

Aktivierung von implantiertem Mg in GaN

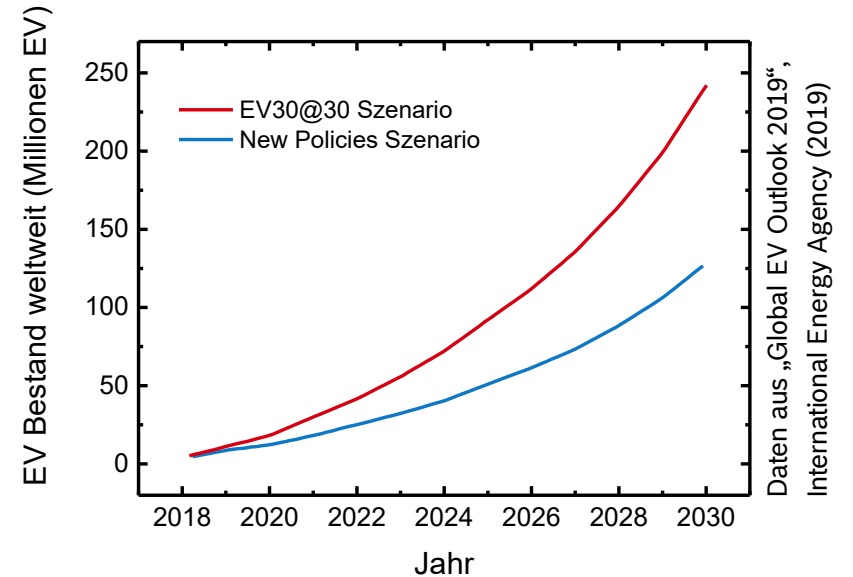
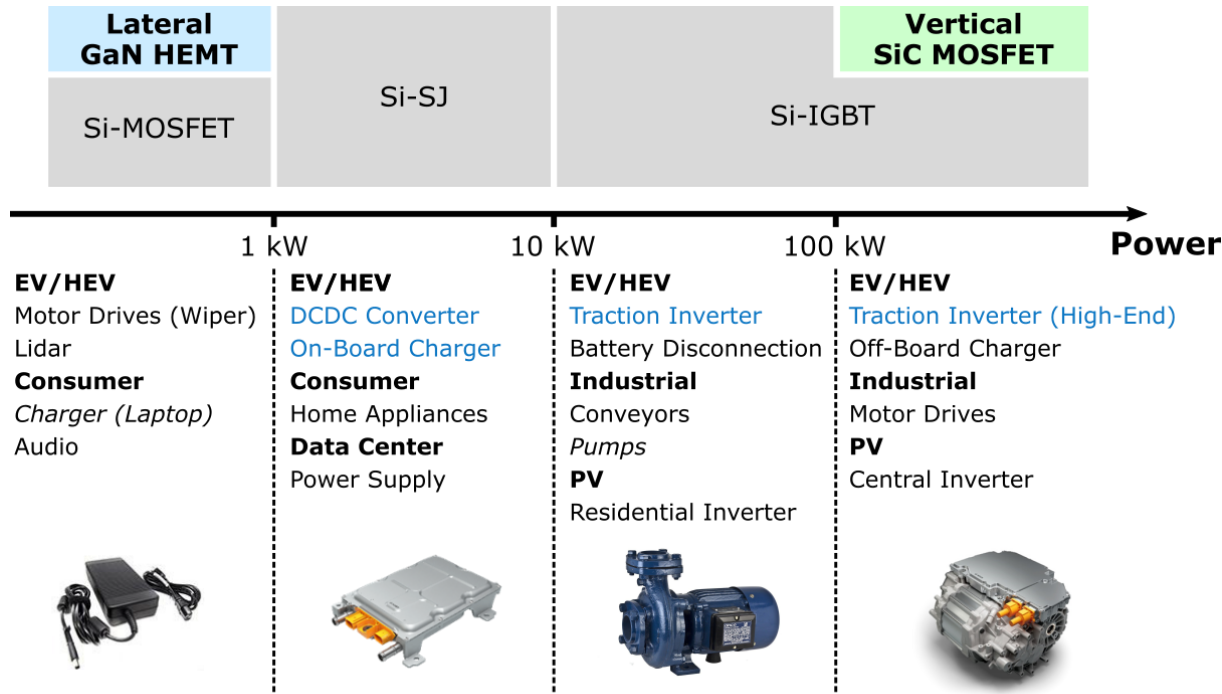
Ein zentraler Prozessschritt für neue Automotive
Leistungstransistoren

Blitzlab Symposium
Ultrakurzzeitprozessierung: Transfer in die Industrie

Dr. Christian Huber
Robert Bosch GmbH
Zentrale Forschung und Voraentwicklung
Abteilung Advanced Technologies and Micro Systems

Blitzlab Symposium

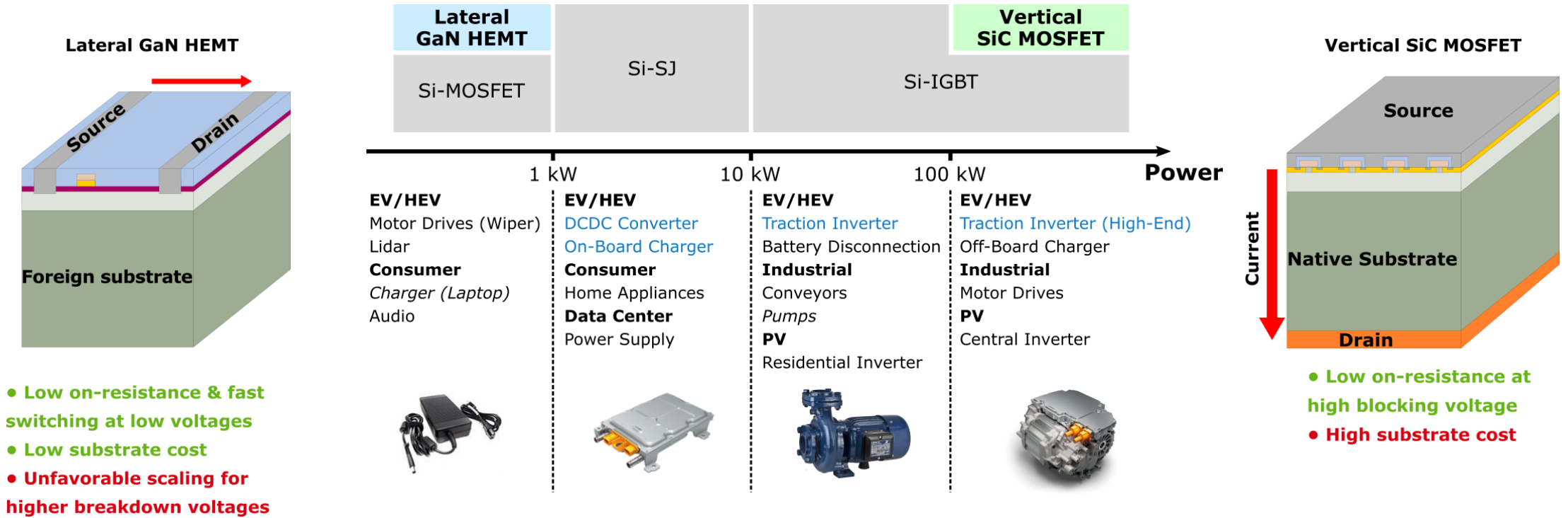
Anwendungen für vertikale GaN Leistungstransistoren



E-Mobilität bringt große Wachstumschancen für Anwendungen, die durch aktuelle laterale GaN- und vertikale SiC-Leistungstransistoren nicht bedient werden.

Blitzlab Symposium

Anwendungen für vertikale GaN Leistungstransistoren

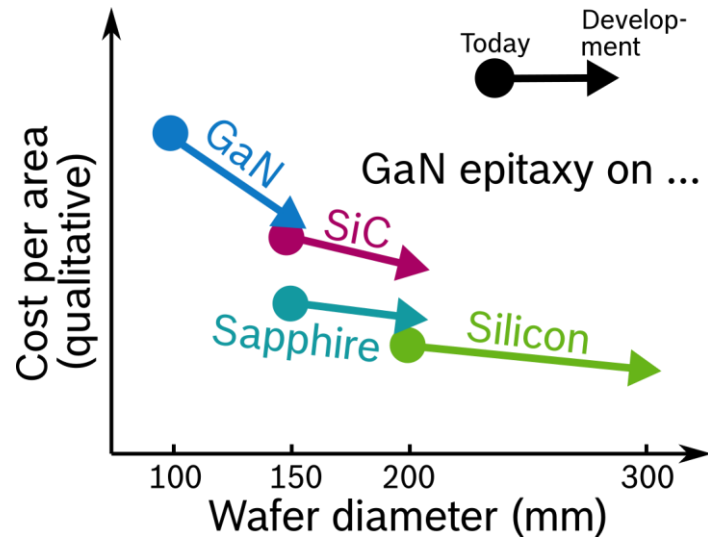


Warum gibt es noch keine vertikalen Galliumnitrid Leistungstransistoren?

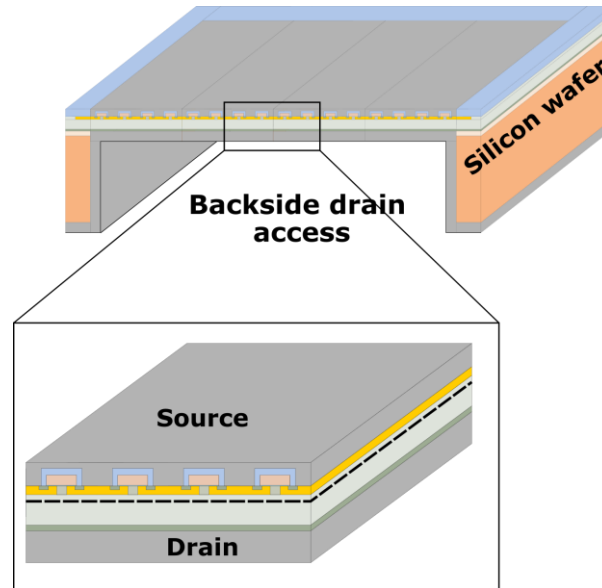
Blitzlab Symposium

Vertikale GaN Transistoren auf Fremdsubstraten

Kostenstruktur von Substraten für GaN Epitaxie



Vertikale GaN-on-Si Membrantransistoren



Wide Band Gap Power at Silicon Cost



YESvGaN.eu

@YESvGaN



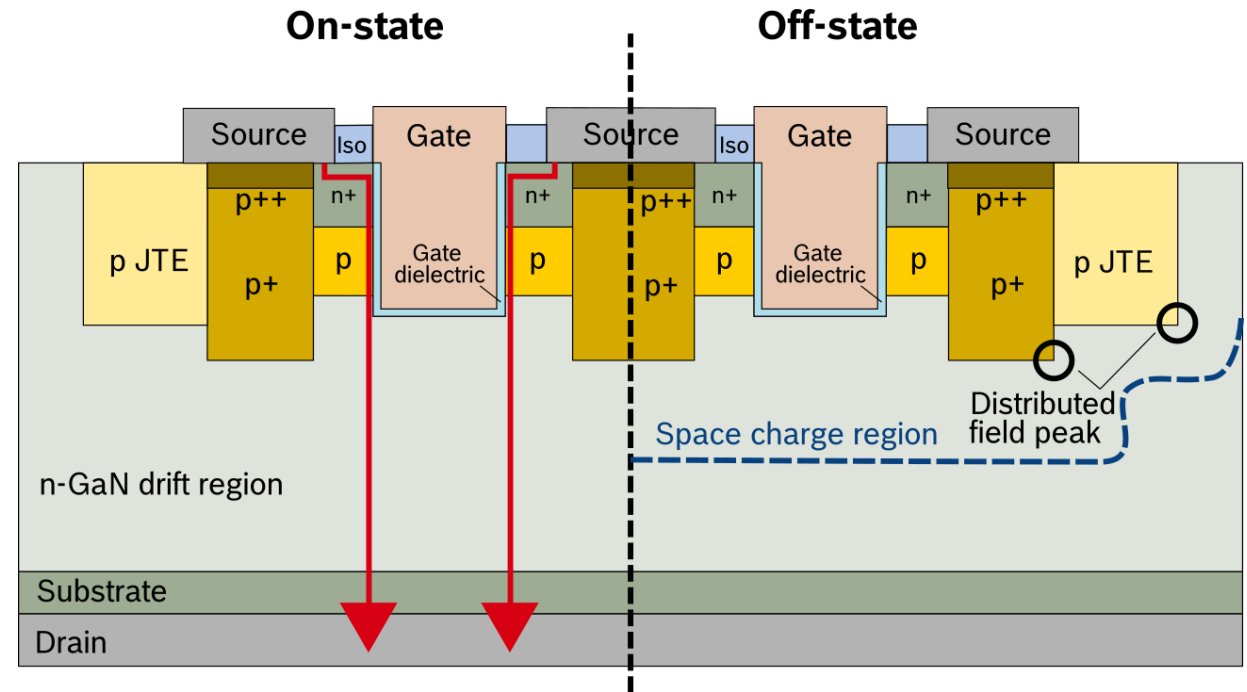
This project has received funding from the ECSEL Joint Undertaking (JU) under grant agreement No 101007229. The JU receives support from the European Union's Horizon 2020 research & innovation programme and Germany, France, Belgium, Austria, Sweden, Spain, Italy

Hetero-epitaktisches Wachstum von GaN auf Fremdsubstraten ermöglicht Kostenersparnis aber benötigt eine neue Membrantransistortechnologie für den vertikalen Stromfluss.

Blitzlab Symposium

Ortsselektive Implantation für Leistungs-MOSFETs

- ▶ N+ Source (flach < 300 nm, $\geq 10^{19} \text{ cm}^{-3}$)
→ Stromeinspeisung in den Transistor
- ▶ P-Kanal (500 – 800 nm, $\approx 10^{17} - 10^{18} \text{ cm}^{-3}$)
→ beeinflusst Schaltverhalten über Schwellspannung und Kanalmobilität
- ▶ P+ Screen (tiefer als p-Kanal, $> 10^{18} \text{ cm}^{-3}$)
→ definiert pn- Diode im Sperrfall
- ▶ P+ Kontakt (oberflächlich, $\geq 10^{19} \text{ cm}^{-3}$)
→ erleichtert Ankontaktierung Kanal/Screen
- ▶ P-Randabschluss ($< 10^{18} \text{ cm}^{-3}$)
→ reduziert elektrische Feldpeaks am Transistorrand



Dotierelemente für GaN: Si → n-GaN, Mg → p-GaN

Vertikale GaN MOSFETs benötigen ortsselektive Implantation und Aktivierung von Silizium und Magnesium in einem breiten Konzentrationsbereich.

Blitzlab Symposium

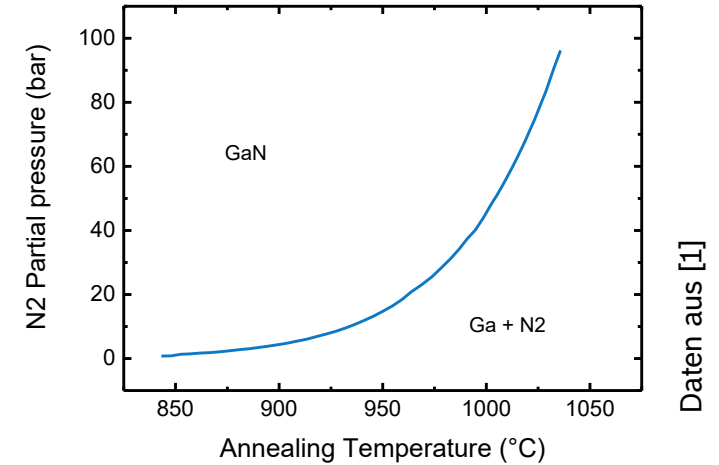
Herausforderungen bei der Aktivierung von implantiertem Mg

Grundproblem

- ▶ Effiziente Aktivierung bei $\sim 2/3$ der Schmelztemperatur
→ 1400 °C – 1500 °C für GaN
- ▶ GaN Oberfläche zersetzt sich in Ga + N₂ bei ~ 850 °C und Atmosphärendruck
 - ▶ Degradation der Oberfläche
 - ▶ Stickstofffehlstellen als Donatoren kompensieren Mg Akzeptoren
- ▶ Diffusion von Mg bei hohen Temperaturen + langen Prozesszeiten

Speziell für GaN-Heteroepitaxie auf Fremdsubstraten

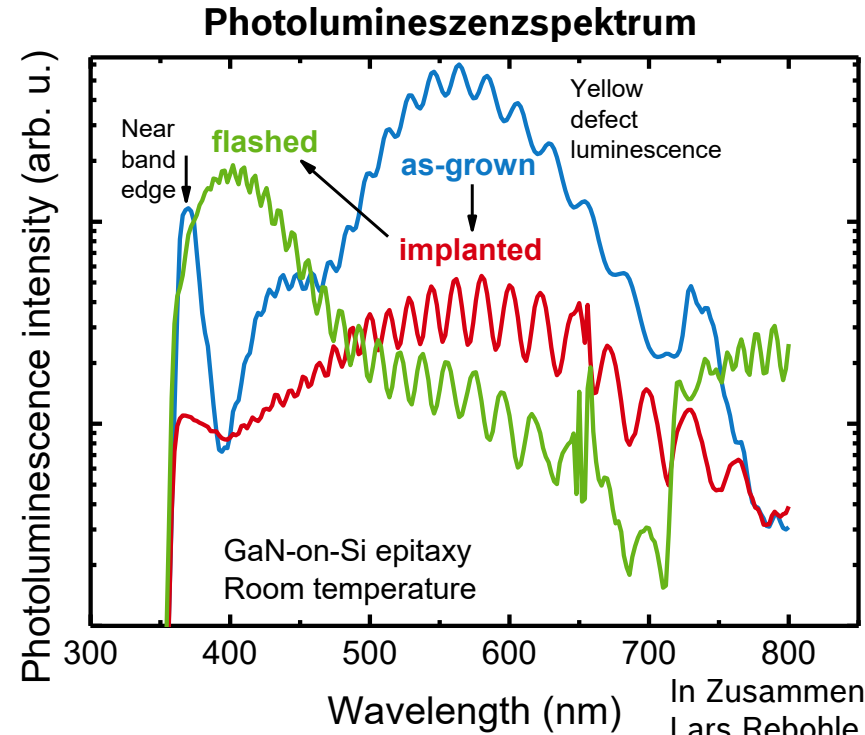
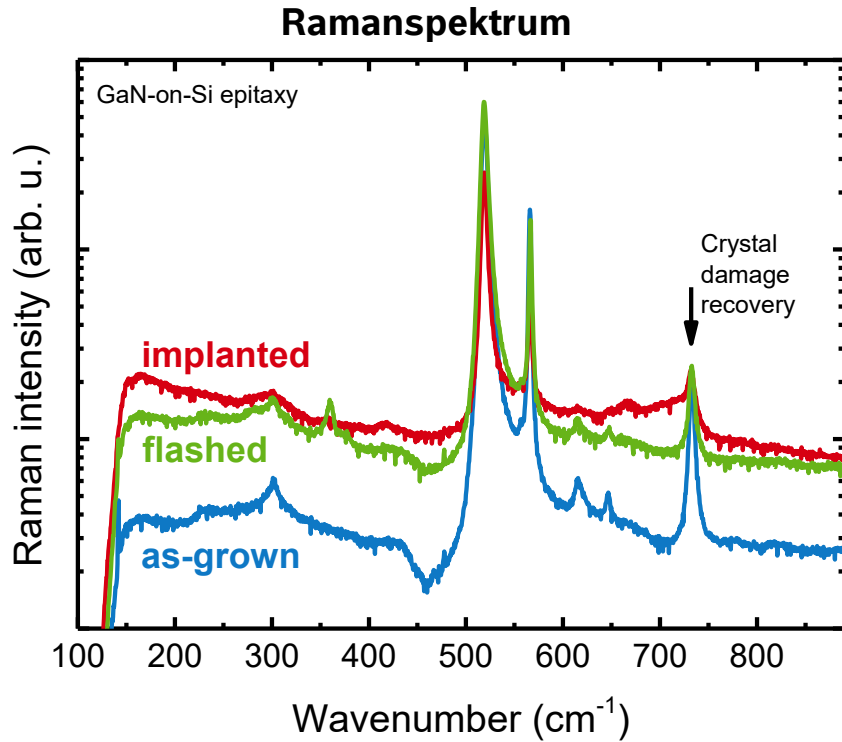
- ▶ CTE-Mismatch zwischen GaN und Fremdsubstrat → Waferbow/Waferbruch bei hohen Aktivierungstemperaturen
- ▶ Schmelzpunkt Substrat (Silizium ~ 1400 °C)
- ▶ Höhere Defektdichte in Epitaxie → zusätzliche Diffusionsmechanismen



Subs.	GaN	Si(111)	Sapphire	SiC
CTE (ppm/K)	5,59	2,59	7,5	4,2
CTE mismatch	-	54%	-34%	25%

Daten aus [2]

Berichte über erfolgreiche Mg Aktivierung gab es erst in den letzten Jahren und ausschließlich auf GaN-Substraten. Heteroepitaxie resultiert in zusätzlichen Herausforderungen.



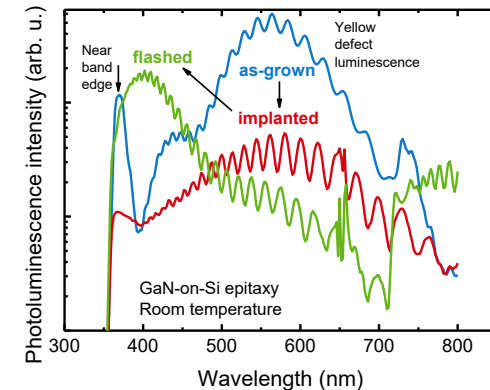
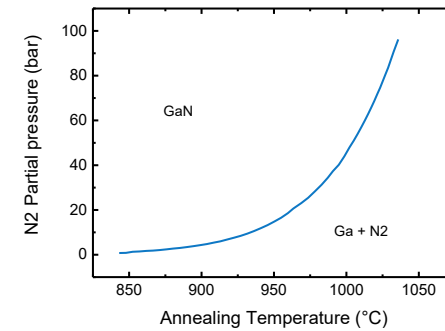
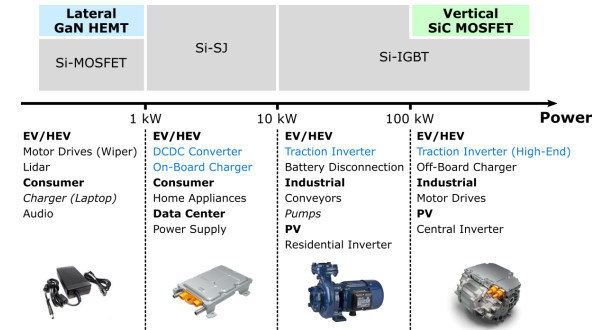
In Zusammenarbeit mit
Lars Rebohle und
Slawomir Prucnal (Blitzlab)

Blitzlampenausheilung von GaN-on-Si nach Implantation zeigt eine deutliche Wiederherstellung der Kristallstruktur sowie zusätzliche Lumineszenz unterhalb der Bandlücke als ersten Schritt zur Implantaktivierung.

Blitzlab Symposium

Zusammenfassung

- ▶ Hohes Wachstumspotential für Wide Band Gap Leistungselektronik durch E-Mobilität
- ▶ GaN für Automotive Anwendungen benötigt vertikale Transistorarchitekturen und hierfür ortselektive Implantation
- ▶ Problem I: Hohe GaN-Substratkosten bei kleinen Substraten
→ Mögliche Lösung: Heteroepitaxie auf günstigen Substraten
- ▶ Problem II: Aktivierung von implantiertem Magnesium nicht industriell verfügbar
→ Mögliche Lösung: Ultrakurzzeitprozessierung
- ▶ Ausheilung von Kristallschäden für GaN auf Silizium durch die Blitzlampe mittels Photolumineszenz- und Ramanspektroskopie bestätigt



Danke für Ihre Aufmerksamkeit

Dr. Christian Huber
Robert Bosch GmbH
Zentrale Forschung und Voraentwicklung
christian.huber3@de.bosch.com

**Shape tomorrow's future
and be part of innovative
sensing solutions at
Bosch.
Apply now!**



Bosch Automotive Electronics



Bosch Sensortec



Bosch Corporate Research