

SiC-char

Elektrische Charakterisierung der Degradation von SiC-Grenzflächenzuständen bei GSI und BTI in SiC power MOSFETs

Programm / Ausschreibung	FORPA, Forschungspartnerschaften NATS/Ö-Fonds, InDiss FZOE 2022	Status	laufend
Projektstart	01.02.2026	Projektende	31.01.2029
Zeitraum	2026 - 2029	Projektaufzeit	36 Monate
Keywords	SiC; power MOSFET; gate-switching-instability (GSI); Grenzflächenzustände		

Projektbeschreibung

Die geplante Dissertation wird an der KAI GmbH, einer 100%igen Tochter von Infineon Technologies Austria, durchgeführt und fokussiert sich auf die Erforschung und elektrische Charakterisierung von Siliziumkarbid (SiC) MOSFETs, insbesondere im Hinblick auf die Gate-Switching Instabilität (GSI). Die daraus resultierenden optimierten SiC MOSFETs spielen eine zentrale Rolle bei der Effizienzsteigerung und Energieeinsparung in verschiedenen zukunftsweisenden Technologiefeldern. Dazu zählen unter anderem Elektrofahrzeuge, Photovoltaikanlagen, Windenergieanlagen sowie der Transport auf der Schiene. In all diesen Anwendungsgebieten ermöglichen zuverlässige und langlebige SiC-basierte Schaltbauelemente eine effiziente Umwandlung und Nutzung elektrischer Energie, wodurch beträchtliche Einsparungen beim Energieverbrauch und bei den Emissionen erzielt werden.

Im Rahmen dieser Dissertation werden grundlegende Mechanismen der Degradation von SiC MOSFETs erforscht und praxisnahe Lösungsansätze zur Minimierung dieser Alterungsprozesse entwickelt. Durch die erzielte Verringerung der Degradation ist es möglich, die Fertigung dieser Halbleiterbauelemente kosteneffizienter und ressourcenschonender zu gestalten. Gleichzeitig steigt die Zuverlässigkeit der Komponenten, sodass sie über lange Zeiträume hinweg in kritischen Anwendungen eingesetzt werden können, die eine nachhaltige Energiewende maßgeblich unterstützen.

Konkret werden in dieser Dissertation verschiedenartig prozessierte MOSFETs hinsichtlich ihrer Elektrolumineszenz charakterisiert, um die Einflüsse unterschiedlicher Fertigungsprozesse systematisch zu vergleichen. Ein wesentlicher Arbeitspunkt ist die Analyse der Temperaturabhängigkeit von BTI und GSI, wobei durch gezielte Variation der Umgebungstemperatur untersucht und modelliert werden. Zudem werden der Einfluss unterschiedlich angewandter Prozesse und die Zusammenhänge zwischen sub-threshold-sweep Hysterese und GSI systematisch untersucht.

Die Modellierung erfolgt sowohl auf makroskopischer als auch atomarer Ebene. Mittels des MOS-Simulators "Comphy" des Instituts für Mikroelektronik der TU Wien werden qualitativ aussagekräftige Modelle für die beobachteten BTI- und GSI-Degradationsmechanismen erstellt. Ergänzende ab-initio-Simulationen der SiC/SiO₂-Grenzfläche bieten auf atomarer Ebene Einsichten in die Struktur und Defekte an der Grenzfläche, um die physikalischen Ursachen für Degradation zu verstehen. Die Ergebnisse werden sowohl intern bei KAI/Infineon Österreich als auch extern durch Publikationen verwertet. Alle wesentlichen Erkenntnisse der Dissertation werden abschließend in einer umfassenden Doktorarbeit dokumentiert. Das Projekt profitiert von einem erfahrenen Team mit tiefgehender Expertise in SiC MOSFETs, fortgeschritten elektrischer

Charakterisierung und Simulationskompetenz.

Für die praktische Durchführung steht eine leistungsfähige technische Infrastruktur bereit: Die Prozessanlagen der Innovation-FAB Infineon Villach ermöglichen die Herstellung von Mustern und Demonstratoren, während das Device Physics Labor der KAI GmbH mit halbautomatischen und manuellen Probe Stations, einer kryogenen Probe Station und einem optischen Kryostaten alle nötigen Mess- und Analysebedingungen bietet.

Der Beitrag dieser Dissertation unterstützt den Übergang zu einer klimafreundlichen Industrie und Infrastruktur und steht somit im Einklang mit den Zielen für nachhaltige Entwicklung.

Abstract

The planned dissertation project will be carried out at KAI GmbH, a 100% subsidiary of Infineon Technologies Austria, and will focus on the research and electrical characterization of silicon carbide (SiC) MOSFETs, with particular emphasis on gate-switching-instability (GSI). The resulting optimized SiC MOSFETs play a central role in improving efficiency and saving energy in various forward-looking technology fields, including electric vehicles, photovoltaic systems, wind energy installations, and rail transport. In all these areas, reliable and durable SiC-based switching devices enable the efficient conversion and use of electrical energy, resulting in substantial reductions in energy consumption and emissions. This dissertation investigates the fundamental degradation mechanisms of SiC MOSFETs and develops practical approaches to minimize these aging processes. By achieving reduced degradation, the production of these semiconductor devices can become more cost-effective and resource-efficient. At the same time, component reliability increases, allowing long-term use in critical applications which are essential for supporting the transition to sustainable energy. Specifically, the dissertation will characterize MOSFETs processed by different methods in terms of electroluminescence, systematically comparing the effects of diverse manufacturing processes. A key aspect is the analysis of the temperature dependence of BTI and GSI, which will be investigated and modeled by targeted variation of the ambient temperature. Additionally, the influence of different processes and the interrelation between sub-threshold sweep hysteresis and GSI will be systematically explored. Modeling is performed both on macroscopic and atomic levels. Using the MOS simulator "Comphy" developed at the Institute for Microelectronics at TU Wien, qualitative models for BTI and GSI degradation mechanisms will be developed. Complementary ab-initio simulations of the SiC/SiO₂ interface will provide atomic-level insights into the structure and defects at the interface to understand the physical causes of degradation.

Results will be used both internally by KAI/Infineon Austria and externally through publications. All major findings will be documented in a comprehensive doctoral thesis. The project benefits from an experienced team with deep expertise in SiC MOSFETs, advanced electrical characterization, and simulation competence. State-of-the-art technical infrastructure is available for practical implementation: The process facilities at Innovation-FAB Infineon Villach enable the production of samples and demonstrators, while the Device Physics Laboratory at KAI GmbH—with semi-automatic and manual probe stations, a cryogenic probe station, and an optical cryostat—provides all essential conditions for measurement and analysis. The outcomes of this dissertation will support the transition to climate-friendly industry and infrastructure and are fully aligned with the sustainable development goals.

Projektpartner

- KAI Kompetenzzentrum Automobil- und Industrieelektronik GmbH