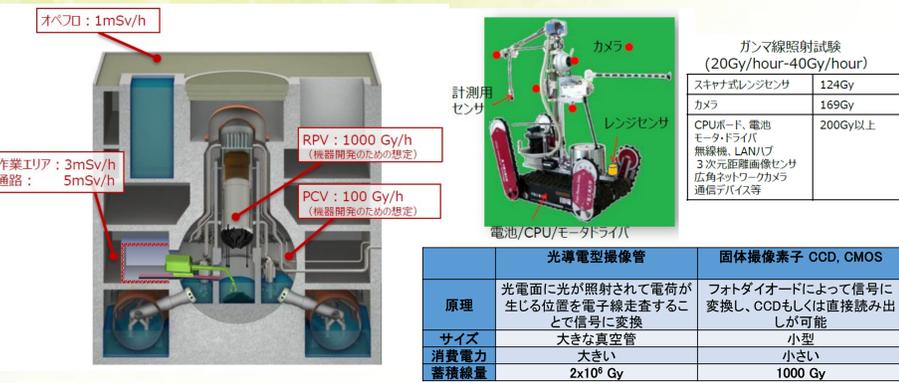


CIGS太陽電池の逆バイアス時におけるリーク電流に関する考察

西永慈郎、上川由紀子、石塚尚吾
産業技術総合研究所 省エネルギー研究部門

研究の目的 (福島第一原子力発電所[1]、ロボットの放射線耐性[2,3])



ロボット・カメラの放射線耐性は低い → 放射線耐性の高い半導体材料開発が必要

研究背景 (CMOS回路の放射線耐性[4]、CIGSイメージセンサ[5])

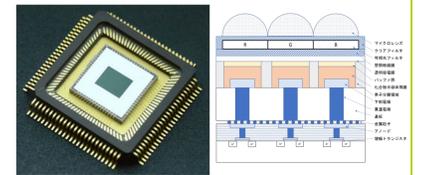
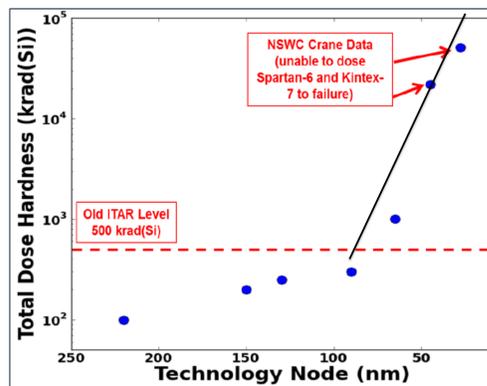
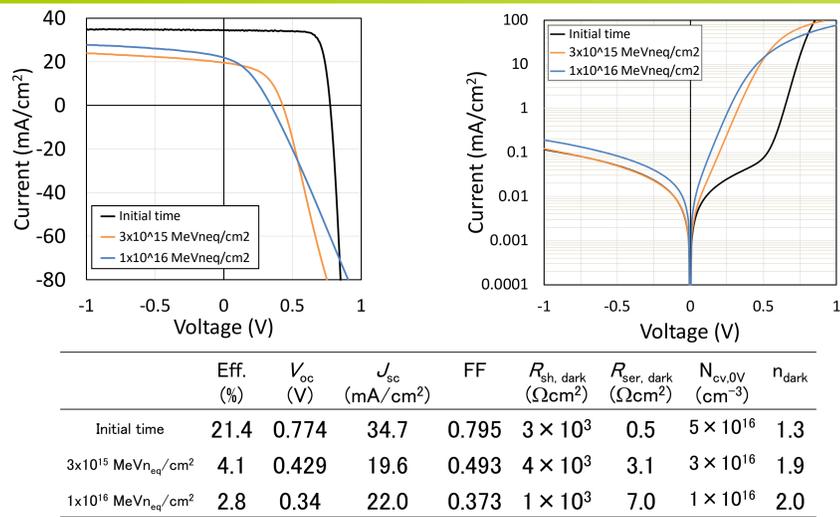


Fig. 4. Typical appearance of the CIGS image sensor developed in this work. The device has 512x288 pixels, with each pixel size of 10 μm × 10 μm.

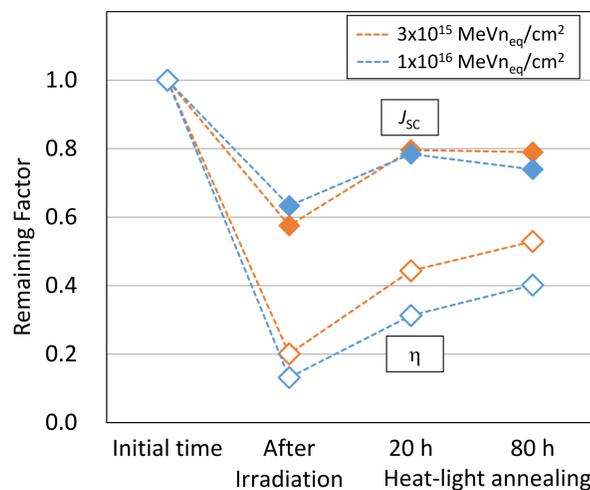
CMOS回路の放射線耐性は改善されており、既に1MGy以上が達成

CIGSを光検出部として利用すれば、放射線耐性の高いイメージセンサとして期待できる

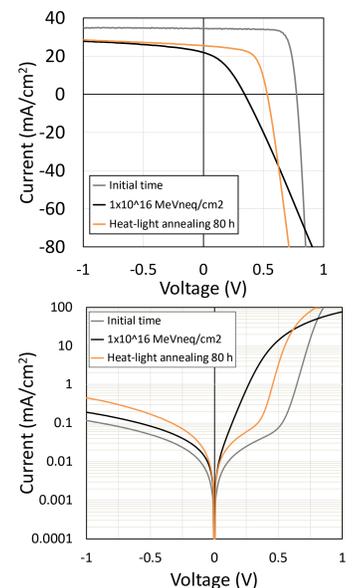
CIGS太陽電池の放射線耐性 (陽子線照射による劣化、および熱・光照射による回復)



CIGS太陽電池に陽子線照射(3 × 10¹⁵ MeVn_{eq}/cm² (1MGy), 1 × 10¹⁶ MeVn_{eq}/cm² (4MGy))を行うと、出力電流、変換効率が劣化

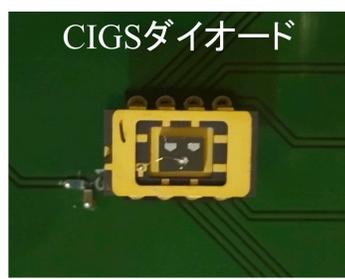


90°Cで熱処理すると、太陽電池特性が改善される。出力電流は20時間で初期値の80%まで回復する。

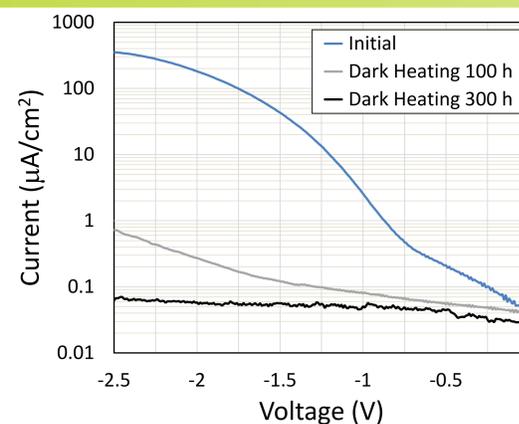


CIGS太陽電池の逆バイアス時のリーク電流

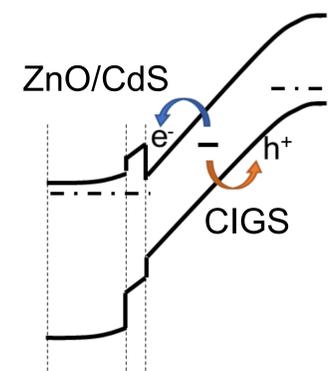
Al 3.0 μm
Al-doped ZnO 350 nm
i-ZnO 60 nm
CdS 30 nm
CIGS 2 μm
Mo 0.8 μm
Soda Lime Glass 1.1 mm



CIGS太陽電池による放射線検出を目標に、リーク電流の少ないCIGSダイオードを作製した。メカニカルスクライブによる素子分離を行うと、端面に発生するリークパスによって並列抵抗が低下する。そこで化学エッチングによるn型層除去によってCIGSダイオードを作製し、その後、暗状態130°Cで300時間熱処理(Dark heating (DH))を行った。



CIGSダイオードの逆バイアス時のリーク電流は長時間DHによって劇的に減少する。これはDHによって、空乏層内の再結合中心が減少することを示唆している。



結論

- 高い放射線耐性を有する半導体検出器が求められている。
- CIGS太陽電池は放射線耐性が高く、高放射線耐性CMOS回路と組み合わせて、イメージセンサとしての応用が期待できる。
- CIGS太陽電池の放射線耐性が高い理由は、低い温度(90°C程度)の熱処理で、放射線損傷が回復するため。
- 逆バイアス時のリーク電流は、Dark heatingによって大幅に減少させることが可能。S/N比の高い光・放射線検出部として利用できる。

参考文献・謝辞

- [1] 高守謙郎(IRID), IRIDシンポジウム2019年.
- [2] 新井民夫(芝浦工大), IRIDシンポジウム2016年.
- [3] 対災害ロボティクス・タスクフォース, 2011年4月27日
- [4] M. Gadlage, "Radiation Hardening and Trust in a COTS Age", Naval Sea Systems Command.
- [5] K. Miyazaki *et al.*, Thin Solid Films, 517, 2392 (2009).

謝辞: 本研究はTIA連携プログラム探索推進事業「かけはし」により実施されたものである。関係各位に感謝致します。