

## HL 42: GaN: devices

Time: Thursday 14:00–16:15

Location: H13

HL 42.1 Thu 14:00 H13

**Anforderungen an die Schichtstrukturen von grün emittierenden GaInN-Lasern** — ●DANIEL DRÄGER<sup>1</sup>, CARSTEN NETZEL<sup>1</sup>, UWE ROSSOW<sup>1</sup>, DANIEL FUHRMANN<sup>1</sup>, ANDREAS HANGLEITER<sup>1</sup> und DAVID SCHENK<sup>2</sup> — <sup>1</sup>Institut für Angewandte Physik, TU Braunschweig, Deutschland — <sup>2</sup>CRHEA-CNRS, Valbonne, Frankreich

Um effiziente GaInN-Laserstrukturen mit einer Emission im grünen Spektralbereich zu verwirklichen, bedarf es gegenüber blauen GaInN-Laserstrukturen eines neuen Designs der Quantenfilme und der Schichtstrukturen, die die Lasermode führen. Um Parameter dieses neuen Designs zu ermitteln, wurden an GaInN separate confinement Laserstrukturen verschiedener Emissionswellenlänge von 415 bis 485nm, gewachsen auf unterschiedlichen Substraten bei CRHEA-CNRS und an der TU Braunschweig, optische Verstärkungsmessungen durchgeführt und zu den Strukturen theoretische Berechnungen des Confinements und der Verstärkungsspektren vorgenommen. Um den grünen Spektralbereich in Laserbetrieb zu erreichen, muss gegenüber blau emittierenden Laserstrukturen vor allem die Indiumkonzentration stark erhöht werden. Für grün emittierende Strukturen verringert sich der Modeneinschluss im Wellenleiter und damit der Confinementfaktor der Mode in den GaInN-Quantenfilmen. Dem kann mit einer Optimierung der Wellenleiterdicke und einer Erhöhung der Mantelschichtdicken entgegengewirkt werden. Ein Wachstum von Laserstrukturen auf defektreduziertem Substrat führt zu größeren Verstärkungswerten. Die Wachstumsbedingungen müssen aber auf jeweils unterschiedlichen Substraten neu angepasst werden.

HL 42.2 Thu 14:15 H13

**Electrical properties of nonpolar cubic  $Al_xGa_{1-x}N/GaN$  HFETs** — STEFAN POTTHAST<sup>1</sup>, ●MARCIO PERON FRANCO DE GODOY<sup>1</sup>, ELENA TSCHUMAK<sup>1</sup>, JÖRG SCHÖRMANN<sup>1</sup>, DONAT JOSEF AS<sup>1</sup>, KLAUS LISCHKA<sup>1</sup>, HIROYUKI NAGASAWA<sup>2</sup>, and MASAYUKI ABE<sup>2</sup> — <sup>1</sup>Universität Paderborn, Department Physik, Warburger Strasse 100, 33095 Paderborn, Germany — <sup>2</sup>HOYA SiC Development Center, Ltd, 1-17-16 Tanashioda, Sagamihara, Kanagawa 229-1125, Japan

Since polarization fields can limit the performance of heterojunction field-effect transistors (HFETs) some attention has been focused recently on the growth of wurtzite structures with nonpolar orientations e.g., growth along a, m or R directions and also on cubic nitrides. In this contribution we report on the growth of cubic  $Al_xGa_{1-x}N/GaN$  HFET structures by radio-frequency plasma assisted molecular beam epitaxy on 3C-SiC substrates with an Al-mole fraction between 0.2 and 0.5. The Mesa structures were realized using reactive ion etching technique. The source and drain contacts were deposited by thermal evaporation using 200 nm thick pure In as contact material. The gate contact was formed by thermal evaporation using Ni as Schottky contact material with a thickness of 50 nm. Analysis of capacity voltage characteristics at T=150 K reveal a clear evidence for the existence of the two-dimensional electron gas. A sheet carrier concentration of  $1.6 \times 10^{12} \text{ cm}^{-2}$  is measured at the interface. The source-drain current-voltage characteristics measured at 150 K exhibited a clear field effect induced by the gate voltage.

HL 42.3 Thu 14:30 H13

**Characterization of AlGaIn/GaN Enzyme Modified Field Effect Transistors** — ●BARBARA BAUR, JOHN HOWGATE, VEDRAN BANDALO, WIEBKE STEINS, MARTIN STUTZMANN, and MARTIN EICKHOFF — Walter Schottky Institut, Technische Universität München, 85748 Garching, Germany

Enzyme-modified field-effect transistors (EnFETs) were prepared by immobilisation of penicillinase on AlGaIn/GaN solution gate field-effect transistors. The stability of the transistor during operation in a liquid environment and the influence of the immobilisation process on enzyme functionality have been investigated by a direct comparison of covalent immobilization and physisorption. Covalent immobilization by Schiff base formation on GaN surfaces modified with an aminopropyltriethoxysilane monolayer exhibits a high reproducibility with respect to the enzyme/substrate affinity. The stability of the enzyme layer is shown to be significantly increased by reductive amination of the Schiff base bonds to secondary amines.

HL 42.4 Thu 14:45 H13

**Untersuchung von V-Defekten in InGaIn/GaN Leuchtdioden mit Hilfe der Kelvin Probe Force Microscopy und der Scanning Current Voltage Microscopy** — ●ANDRÉ LOCHTHOFEN<sup>1</sup>, WOLFGANG MERTIN<sup>1</sup>, Gerd BACHER<sup>1</sup>, LUTZ HÖPPEL<sup>2</sup> und BERTHOLD HAHN<sup>2</sup> — <sup>1</sup>Werkstoffe der Elektrotechnik, Universität Duisburg-Essen, 47057 Duisburg, Germany — <sup>2</sup>OSRAM Opto Semiconductors GmbH, Leibnizstr. 4, 93055 Regensburg, Germany

Beim epitaktischen Wachstum von GaN-Heteroschichten auf Saphir oder SiC ergibt sich durch die große Gitterfehlpassung eine hohe Dichte an Versetzungen. Diese Versetzungen können sich bis zur Oberfläche fortsetzen und dort zu sogenannten V-Defekten führen. Deren Einfluss auf das elektrische Verhalten von GaN-basierenden Leuchtdioden ist von hohem Interesse.

Wir demonstrieren das Potenzial der Raster Sonden Mikroskopie, insbesondere der Kelvin Probe Force Microscopy (KPFM) und der Scanning Current Voltage Microscopy (SIVM), zur Untersuchung des elektrischen Verhaltens von V-Defekten in GaN-Leuchtdioden. Dabei gelang es, KPFM- und SIVM-Messungen an ein und demselben V-Defekt durchzuführen. Die KPFM Messungen zeigen einen deutlichen Abfall der Kelvin Spannung im V-Defekt. Gleichzeitig zeigt die SIVM dort einen signifikanten Stromanstieg. Die Messungen und damit das elektrische Verhalten können durch eine Akkumulation negativer Ladungen an den V-Defekten erklärt werden.

HL 42.5 Thu 15:00 H13

**Optical Chemical Sensors Based on GaN/AlN Quantum Dots** — ●OLAF WEIDEMANN<sup>1</sup>, EVA MONROY<sup>2</sup>, GUNTHER JEGERT<sup>1</sup>, STAFAN BIRNER<sup>1</sup>, MARTIN STUTZMANN<sup>1</sup>, and MARTIN EICKHOFF<sup>1</sup> — <sup>1</sup>Walter Schottky Institut, TU München, 85748 Garching — <sup>2</sup>DRFMC/SP2M/PSC, CEA-Grenoble, 38054 Grenoble, France

Quantum dots (QDs) are of special interest for both fundamental physics and optoelectronic applications. Controlled growth of ensembles of self-assembled GaN/AlN QDs showing efficient room-temperature luminescence has been demonstrated recently. On the other hand, GaN-based devices have been shown useful to detect chemically induced changes of the surface potential, thereby acting as chemical sensors in liquid or gaseous environments. We demonstrate the applicability of GaN QDs as optical chemical sensors, benefiting from the optical transparency of both the sapphire substrate and the AlN matrix. GaN/AlN QDs have been grown on conductive Si-doped AlGaIn backcontact layers and were equipped with catalytic Pt front contacts. The optical response of such a system in terms of a change in luminescence characteristics upon exposure to hydrogen-containing gases is discussed.

HL 42.6 Thu 15:15 H13

**Band gap and band parameters of InN from quasiparticle energy calculations based on exact-exchange density-functional theory** — PATRICK RINKE<sup>1</sup>, MATTHIAS SCHEFFLER<sup>1</sup>, ABDALLAH QTEISH<sup>2</sup>, and ●JÖRG NEUGEBAUER<sup>3</sup> — <sup>1</sup>Fritz-Haber-Institut der MPG, Berlin - Germany — <sup>2</sup>Yarmouk University, Irbid - Jordan — <sup>3</sup>MPI für Eisenforschung, Düsseldorf - Germany

Despite significant improvements in the fabrication and quality of InN, the exact values of the InN bandgap and of the band parameters are still controversially discussed. We have therefore performed quasiparticle energy calculations in the  $G_0W_0$  approximation using as input the bandstructure obtained in the exact-exchange (EXX) approach. In previous studies we showed that this approach systematically provides bandgaps with an accuracy of  $\approx 0.1$  eV. Employing this approach we find a bandgap of 0.7 eV for wurtzite InN [1], suggesting an intrinsic value at the lower end of the experimentally observed range [2]. Taking the Burnstein-Moss effect into account, the increase of the apparent gap with increasing electron concentration is in good agreement with the experimentally observed blue shift of the optical absorption edge. Moreover, the concentration dependence of the effective mass, which results from the non-parabolicity of the conduction band, agrees well with recent experimental findings. The upper range of experimentally observed bandgaps is explained in terms of a defect/impurity model based on the charge neutrality level.

[1] P. Rinke *et al.*, Appl. Phys. Lett. **89**, 161919 (2006)[2] W. Walukiewicz *et al.*, J. Crystal Growth **269**, 119 (2004)

HL 42.7 Thu 15:30 H13

**Optimierung von Nitrid-basierten sichtbaren und ultravioletten Lichtemittern** — •DANIEL FUHRMANN, HOLGER JÖNEN, UWE ROSSOW, CARSTEN NETZEL, LARS HOFFMANN, HEIKO BREMERS und ANDREAS HANGLEITER — Institut für Angewandte Physik, Technische Universität Braunschweig

Trotz hoher Defektdichte wurden (Ga,In,Al)N-basierte Lichtemitter im blauen und violetten Spektralbereich mit sehr hohen Quantenausbeuten realisiert. In diesem Beitrag versuchen wir Ursachen für den Abfall der Effizienz sowohl zu grösseren ( $\lambda_{peak} > 500nm$ ) als auch zu kleineren ( $\lambda_{peak} < 365nm$ ) Emissionswellenlängen aufzuzeigen. Daraus ergeben sich Möglichkeiten zur Optimierung sowohl von grün/rot emittierenden InGaN/GaN QWs mit hohem In-Gehalt als auch von In-freien GaN/AlGaIn QWs hinsichtlich hoher interner Quantenausbeute (IQE). Es zeigt sich, dass die optischen Eigenschaften und die IQE in beiden Fällen maßgeblich von der strukturellen Qualität der aktiven Zone abhängen. Zusätzlich müssen Unterbau, Spacer, Elektronenbarriere und Deckschicht optimiert werden. Im grünen/roten Spektralbereich kann der starke Abfall der IQE durch das Wachstum dünner QWs mit hohem In-Gehalt minimiert werden. Dabei muß die Degradation des InGaIn QWs durch zu hohe Wachstumstemperaturen der Deckschicht verhindert werden. Messungen der IQE an In-freien UV-emittierenden GaN/AlGaIn QWs zeigen, dass die die IQE limitierenden Prozesse denen in InGaIn/GaN QWs sehr ähnlich sind. Auf gleiche Weise können auch GaN/AlGaIn QWs mit hoher IQE hergestellt werden.

HL 42.8 Thu 15:45 H13

**Direct Observation of Substrate Modes in 405 nm (Al,In)GaIn Laser Diodes** — •HARALD BRAUN<sup>1</sup>, CHRISTOPH LAUTERBACH<sup>1</sup>, ULRICH T. SCHWARZ<sup>1</sup>, VALERIO LAINO<sup>2</sup>, BERND WITZIGMANN<sup>2</sup>, CHRISTIAN RUMBOLZ<sup>3</sup>, MARC SCHILLGALIES<sup>3</sup>, ALFRED LELL<sup>3</sup>, VOLKER HÄRLE<sup>3</sup>, and UWE STRAUSS<sup>3</sup> — <sup>1</sup>NWF II Physik, Universität Regensburg, Universitätsstr. 31, 93053 Regensburg — <sup>2</sup>Integrated Systems Laboratory, ETH Zurich - Gloriastrasse 35, CH-8092 Zurich, Switzerland — <sup>3</sup>Osram Opto Semiconductors GmbH, Leibnizstr. 2, 93055 Regensburg

In (Al,In)GaIn laser diodes high refractive index epitaxial layers like

the SiC or GaN substrate can act as parasitic waveguides. The resulting substrate modes cause losses to the mode propagating in the laser waveguide, so an impact on laser threshold and gain spectra can be seen. We also observe the standing wave in the substrate directly by a measurement of the near-field intensity on the cleaved surface of the substrate just below the laser ridge waveguide. The oscillation period of the substrate modes extracted from these measurements varies strongly from sample to sample with nominally the same epitaxial structure. By a simple refractive index model we calculate the corresponding effective refractive index of the laser waveguide and the angle of the far-field side lobe and compare the results with far-field measurements. Furthermore we put forward a complex two-dimensional simulation of the optical field distribution in the laser structure including the SiC or GaN substrate. These simulations allow a quantitative interpretation of the experimental features caused by the substrate modes.

HL 42.9 Thu 16:00 H13

**All-optical determination of the lateral electric field in InGaIn/GaN quantum wells** — •CLEMENS VIERHEILIG<sup>1</sup>, ULRICH T. SCHWARZ<sup>1</sup>, WERNER WEGSCHEIDER<sup>1</sup>, NIKOLAUS GMEINWIESER<sup>2</sup>, UWE STRAUSS<sup>2</sup>, and VOLKER HÄRLE<sup>2</sup> — <sup>1</sup>NWF II - Physik, Universität Regensburg, Universitätsstraße 31, 93053 Regensburg — <sup>2</sup>Osram Opto Semiconductors, Wernerwerkstraße 2, 93049 Regensburg

Photogenerated carriers in InGaIn/GaN quantum wells are vertically separated by strong internal piezoelectric fields. When exciting the sample with a small laser spot, the initial carrier density follows the excitation profile. Due to the carrier density-dependent screening of the piezoelectric field, a strong lateral dependence of the quasi Fermi-levels for electrons and for holes is induced by the reduction of the quantum confined Stark effect (QCSE). This gradient in the quasi Fermi-levels defines a lateral electric field with different directions for electrons and holes, so that both types of carriers are pushed laterally away from the excitation spot. An additional lateral diffusive motion is induced due to the concentration gradient. From the spatial distribution of the PL-signal of a green emitting InGaIn/GaN quantum well test layer, measured by a modified confocal microscope, we calculate a radial electric field with a maximum value of about 110 V/cm.