



# GMe-Forum 2001

Kurzfassungen der Vorträge

TU Wien, 5. und 6. April 2001

Gesellschaft für Mikroelektronik  
Wien, 2001

Gesellschaft für Mikroelektronik  
p.Adr. Institut für Industrielle Elektronik und Materialwissenschaften  
Technische Universität Wien  
Gusshausstraße 27–29/366  
1040 Wien

# Tagungsprogramm

## Donnerstag, 5. April 2001

9.00 – 9.40 Uhr Eröffnung – G. BAUER / E. GORNIK  
P. SKALICKY – *Einführungsreferat*  
N. ROZSENICH – *Einführungsreferat*

9.40 – 10.25 Uhr A. OURMAZD (IHP Frankfurt/Oder): „*Silicon-based Technologies for Wireless*“

10.25 – 10.45 Uhr Kaffeepause

10.45 – 11.30 Uhr W. PRIBYL (AMS Unterpremstätten): „*Die neue AMS 200 mm Mixed Signal Foundry – Technische und ökonomische Herausforderung*“

11.30 – 12.15 Uhr R. PETSCHACHER et al. (Infineon Villach): „*Mixed Signal ICs auf dem Weg zu 0.1µm-Technologien*“

12.15 – 13.30 Uhr Pause – Catering

### ***Bauteile und Systeme – Teil I***

13.30 – 14.15 Uhr U. KÖNIG (DaimlerChrysler Ulm): „*SiGe High-Frequency Devices*“

14.15 – 15.00 Uhr W. KELLNER (Infineon München): „*Mikroelektronische III-V-Bauelemente für hohe Frequenzen*“

15.00 – 15.45 Uhr J. BRUGGER (EADS Ulm): „*Module Technologies for RF Telecom Radios: Status and Trends*“

15.45 – 16.15 Uhr Kaffeepause

### ***Bauteile und Systeme – Teil II***

16.15 – 17.00 Uhr R. WEIGEL (DICE und Univ. Linz): „*Hochintegrierte Schaltkreise für UMTS*“

17.00 – 17.45 Uhr H. BALTES (ETH Zürich): „*CMOS-basierte Mikro- und Nano-Systeme*“

17.45 – 18.00 Uhr Kaffeepause

18.00 – 20.00 Uhr ***Podiumsdiskussion***

„*Innovationstransfer zwischen Universität und Industrie*“

Leitung: G. BAUER / E. GORNIK

Teilnehmer (in alphabetischer Reihenfolge): E. HAMMEL (Elektrovac), H.-P. METZLER (NewLogic), N. ROZSENICH sowie die Hauptvortragenden des GMe-Forums

## Freitag, 6. April 2001

### ***Galliumnitrid für Optoelektronik***

- 9.00 – 9.30 Uhr B. SCHINELLER et al. (Aixtron): „*GaN MOCVD in Forschung und Produktion*“
- 9.30 – 10.00 Uhr D. HOMMEL et al. (Univ. Bremen): „*Group-III Nitrides Grown By MBE And MOVPE For Optoelectronic Applications*“
- 10.00 – 10.30 Uhr V. HÄRLE et al. (Osram Regensburg): „*GaN: A Challenge In Semiconductor Lighting*“

10.30 – 10.45 Uhr Kaffeepause

### ***Organische Halbleiter***

- 10.45 – 11.30 Uhr G. LEISING (AT&S Leoben): „*Organische Halbleiter-Bauelemente*“

### ***Leistungsschau GMe***

- 11.30 – 11.50 Uhr F. KOHL et al. (TU Wien): „*Entwicklung von und Untersuchungen an Mikrosystemkomponenten*“
- 11.50 – 12.10 Uhr J. SMOLINER et al. (TU WIEN): „*Rasterkapazitätsmikroskopie an Halbleiter-Bauelementen*“

12.10 – 13.30 Uhr Pause – Catering

- 13.30 – 13.50 Uhr W. SCHRENK (TU Wien): „*Infrarot-Quantenkaskadenlaser*“
- 13.50 – 14.10 Uhr W. HEISS et al. (Univ. Linz): „*Bleisalz-Mikroresonatoren für das mittlere Infrarot*“
- 14.10 – 14.30 Uhr D. GRUBER et al. (Univ. Linz): „*SiGeC für HBT-Anwendungen*“
- 14.30 – 15.50 Uhr C. DISKUS (Univ. Linz): „*HF Radarsysteme*“

### ***Simulation und Schaltungsentwurf***

- 14.50 – 15.20 Uhr T. GRASSER et al. (TU Wien): „*Simulation von Bauelementen und Schaltungen für hohe Frequenzen*“
- 15.20 – 15.40 Uhr P. SÖSER (TU Graz): „*Systemsimulation und Messungen an hochauflösenden Sigma-Delta-Modulatoren*“
- 15.40 – 16.00 Uhr N. KERÖ et al. (TU Wien): „*Wann mi des Designbüro net vermittelt hätt – Ein Erfahrungsbericht über 10 Jahre Technologietransfer*“

16.00 – 16.15 Uhr Kaffeepause

16.15 – 17.30 Uhr Leistungspräsentation GMe – Posterpräsentation

17.30 Uhr Abschluss

# Einführungsreferate



# **Silicon-based Technologies for Wireless**

**A. Ourmazd**

**IHP, Frankfurt/Oder**

Within five years, mobile communication and Internet will be submerged into a technology offering location- and context-aware, person-specific information and services, “on the fly” to the mobile individual, “untethered” to the desk-bound. The “global village”, defined by today’s wired Internet, will blossom into local wireless worlds, each offering the information and services available (and appropriate) at that location. At the Louvre, your “Chameleon Access Device” will download its personality from the “local ether” to purchase you a ticket as you enter, guide you to the Rubens or the da Vinci sections, and inform you about the Mona Lisa as you stroll past it. It will show you the location of the nearest Creperie (or hamburger joint) as you leave, help you find a taxi, and, should you wish, inform your spouse of your whereabouts. To make this possible, a \$99 device is needed, whose primary value resides in a single, or at most very few silicon chips, with broadband wireless and advanced information processing capabilities. I will present an overview some of the technical challenges associated with this ambitious goal.

# **Die neue AMS 200 mm Mixed Signal Foundry – Technische und ökonomische Herausforderung**

**W. Pribyl**

**AMS, Unterpremstätten**

In den letzten Jahren haben sich in der Halbleiterindustrie neue Geschäftsmodelle durchgesetzt. Ähnlich wie bereits früher in der Computerindustrie, hat sich eine Segmentierung der Wertschöpfungskette ergeben, das Entstehen von sogenannten „Fabless Semiconductor Companies“, die mit den „Silicon Foundries“ zusammenarbeiten und die Eintrittsbarrieren wesentlich gesenkt haben. Zu den traditionell vertikal integrierten Halbleiterfirmen sind eine Vielzahl kleinerer und mittlerweile auch größerer Häuser gestoßen, die am Weltmarkt sehr erfolgreich sind.

Austria Mikrosysteme International stand vor etwa 2 – 3 Jahren auch vor einer strategischen Neuorientierung mit der Frage, ob AMS eine vertikal integrierte Firma bleiben oder sich doch eher dem Modell einer „Fabless Company“ nähern sollte. Aufgrund der traditionellen Stärken in der Fertigung bei höchsten Qualitätsanforderungen umfaßt die heutige Strategie nach wie vor alle Wertschöpfungsschritte in einem Haus, allerdings mit deutlich getrennten Verantwortungen, um sich am Weltmarkt mit den Besten jeder Wertschöpfungsebene erfolgreich messen zu können. So wurden 3 Geschäftseinheiten für das Produktgeschäft und eine Fertigungseinheit geschaffen.

Aus technologischen Gründen, im Hinblick auf eine konkurrenzfähige Kostenposition, sowie um für ein stark wachsendes Volumen gerüstet zu sein, wurde das Projekt „AMS 2000“, der Bau einer 200 mm Fertigungslinie, in Angriff genommen. Die bauliche Konstruktion ist für Strukturfeinheiten bis jenseits 0,18 µm geeignet und wird AMS in die Lage versetzen, mehr als 2.500 Wafer pro Woche zu produzieren, dies entspricht etwa einer Vervierfachung des heutigen Produktionsvolumens. Die Anlage wird modernste SMIF / ME Techniken nutzen und sich über Spezialprozesse, die auf industrieübliche Basisprozesse aufgesetzt werden, am Markt differenzieren. Es sind dies Optionen für Mixed-signal- und RF-Schaltkreise (BiCMOS, SiGe), Sensorelemente (Micromachining und Hall-Effekt-Sensoren) und Hochvolt-Technologien, die optimal auf das bestehende und zukünftige Produktgeschäft abgestimmt sind.

Im Rahmen der Präsentation werden einige Technologie-Optionen und deren Anwendung und Umsetzung in Serienprodukte der verschiedenen Geschäftsgebiete dargestellt. Im Automobilbereich sind dies Zugangssysteme (Remote Keyless Entry und Keyless Go), Datenübertragung (Time Triggered Architecture) und Sensorik (Beschleunigungssensor, Drehratensensoren). Für industrielle Anwendungen eignen sich die Technologien hervorragend für Mess- Steuer- und Regelsysteme, beispielsweise bei Zählern für Strom, Wasser und Gas. Im Kommunikationsbereich kommen erneut die Hochfrequenztechnologien (BiCMOS, SiGe) zum Einsatz um stromsparende, schnelle Schaltkreise für die Datenübertragung oder die Mobilkommunikation bereitzustellen.

# Mixed-Signal-Schaltungen auf dem Weg zu 0,1 $\mu\text{m}$ -Technologien

R. Petschacher, D. Draxelmayr, F. Kuttner, A. Wiesbauer

Infineon Technologies Design Centers Austria GmbH

Im Development Center Villach werden seit Jahren *Mixed-Signal*-Schaltungen für drahtgebundene und drahtlose Telekommunikation entwickelt. Anhand von Schaltungsbeispielen für ADSL, VDSL und Bluetooth in CMOS und BICMOS Technologien mit 0,5 bis 0,18 $\mu\text{m}$  Strukturbreiten werden die kritischen Parameter und Herausforderungen für den Schaltungsentwickler beleuchtet, die beim Herunterskalieren von anspruchsvollen *Mixed-Signal*-Schaltungen entstehen. Dies sind insbesondere die Einschränkung des Dynamikbereichs durch niedrige Versorgungsspannungen, nichtskalierbare Schwellspannungen der MOS-Transistoren und zunehmend nicht-ideale Bauelemente.

Erste praktische Erfahrungen mit 0,13 $\mu\text{m}$ -Schaltungen werden berichtet und die Auswirkungen der Skalierung auf Performance, Fläche und Verlustleistung von *Mixed-Signal*-Schaltungen anhand praktischer Beispiele dargestellt.

Der Ausblick auf die Auswirkungen der nächsten Technologieschritte leitet zur abschließenden Diskussion von *Multi-Chip* versus *Single-Chip*-Ansätzen.



# Bauteile und Systeme



# SiGe High-Frequency Devices

U. König

DaimlerChrysler, Ulm

After more than 13 years of research the speed race of SiGe HBTs has arrived at 180 GHz  $f_{\max}$  and 156 GHz  $f_T$ . Even in high-volume production now are devices with around 100 GHz. The main reasons are a steadily improving epitaxy with a huge freedom in thickness and composition and the reduction of parasitics.

The main focus in this presentation is put on SiGe HFETs which are still on the research level. In SiGe HFETs the well known principal of III/V HEMTs is transferred to Si microelectronics. High mobilities up to 2900 cm<sup>2</sup>/Vs for n-channels and up to 3600 cm<sup>2</sup>/Vs for p-channels have been found, 5 to 15 times above respectively doped Si. In addition there is evidence for an increased velocity overshoot due to strain in the channels.

For Schottky- or MOS-gate devices IBM and DaimlerChrysler have reached transconductances around 300 mS/mm for depletion mode n-HFETs and around 500 mS/mm for enhancement mode. p-HFETs showed around 250 mS/mm. High currents above 600 mA/mm have been obtained for p-MOS HFETs. Cut-off frequencies for both n- and p-HFETs are for  $f_{\max}$  up to 135 GHz and for  $f_T$  around 80 GHz, which have been achieved for n-HFETs already with a gate length of 0.25  $\mu\text{m}$ , for p-HFETs with 0.1  $\mu\text{m}$ . Recently the performance at cryo-operation was investigated. 195 GHz was measured for n-HFETs at 50K, 180 GHz for p-HFETs at 35K. Such a pronounced frequency increase is related to the 2-dimensional electron or hole transport in the Si or Ge channels, respectively.

There is a gate length dependence visible for all frequency data reported so far, but the range below 0.2  $\mu\text{m}$  is hardly exploited. Better self-aligned layouts are demanded. Simulations forecast frequencies above 200 GHz at RT assuming reduced parasitics.

Concerning noise, n- and p-type HFETs exhibit the very low noise figures of 0.3 dB at 1 – 2.5 GHz. Conservative semi-quantitative simulations for the high-frequency noise predict 0.5 dB at 10 GHz. Siemens has established outstanding low-frequency noise represented by corner frequencies below 200 Hz for p-SiGe MOSFETs.

First test circuits elucidate the potential of this novel device category. E.g. inverter delays are 22 ps for a 0.25  $\mu\text{m}$  HFET, transimpedance amplifiers operate with a transimpedance above 50 dB $\Omega$  and up to a bandwidth of 2 GHz. If finally a new CMOS generation can be created, consisting of a Si-channel n-HFET and a Ge-channel p-HFET, the power-delay product can even reach values below 1fJ.

# Mikroelektronische III-V-Bauelemente für hohe Frequenzen

W. Kellner

Infineon Technologies AG, WS TI G, München

Trotz der stürmischen Entwicklung der Silizium-Technologie zu hohen Frequenzen halten sich GaAs-Bauelemente im Frequenzbereich für die Mobilkommunikation, d.h. unter 2,5 GHz, am Markt. Entscheidend hierfür ist der Einsatz von Heterostruktur-Bauelementen wie HEMT (High Electron Mobility Transistor) oder HBT (Heterojunction Bipolar Transistor), in denen die durch das III-V-Material gegebenen Eigenschaften wie hohe Beweglichkeit und Driftgeschwindigkeit der Elektronen sowie hoher Bandabstand in attraktive Eigenschaften der Bauelemente wie hohe Grenzfrequenzen, Verstärkung, niedriges Rauschen, hohe Ausgangsleistung, guter Wirkungsgrad und Linearität umgesetzt werden. Entscheidend für den Erfolg auf dem globalen Markt für Konsumelektronik ist der Preis, wobei die technische Qualität vorausgesetzt wird. Mit der Einrichtung einer 6-Zoll-Scheibenfertigung für GaAs in München-Perlach wurde dazu ein entscheidender Schritt getan. Im Vortrag werden die prinzipielle Funktion von HEMT und HBT sowie deren wichtigste Eigenschaften kurz beschrieben. An zwei Beispielen werden sodann erfolgreiche Entwicklungen für den Systemeinsatz demonstriert:

HBT-Leistungsverstärker für Mobiltelefone: Hier kommt es bei GSM (900 MHz) und PCN (1800 MHz) vor allem auf hohen Wirkungsgrad ( $> 50\%$ ) bei Sättigungsleistungen von 2,8 W (GSM) bzw. 1,8 W (PCN) an. Für W-CDMA und UMTS Systeme werden vor allem hohe Linearität und gleichzeitig guter Wirkungsgrad bei geringer Aussteuerung gefordert. Zusammen mit den Anforderungen nach einem Betrieb bei nur 3 V Spannung und einer hohen Spannungsfestigkeit von 15 V ergibt sich eine Spezifikation, die von anderen Bauelementen kaum zu erfüllen ist. Es wird ein Einblick in die aktuelle Chipentwicklung einschließlich der Modellierung und Messtechnik gegeben.

HEMT-Millimeterwellenschaltungen (77 GHz) für Auto-Abstandsradar: Die vom Sensor erfassten Daten steuern Bremse und Gas, sodass das Fahrzeug automatisch den Sicherheitsabstand zum vorausfahrenden Fahrzeug einhält. Die derzeit in der Automobil-Luxusklasse angebotenen Systeme verwenden noch Gunn-Elemente in Halbleitern. Für den Massenmarkt ist diese Technologie jedoch zu teuer. Ein Chipsatz für planaren Modulaufbau auf der Basis von HEMT-Schaltungen und einer Silizium Schottky-Diode wird vorgestellt. Das HF-Modul erwies sich in Fahrtests bei Siemens Automotive als gut geeignet für den praktischen Einsatz.

# Module Technologies for RF Telecom Radios: Status and Trends

H. Brugger <sup>1</sup>

**MicroWave Factory, EADS Deutschland GmbH, Wörthstr. 85, D-89077 Ulm  
(Germany)**

There is an overall growing demand on broadband wireless access systems and multimedia services such as LMDS, MVDS, and VSAT applications. The market for high data bit rate communication links and broadband mm-wave mobile communication network radio links is rapidly growing.

However, these emerging volume markets also force the manufacturer of RF frontends to significantly reduce cost and react faster on market trends. The cost driver on the RF frontend is the mm-wave unit (MWU), i.e. the RF module part. Price drivers on the MWU are the GaAs MMICs (#1) and the packaging/assembly effort (#2).

Based on the proven state-of-the-art chip-by-wire ceramics substrate technology the presentation gives an overview on new trends on

1) advanced multichip module approaches on LTCC technology

and present trends on

2) single packaged RF MMICs with ball grid array (BGA) and land grid array (LGA) suitable for SMD-type reflow soldering on an RF suitable PCB carrier.

A combination of single RF packages and macro modules suitable for volume SMD fabrication will result in a near-future box-of-bricks approach for Telecom transceiver radios and innovative module designs.

---

<sup>1</sup> e-mail: [hans.brugger@vs.dasa.de](mailto:hans.brugger@vs.dasa.de), phone +731 392 3407, fax +731 392 7328

# Hochintegrierte Schaltkreise für UMTS

R. Weigel

Institut für Nachrichtentechnik/Informationstechnik der Universität Linz

Die digitale Funkkommunikation gehört insbesondere im Bereich niedriger GHz-Trägerfrequenzen zu den am schnellsten wachsenden Segmenten der Zukunftsbranche Telekommunikation. Diese sich derzeit weltweit immer stärker beschleunigende Entwicklung, die zunehmend von einschlägigen internationalen Standardisierungsgremien orchestriert wird, treibt die Entwicklung der hierzu erforderlichen Halbleitertechnologien immens voran. Im Bereich der Hochfrequenzschaltkreise trifft dies vor allem auf die Silizium-Bipolartechnologie zu, die auf Grund ihrer guten Eigenschaften im GHz-Bereich und niedrigen Herstellkosten derzeit bevorzugt eingesetzt wird.

In dem Vortrag wird der Einsatz hochintegrierter Hochfrequenzschaltungen (RFIC's: Radio Frequency Integrated Circuits) in Transceivern für digitale Funkübertragungssysteme diskutiert. Der Hochfrequenzteil spielt beim Nachrichtensystemdesign eine entscheidende Rolle und bildet nach wie vor den Flaschenhals bei der Systemauslegung, obwohl er, was die Anzahl der Komponenten angeht, eine um Größenordnungen geringere Komplexität als der Basisbandteil aufweist. Es werden einige für den System- und Schaltungsentwurf wichtige Transceivereigenschaften rekapituliert und der technoökonomische Stand der Technik bei den Architekturen und Schaltungskonzepten vorgestellt. Des Weiteren werden aktuelle Linzer Forschungs- und Entwicklungsarbeiten im Bereich Si/SiGe-basierter RFIC's für UMTS-Anwendungen (UMTS: Universal Mobile Telecommunication System) vorgestellt. Abschließend werden die Entwicklungstrends im Hinblick auf neue Architekturen und Systemkonzepte und neue Anwendungen diskutiert.

Im Rahmen des Vortrags wird auch die Aufbaugeschichte der Linzer Hochtechnologiefirma DICE – Danube Integrated Circuit Engineering reflektiert, die aus gemeinsamen Forschungsvorhaben von Instituten der Johannes Kepler Universität Linz und der Infineon Technologies AG München heraus entstanden ist.

# CMOS-basierte Mikro- und Nano-Systeme

H. Baltes

Labor für Physikalische Elektronik, ETH Zürich

CMOS bedeutet hier Complementary Metal Oxide Silicon und bezeichnet die führende industrielle Technologie zur Herstellung integrierter Schaltungen. Darüber hinaus gewinnt CMOS gegenwärtig an Bedeutung als Basistechnologie für integrierte Mikrosysteme, insbesondere Mikrosensoren, Mikroaktoren und MEMS (Micro Electro Mechanical Systems). CMOS-basierte Mikrosysteme erhalten durch ko-integrierte Schaltungen erhöhte Funktionalität, wie Kalibrierung, Selbsttest, Interface zu Computer und Telekommunikation. Die Nähe zu etablierten industriellen Fertigungsmethoden erleichtert die Umsetzung neuartiger CMOS-basierter Mikrosysteme aus der Forschung zu Produkten, nicht zuletzt durch Ausgründungen.

Der Vortrag beginnt mit einer Übersicht technologischer Methoden zur Ko-Integration von Mikrosystemfunktionen und Schaltungen auf demselben Chip, insbesondere CMOS-kompatible Mikrostrukturierung durch Ätzen und Beschichten. Es wird sowohl der industrielle Standard als auch die akademische Forschung an Hand von ausgewählten Beispielen vorgestellt. Der Vortrag schreitet von einfachen physikalischen Mikrosensoren zu komplexen chemischen Sensoren fort. Auch ein CMOS-basiertes Nanosystem wird vorgestellt, ferner ein CMOS-basiertes Mikrosystemprodukt einer Ausgründung der ETH Zürich.

Eine Vorschau auf diesen Vortrag bieten

- <http://www.iqe.ethz.ch/~baltes/> und
- <http://www.sensirion.com/>



# Galliumnitrid für Optoelektronik

# GaN-MOCVD in Forschung und Produktion

**B. Schineller, M. Heuken, H. Jürgensen**

**AIXTRON AG, Kackertstr. 15-17, D-52072 Aachen, Germany**

Die vergangenen Jahre erlebten den Einzug der Halbleiter des AlGaInN Materialsystems in weite Bereiche der Optoelektronik. Grün-blaue Leuchtdioden aus InGaN bieten neue Chancen für den Einsatz als preisgünstige und stromsparende Leuchtmittel in der Anzeige- und Beleuchtungstechnik, blau-ultraviolette Laserdioden finden ihren Einsatz in optischen Speichermedien. In der Hochfrequenz- und Hochtemperaturelektronik werden Heterostruktur-Feldeffekttransistoren aus GaN-basierenden Strukturen für die Verwendung in Turbinen, Motoren und Triebwerken, sowie in strahlungsreichen Umgebungen immer interessanter.

Die metallorganische Gasphasenepitaxie (MOVPE) hat sich als die Methode der Wahl für die effiziente und kostengünstige Herstellung von Halbleiterstrukturen herauskristallisiert. Grundlagenorientierte Forschung in Universitätslabors und Forschungseinrichtungen der Industrie findet oftmals auf Einscheibenreaktoren statt (z.B. AIX 200 RF), deren Prozesse dann in der Massenproduktion auf Mehrscheibenreaktoren übertragen werden (z.B. AIX 2400 G3 HT). Hierbei werden in der MOVPE immer häufiger *in-situ*-Messmethoden eingesetzt, um die Entwicklungszeiten neuer Prozesse zu minimieren und bestehende Prozesse zu kontrollieren. In diesem Zusammenhang ist insbesondere die *in-situ*-Reflektometriemessung zu nennen, die Aufschlüsse über Wachstumsraten und Oberflächenqualitäten erlaubt.

Die Verhältnisse der Gasströmungen und Temperaturverteilungen in den Reaktortypen können heutzutage durch numerische Simulationen Aufschluss über die einzustellenden Prozessbedingungen geben. Dies ist bei der Übertragung von Prozessen von einem Reaktortyp, z.B. einem Forschungsreaktor, auf Produktionsanlagen von Vorteil.

Neben dem für die Optoelektronik überwiegend genutzten Saphirsubstrat werden eine Vielzahl alternativer Substrate untersucht. Hierzu gehört zum einen das SiC, das bereits kommerzielle Erfolge in der Nitrid-basierenden Optoelektronik feiert, zum anderen wird das aus der Halbleiterelektronik bekannte Silizium untersucht. Diese Substrate erlauben auf Grund ihrer gegenüber Saphir höheren Wärmeleitfähigkeit besonders in der Hochleistungselektronik eine bessere Verlustleistungsabfuhr.

Die AIXTRON AG arbeitet auf all diesen Gebieten eng mit industriellen und akademischen Partnern zusammen, mit dem Ziel, das AlInGaN Materialsystem weiteren Anwendungen gegenüber zu öffnen.

# **Group-III Nitrides Grown By MBE And MOVPE For Optoelectronic Applications**

**D. Hommel, S. Einfeldt, T. Böttcher, S. Figge, C. Kruse, V. Kirchner, and  
H. Heinke**

**Institute of Solid State Physics, University of Bremen, Germany**

**D. Rudloff and J. Christen**

**Institute of Experimental Physics, Otto-von-Guericke-University Magdeburg,  
Germany**

Group-III nitrides are of great importance for short wavelength optoelectronic applications.

Due to a lack of lattice matched substrates growth is usually performed on sapphire or SiC using metalorganic chemical vapor phase epitaxy (MOCVD) or molecular beam epitaxy (MBE). Whereas for wide gap II-VI compounds MBE is the preferred growth method it turns out that MOVPE has certain advantages in case of nitrides. The growth start of GaN by MOVPE is studied by in-situ reflectometry. Depending on the conditions the grain size can vary from 150 nm to more than 4  $\mu\text{m}$ . In the latter case the density of threading dislocation can be reduced to the low  $10^8 \text{ cm}^{-2}$ . A non-destructive method for determining the dislocation density by high resolution X-ray diffraction for wurzite GaN will be presented.

A comparison of quantum well structures grown by MBE on (0001) and (000-1) give clear indications that the growth on Ga-polar surfaces provides more efficient light emitters. Nevertheless, at least for optoelectronic applications MOVPE provides better surface morphology and structural and optical properties.

First results of light emitting structures in the violet spectral region will be discussed.

# GaN-Based Devices – A Challenge In Semiconductor Lighting

V. Härle, D. Eisert, H.-J. Lugauer, M. Fehrer, S. Bader, B. Hahn,  
J. Baur, U. Strauss  
OSRAM Opto Semiconductors, Regensburg, Germany

During the last years GaInAlN became a material of extreme interest for both research and industry, leading into various fields of applications in the UV-blue-green spectral region. As an example, blue LEDs are used in car dashboards or in LCD displays for backlighting. Other markets are signal applications and signs as well as communication. Due to long life times, low power consumption, and low maintenance costs of such devices, LEDs are also very interesting for traffic lights. Here the research efforts are focused on the development of high brightness InGaN-LEDs with an emission wavelength of 505 nm for the green signal light.

In order to address such markets, it is important to increase brightness of the single device. Therefore it is important to grow InGaN quantum wells with high Indium content and high quantum efficiencies on one hand. On the other hand the generated light needs to be extracted from the chip as well as from the LED package.

Although the quantum efficiency of InGaN-LEDs is already comparably high, the dissipated heat in high power applications is still a major problem, so that heat management will become a major focus of development.

High brightness blue and green LEDs are also needed for active color mixing together with red LEDs in large area color displays. These displays can reproduce true color images with high quality even in a bright daylight environment.

Though all these applications have been important for the development of the Gallium Nitride technology, the real volume growth will start when the LED can enter the market of general lighting for illumination purposes. Electrical conversion efficiencies in the range of 10% are already comparable to that of incandescent bulbs, and in some time will match that of fluorescent lamps. Therefore LEDs have an important potential for energy saving. In addition their lifetime is much longer compared to that of conventional light sources, and the small dimensions of a LEDs allows completely new lamp designs.

Yet the requirements for illumination go far beyond the need of simply high optical power. First the main color needed for illumination is white. It is known that white can be mixed by a color with its complementary color, e.g. blue with yellow light. So blue LEDs are packaged together with a luminous converter that emits yellow light under irradiation with blue light. Yet this simple approach has several limitations:

On one hand it is just possible to reach a very limited part of the color table.

Therefore the deficiencies of such an LED in color rendering are clearly perceptible. Though the light emitted of such an LED looks white, human skin or plants illuminated with this LED-light look rather pale, because red and green parts are missing in the spectrum of the LED.

On the other hand the mixed color shifts when the emission wavelength of the exciting In-GaN-LED changes due to variations in operating temperature and current.

These problems can be resolved by not using just one luminous converter, but two or better three. Then any color in between these converters can be composed by varying the relative concentration including a white LED with high color rendering index. Also the sensitivity to variations of ambient temperature or operating current are minimized.

The radiation of the LED is then only necessary for pumping of the converters. Therefore it is advantageous to use a short wavelength LED, because most converters can be excited efficiently by UV light.

When designing UV-LEDs, several requirements have to be taken into account:

The emission wavelength must be in a spectral range where blue, green and red converters can be pumped efficiently. At the same time quantum efficiency has to be as high as possible for maximum light output and should not decrease significantly at increased operating temperatures, e.g. due to high driving currents.

Quantum efficiency decreases below 430 nm with shorter wavelengths due to the reduced density of localized energy states in the quantum well. At the same time the conversion efficiency increases at shorter wavelengths.

An optimum regime is reached at an emission wavelength of about 400 nm. However the limitation of light output at high driving currents by thermal roll over still has to be overcome by improved heat management and an optimized design of the active zone.



# Organische Halbleiter



# Organische Halbleiter-Bauelemente

G. Leising

Science & Technology AT&S, Fabriksgasse 13, A-8700 Leoben

Ende der siebziger Jahre demonstrierte die Gruppe A.J. Heeger, A.J. MacDiarmid und H. Shirakawa, dass das konjugierte Polymer Polyacetylen sich wie ein Halbleiter verhält und durch entsprechende „Dotierung“ p- bzw. n-leitend gemacht werden kann. Extensive „p-Dotierung“ oder besser chemische Oxidation führte zu Modifikationen von Polyacetylen mit Werten der elektrischen Leitfähigkeit im Bereich sehr gut leitender Metalle wie Kupfer. Schon in den ersten Arbeiten dieser Gruppe wurden pn-Dioden und einfache Solarzellen realisiert, die bereits damals das Potential der Substanzgruppe der konjugierten Systeme erkennen ließen. Etwa zwanzig Jahre später, im Jahre 2000 wurde diese Forschergruppe mit dem Nobelpreis für Chemie ausgezeichnet.

Schon in den Anfängen der Forschungsrichtung konjugierter Festkörper zeichnete sich ab, dass gravierende Fortschritte sowohl in der Grundlagenforschung um das Verständnis der physikalischen Prozesse als auch für eventuelle Anwendungen, in der reinen defektarmen Darstellung, d.h. reinen und definierten Synthese dieser neuartigen Substanzgruppe, begründet liegen. Mitte der neunziger Jahre konnte die Grazer Gruppe zeigen, daß ein konjugiertes Polymer (leiterartiges Polyparaphenylen) mit Defektkonzentrationen um  $10^{15}$  Defekte pro  $\text{cm}^3$  machbar ist, das wegen seiner ausgezeichneten Stabilität als Basismaterial für die Realisierung eines optisch gepumpten Polymerlasers diene. Ende der achtziger Jahre gelang es der Gruppe um R. Friend, eine gelb-grüne Polymer-Leuchtdiode zu fertigen, und unmittelbar danach zog die Grazer Gruppe mit blauen LEDs auf der Basis von Polyparaphenylen gleich. Mit zunehmendem Verständnis um die intrinsischen Eigenschaften dieser neuartigen organischen Festkörper wurden die verschiedensten Bauelemente, wie ein elektrisch gepumpter organischer Laser und effiziente organische Solarzellen und Feldeffekttransistoren, realisierbar. Organische Festkörper haben den Vorteil, dass sie mit verschiedenen kostengünstigen Verfahren wie Aufschleudern, Tauchverfahren, Ink-Jet-Druck und Vakuumverdampfung aufgebracht werden können. Es wird ein Überblick über den internationalen Status quo präsentiert und die Aktivitäten bzw. Ergebnisse der Forschungsgruppen um den Vortragenden demonstriert.





# Leistungsschau GMe



# Entwicklung von und Untersuchungen an Mikrofluidik-Systemkomponenten.

**F. Kohl, F. Keplinger, R. Fasching, J. Steurer, A. Jachimowicz, P. Svasek**  
**Institut für Industrielle Elektronik und Materialwissenschaften, TU Wien**

Die Integration von Mikrosensoren und Analytaufbereitung zum *Lab on Chip*-Mikrosystem erfordert die Herstellung komplexer dreidimensionaler Strukturen auf einem Chip. Die Erzeugung derartiger Mikrostrukturen mittels planarer Beschichtungs- und Photolithographieprozesse ist mit Hilfe von Photolacken auf Basis photovernetzbarer Epoxide gelungen. Da diese Lacke nach der Strukturierung gehärtet werden können, bilden sie ein ausgezeichnetes Konstruktionsmaterial für Mikrosystemkomponenten. Weitere Vorzüge dieser Lacke sind große Variabilität in der Schichtdicke und im Aspektverhältnis. Einfache dreidimensionale Gebilde sind durch Waferbonden planarer Teilstrukturen herstellbar. Die aktuellsten Entwicklungen betreffen Verfahren, die mehrlagigen Schichtaufbau mit Hohlräumen zulassen, ohne Waferbonden auskommen und auch keine Opferschichten benötigen. Das Potential der neuen Verfahren wird an Hand einer konkreten Anwendung diskutiert.

Thermische Strömungssensoren auf der Basis von Thermistoren aus amorphem Germanium, die auch in Mikrosysteme integrierbar sind, wurden über einen extrem weiten Messbereich und unter extremen dynamischen Betriebsbedingungen charakterisiert. Als Gasflussmesser kann der Sensor bei sub-mm Strömungsquerschnitten einen Messbereich von mehr als fünf Größenordnungen abdecken. Aus der Antwort des Sensors auf akustische Schockwellen konnte unter Freifeldbedingungen eine Kleinsignal-Ansprechzeit von weniger als 1 ms nachgewiesen werden.

Ein neues Verfahren zur Untersuchung des Rauschens von hochempfindlichen Thermistoren basierend auf der Korrelation spektraler Anteile des Stromrauschens wurde entwickelt. Der realisierte, computergesteuerte Messaufbau kann das Spektrum des  $1/f$  Rauschens im Bereich von 0.05 Hz bis 5 kHz direkt messen. Die Empfindlichkeit der Messanordnung ist vor allem durch die aufgewandte Messzeit limitiert und beträgt typisch  $10 \text{ nV/Hz}^{1/2}$ . Mit dieser Messanordnung kann der Einfluss von Abänderungen der Technologie sowie des Designs der Temperaturfühler untersucht und das Bauelement für spezifische Anwendungen weiter optimiert werden.

# **Rasterkapazitätsmikroskopie auf Silizium – Baulementen**

**J. Smoliner, B. Basnar, S. Golka, S. Harasek, E. Bertagnolli, E. Gornik**

**Institut für Festkörperelektronik, TU Wien**

**B. Löffler, M. Schatzmayer, H. Enichlmair**

**Austria Mikro Systeme International AG  
Schloss Premstätten, Unterpremstätten, Austria**

Durch den enormen Fortschritt in der Halbleitertechnologie besteht ein stark gesteigener Bedarf an neuen analytischen Methoden zur Prozesskontrolle und in der Fehleranalyse. Eine besonders wichtige Problematik ist hier die lokale Messung von Dotierstoffkonzentrationen in Halbleiterbauelementen mit hoher örtlicher Auflösung. Ein vielversprechendes Verfahren hierzu ist die sogenannte Rasterkapazitätsmikroskopie (Scanning Capacitance Microscopy, SCM), eine Abart der Rasterkraftmikroskopie. Bei diesen Messungen wird die Probe mit einer feinen Nadel abgetastet und simultan die Topographie und die lokale Kapazität gemessen. Aus der lokalen Kapazität zwischen Nadel und Probe kann dann die lokale Dotierstoffkonzentration im Halbleiter bestimmt werden. Ziel dieser Arbeit ist es nun, Verfahren zu entwickeln, die eine quantitativ reproduzierbare Bestimmung von lokalen Dotierstoffverteilungen im Halbleiter mit einer Ortsauflösung im Nanometerbereich ermöglichen. Zu diesem Zweck wurden auf Teststrukturen thermische Oxide mit Industriequalität hergestellt und systematisch die Abhängigkeit des Messsignals als Funktion der Messparameter (Dotierung, Oxiddicke etc.) studiert. Auf Basis dieser Daten wurden Kalibrierkurven ermittelt, die quantitative werden, um so eine Kalibrierung der Meßmethode zu ermöglichen. Erste Messungen auf Teststrukturen und Querschnitten von Transistoren zeigen, dass in der Tat auf diese Weise die zweidimensionale Dotierstoffverteilung innerhalb des Bauelements quantitativ bestimmt werden kann.

# Infrarot-Quantenkaskadenlaser

W. Schrenk

Institut für Festkörperelektronik, TU Wien

Quantenkaskadenlaser, die auf Infrarotübergängen beruhen, unterscheiden sich fundamental von Interband-Halbleiterlasern, da es zu keiner Rekombination von Elektronen aus dem Leitungsband und Löchern aus dem Valenzband kommt. Bei Quantenkaskadenlasern steht nur ein Typ von Ladungsträgern, üblicherweise Elektronen, zur Verfügung. Die Elektronen gehen auch durch Photonen-Emission nicht verloren, da der strahlende Übergang innerhalb des Leitungsbandes stattfindet. Daher kann durch einfache Kaskadierung die Lichtverstärkung erhöht werden.

Innerhalb der Grenzen der Bandkantsprünge der verwendeten Materialien ist die Laserwellenlänge einstellbar, unabhängig von der Bandlücke der verwendeten Materialien. Die erste Demonstration eines elektrisch gepumpten Quantenkaskadenlasers erfolgte 1994 im Materialsystem InGaAs/InAlAs, das gitterangepasst auf InP aufgebracht werden kann. Seit 1998 gibt es auch Quantenkaskadenlaser im Materialsystem GaAs/AlGaAs. Diese neuartigen Laser wurden kontinuierlich verbessert (Raumtemperaturbetrieb, Dauerstrichbetrieb), und der Wellenlängenbereich wurde wesentlich verbreitert – bis zum heutigen Tage kann nur durch Schichtdickenanpassung praktisch jede beliebige Wellenlänge zwischen zirka 3.5  $\mu\text{m}$  und 24  $\mu\text{m}$  eingestellt werden.

Für die Gasanalyse sind schmalbandige und durchstimmbare Lichtquellen erforderlich. Durch Anwendung des Konzeptes der verteilten Rückkopplung (DFB) konnten monomodige Quantenkaskadenlaser hergestellt werden. Die Emissionswellenlänge ist dabei über die Temperaturabhängigkeit des Brechungsindex kontinuierlich einstellbar. Die Technologie für die Herstellung von GaAs/AlGaAs Halbleiterstrukturen ist sehr hoch entwickelt und erlaubte daher auch die rasche Realisierung von Quantenkaskadenlasern mit Mikro-Resonatoren, gekoppelten Resonatoren und Bragg-Spiegeln.

# Bleisalz-Mikroresonatoren für das mittlere Infrarot

W. Heiß, T. Schwarzl, G. Springholz

Institut für Halbleiter und Festkörperphysik, Universität Linz, Linz

Der Spektralbereich des mittleren Infraroten ( $3 < \lambda < 30 \mu\text{m}$ ) ist für viele Anwendungen wie der Spurengasanalyse, Schadstoffüberwachung usw. von besonderem Interesse, weil innerhalb dieses Bereiches charakteristische Absorptionsbanden vieler Gase liegen. Da sich dieser Spektralbereich nahezu mit den Wellenlängen, die den Energielücken von IV-VI Halbleitern (Blei-Salzen) entsprechen, deckt, eignen sich Bleisalze besonders für die Realisierung von Lichtquellen und Detektoren für diesen Spektralbereich.

Mikroresonatoren sind optische Resonatoren bei denen zumindest eine Dimension eine vergleichbare Größe aufweist wie die Wellenlänge des Lichts. Innerhalb eines Mikroresonators wird die Intensität des Lichts um ein Vielfaches verstärkt. Dieser Effekt wird unter anderem für die Realisierung von Halbleiterlasern benutzt, für die Erhöhung des Wirkungsgrades von Leuchtdioden oder für die Erhöhung der Empfindlichkeit von Photodetektoren. Vertikale Mikroresonatoren bestehen im Wesentlichen aus zwei Spiegeln, die einen wohl definierten Abstand zueinander haben.

Wir haben mittels Molekularstrahlepitaxie aus mehreren Schichten  $\text{Pb}_{1-x}\text{Eu}_x\text{Te}$  und  $\text{EuTe}$  Spiegel hergestellt, die über einen großen Spektralbereich ein Reflexionsvermögen von mehr als 99 % aufweisen. Aus zwei solchen Spiegeln wurden Mikroresonatoren fabriziert, wobei wir die höchste jemals für einen planaren Mikroresonator demonstrierte Güte (Qualität) erzielt haben. Werden innerhalb der Mikroresonator dünne  $\text{PbTe}$  Schichten (Quantentöpfe) gewachsen, so können diese durch optisches Pumpen zur Lasertätigkeit angeregt werden. Wir haben Laseremission für Wellenlängen zwischen 3 und 6  $\mu\text{m}$  demonstriert. 6  $\mu\text{m}$  ist dabei die längste Wellenlänge, die jemals mit einem vertikal emittierenden Laser erzielt worden ist. Während dieses Bauteil nur bei tiefen Temperaturen funktioniert und mit flüssigem Helium gekühlt werden muss, können anderen Bauelemente, die bei 3  $\mu\text{m}$  emittieren, auch bei Raumtemperatur betrieben werden. Im Detail haben wir Laseremission bei 3.2  $\mu\text{m}$  bis zu einer maximale Betriebstemperatur von 65 °C erzielt.

Interessante Perspektiven ergeben sich, wenn  $\text{PbSe}$  als Laser-aktives Material innerhalb der Bleisalz-Mikroresonatoren gewachsen wird. Das  $\text{PbSe}$  organisiert sich nämlich selbst zu pyramidenförmigen Inseln, die im  $\text{PbEuTe}$  korreliert, das heißt mit streng definierten Abständen zueinander, wachsen. Die Verwendung solcher Inseln in Halbleiterlasern sollte zur Verringerung der zur Lasertätigkeit minimal benötigten Pumpleistung führen. Für einen vertikal emittierenden Laser, der  $\text{PbSe}$  Quantenpunkte enthält, haben wir stimulierte Emission nachgewiesen, und mit Hilfe von temperaturabhängigen Messungen das Verstärkungsspektrum bestimmt.

# SiGeC for HBT Applications

D. Gruber, M. Mühlberger, M. Schatzmayr<sup>1</sup>, F. Schäffler

Institut für Halbleiterphysik, Johannes Kepler Universität Linz

<sup>1</sup>Austria Mikro Systeme International AG, Unterpremstätten

Si/SiGe heterostructures are presently phased into large scale production of high performance analog and mixed signal integrated circuits. The performance gain especially of the high frequency behavior is facilitated by the narrow gap SiGe base layer in the SiGe heterobipolar transistor (HBT). In order to integrate SiGe HBT with standard analog and digital Si circuits several limitations and thermal budget considerations regarding standard silicon technologies have to be addressed. The most important topics are:

i) The lattice mismatch between Si and  $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$  lead to a critical thickness for strain-relaxation by misfit dislocation nucleation, which limits the accessible composition range of the base. Therefore most manufacturers adopted a drift transistor concept with a graded Ge profile in the base to limit the strain, while simultaneously introducing a drift field in the neutral base layer. The alternative would be the usual (“true”) HBT with a box-like Ge profile, which allows for much thinner base layers and thus faster base transit times.

ii) The desired high boron doping levels of the p-type base layer are prone to transient enhanced diffusion (TED) upon thermal activation of the emitter implant. A ternary  $\text{Si}_{1-x-y}\text{Ge}_x\text{C}_y$  base layer with a carbon concentration of a few tenth of an atomic percent has been shown to strongly suppress TED, but introduces C, with its propensity for complex formation.

In this contribution the basic design criteria for integration-suited SiGe HBTs are critically reviewed, and the benefits and potential limitations of a ternary base are discussed. Special emphasis is put on TED of both boron and carbon.

# HF-Radarsysteme

## Ch. Diskus

### Institut für Mikroelektronik, Johannes Kepler-Universität Linz

Die Mikrowellentechnik erschließt mit industriellen Entwicklungen immer mehr Anwendungsfelder abseits der bekannten Einsatzgebiete wie Wehrtechnik bzw. Luft- und Raumfahrt. Durch die großen Vorteile von Mikrowellen, wie die Unempfindlichkeit gegenüber Druck, Temperatur und Staub, ergeben sich ideale Einsatzmöglichkeiten in rauen Industrieumgebungen. Mit der Verwendung integrierter Mikrowellenmodule werden Messsysteme auch wirtschaftlich interessant, obwohl der Durchbruch zur Massenware noch nicht vollzogen ist.

Die aktuellen Forschungsaktivitäten am Institut für Mikroelektronik beschäftigen sich nicht so sehr mit kostengünstigen Sensoren für hohe Stückzahlen, sondern mit speziellen industriellen Aufgabenstellungen wie beispielsweise extremer Genauigkeit.

Ziel des präsentierten Projekts war die Realisierung eines Abstandsmesssystems für eine Messdistanz von ungefähr 0,5 m mit einer Genauigkeit im Sub-Millimeterbereich. Da es sich um ein Füllstandsmesssystem in einem geschlossenen metallischen Behälter handelt, war die Frequenzwahl nicht auf die ISM-Bänder eingeschränkt. Der Füllstand soll mit Hilfe eines Regelkreises konstant gehalten werden, weshalb eine hohe Messgeschwindigkeit wichtig ist.

Es wurde der Prototyp eines Mikrowellenradars bei 35 GHz entwickelt. Diese Frequenz stellt einen guten Kompromiss zwischen Messgenauigkeit und Kosten dar. Manche Bauelemente sind in diesem Frequenzbereich noch nicht kommerziell erhältlich. Die geforderte Genauigkeit ist nur durch die Kombination zweier Betriebsarten erzielbar, nämlich einer Grobmessung nach dem FM-CW-Prinzip (lineares Wobbeln der Frequenz) und einer Feinmessung durch Phasenauswertung bei konstanter Frequenz.

Prinzipiell gibt es zwei Möglichkeiten, ein hochgenaues Radarsystem zu realisieren: Der konventionelle Weg ist der Einsatz einer hochstabilen und damit teuren Signalquelle. Dabei ist nicht nur die Frequenzstabilität wichtig, sondern auch die Möglichkeit, einen perfekt linearen Sweep für die FM-CW-Messung zu erzeugen. Im Prototyp wird stattdessen ein preisgünstiger Gunnoszillator verwendet, dessen Frequenz mit Hilfe einer Varaktordiode im Bereich von 34,1 GHz bis 36,1 GHz verstimmbar werden kann. Die geforderte Genauigkeit wurde durch den Einsatz eines extrem schnellen Frequenzzählers und einer Regelschleife erreicht. Details des Frequenzzählers wurden im GMe-Bericht 1999 präsentiert.

Der Empfangsteil des Radars ist ein sogenanntes Sechstor, ein modernes Schaltungskonzept, das gegenwärtig noch nicht allgemein Verwendung findet, jedoch aufgrund seiner Flexibilität und Einfachheit große Vorteile bietet.

Der entwickelte Prototyp erlaubt die Entfernungsmessung mit einer Genauigkeit von 0,1 mm bei einer Stabilität des Messwerts von 0,01 mm, die Messrate ohne Frequenzmessung beträgt 6  $\mu$ s. Eine Frequenzmessung mit 20 bit Auflösung benötigt 120  $\mu$ s.

# Simulation und Schaltungsentwurf



# Simulation von Bauelementen und Schaltungen für hohe Frequenzen

T. Grasser und S. Selberherr

Institut für Mikroelektronik, TU Wien

Die rasanten Fortschritte in der Halbleitertechnologie ermöglichen die Herstellung immer kompakter werdende Schaltungen mit immer größer werdender Leistungsfähigkeit. Die immer kleineren und schnelleren Bauelemente erhöhen die Anforderungen an die Simulationswerkzeuge. Ein genaues Erfassen und Verstehen des elektrischen Verhaltens wird immer schwieriger, da mit zunehmender Miniaturisierung nichtlokale Effekte, zwei- und dreidimensionale Effekte, Quantisierungseffekte und andere parasitäre Effekte zunehmend an Bedeutung gewinnen. War vor einem Jahrzehnt noch das klassische Drift-Diffusions-Transportmodell für die Beschreibung der wichtigsten Bauelemente ausreichend, so dringen moderne Bauelemente in Bereiche vor, in denen kompliziertere Modelle wie etwa das hydrodynamische Transportmodell benötigt werden. Während die Standard-CMOS-Technologie für Transistoren mit Gatelängen größer als ein Viertel Mikrometer bereits relativ gut verstanden wird, eröffnen sich hier zahlreiche Probleme bei fortschreitender Miniaturisierung. Besonders die für die Hochfrequenztechnik wichtigen Bauelemente wie Silizium-Germanium und Gallium-Arsenid basierte Heterostruktur Bipolar Transistoren (HBTs) und Heterofeldeffekt Transistor (HEMTs) erfordern ein detailliertes Verständnis der maßgeblichen Physik. Da der Entwurf von Kompaktmodellen für diese Bauelementklasse schwierig und langwierig ist, werden verstärkt numerische Simulationen benötigt. Diese sind auch im Hinblick auf eine Optimierung der zugrundeliegenden Bauelementgeometrien und Dotierungsprofilen unumgänglich. Um ein realistisches Bild vom Verhalten der Bauelemente in realen Schaltungen zu gewinnen, ist eine verkoppelte Bauteil- und Schaltungssimulation von höchstem Interesse. Zu diesem Zweck werden kleinere Schaltungen wie Ringoszillatoren und Operationsverstärker untersucht. Die gewonnenen Daten erlauben eine gezielte Optimierung der gewünschten Bauelementeigenschaften. Besonders im Hinblick auf die bei hohen Frequenzen betriebenen, stark miniaturisierten Bauelementen ist der Einfluss der Verdrahtungsstrukturen nicht mehr vernachlässigbar. Aus der Verdrahtungsstruktur resultierende parasitäre Kapazitäten, Widerstände und auch induktive Kopplungen bestimmen zunehmend das Verhalten moderner und zukünftiger Technologien. Passende Kompaktmodellparameter zur Modellierung dieser Effekte können mit einfachen analytischen Methoden nur unzureichend extrahiert werden. Deshalb wird auch in diesem Fall vermehrt auf numerische Simulation gesetzt.

# Systemsimulation und Messungen an hochauflösenden Sigma-Delta Modulatoren

P. Söser

Institut für Elektronik, TU Graz

Sigma-Delta (SD) Modulatoren stellen den wesentlichen Bestandteil von monolithisch integrierten SD-Analog/Digital-Umsetzern (SD-ADU) dar. Es gibt eine Vielfalt von Realisierungsvarianten für solche Modulatoren. Kriterien für die Auswahl sind neben der Komplexität vor allem die gewünschte Auflösung und die maximal umsetzbare Signalfrequenz. Eine Erhöhung der Auflösung erfordert eine Erhöhung der Ordnung des SD-Modulators. Mit einfachen Mitteln kann für eine derartige Architektur aber keine Aussage über die tatsächlichen Eigenschaften gemacht werden. Es bedarf einer Simulation auf Systemebene um eine Charakterisierung vornehmen zu können. Dabei ist es notwendig, die in der Realität vorhandenen Nichtidealitäten der verwendeten Funktionsblöcke (Kondensatoren, Schalter, Operationsverstärker, Komparatoren etc.) mit zu berücksichtigen.

Am Institut für Elektronik der TU Graz wurde in einer Diplomarbeit, die in Zusammenarbeit mit der Firma Austria Mikro Systeme International AG. durchgeführt wurde, eine Modellierung dieser Nichtidealitäten erarbeitet. Sie wurde in der Simulationsumgebung MATLAB<sup>®</sup>/SIMULINK<sup>®</sup> implementiert, womit vernünftige Simulationszeiten und eine praktikable Auswertung der Ergebnisse möglich war.

Um die Brauchbarkeit der Modellierung zu untersuchen wurde ein in 0,6  $\mu\text{m}$  CMOS-Technologie realisierter Modulator 4-ter Ordnung mit einer nominellen SINAD (signal-to-noise and distortion) von 120 dB (entspricht einer Auflösung von 19,64 bit) auf Systemebene simuliert und diese Ergebnisse mit Messungen verglichen, die ebenfalls im Rahmen dieser Diplomarbeit durchgeführt wurden. Dabei konnte eine gute Übereinstimmung zwischen Simulation und Messung nachgewiesen werden.

# **Wann mi des Designbüro net vermittelt hätt - Ein Erfahrungsbericht über 10 Jahre Technologietransfer**

**N. Kerö, T. Sauter<sup>1</sup>, G. Cadek und H. Nachtnebel**

**Institut für Industrielle Elektronik und Materialwissenschaften, TU Wien**

Obwohl zahlreiche nationale und europäische Förderprogramme den industriellen Einsatz von Integrationstechnologien und damit verbunden neue Entwurfsmethoden stimulieren sollten, blieb der Erfolg in Österreich bisher hinter den Erwartungen zurück. Dieser Artikel analysiert die Gründe dafür und schlägt neue Strukturen vor, um die Situation in Zukunft zu verbessern.

---

<sup>1</sup> TU Wien, Institut für Computertechnik





Gesellschaft für Mikroelektronik  
p.Adr. Institut für Industrielle Elektronik und Materialwissenschaften  
Technische Universität Wien  
Gusshausstraße 27–29/366  
1040 Wien