

Gräben reduzieren den elektrischen Widerstand

Argovia-Projekt bestätigt theoretischen Ansatz

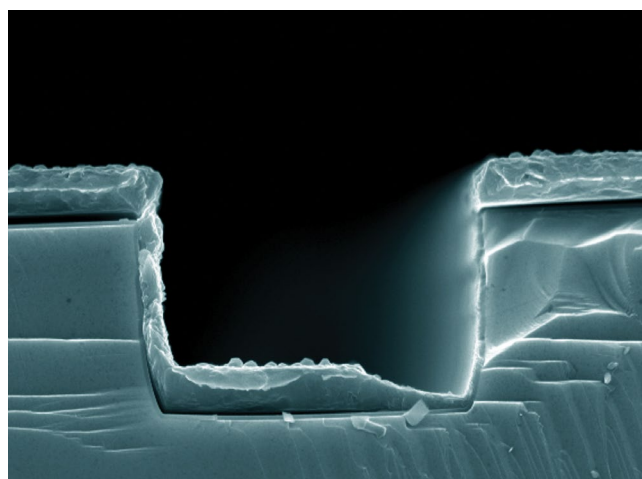
Im Nano-Argovia-Programm unterstützt das SNI angewandte Forschungsprojekte zwischen akademischen Forschungseinrichtungen aus der Nordwestschweiz und der Industrie. Forschende des CSEM in Muttenz, des Paul Scherrer Instituts (PSI), der Universität Basel sowie des Konzernforschungszentrums der ABB haben in einem solchen erfolgreichen Argovia-Projekt einen neuartigen Transistortyp für leistungselektronische Anwendungen untersucht und optimiert. Dieser Transistor soll auch bei hohen Stromstärken und Spannungen einsetzbar sein und könnte bessere Eigenschaften aufweisen als heutige kommerziell verfügbare Produkte.

Steigender Energiebedarf erfordert neue Elektronik

Wir leben in einer Zeit mit einem ständig steigenden Energiebedarf, wobei ein zunehmender Teil durch erneuerbare Energien zur Verfügung gestellt werden soll. Das stellt die Anwendung und die Wissenschaft vor neue Herausforderungen. Strom, der beispielsweise in Offshore-Windparks generiert wird, muss effizient und ohne signifikante Verluste über weite Strecken transportiert werden. Durch Windkraft- oder Solaranlagen wird Wechsel- oder Gleichstrom mit relativ geringer Spannung produziert. Für den Transport wird allerdings ein Wechselstrom mit 50Hz und hoher Spannung benötigt. «Für derartige Umwandlungen ist eine besondere Leistungselektronik erforderlich, die auch bei hohen Stromstärken und Spannungen eingesetzt werden kann», erläutert Dr. Holger Bartolf vom ABB Konzernforschungszentrum, der das Projekt initiierte. Die Nordwestschweiz ist mit dem Konzernforschungszentrum der ABB im Kanton Aargau und Experten vom CSEM, des PSI und der Universität Basel bestens gerüstet, entscheidend zu der Entwicklung neuer Technologien in diesem wichtigen Bereich beizutragen.

Siliziumkarbid könnte Silizium ersetzen

Ein effektiver Leistungsumwandler benötigt eine Vielzahl von digitalen Schaltvorgängen. Jeder dieser Schalter wechselt zwischen einem OFF-Zustand und einem ON-Zustand. Bei einem idealen Schalter fliesst im OFF-Zustand kein Strom oder nur ein sehr kleiner Leckstrom. Im ON-Zustand dagegen fliesst viel Strom mit einem möglichst geringen Widerstand. Wichtig ist ebenfalls, dass der Umschaltvorgang so schnell wie möglich abläuft, damit die einhergehenden Schaltverluste so klein wie möglich gehalten werden können.



MOSFETs mit mikroskopisch kleinen u-förmigen Gräben liefern vielversprechende Ergebnisse.

Heute werden vor allem Metall-Oxid-Halbleiter-Feldeffekttransistoren (MOSFETs/IGBTs) als Schalter eingesetzt. «Zurzeit dominieren dabei Halbleiter auf Silizium-Basis, jedoch erscheint Siliziumkarbid (SiC) Wissenschaftlern weltweit eine energieeffiziente Alternative zu sein», sagt Holger Bartolf. Die Eigenschaften von Siliziumkarbid erlauben es, kleinere Umwandler zu bauen, die einfacher gekühlt werden können und im OFF-Zustand weniger elektrische Leistung durch Leckströme verbrauchen. Allerdings besitzen Siliziumkarbid-Schalter höhere Widerstände im ON-Zustand, so dass die Leitungsverluste grösser sind als bei Silizium-Halbleitern. Diese Widerstände sind auf Defekte in der Grenzschicht zwischen Siliziumkarbid und Siliziumdioxid (SiO₂)

zurückzuführen, an der sich unter bestimmten Bedingungen ein elektronisch kontrollierbarer, leitender Kanal ausbildet. Das Siliziumdioxid fungiert hierbei als Isolator zwischen der steuernden Gate-Elektrode und dem Halbleiter.

Herstellung ist aufwendig

Die Forschenden im Argovia-Projekt «NanoSiCTrenchFet» unter Leitung von Dr. Marc Schnieper vom CSEM in Muttenz untersuchten nun MOSFETs mit mikroskopisch kleinen u-förmigen Gräben, um das Problem der geringeren Mobilität der Elektronen im SiO_2/SiC -Kanal zu lösen. «Wir haben den Herstellungsprozess dieser speziell strukturierten Halbleiter untersucht und optimiert», erläutert Marc Schnieper. Gegenüber planaren MOSFETs ist die Herstellung dieser speziell strukturierten MOSFETs deutlich komplexer und aufwendiger. «Dabei kommt es auf die genaue Form und Tiefe der Gräben an und auch ihre Rauigkeit ist für die Eigenschaften entscheidend», ergänzt Professor Jens Gobrecht, in dessen Labor am PSI die Fabrikation erfolgte.

Simulationen wurden bestätigt

Die beteiligten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des CSEM, des PSI, der Universität Basel und von ABB charakterisierten zudem das elektronische Schaltverhalten dieser neuen Transistoren und verglichen deren Eigenschaften mit denen planarer MOSFETs. Theoretische Simulationen hatten einen geringeren Widerstand vorhergesagt und mit den Experimenten des letzten Jahres konnte dies bestätigt werden. «Die Verbesserung von Transistoren ist eine enorm wichtige Herausforderung für uns», bemerkt Professor Ernst Meyer von der Universität Basel. «Heutzutage werden weltweit bereits mehr Transistoren täglich produziert als Reiskörner. Daher haben kleinste Verbesserungen ihres Energieverbrauchs global gesehen enorm grosse Auswirkungen.»