

Crystal Gate

Crystalline Fluorides for Advanced Gate Dielectrics

Programm / Ausschreibung	Kooperationsstrukturen, Kooperationsstrukturen, Bridge Ausschreibung 2023	Status	laufend
Projektstart	01.02.2025	Projektende	31.01.2028
Zeitraum	2025 - 2028	Projektlaufzeit	36 Monate
Keywords	Molecular beam epitaxy, MOSFET, spectroscopy, electrical characterization		

Projektbeschreibung

Der steigende Bedarf an Rechenleistung, z. B. für künstliche Intelligenz, fördert die Forschung an energieeffizienter Elektronik und neuen Materialien für elektronische Bauelemente. Der Feldeffekttransistor (FET) ist das Herzstück der moderner Elektronik. Ein Bereich, in dem Verbesserungen für FETs erforderlich sind, sind zuverlässige Gate-Dielektrika für FETs mit einer hohen statischen Dielektrizitätskonstante k , einer hohen Bandlücke und einer hohen Durchbruchfeldstärke. Darüber hinaus muss das Dielektrikum stabil gegenüber den hohen Temperaturen bei der Herstellung der Bauelemente und der Möglichkeit des Wachstums auf verschiedenen Halbleitern sein. Ein beliebtes Dielektrikum mit einem hohen k ist z. B. HfO_2 , das jedoch bereits bei einer Erwärmung über 400 C rekristallisiert und sogenannte Pinholes bildet, die einen Leckstrom durch das Dielektrikum verursachen. Daher ist HfO_2 mit vielen Prozessschritten, die eine Hochtemperatur-Temperung über 400 C erfordern, nicht kompatibel. Auch bei anderen häufig verwendeten Dielektrika gibt es Probleme hinsichtlich einer zu geringen Bandlücke oder Dielektrizitätskonstante.

Um diese Probleme zu lösen, schlagen wir in diesem Antrag die Untersuchung von Fluorid-Dielektrika für den Einsatz in Transistoren mit Si und SiC Kanälen vor. Fluoride können eine große Bandlücke in Kombination mit einer großen Dielektrizitätskonstante und einem großen Durchbruchfeld aufweisen. Dennoch können sie die hohen Temperaturen überstehen, die für viele Halbleiterherstellungsschritte erforderlich sind. CaF_2 zum Beispiel hat eine Bandlücke von 12,1 eV und eine statische Dielektrizitätskonstante von 8,4. Es kann sicher bis zu ~1000 C getempert werden und wächst epitaktisch auf Si(111). Es gibt eine große Vielfalt an Fluoriden; dies macht es wahrscheinlich, ein geeignetes Fluorid für das Wachstum auf unterschiedlichen Halbleitersubstraten zu finden. In diesem Antrag werden wir auch das Wachstum von Fluorid Dielektrika auf SiC untersuchen. SiC ist ein Material für den Gatekanal mit großer Bandlücke für „power FETs“, die bei Infineon in Villach hergestellt werden. Unser gemeinsamer Antrag stützt sich auf die führende Rolle von Infineon bei SiC power FETs und die langjährige Erfahrung der Gruppe von Prof. Grüneis in der Molekularstrahlepitaxie und Materialcharakterisierung.

Abstract

The rise in demand for computing power e.g. for artificial intelligence boosts research into energy efficient electronics and new materials for electronic devices. The field effect transistor (FET) is at the heart of modern electronics. An area where

improvement of the FET is needed, are reliable gate dielectrics for FETs with a high static dielectric constant, high band gap and a high breakdown field. Moreover, there is a requirement for the gate dielectric regarding stability against the high temperatures during device fabrication and the possibility of growth on various semiconductors. A popular high k dielectric is e.g. HfO₂, however it recrystallizes already when heated above 400 C and forms pinholes which increase the leakage current through the dielectric. Hence HfO₂ is incompatible with many processing steps that require a high temperature annealing above 400 C. There are also problems with other commonly used gate dielectrics regarding a too low band gap or dielectric constant.

In order to address these problems, we suggest the investigation of fluoride dielectrics for use in transistors with Si and SiC channels. Fluorides can have a large band gap combined with a large dielectric constant and breakdown field. Yet, they can survive the high temperatures required for many semiconductor fabrication steps. For example, CaF₂ has a band gap of 12.1 eV and a static dielectric constant of 8.4. It can safely be annealed up to ~1000 C and grows epitaxially on Si(111). There is a large variety in fluorides which makes it likely to find a suitable fluoride for growth on different semiconductor substrates. In this proposal we will also investigate growth of fluoride dielectrics on SiC which is a large band gap gate channel material for power FETs that are manufactured at Infineon in Villach. Our joint proposal is grounded firmly on the leading role of Infineon in SiC power FETs and the long-standing experience of Prof. Grüneis' group in molecular beam epitaxy and materials characterization.

Projektkoordinator

- Technische Universität Wien

Projektpartner

- Infineon Technologies Austria AG