

研究 成 果 報 告 書

(国立情報学研究所の民間助成研究成果概要データベース・登録原稿)

研究テーマ (和文) AB	低被曝線量 X 線撮像・微量有害物検知のための微弱光測定用フォトセンサーの開発				
研究テーマ (欧文) AZ	Development of weak light photosensor for low dose X-ray imaging and microanalysis of harmful substance				
研究氏 代 表 名 者	カナ CC	姓)アリオシ	名)テツヤ	研究期間 B	2017 ~ 2019 年
	漢字 CB	有吉	哲也	報告年度 YR	2019 年
	ローマ字 CZ	Ariyoshi	Tetsuya	研究機関名	九州工業大学
研究代表者 CD 所属機関・職名	九州工業大学マイクロ化総合技術センター・助教				
<p>概要 EA (600 字～800 字程度にまとめてください。)</p> <p>光センサは可視光や X 線などの光・放射線を検出する電子素子である。応用例として、人体や物体の内部構造の撮像や物質の分析などが挙げられる。近年は X 線 CT の低被曝線量化・高 X 線計数率化や微量有害物の分析が進み、より微弱な光・放射線を高感度・高速に検知する光センサの開発が求められている。</p> <p>本研究では高感度・高速な光センサとして、トレンチ構造型シリコンフォトダイオードを提案する。シリコンウエハ基板を P 型半導体、信号検知側を N 型半導体とした PN 接合型フォトダイオードをトレンチ状(溝状)に形成した構造である。</p> <p>深さ 300μm、幅 15μm、長さ 20mm の X 線センサ用トレンチフォトダイオードの試作に成功した。管電圧 120kV の X 線について、トレンチフォトダイオード間に幅 30μm の金を埋め込むことで、X 線のシリコン中に於けるコンプトン散乱による画像にじみを CdTe センサ以上に抑制することを示した。また、帰還容量付きのトランスインピーダンス回路と試作センサをプリント基板上に実装し、²⁴¹Am 線源から放出される 60keV の単色 γ(X) 線光子を試作センサに照射して信号パルス波形を解析したところ、従来比で約 3 倍の高速応答化を実証した。これはフォトダイオードをトレンチ状にすることで基板深い位置でも空乏化されていることで光電荷を高速に収集できている結果と言え、高速動作が求められる次世代の X 線撮像であるフotonカウンティング型 X 線 CT へ応用できる。</p> <p>細菌中の ATP と特定の酵素との反応による生物発光をマイクロ流路形状のトレンチフォトダイオードで検知することで集光効率を大幅に高め、細菌 1 個体レベルの衛生検査が可能となる。深さ 300μm、幅 100μm のマイクロ流路形状のトレンチフォトダイオードを試作し、この流路に ATP 発光検査溶液を流し、受光信号を得た。滴下 ATP 量と受光信号の関係を解析する必要がある。</p>					
キーワード FA	光・放射線センサ	フォトダイオード	X 線 CT	衛生検査	

(以下は記入しないでください。)

助成財団コード TA					研究課題番号 AA								
研究機関番号 AC					シート番号								

発表文献（この研究を発表した雑誌・図書について記入してください。）									
雑誌	論文標題 ^{GB}	Fast-response Single X-ray Photon Counter with Trench-structured Silicon Photodiodes（投稿中）							
	著者名 ^{GA}	T. Ariyoshi et al.	雑誌名 ^{GC}	IEEE VLSI Symp. Tech. Dig.					
	ページ ^{GF}	～	発行年 ^{GE}	2	0	2	0	巻号 ^{GD}	
雑誌	論文標題 ^{GB}	Modulation transfer function analysis of silicon X-ray sensor with trench-structured photodiodes							
	著者名 ^{GA}	T. Ariyoshi et al.	雑誌名 ^{GC}	IEICE Electronics Express					
	ページ ^{GF}	20180177-1～20180177-6	発行年 ^{GE}	2	0	1	8	巻号 ^{GD}	15
雑誌	論文標題 ^{GB}								
	著者名 ^{GA}		雑誌名 ^{GC}						
	ページ ^{GF}	～	発行年 ^{GE}					巻号 ^{GD}	
図書	著者名 ^{HA}								
	書名 ^{HC}								
	出版者 ^{HB}		発行年 ^{HD}					総ページ ^{HE}	
図書	著者名 ^{HA}								
	書名 ^{HC}								
	出版者 ^{HB}		発行年 ^{HD}					総ページ ^{HE}	

欧文概要^{EZ}

Optical sensors are electronic devices that detect light and radiation. For application examples, imaging in the human body and analysis of materials. In recent years, X-ray CT has been developed with low radiation dose and high X-ray counting rate. Analysis of trace amounts of hazardous materials has also been developed. A high-sensitivity, high-speed optical sensor for detecting weak light and radiation is required.

In this work, we propose a trench-structured silicon photodiode as a high-sensitivity and high-speed optical sensor. A PN junction photodiode with a P-type semiconductor on the silicon wafer substrate and an N-type semiconductor on the signal detection side is formed in a trench shape.

A trench photodiode with a depth of 300 μm , width of 15 μm and length of 20 mm was fabricated. For X-rays with a tube voltage of 120 kV, it was shown that the image blur due to Compton scattering in the silicon of X-ray was suppressed more than the CdTe sensor by embedding 30 μm wide gold between the trench photodiodes. A trans-impedance circuit with feedback capacitance and a prototype sensor were fabricated and mounted on a printed circuit board, and the prototype sensor was irradiated with 60 keV monochromatic $\gamma(\text{X})$ ray photons from ^{241}Am radiation source. As a result of obtaining the signal pulses, the response time was about three times faster than that of the conventional PN junction photodiodes. By forming the photodiode in a trench shape, deep position of the substrate is sufficiently depleted, and photocharges can be collected at high speed. It can be applied to photon-counting X-ray CT, a next-generation X-ray imaging system that requires high-speed operation.

The microfluidic trench photodiode detects the bioluminescence caused by the reaction between ATP in bacteria and specific enzymes, which greatly increases the efficiency of light collection and makes it possible to perform a sanitary inspection at the level of single bacterium. A microfluidic trench photodiode with a depth of 300 μm and a width of 100 μm was fabricated, and a light detection signal was obtained by flowing an inspection solution through this channel. We will analyze the relationship between the ATP amount and the light detection signal in the future.