

Frontend-Chip für die Protonentherapie am PSI

Fachbereich Mikroelektronik

Eine neuartige Behandlungsmethode von krebserkrankten Patienten erfolgt am Paul Scherrer Institut (PSI) mittels Protonenbestrahlung. Protonen sind positiv geladene Elementarteilchen, die sich daher sehr gut mit Magnetfeldern ablenken und bündeln lassen.

Motivation

Sie besitzen im Gegensatz zu den heute in der Strahlentherapie eingesetzten Photonen eine ganz bestimmte Eindringtiefe, bei welcher sie den Grossteil ihrer Energie abgeben. Photonen hingegen geben ihre Energie unmittelbar nach dem Eindringen ab und beschädigen somit auch gesundes Gewebe. Damit die Bestrahlung punktgenau in den Tumorzellen erfolgen kann, wird der Protonenstrahl zusätzlich mit Sensoren überwacht. So können Dosis, Fokus und Position in Bruchteilen von Sekunden nachgeregelt werden.

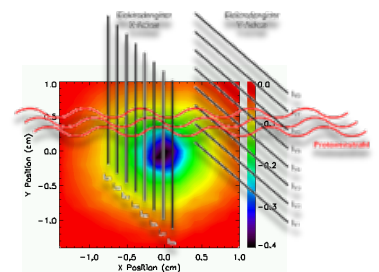
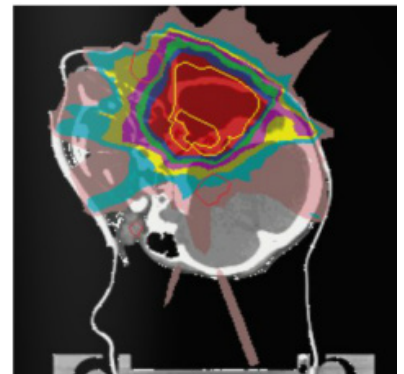
Applikation

Der Strahl wird mit Hilfe von Gitterelektroden erfasst. Dabei werden zwei Gitter mit je acht Elektrodendrähten senkrecht zueinander angeordnet. Durch den Protonenstrahl werden nun bei Kollisionen mit den Gitterdrähten Elektronen aus den Leitern entzogen und es entsteht ein sehr kleiner Stromfluss. Diese wenigen Picoampere müssen mit einer entsprechenden Frontend-Elektronik für die Auswertung und Regelung aufbereitet werden. Eine weitere Herausforderung ist die starke radioaktive Strahlung. Jegliche Elektronik muss ausserhalb des abgeschirmten Strahlenkanals platziert werden, da sonst die kleinen und anfälligen Strukturen auf einem Chip zerstört werden. Durch die langen Zuleitungen kommt es zu grossen parasitären Kapazitäten, welche die Bandbreite extrem einschränken. Dieser negative Effekt muss ebenfalls durch die Elektronik aktiv unterdrückt werden.

Design

Die Spezifikationen befinden sich im Bereich der physikalischen Grenzen und können nur mit einer optimierten ASIC-Lösung annähernd erreicht werden. Die Umsetzung der Schaltung erfolgt auf einer modernen 0.35 μm CMOS-Technologie von X-Fab und besitzt folgende Eigenschaften:

- I-V-Wandler mit extrem grossem Dynamikbereich (100 dB)
- Hohe Bandbreite bei kleinen Strömen ($>10\text{kHz}$)
- Extrem kleines Stromrauschen ($<10\text{fA}/\sqrt{\text{Hz}}$)
- Überwachung der Strahlenintensität



Kontakt

Prof. Dr. Paul Zbinden
OST – Ostschweizer Fachhochschule,
Campus Rapperswil-Jona
IMES Institut für Mikroelektronik, Embedded Systems und
Sensorik
Oberseestrasse 10, 8640 Rapperswil
+41 58 257 45 84, paul.zbinden@ost.ch

