

Zusammenfassung

Dissertation Li Shunfeng

Aufgrund der hohen Kristallsymmetrie wurde theoretisch vorhergesagt, dass die physikalischen Eigenschaften der kubischen Gruppe-III Nitride denen der thermodynamisch stabilen hexagonalen Nitride überlegen sind. Kubische InGaN-Schichten und -Quantenstrukturen hoher Güte, die die aktive Schicht optoelektronischer Bauelemente bilden, sind unverzichtbar für die Realisierung hocheffizienter blau- und grün emittierender LEDs und Laserdioden, die auf kubischen Gruppe III-Nitriden basieren.

In dieser Arbeit wurde die epitaktische Herstellung von kubischen InGaN-Schichten und kubischen InGaN/GaN-Quantentrogstrukturen optimiert und der Einfluss verschiedener Wachstumsparameter auf die strukturellen und optischen Eigenschaften untersucht. Die Molekularstrahlepitaxie (MBE) von kubischem GaN sowie die Herstellung dicker kubischer GaN-Schichten durch metallorganische chemische Gasphasendeposition (MOCVD) auf die mittels MBE gewachsenen GaN-Pufferschichten werden kurz erläutert. Der Einfluss der Indium- und Galliumflüsse auf die MBE von hochqualitativen kubischen InGaN-Schichten wurde intensiv untersucht. Es wurde beobachtet, dass Indium nur dann in die InGaN-Schichten eingebaut wird, wenn der Galliumfluss deutlich niedriger liegt als für das stöchiometrische GaN-Wachstum benötigt wird. Eine Abnahme der Oberflächenrauigkeit der InGaN-Schichten und eine Zunahme ihrer Photolumineszenzintensität pro Schichtdicke am Übergang von metallbegrenztem zu stickstoffbegrenztem Wachstum wurde ebenfalls beobachtet. Eine deutliche Abnahme der Wachstumsrate wurde beobachtet, wenn Indium Wachstum beteiligt ist. Um diese Effekte zu erklären, wurde angenommen, dass sich ein Überschuss an Indium-Atomen auf der InGaN-Oberfläche bildet, der den Fluss an aktivem Stickstoff behindert, und somit die Wachstumsrate reduziert. Basierend auf diesen Untersuchungen wurde ein Verfahren für das Wachstum kubischer InGaN-Schichten entwickelt.

Hochauflösende Röntgenbeugung und Ramanspektroskopie zeigte, dass InGaN-Schichten, die auf 3C-SiC Substraten abgeschieden wurden, eine bessere strukturelle Qualität haben als die auf GaAs hergestellten. Photolumineszenzanregungsspektroskopie (PLE) und Photolumineszenzmessungen (PL) zeigten, dass die Emission von kubischen InGaN-Schichten aus stark lokalisierten Strukturen in diesen Schichten stammt. Die Raumtemperatur PL-Spektren von kubischen $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ Schichten hergestellt auf 3C-SiC werden dominiert durch zwei Übergänge bei einer Energie von 2.4 eV und 2.6 eV mit einer geringen Rotverschiebung mit zunehmendem In-Gehalt x im Bereich von $0 < x < 0.2$. Tiefenaufgelöste Kathodolumineszenz und PLE zeigen die Existenz Indium-reicher Phasen. Mittels Transmissionselektronenmikroskopie wurde festgestellt, dass diese In-reichen Phasen sich entlang der Wachstumsrichtung ausrichten. Die Stabilität dieser Einschlüsse in der InGaN-Schicht wurde durch thermische Ausheilexperimente

untersucht und gezeigt, dass sie auch dann stabil sind, wenn die Ausheiltemperatur höher liegt als die Wachstumstemperatur. Dies erlaubt einige Rückschlüsse auf ihre Entstehung.

Die PL-Emissionsintensität von kubischen InGaN/GaN Einzelquantentrogstrukturen wächst mit steigender Trogbreite. Damit wurde die Abwesenheit von Polarisationsfeldern in kubischen Gruppe III-Nitriden bestätigt. Die InGaN/GaN Vielfachquantentrogstrukturen wurden mit einer Wachstumsunterbrechung nach dem InGaN-Quantentrog hergestellt, damit der Überschuss an Indium-Atomen abdampfen konnte und um dadurch scharfe InGaN/GaN-Grenzschichten zu erhalten. Durch dieses Wachstumsverfahren konnten hocheffiziente kubische InGaN/GaN Multiquantentrogstrukturen mit einer Emissionswellenlänge von 515 nm bei Raumtemperatur (Halbwertsbreite 240 meV) und deutlichen Übergitterreflexen in den hochauflösenden Röntgenbeugungsspektren realisiert werden. Außerdem konnte zum ersten Mal der Einfluss einer kubischen AlGaIn/GaN Braggspiegel-Mikrokavität auf die Emissionswellenlänge einer kubischen InGaN/GaN Multiquantentrogstruktur gezeigt werden.