



Doctoral Thesis

Development of a low noise optoelectronic integrated readout with a hydrogenated amorphous silicon photodiode array for positron emission tomography

Author(s):

Nardulli, Alessandro

Publication Date:

2009

Permanent Link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-006023050> →

Rights / License:

[In Copyright - Non-Commercial Use Permitted](#) →

This page was generated automatically upon download from the [ETH Zurich Research Collection](#). For more information please consult the [Terms of use](#).

DISS. ETH NO. 18463

**Development of a Low Noise Optoelectronic Integrated
Readout with a Hydrogenated Amorphous Silicon
Photodiode Array for Positron Emission Tomography**

A dissertation submitted to

SWISS FEDERAL INSTITUTE OF TECHNOLOGY ZURICH

for the degree of

Doctor of Sciences

presented by

ALESSANDRO NARDULLI

M. Sc. Electrical Engineering, Politecnico di Bari

Born January 23rd, 1977

citizen of
ITALY

accepted on the recommendation of

Prof. Dr. G. Dissertori,	examiner
Prof. Dr. F. Corsi,	co-examiner
Dr. J. Kaplon,	co-examiner

2009

Abstract

Positron Emission Tomography (PET) is a nuclear medicine imaging technique using positron emitting radiopharmaceuticals to study metabolic processes in vivo. Drugs, which are marked with radioactive positron emitters, are applied to the patients; two back-to-back photons of 511keV energy, which originate from positronium annihilation, are detected by scintillating crystals and read out by a matrix of photosensors. In recent years there has been significant progress in PET instrumentation, which benefits from the ongoing development of new particle physics detector components such as inorganic scintillators of high densities, high atomic number and light yield, as well as new photodetectors.

This thesis describes the development of a new photosensor technology, based on the approach of vertical integration of a silicon photodiode array and a pixel readout chip. This is achieved by the deposition of a hydrogenated amorphous silicon (a-Si:H) film (n-i-p diode structure) on top of an integrated circuit that performs both signal charge amplification and readout processing, prior to retrieving the signal from the chip. The advantages of such an approach are the extremely compact and low-cost detector design, together with fast and ultra-low noise signal retrieval.

This thesis concentrates on the design of the integrated circuit ASIPET (A-SI:H for PET) in 0.25 μ m technology, and on the optimization of the optoelectronic integrated readout with the hydrogenated amorphous silicon photodiode array.

Because of the limited charge multiplication of the a-Si:H photodiode, the small amount of input charge per pixel constraints the design of the integrated readout electronic for the hydrogenated amorphous silicon photodiode array. The ASIPET chip has been fabricated with IBM 0.25 μ m technology. Minimum possible noise, the crucial objective of the circuit design, has been achieved and the simulated performance has been measured.

Riassunto

La Tomografia ad Emissione di Positroni (PET) è una tecnica di medicina nucleare basata sull'utilizzo di radiofarmaci a emissione di positroni per studiare processi metabolici in vivo. I farmaci a emissione di positroni, sono applicati al paziente: due fotoni di energia di 511keV e in direzione opposta, originati dall'annichilamento del positrone, sono rilevati da cristalli scintillatori e convertiti in segnale elettrico da una matrice di fotosensori. Negli ultimi anni c'è stato un progresso notevole nella strumentazione della PET, che sfrutta lo sviluppo di componenti per la fisica delle particelle come nuovi fotorivelatori e come gli scintillatori inorganici ad alta densità, elevato numero atomico e fattore di conversione.

In questa tesi si propone lo sviluppo di una nuova tecnologia di fotorivelazione, basata sull'approccio di una integrazione verticale di una matrice di fotodiodi di tipo n-i-p di silicio amorfo idrogenato depositati sul circuito integrato utilizzato per l'amplificazione di carica e il trattamento del segnale. I vantaggi di questo approccio sono un rivelatore economico ed estremamente compatto integrato con un'elettronica di lettura veloce e a bassissimo rumore.

Questa tesi si concentra sul progetto del circuito integrato ASIPET (A-SI:H for PET), e sull'ottimizzazione del sistema optoelettronico integrato con una matrice di fotodiodi di silicio amorfo idrogenato.

La piccola quantità di carica per pixel in ingresso all'amplificatore, complica la realizzazione del circuito integrato. L'ASIPET chip è stato fabbricato in tecnologia IBM 0.25 μ m. Il minimo rumore possibile, l'obiettivo principale di questo progetto, è stato raggiunto e i risultati ottenuti in simulazione, sono stati confermati dalle misure sul circuito integrato.