

HL 51 GaN: Präparation und Charakterisierung III

Zeit: Dienstag 10:45–13:15

Raum: TU P-N202

HL 51.1 Di 10:45 TU P-N202

Functionalization of Group III-Nitride Surfaces for Biosensor Applications — ●BARBARA BAUR, GEORG STEINHOFF, THOMAS WASSNER, MARTIN STUTZMANN, and MARTIN EICKHOFF — Walter Schottky Institut, Technische Universität München, D-85748 Garching

Group III-nitrides are promising substrate materials for biophysical applications as they combine excellent electronic characteristics with biocompatibility and long term stability in liquid electrolytes. In particular, AlGaIn/GaN electrolyte gate field effect transistors (EGFETs) have a great potential as sensor devices for electronic detection of biochemical processes, such as the recently demonstrated recording of cell signals. As a critical issue in the development of AlGaIn-based biochemical transducers, the design and the analysis of inorganic/organic interface are addressed in this contribution.

We have studied the covalent functionalization of AlGaIn-surfaces by deposition of self assembled layers (SAMs) of two different kinds of silane molecules. The deposition of octadecyltrimethoxysilane (ODTMS) resulted in hydrophobic AlN- and GaN-surfaces. For immobilization of DNA on AlGaIn-surfaces the formation of SAMs of aminopropyltriethoxysilane (APTES) was studied. The functionalized surfaces were investigated by atomic force microscopy, X-ray photoelectron spectroscopy, X-ray reflectivity, thermal desorption and fluorescence microscopy. The detection of DNA hybridization with complementary sequences immobilized on GaN surfaces by fluorescence microscopy will be presented and the label free electronic detection of DNA with AlGaIn-based devices is discussed.

HL 51.2 Di 11:00 TU P-N202

Elektrische Eigenschaften von ausgedehnten lokalen Defekten in GaN — ●A. KRTSCHIL, A. DADGAR, T. RIEMANN, J. CHRISTEN und A. KROST — Inst. f. Exp. Physik, Uni Magdeburg, PF4120, 39016 Magdeburg

In dieser Arbeit werden mit Hilfe von Rasterkapazitäts- (SCM) und Rasteroberflächenpotentialmikroskopie (SSPM) sowie mittels ortsaufgelöster Kathodolumineszenzmikroskopie ausgedehnte strukturelle Defekte in MOCVD-gewachsenen GaN-Schichten auf Saphirsubstrat sowie freistehendem HVPE-GaN untersucht. Im Gegensatz zu den integralen elektrischen Standardverfahren I-V/C-V-Analyse, Hall-Effekt oder Transientspektroskopie liefern SSPM und SCM Informationen über Ladungsträgerkonzentrationsgradienten, lokalisierte Ladungen und interne Feldkomponenten mit einer örtlichen Auflösung in der Größenordnung von 20 nm. Die gezeigten ausgedehnten Defekte reichen von Versetzungen über hexagonale Hillocks bzw. invertierte Pyramiden bis hin zu Mikrorissen und sind charakteristisch für MOCVD- und HVPE-gewachsenes GaN. Außerdem werden temperaturabhängige und optisch angeregte SSPM-Scans an diesen Defekten vorgestellt, aus denen die dazu korrespondierenden Energieniveaus der elektrisch aktiven Defekte bestimmt werden. Die Abhängigkeit dieser Defekteigenschaften von der Dotierung der Schicht (undotiert, Mg-, Fe-, Si-Dotierung) wird diskutiert.

HL 51.3 Di 11:15 TU P-N202

Laterales Überwachsen strukturierter Si(111)-Substrate mit GaN und AlN-Zwischenschichten — ●L. REISSMANN¹, A. STRITTMATTER¹, U. HABOECK¹, A. HOFFMANN¹, D. BIMBERG¹, P. VEIT² und J. CHRISTEN² — ¹Technische Universität Berlin, Inst. f. Festkörperphysik, Sekr. PN 5-2, Hardenbergstrasse 36, 10623 Berlin — ²Otto-von Guericke-Universität Magdeburg, Inst. f. Experimentelle Physik, PF 4120, D-39016 Magdeburg

Strukturierte Si(111)-Substrate bieten die Möglichkeit einer effizienten Defektreduktion in GaN-Epitaxieschichten durch laterales Überwachsen. Allerdings ist es auch beim lateralen Überwachsen notwendig, eine kompressive Verspannung der wachsenden GaN-Schicht beim Wachstum aufzubauen, um die thermisch induzierte tensile Verspannung zu kompensieren. Mittels dünner AlN-Zwischenschichten gelingt es auch auf strukturierten Si(111)-Substraten eine solche kompressive Verspannung in den GaN-Schichten aufzubauen. TEM-Aufnahmen belegen, dass die Defektverteilung durch die AlN-Schichten nicht modifiziert wird. Insbesondere entstehen in den lateral überwachsenen Bereichen keine neuen Versetzungen. Im Gegensatz hierzu wird die seitliche Facette der lateral wachsenden GaN-Schicht von AlN-Schichten bei bestimmten Wachstumsparametern beeinflusst. Dies äußert sich in willkürlich auftretenden Einschürrungen der lateralen Wachstumsfront, die bis zur Kante des Si-Steges reichen

können. Eine durchgängige Passivierung der Si-Oberfläche ist notwendig, um das sog. melt-back etching zu verhindern. Wir präsentieren entsprechende Wachstumsprozesse zur Herstellung von extrem defektfreien GaN Pufferschichten.

HL 51.4 Di 11:30 TU P-N202

Lumineszenz von InGaIn/GaN-Quantenpunktschichten in Abhängigkeit von der Versetzungsdichte und der Schichtanzahl — ●A. STRITTMATTER¹, L. REISSMANN¹, A. HOFFMANN¹, D. BIMBERG¹, P. VEIT², T. RIEMANN² und J. CHRISTEN² — ¹Technische Universität Berlin, Inst. f. Festkörperphysik, Sekr. PN 5-2, Hardenbergstrasse 36, 10623 Berlin — ²Otto-von Guericke-Universität Magdeburg, Inst. f. Experimentelle Physik, PF 4120, D-39016 Magdeburg

Einzel- und Mehrfach-Quantenpunktschichten bestehend aus InGaIn/GaN-Stapeln wurden mittels MOCVD auf mit Stegen strukturierten Si(111)-Substraten gewachsen. Der GaN-Puffer zeigt in den Bereichen oberhalb der Si Stege eine hohe Versetzungsdichte von ca. 10^{10} cm^{-2} und eine sehr niedrige (10^7 cm^{-2}) Versetzungsdichte in den lateral überwachsenen Gebieten. Interessanterweise bildet die Lumineszenz einzelner InGaIn-Schichten die Versetzungsdichte scharf ab, in dem die Lumineszenz in den versetzungsarmen Gebieten zu grösseren Wellenlängen verschiebt. Im Gegensatz hierzu zeigt die Lumineszenz gestapelter InGaIn/GaN-Schichten auf solchen strukturierten Si-Substraten kein derartiges Abbild der Versetzungsdichte. Eine mögliche Erklärung wäre ein sättigbarer Trapping-Mechanismus für In-Atome an Versetzungen. Die Arbeiten werden gefördert durch die Europäische Union im Rahmen des SANDiE Network of Excellence (Fördernummer: NMP4-CT-2004-500101) und durch den Sfb 296 der DFG.

HL 51.5 Di 11:45 TU P-N202

MOVPE Wachstum von AlInN — ●ARMIN DADGAR, FABIAN SCHULZE, JÜRGEN BLÄSING, ANDRÉ KRTSCHIL, HARTMUT WITTE, ANNETTE DIEZ und ALOIS KROST — Institut für Experimentelle Physik, Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, Postfach 4120, 39016 Magdeburg

AlInN deckt einen weiten Bandlückenbereich von 6.2 (AlN) bis ca. 0.8 eV (InN) ab und kann mit einer In-Konzentration von ca. 18% gitterangepasst auf GaN gewachsen werden. Letzteres ermöglicht eine Reihe von interessanten Anwendungen für elektronische (FETs) und optoelektronische (RCLED, VCSEL) Bauelemente. Aufgrund der unterschiedlichen Anforderungen an das Wachstum von AlN und InN gibt es jedoch Probleme, ein geeignetes Wachstumfenster für das MOVPE Wachstum zu finden. Wir zeigen, wie hochwertige AlInN Schichten mit Indiumkonzentrationen von ca. 9-25% auf GaN auf Silizium gewachsen werden können. Detaillierte Röntgendiffraktometrieuntersuchungen zeigen, daß sich die AlInN Komposition über der Schichtdicke stark ändert. Möglichkeiten, diese Konzentrationsänderung zu reduzieren, werden aufgezeigt.

HL 51.6 Di 12:00 TU P-N202

MOVPE-Wachstum von GaN(As,P) auf Si(001) — ●FABIAN SCHULZE, JÜRGEN BLÄSING, ARMIN DADGAR, ANNETTE DIEZ und ALOIS KROST — Institut für Experimentelle Physik, Otto-v.-Guericke-Universität Magdeburg, PF 4120, 39104 Magdeburg

Die moderne Halbleiterelektronik basiert auf Substraten mit kubischer Kristallstruktur in (001)-Orientierung. Zur Integration von GaN-basierten Bauelementen mit der etablierten Si-Elektronik ist es daher vorteilhaft, (001)-orientiertes Silizium anstelle des für das GaN Wachstum derzeit verwendeten Si(111) als Substratmaterial zu verwenden. Aus Symmetriegründen ist es notwendig, eine zusätzliche Vorzugsrichtung auf einem Si(001)-Substrat zu erzeugen, die eine von zwei möglichen azimuthalen Orientierungen des hexagonalen (0001) GaN selektiert. Zum Studium der Grenzfläche zwischen kubischen und hexagonalen Systemen wurden durch Umwandlung von Ga(As,P) in GaN und von GaN in Ga(N,As,P) Modellsysteme gewachsen und mittels Röntgenbeugungsmethoden und REM analysiert. Des Weiteren wird der Einfluss der Wachstumstemperatur einer AlN-Keimschicht auf die kristalline Qualität des GaN sowie Auswirkungen eines Substrat-Fehlschnittes in [110]-Richtung untersucht. Bei einer AlN-Wachstumstemperatur von 1145° konnte eine reine c-Achsen Orientierung der GaN-Kristallite mit einer Halbwertsbreite von 0.13° in Röntgen $\theta/2\theta$ -scans erzielt werden.

HL 51.7 Di 12:15 TU P-N202

Verspannungsfelder einzelner Versetzungen in Galliumnitrid — •NIKOLAUS GMEINWIESER¹, PETER GOTTFRIEDSEN¹, ULRICH T. SCHWARZ¹, WERNER WEGSCHEIDER¹, ANDRÉ KRITSCHIL², RAINER CLOS², GEORG BRÜDERL³ und VOLKER HÄRLE³ — ¹Naturwiss. Fakultät II- Physik, Univ. Regensburg, Universitätsstr. 31, 93053 Regensburg, Germany — ²Otto-von-Guericke-Univ. Magdeburg, Universitätsplatz 2, 39106 Magdeburg, Germany — ³OSRAM Opto Semiconductors GmbH, Wernerwerkstr. 2, 93049 Regensburg, Germany

Durch die geringe Defektdichte aktuell erhältlicher Bulk-GaN Templates von deutlich unter 10^8 cm^{-2} , sind einzelne Defekte in diesen Materialien hoch aufgelösten spektroskopischen Untersuchungen zugänglich. Micro-Photolumineszenz (μPL) bei tiefen Temperaturen bietet ausreichend räumliche und spektrale Auflösung, um von Verspannungsfeldern einzelner Defekte verursachte Linienverschiebungen der bandkantennahen PL in ihrer unmittelbaren Nähe zu bestimmen. Begrenzt durch die räumliche Auflösung zeichnen sich bei Oberflächenscans Durchstoßpunkte von Defekten als ca. $1 \mu\text{m}$ große Gebiete mit geringer PL-Intensität und erhöhten Linienbreiten ab. Die bandkantennahen Spektrallinien sind auf gegenüberliegenden Seiten des Defektes rot- bzw. blauverschoben, was einer tensilen resp. kompressiven Verspannung entspricht. Diese dipolartige Struktur ist noch in mehreren Mikrometern Entfernung vom Versetzungskern nachweisbar. Für diesen Bereich werden Vergleiche der Messergebnisse mit elastizitätstheoretischen Berechnungen durchgeführt. Die elektrische Potentialverteilung in Umgebung der geladenen Versetzungen wird mittels Rasteroberflächenpotentialmikroskopie untersucht.

HL 51.8 Di 12:30 TU P-N202

Electrical and Optical Properties of Highly Si-Doped AlN — •MARTIN HERMANN¹, FLORIAN FURTMAYR¹, MARKUS MAIER¹, MARTIN STUTZMANN¹, EVA MONROY² und MARTIN EICKHOFF¹ — ¹Walter Schottky Institut, Technical University Munich, Am Coulombwall 3, D-85748 Garching, Germany — ²CEA-Grenoble, 17 rue des Martyrs, 38054 Grenoble Cedex 9, France

Within the group III-nitride alloy system, AlN has the widest direct band gap of 6.2 eV, which makes it a useful material for optoelectronic applications in the UV spectral regime. For such applications the achievement of controllable n-type conductivity is crucial. Silicon, known as shallow donor in Ga-rich AlGaIn alloys, is considered as the preferable donor in AlN. Due to its high ionization energy, it is difficult to achieve a significant conductivity. One possible approach is the increase of the Si-concentration above the threshold for impurity band formation, estimated to approximately 1 at. %.

We present a systematic study of highly Si-doped AlN layers grown by MBE on c-plane sapphire. Electrical characterization revealed an increasing donor ionization energy up to 240 meV for a Si content of $1.1 \times 10^{21} \text{ cm}^{-3}$. For higher silicon concentrations we observed a sharp increase in conductivity by four orders of magnitude, attributed to the onset of impurity band conduction.

In addition, optical characterisation by absorption and cathodoluminescence measurements were performed and the influence of strong Si-doping on the optical properties of AlN is discussed.

HL 51.9 Di 12:45 TU P-N202

Strukturelle Untersuchungen an Mn-dotierten GaN-Schichten — •T. NIERMANN, M. KOCAN, M. RÖVER, M. SEIBT und A. RIZZI — IV. Physikalisches Institut der Universität Göttingen, Friedrich-Hund-Platz 1, 37077 Göttingen

Für den magnetisch verdünnten Halbleiter GaN:Mn sagen theoretische Arbeiten ferromagnetische Eigenschaften bei Raumtemperatur vorher. Wir haben strukturelle Untersuchungen mittels hochaufgelöster Transmissionselektronenmikroskopie (HRTEM) und energiedispersiver Röntgenanalyse (EDX) an per Molekularstrahlepitaxie (MBE) gewachsenen hexagonalen GaN:Mn-Schichten durchgeführt. Bei der Herstellung wurde zwischen die GaN:Mn-Schicht und das (111)-Si-Substrat eine AlN-Pufferschicht gewachsen, die die Defektdichte im GaN reduziert. Bei einem Mn-Anteil von 5% ist ein Teil des Mn homogen im GaN gelöst. Zusätzlich finden sich etwa 10 nm große Mn-reiche Ausscheidungen, die vorwiegend an Versetzungen beobachtet werden. Wir diskutieren die möglichen Phasen dieser Ausscheidungen.

HL 51.10 Di 13:00 TU P-N202

Heteroepitaxial Growth of Group III-Nitrides on Diamond — •OLAF WEIDEMANN, MARTIN HERMANN, MARKUS MAIER, MARTIN STUTZMANN und MARTIN EICKHOFF — Walter Schottky Institut, Technical University Munich, Am Coulombwall 3, D-85748 Garching, Germany

The combination of group III-nitrides with diamond allows to overcome several basic problems of the individual material systems such as the lack of band-gap engineering in diamond, the substrate thermal conductivity of group III-nitrides or the doping problem. It is challenging to produce n-type diamond and, up to date, p-type doping of AlN has not been realized. However, the combination of p-type diamond with n-type AlGaIn allows the fabrication of UV light emitting diodes. In addition diamond as a substrate is an excellent heat sink for high power devices.

We have studied the influence of diamond surface termination (O or H) and orientation $\{(001) \text{ or } (111)\}$ on the growth of group III-nitrides. We have deposited epitaxial layers (GaIn, AlIn), which were subsequently overgrown with a GaIn/AlGaIn/GaIn heterostructure. High resolution X-ray diffraction measurements were performed to determine the crystal quality and orientation with respect to the diamond substrate. Due to the pyro- and piezoelectric character of group III-nitrides, close to one of the interfaces a two-dimensional electron gas (2DEG) is formed. Using capacitance-voltage profiling, the position of the 2DEG and thus the polarity of the material can be determined.