

SpaceSiC

Silicon Carbide dosimeter for space applications and ion therapy

Programm / Ausschreibung	AI AUSTRIA Initiative, AI Austria 2023 (Vertrag), Industriennahe Dissertationen 2024 - WRLT	Status	laufend
Projektstart	01.10.2024	Projektende	30.09.2027
Zeitraum	2024 - 2027	Projektlaufzeit	36 Monate
Keywords	Silicon carbide;dosimeter;particle detector		

Projektbeschreibung

In diesem Projekt wird ein neuer Typ von Dosimetern zur Strahlungsüberwachung basierend auf Siliziumkarbid vorgeschlagen, welche in verschiedenen Anwendungsbereichen eingesetzt werden können wie Ionentherapie, experimentelle Hochenergiephysik und Weltraumforschung.

Herkömmliche Dosimeter haben gewisse Nachteile. So können passive Thermolumineszenz-Dosimeter (TLDs) nicht live ausgelesen werden und müssen nach ihrer Verwendung rekuperiert werden, um die gemessene Dosis auszuwerten. Aktive, auf Silizium basierende Dosimeter haben gewisse Grenzen in Bezug auf die Empfindlichkeit gegenüber Temperaturschwankungen und die Anfälligkeit für Strahlungsschäden. Dies macht ein Kühlsystem erforderlich und limitiert die Leistung und Lebensdauer bei starker Strahlenbelastung.

Im Gegensatz dazu bietet Siliziumkarbid (SiC) mehrere Vorteile gegenüber Silizium, darunter eine bessere Wärmeleitfähigkeit, eine höhere elektrische Durchbruchfeldstärke und eine größere Bandlücke. Aufgrund dessen ist SiC unempfindlich gegenüber Umgebungslicht, kann ohne Verdunkelung betrieben werden und weist niedrige Leckströme und ein geringes thermisches Rauschen auf, was den Betrieb in einem breiten Temperaturbereich ohne thermischen Durchbruch auch nach Bestrahlung ermöglicht. Diese Eigenschaften machen SiC zu einem attraktiven Material für Teilchendetektoren, wie frühere Studien für Alpha- und Beta-Teilchen und hochintensive Protonen-, Helium- und Kohlenstoffionenstrahlen bei MedAustron gezeigt haben. Unser Projekt zielt darauf ab, die Anwendung von SiC über die klassischen Detektoren hinaus auf Dosimeter für die Ionentherapie und die Weltraumforschung auszuweiten, wo die Strahlungsüberwachung für die Sicherheit der Patienten und Astronauten entscheidend ist. Indem wir die Strahlungshärte und Temperaturstabilität von SiC nutzen, wollen wir Dosimeter auf SiC-Basis entwickeln, die für raue Umgebungen besser geeignet sind als bestehende Geräte. Die Geräte werden im MedAustron-Ionentherapiezentrum mit Protonen-, Helium- und Kohlenstoff-Ionenstrahlen getestet und mit bestehenden Dosimetern kalibriert. Die Zusammenarbeit mit führenden Herstellern ermöglicht den Zugang zu SiC-Prototypen, die auf die Bedürfnisse unseres Projekts zugeschnitten sind.

Eine speziell angepasste Elektronik ist für einen stabilen Betrieb eines SiC-Dosimeters unerlässlich. Sie umfasst die

Signalverstärkung, die Signalformung, die Analog-Digital-Wandlung, die Datenspeicherung und -übertragung sowie die Bereitstellung der Hochspannung für die SiC-Sensoren. Darüber hinaus muss das gesamte Dosimetersystem für eine Anwendung im Weltraum klein, leicht und batteriebetrieben sein, um einen autonomen Betrieb unter realen Weltraumbedingungen zu ermöglichen. In Zusammenarbeit mit dem Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) soll das in diesem Projekt entwickelte Dosimetersystem in einer ESA-Forschungsrakete als finales Highlight getestet werden, die vom schwedischen Kiruna aus gestartet wird.

Abstract

A new type of radiation monitoring dosimeter based on silicon carbide is proposed in this project, which can be used in various applications such as ion therapy, experimental high-energy physics and space research.

Conventional dosimeters have certain disadvantages. For example, passive thermoluminescent dosimeters (TLDs) cannot be read out live and must be recuperated after use to evaluate the measured dose. Active silicon-based dosimeters have certain limitations in terms of sensitivity to temperature fluctuations and susceptibility to radiation damage. This requires a cooling system and limits the performance and lifetime under high radiation exposure.

In contrast, silicon carbide (SiC) offers several advantages over silicon, including better thermal conductivity, a higher electric breakdown field strength, and a larger band gap. As a result, SiC is insensitive to ambient light and has low leakage currents and low thermal noise, allowing operation over a wide temperature range without thermal breakdown even after irradiation. These properties make SiC an attractive material for particle detectors, as previous studies for alpha and beta particles and high-intensity proton, helium and carbon ion beams at MedAustron have shown. Our project aims to extend the application of SiC beyond classical detectors to dosimeters for ion therapy and space exploration, where radiation monitoring is critical for the safety of patients and astronauts. By utilizing the radiation hardness and temperature stability of SiC, we aim to develop SiC-based dosimeters better suited to harsh environments than existing devices. The devices will be tested with ion beams at the MedAustron Ion Therapy Center and calibrated with existing dosimeters. Cooperation with leading manufacturers provides access to SiC prototypes tailored to the needs of our project.

Specially adapted electronics are essential for the stable operation of a SiC dosimeter. It includes signal amplification, signal shaping, analog-to-digital conversion, data storage and transmission as well as the provision of high bias voltage for the SiC sensors. In addition, the entire dosimeter system for use in satellites or space crafts must be small, lightweight and battery-operated to enable autonomous operation under real space conditions. Through a collaboration with the German Aerospace Center (DLR), the dosimeter system developed within this project is planned to be tested in an ESA research rocket to be launched from Kiruna in Sweden as a final highlight.

Projektpartner

- Österreichische Akademie der Wissenschaften