

HL 22 GaN: Präparation und Charakterisierung I

Zeit: Samstag 10:45–13:15

Raum: TU P-N201

HL 22.1 Sa 10:45 TU P-N201

Rare earth implantation in GaN - an alternative route to develop integrated, all-nitride light-emitting devices — ●KATHARINA LORENZ¹, U. WAHL¹, E. ALVES¹, T. WOJTCOWICZ², P. RUTERANA², S. DALMASSO³, E. NOGALES³, R.W. MARTIN³, K.P. O'DONNELL³, S. RUFFENACH⁴, and O. BRIOT⁴ — ¹Instituto Tecnológico e Nuclear, Sacavém, Portugal — ²SIFCOM, CNRS-ENSICAEN, Caen, France — ³University of Strathclyde, Glasgow, U.K. — ⁴GES, Université de Montpellier II, France

In the frame of the European research and training network RENIBEL (Rare Earth Doped Nitrides for High Brightness Electroluminescent Emitters) we study the doping of GaN by rare earth implantation. GaN epilayers grown by MOCVD were implanted with Er, Tm and Eu under different implantation conditions (varying fluence, temperature, energy). RBS/channeling was used to monitor the damage evolution in the Ga-sublattice after implantation and annealing and to establish the lattice site location of the implanted ions. The nature of structural defects was studied by transmission electron microscopy and the optical properties of the samples by room temperature cathodoluminescence. The introduced damage could be significantly reduced by implantation at high temperature or by implanting through a thin AlN capping layer. Annealing was necessary for optical activation of the implanted samples. After annealing, sharp rare earth related emissions were observed. The emission intensity is highly dependent on the annealing temperature and best results were achieved for annealing up to 1300°C using an AlN capping layer to protect the surface from dissociation.

HL 22.2 Sa 11:00 TU P-N201

Formation of steps and vicinal surfaces on GaN (0001) surfaces: Implications on surface morphologies and surface roughening. — ●LIVERIOS LYMPERAKIS and JÖRG NEUGEBAUER — Fakultät für Naturwissenschaften, Universität Paderborn, Fachbereich 6-Physik, D-33095 Paderborn

The most common and technologically most relevant growth direction of wurtzite GaN is normal to the {0001} basal plane. The morphology of these surfaces is known to be extremely sensitive to the growth conditions: Going from N-rich to more Ga-rich conditions a transformation of the morphology occurs accompanied by smoother surfaces and better film quality. Surface steps may act as nucleation and compensation centers and thus play a crucial role in these transformations. In order to get a microscopic understanding of these effects the energetics and geometry of possible step/vicinal surface configurations on (0001) wurtzite GaN surfaces have been studied employing density functional theory, a plane wave basis set, and pseudopotentials. We find that for growth under N-rich conditions steps/vicinal surfaces may spontaneously form on the surface. However, going to more metal-rich conditions we find the steps to be thermodynamically unstable against the formation of the laterally contracted bilayer structure. Based on our calculations we discuss and explain recent experimental observations on surface roughening and growth anisotropy of GaN surfaces.

HL 22.3 Sa 11:15 TU P-N201

Iron doped GaN as a potential material for spintronic devices — ●ENNO MALGUTH¹, A. HOFFMANN¹, W. GEHLHOFF¹, D. AZAMAT¹, O. GELHAUSEN², and M.R. PHILLIPS² — ¹Institut für Festkörperphysik, TU Berlin, Hardenbergstr. 36, 10623 Berlin — ²Microstructural Analysis Unit, University of Technology, Sydney, Australia

For the potential use of iron doped GaN as a material for spintronic applications it is of great importance to know the exact energetic position of the electronic states of the Fe ions in the bandgap. Another crucial issue is the charge state in which the iron is present. In order to investigate these issues a set of about 400µm thick freestanding HVPE grown GaN:Fe crystals with different Fe-concentration levels ranging from $2 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ to $2 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ were studied by means of photoluminescence (PL), transmission, photoluminescence excitation (PLE) and electron paramagnetic resonance (EPR). The fact that the samples are freestanding permitted to carry out the optical experiments polarising parallel and perpendicular to the c-axis. Fe^{2+} , Fe^{3+} and Fe related defect-complexes were found to be present depending on the iron concentration. For the former two term schemes could be derived including fine structure. A multiple splitting of

all these states due to the distortion of the trigonal crystal field along the c-axis in c_{3v} symmetry was observed. Particularly for the ${}^5E \rightarrow {}^5T_2$ transitions of the Fe^{2+} which until now were believed to be degenerate with the conduction band a complex absorption structure could be resolved. Knowing the predominant polarisations of each transition line the exact splitting of the electronic Fe-states in the trigonal crystal field could be pinpointed.

HL 22.4 Sa 11:30 TU P-N201

Lumineszenz von gewachsenen und geätzten GaN-Nanosäulen — ●NICOLAS THILLOSEN, SIMONE MONTANARI, RALF MEIJERS, RAFFELLA CALARCO, ROGER STEINS, NICOLETA KALUZA, HILDE HARDT-DEGEN und HANS LÜTH — Institut für Schichten und Grenzflächen ISG1 und CNI - Center of Nanoelectronic Systems for Information Technology, Forschungszentrum Jülich, 52425 Jülich

Im Vergleich zu GaN-Schichten auf Si(111)-Substraten, wurde beobachtet, dass eindimensional gewachsene GaN-Nanosäulen eine stärkere UV-Lumineszenz zeigen und, dass die Säulen relaxiert sind. In diesem Beitrag werden die Photolumineszenz-Eigenschaften von in der MBE auf Si(111) gewachsenen GaN-Nanosäulen verglichen mit Säulen, welche durch reaktives Ionenätzen aus GaN-Schichten präpariert wurden. Die Herstellung der Schichten erfolgte sowohl mit MBE auf Si(111) als mit MOVPE auf Saphir. Aus der energetischen Lage des Donator-gebundenen exzitonen Übergangs E_{DBX} konnte der Verspannungszustand bestimmt werden. Die Auswertungen ergeben, dass unabhängig vom ursprünglichen Verspannungszustand der GaN-Schichten und der Herstellungsmethoden der Säulen dieselbe Bandlücke gefunden wurde, die mit der des vollständig relaxierten GaN übereinstimmt.

HL 22.5 Sa 11:45 TU P-N201

Herstellung von c-Al_xGa_{1-x}N Epitaxieschichten mit hohem Al-Gehalt — ●STEFAN POTTHAST, JÖRG SCHÖRMANN, DONAT JOSEF AS und KLAUS LISCHKA — Universität Paderborn, Fakultät für Naturwissenschaften, Department Physik, Warburger Strasse 100, 33095 Paderborn

Die kubischen III-Nitride besitzen ein grosses Potential für die Realisierung optoelektronischer und elektronischer Bauelemente durch eine hohe Variabilität der Bandlücke und fehlende spontane und piezoelektrische Polarisation. Für die Herstellung von Bauelementen ist das Abscheiden von Al_xGa_{1-x}N Schichten mit vorher bestimmtem Al-Gehalt von essentieller Bedeutung, da er in Multiquantengrostrukturen die Barrierenhöhe und damit die optischen Eigenschaften bestimmt. Dazu wurden Al_xGa_{1-x}N Schichten mit einem Al-Gehalt von x=0 bis x=0.52 mittels plasmaunterstützter Molekularstrahlepitaxie hergestellt. Anschließend wurden die strukturellen und optischen Eigenschaften mit Röntgendiffraktometrie und Kathodolumineszenz ermittelt. Es konnte gezeigt werden, dass der Haftkoeffizient von Ga exponentiell mit dem Al-Gehalt abnimmt, wenn das Verhältnis der Bindungsenergien berücksichtigt wird. Bei Anwendung dieses Modells auf das Al/Ga-Flussverhältnis lassen sich Al_xGa_{1-x}N Schichten mit x=0.52 herstellen, bei denen der Anteil der hexagonalen Phase unterhalb der Detektionsgrenze liegt.

HL 22.6 Sa 12:00 TU P-N201

Kubische Al_xGa_{1-x}N/GaN Bragg Spiegel für den grünen Spektralbereich — ●JÖRG SCHÖRMANN, ALEXANDER PAWLIS, STEFAN POTTHAST, DONAT JOSEF AS und KLAUS LISCHKA — Universität Paderborn, Fakultät für Naturwissenschaften, Department Physik, Warburger Strasse 100, 33095 Paderborn

Kubische Gruppe III-Nitride sind vielversprechende Materialien für die Herstellung optoelektronischer Bauelemente wie z.B. Resonant Cavity Light Emitting Diodes (RCLED's). Im Gegensatz zu den hexagonalen Materialien bilden sich in der kubischen Phase keine spontanen elektrischen Felder aus. Dies ist für die Realisierung niedrigdimensionaler Bauelemente von grosser Bedeutung. Bragg Reflektoren (DBR) sind wichtige Komponenten zur Realisierung von RCLED's. Der Brechungsindexunterschied zwischen AlN, GaN und deren ternären Verbindung AlGaN ist sehr gering. Um hohe Reflektivitäten zu erreichen ist daher ein hoher Al-Gehalt oder eine grosse Anzahl von Spiegelpaaren notwendig. Kubische Al_xGa_{1-x}N/GaN Bragg Spiegel wurden mittels plasmaunterstützter Molekularstrahlepitaxie auf 3C-SiC (001) Substraten herge-

stellt. Die Schichtdicken eines 15,5-fach DBR wurden für eine Bragg-Wellenlänge von 510nm dimensioniert. Die strukturellen Eigenschaften wurden mittels Röntgendiffraktometrie und Rasterkraftmikroskopie bestimmt. Die experimentellen Ergebnisse der Reflexionsmessung zeigen unter Berücksichtigung der Rauigkeit eine gute Übereinstimmung mit den berechneten Daten.

HL 22.7 Sa 12:15 TU P-N201

The temperature dependence of the thermal expansion of GaN — •CLAUDIA RÖDER, SVEN EINFELDT, STEPHAN FIGGE, and DETLEF HOMMEL — Institut für Festkörperphysik, Universität Bremen, Otto-Hahn-Allee, 28359 Bremen

In the case of epitaxial layers grown on foreign substrates the difference in the thermal expansion coefficients between the layer material and the substrate material governs the strain induced in the layer during cool-down from growth to room temperature. Since the strain determines various important parameters of GaN such as the bandgap, the accurate knowledge of the thermal expansion is essential not only from a physical point of view but also for device engineering. The thermal expansion of GaN bulk crystals was investigated in an extended temperature range from 12 to 1025 K. The lattice parameters a and c were measured by high-resolution x-ray diffraction. The temperature dependence of the derived thermal expansion coefficients along the a and c directions could be perfectly described over the entire temperature range within both the Debye model and the Einstein model for the lattice vibrations. Debye and Einstein temperatures were derived along the a and c axes, respectively.

HL 22.8 Sa 12:30 TU P-N201

Einfluss von N_2 als Trägergas für GaN Wachstum im invertierten Einlass — •ROGER STEINS, HILDE HARDTDEGEN, NICOLETA KALUZA, MARTINA V.D. AHE, ZDENEK SOFER und YONG SUK CHO — Center of Nanoelectronic Systems for Information Technology (CNI), Institut für Schichten und Grenzflächen, Forschungszentrum Jülich GmbH, 52425 Jülich

In der Literatur wird N_2 als Trägergas u.a. nachgesagt die Morphologie und die strukturellen Eigenschaften des GaN zu verschlechtern. Für die Anwendung in High Electron Mobility Transistoren bedarf es aber Oberflächen mit geringer Rauigkeit und ausgezeichneter struktureller Qualität. In diesem Beitrag wurde der Einfluss von N_2 auf das Wachstum und die Schichteigenschaften systematisch untersucht. In einem AIX 200/4 RF-S Reaktor wurden Versuche bei verschiedenen Trägergasmischungen von H_2 und N_2 in der Hochtemperaturphase durchgeführt. Nukleation und Rekristallisation fanden in reiner Wasserstoffatmosphäre statt. Dabei musste sowohl der Gesamtfluss auf das Trägergasgemisch hin optimiert, als auch das Flussverhältnis und das V/III Verhältnis in der Gasphase variiert werden. Es wird gezeigt, dass sich trotz großer Mengen N_2 im Trägergas Schichten hoher Qualität abscheiden lassen.

HL 22.9 Sa 12:45 TU P-N201

Fermi level dependence of optical and magnetic properties in MOCVD-grown GaMnN — •CHRISTOPH HUMS^{1,2}, M. STRASSBURG^{2,3}, M.H. KANE³, A. ASGHAR³, J. SENAWIRATNE², M. ALEVLİ², N. DIETZ², C.J. SUMMERS³, I.T. FERGUSON³, and A. HOFFMANN¹ — ¹Technische Universität Berlin, Institut für Festkörperphysik, 10623 Berlin, Germany — ²Georgia State University, Department of Physics and Astronomy, Atlanta, GA 30302 — ³Georgia Institute of Technology, Electrical and Computer Engineering / Materials Science and Engineering, Atlanta, GA 30332

Transition metal (TM) doped wide gap semiconductors such as GaN and ZnO are revealed as the most promising candidates for room temperature spintronics applications. The ferromagnetic behavior strongly depends on the TM concentration and the prevailing carrier type. MOCVD grown GaMnN epilayers with varying Mn-concentration and Si co-doping have been studied. The effect on Mn incorporation on the formation of defect states and impurity subbands inside the bandgap in GaN was monitored by optical spectroscopy. A broad absorption band detected around 1.5 eV is attributed to the presence of a Mn-induced subband. The intensity of the absorption band correlates with the Mn concentration and vanishes upon silicon co-doping. The magnitude of magnetization decreases as the Fermi level is increased and crashes at Si concentrations of 10^{20} cm^{-3} . This strong Fermi level dependence of the magnetization can not result from phase segregation or ferromagnetic Mn-clusters.

HL 22.10 Sa 13:00 TU P-N201

Mikroskopische Lumineszenzeigenschaften von InGaN-MQWs auf Si(111) — •STEPHAN TIEFENAU, TILL RIEMANN, JÜRGEN CHRISTEN, ARMIN DADGAR und ALOIS KROST — Institut für Experimentelle Physik, Otto-von-Guericke-Universität, PF 4120, D-39016 Magdeburg

Wir stellen hoch-ortsaufgelöste Kathodolumineszenz (KL)-Untersuchungen an InGaN-Multiple Quantum Wells (MQWs) auf Si(111) vor, die Bedeutung als aktive Zone von Lichtemittern im UV- und sichtbaren Spektralbereich besitzen. Mikroskopische Fluktuationen der Quantenausbeute und des Indiumeinbaus werden dabei durch die Intensität bzw. Form lokaler KL-Spektren direkt abgebildet. Bei 800°C mittels MOVPE gewachsene MQWs zeigen ein Maximum der integralen Lumineszenz bei 440nm. Auf einer mikroskopischen Ortsskala unterhalb von $1 \mu\text{m}$ gibt es jedoch lokale statistische Fluktuationen der spektralen Linienposition, und es treten relativ scharfe Linien (80meV) in Niedereenergetischen bis jenseits von 500nm auf. Im Gegensatz dazu emittieren bei 840°C gewachsene MQWs zwei breite Lumineszenzlinien um 425nm und 470nm. Diese Linien treten auf einer Größenskala von $10 \mu\text{m}$ räumlich komplementär auf und sind direkt mit der Oberflächenmorphologie korreliert. Der Einsatz von GaN, InGaN, oder InAlN als Barrierenmaterial sowie der Einfluss verschiedener Indium-Precursor wird diskutiert. Charakteristische Unterschiede zwischen den einzelnen QWs des MWQ werden durch die systematische Variation der QW-Anzahl herausgearbeitet.