

TrueTime

High Q-f MEMS resonators beyond Silicon's Akhiezer limit with Silicon Carbide and Polycrystalline Diamond

Programm / Ausschreibung	DST 24/26, NANO EHS 2025, Schlüsseltechnologien im produktionsnahen Umfeld, 2025	Status	laufend
Projektstart	15.07.2026	Projektende	14.07.2029
Zeitraum	2026 - 2029	Projektlaufzeit	37 Monate
Barwert der Projektförderung	€ 1.027.064		
Keywords	MEMS resonators; high Q-f product; silicon carbide; diamond; ultra low jitter		

Projektbeschreibung

Moderne Kommunikations-, Automotive-, Sensorik- und Computersysteme erfordern Timing-Bauelemente, die kompakte MEMS-Formfaktoren mit der extrem niedrigen Rauschleistung hochwertiger Quarzoszillatoren verbinden. Heutige Silizium-MEMS-Resonatoren sind jedoch grundlegend durch die Akhiezer-Phonon-Phonon-Dissipation begrenzt, die ihr Q-f-Produkt auf etwa 10^{13} Hz beschränkt und weitere Verbesserungen von Jitter und Stabilität verhindert. Dadurch entsteht eine entscheidende technologische Lücke: Bestehende MEMS-Bauelemente erreichen noch nicht die von modernen RF-, Radar- und optischen Kommunikationssystemen geforderte Rauschperformance.

Das TrueTime-Projekt adressiert diese Herausforderung durch die Untersuchung von polykristallinem Diamant (PCD) und Siliziumkarbid (SiC) als neuartige Materialien für hochqualitative MEMS-Resonatoren. Diese Materialien bieten deutlich höhere theoretische Q-f-Grenzen sowie überlegene mechanische und thermische Eigenschaften im Vergleich zu Silizium. Das Projekt zielt darauf ab, drei Resonator-Generationen zu entwickeln, zu fertigen und zu charakterisieren, unterstützt durch fortgeschrittene Materialwachstums- und Ätztechnologien sowie multi-physikalische Modelle der Dissipationsmechanismen. Durch das Anstreben von Resonanzfrequenzen im Bereich von mehreren hundert MHz und Q-Faktoren über 100.000 soll der Landau-Rumer-Regimebereich von PCD und das höhere Akhiezer-Limit von SiC zugänglich gemacht werden. Dies könnte MEMS-Oszillatoren ermöglichen, deren Jitter- und Rauschleistung die Grenzen von Silizium übertrifft. Das erwartete Ergebnis ist eine validierte Technologieplattform, die zeigt, ob PCD und SiC die Rauschgrenzen modernster Silizium- und Quarz-Timing-Bauelemente übertreffen können und damit den Weg für eine neue Klasse extrem rauscharmer, energieeffizienter MEMS-Timing-Geräte ebnen.

Abstract

Modern communication, automotive, sensing, and computing systems require timing devices that combine compact MEMS form factors with the ultra-low noise performance of high-end quartz oscillators. However, today's silicon MEMS resonators are fundamentally limited by Akhiezer phonon-phonon dissipation, restricting their Q-f product to $\sim 10^{13}$ Hz and preventing further improvements in jitter and stability. This creates a critical technological gap: existing MEMS devices cannot yet

achieve the noise performance demanded by advanced RF, radar, and optical communication systems. The TrueTime project addresses this challenge by investigating polycrystalline diamond (PCD) and silicon carbide (SiC) as next-generation materials for high-Q MEMS resonators. These materials offer significantly higher theoretical $Q \cdot f$ limits and superior mechanical and thermal properties compared to silicon. The project aims to develop, fabricate, and characterize three resonator generations, supported by advanced material growth, etching technologies, and multi-physics dissipation modelling. By targeting resonance frequencies in the hundreds of MHz with Q-factors above 100,000, the project seeks to access the Landau-Rumer regime of PCD and the higher Akhiezer-limit of SiC, conditions that could enable MEMS oscillators with jitter and noise performance beyond silicon's capabilities. The expected outcome is a validated technology platform demonstrating whether PCD and SiC can surpass the noise limits of state-of-the-art silicon and quartz timing devices for a new class of ultra-low-noise, energy-efficient MEMS timing devices.

Projektkoordinator

- Technische Universität Wien

Projektpartner

- CarbonCompetence GmbH
- Infineon Technologies Austria AG