

MODA

MODular Detectors for Aerospace & medicine

Programm / Ausschreibung	FORPA, Dissertaionen 2024, Industrienae Dissertationen 2026	Status	laufend
Projektstart	01.01.2027	Projektende	31.12.2029
Zeitraum	2027 - 2029	Projektlaufzeit	36 Monate
Barwert der Projektförderung	€ 105.387		
Keywords	MedTech, Radiation detectors, micro dosimetry, radiation therapy		

Projektbeschreibung

Die maßgeschneiderte Entwicklung von Instrumentierung ist entscheidend für den Fortschritt der Forschung in Bereichen wie MedTech und Raumfahrt, in denen Strahlungsumgebungen einzigartige Herausforderungen darstellen. Beide Bereiche erfordern Detektoren, die strengen Leistungsanforderungen entsprechen, jedoch bieten derzeit kommerziell verfügbare wissenschaftliche Detektoren entweder eine begrenzte Leistung oder hohen Betriebskosten, insbesondere Geräte intensiven Partikelstrahlflüssen (bis zu 10^9 Partikel/sec) ausgesetzt, was zu Schäden in Halbleitermaterialien führt. In "New Space"-Missionen müssen Detektoren an die spezifischen Missionsanforderungen angepasst werden, für wissenschaftliche Zwecke und der Zuverlässigkeit sobald kritische Strahlungsniveaus erreicht werden.

Die Ionenstrahltherapie hat sich in den letzten Jahren weiterentwickelt, jedoch wurde aufgrund des Fehlens quantitativer Verifizierungsmethoden für die abgegebene Dosis und der Überwachung von Partikeln nur begrenzter Fortschritt erzielt. Die Charakterisierung von unterschiedlichen Teilchenarten stellt nach wie vor eine Herausforderung dar, ist jedoch für die Raumfahrtanwendungen und die Mikrodosimetrie erforderlich. Die konventionelle Dosimetrie misst nur die makroskopische Dosis und erfasst nicht die mikrometer-skaligen Wechselwirkungen, die entscheidend sind, um die Strahlungseffekte sowohl auf Tumore als auch auf gesundes Gewebe zu verstehen. Experimentelle Studien mit verschiedenen Sensormaterialien werden genauere Einblicke in die biologischen Effekte der Strahlung liefern.

Der PhD Kandidat D. Wingelhofer überbrückt die Lücke zwischen medizinischer Physik, Raumfahrtanwendungen und Irradiationsstudien. Besonders im Bereich der Instrumentierungsentwicklung bietet dies erhebliche Synergien, um die Lücke in Bezug auf modulare, anpassbare Strahlungsdetektoren im Vergleich zu kommerziellen Produkten und wissenschaftlichen Prototypen zu schließen. Das Fehlen solcher Instrumente behindert den Fortschritt in diesen Bereichen. Frühere Arbeiten, einschließlich Studien an der FHWN und MedAustron, beinhalteten die Entwicklung und Simulation eines Prototypen eines Ausleseverstärkers zur Detektion von Protonsignalen in einem ersten Demonstrator mit kommerziellen Photodioden. Im Rahmen der kommenden Projektschritte werden diese durch eigens gefertigte Sensorelemente ersetzt.

Das vorgeschlagene Projekt zielt darauf ab, einen modularen, mehrkanaligen Strahlungsdetektor mit anpassbaren Sensorelementen zu entwickeln. Dieses System wird eine Reihe von Anwendungen unterstützen, von der Partikelidentifikation und Bragg-Peak-Spektroskopie bis hin zur Mikrodosimetrie und Strahlungsüberwachung in Weltraummissionen. Das modulare Design wird austauschbare Sensorelemente beinhalten, um sich an verschiedene Materialien, Geometrien und Partikeltypen anzupassen, was präzise Studien der Strahlungsinteraktionen in gemischten Feldern mit Einzelpartikelauflösung ermöglicht. Durch die Anpassung der Bandbreite wird diese Auflösung einen Kompromiss zwischen der Fähigkeit zur Einzelpartikelerkennung und der Handhabung von Ultra-Hochdosisraten (UHDR) Strahlungsflüssen ermöglichen. Dieses Konzept ist aufgrund des Einsatzes diskreter Elektronik, einer geringen Anzahl von Kanälen, schneller Entwicklungszyklen und iterativer Entwicklung mit regelmäßigen Irradiationstests umsetzbar, im Gegensatz zu einer direkten CMOS-Entwicklung mit langen Beschaffungs- und Entwicklungszeiten.

Abstract

The tailored development of instrumentation is crucial for advancing research in domains like MedTech and Aerospace, where radiation environments pose unique challenges. Both fields demand detectors that meet stringent performance requirements, yet current commercial scientific detectors offer limited performance or high operational costs, especially as they degrade during use. In medical radiation therapy, devices are exposed to intense particle fluxes (up to 10^9 particles/sec), which lead to significant damage in semiconductor materials. In "New Space" missions, detectors must be adapted to individual mission requirements, serving not only scientific purposes (e.g., Space Weather) but also reliability functions to detect critical radiation levels.

Ion beam therapy for cancer treatment has advanced significantly, but the lack of quantitative verification methods for the delivered dose and monitoring of particles made limited progress. The characterization of mixed fields is still challenging but needed for space application and micro dosimetry. Conventional dosimetry only measures macroscopic dose and does not capture the micrometer-scale interactions crucial for understanding radiation effects on both tumors and healthy tissues. Experimental studies with different sensor materials will provide more accurate insights into the biological effects of radiation.

The PhD candidate D. Wingelhofer is bridging the gap between medical physics, aerospace applications, and irradiation studies. Especially in the field of instrumentation development this provides significant synergies to address the gap in modular, adaptable radiation detectors compared to commercial products and scientific prototypes. The lack of such instruments hinders progress in these fields. Previous work, including studies at FHWN and MedAustron, involved the design and simulation of a prototype readout amplifier to detect proton signals, in a first demonstrator with commercial photodiodes. Within the upcoming project tasks, these photodiodes will be replaced by custom developed and fabricated sensor elements, based on a cooperation with semiconductor industry.

The proposed project aims to develop a modular, multi-channel radiation detector with customizable sensor elements. This system will support a range of applications, from particle identification and Bragg Peak spectroscopy to microdosimetry and beam monitoring in space missions. The modular design will include interchangeable sensor elements to adapt to various materials, geometries, and particle types, enabling precise studies of radiation interactions in mixed fields with single particle resolution. Adapting the bandwidth, this resolution will enable a traded-off between the ability to handle single particle detection and ultra-high dose rates (UHDR) fluxes. This concept is feasible due to the use discrete electronics, a

small number of channels, rapid development cycles and iterative development with regular irradiation tests in contrast to a direct CMOS development with long procurement and design times.

Through this modular approach, the research will contribute significantly to the fields of radiation detection, medical dosimetry, and space instrumentation, establishing important collaborations between MedTech and Aerospace sectors at Wiener Neustadt. The findings will lead to a design of future CMOS ASICs.

Projektpartner

- FOTEC Forschungs- und Technologietransfer GmbH