperature dependence of the desired free exciton (FX) emission was observed.

The initial lifetime of the FX is reduced from 500 ps in the undisturbed material to 100 ps in the vicinity of BSFs. This behavior is interpreted as a strong trapping of FX at the BSF at low temperatures. This trapping becomes less efficient when increasing the temperature from 5K to 300K and the FX-recombination finally dominates the spectrum. It can be concluded that the BSFs itself do barely influence the recombination of Quantum films at room temperature.