

平成 30 年度 TIA 連携プログラム探索推進事業「かけはし」

調査研究報告書(公開版)

【研究題目】高放射線耐性半導体光検出器の実現のための調査研究

【整理番号】TK18-007

【代表機関】(国)物質・材料研究機構

【調査研究代表者(氏名)】井村将隆

【TIA 内連携機関：連携機関代表者】産業技術総合研究所：西永慈郎、筑波大学：奥村宏典、高エネルギー加速器研究機構：外川学

【TIA 外連携機関】(ある場合には記載)

【報告書作成者】井村将隆

【報告書作成年月日】2019年3月29日

【連携推進(具体的な連携推進活動内容とその活動の効果等)】

福島第一原子力発電所事故を契機に、高放射線環境下で安定して遠隔操作可能なロボットの開発が急務であり、ロボットの安定動作には、高性能小型映像素子及び安定供給電源の実現が不可欠である。本研究の遂行には各研究機関の幅広い専門性を活かした連携研究が不可欠であり、また新規連携推進を行うことで、本研究を加速させることができると考えたため、今年度は応用物理学会及び日本物理学会にて計2回シンポジウムを行った。

- ・シンポジウム開催(TIA-EXA との共同開催)
詳細プログラムは以下の通りである。

第1回シンポジウム：“今から学ぶ AI・機械学習”

開催日時：9月20日(木) 17:30~19:00

開催場所：名古屋国際会議場 2号館 221A

第2回シンポジウム：“連携研究と共用施設利用”

開催日時：3月14日(木) 17:30~18:30

開催場所：九州大学伊都キャンパス 会場 K305

- ・外部資金申請及び獲得状況

今年度は、関連研究課題を日本学術振興会 科学研究費補助金及びつくば産学連携強化プロジェクトに申請した。つくば産学連携強化プロジェクトに関しては、既に結果報告がなされ、申請課題が採択された。

研究題目：放射線耐性に優れた半導体素子の開発

研究期間：2019年4月1日-2020年3月30日

研究代表者：筑波大学 奥村宏典

【調査研究内容（実験等中心に背景・課題と実行された課題解決の内容と結果）】

現在 CCD に積極的に使用されているシリコン映像素子は耐放射線性が低く、原子炉内での高放射線環境下では、画質・映像の劣化は著しい。また原子炉内は外部から隔離されているため、太陽光を用いた光検出器を電源供給源として使用できない。

そこで本研究では、放射線耐性の優れた CIGS 半導体材料を用いて高性能小型映像素子の試作・評価を検討した。また放射線耐性の優れた AlN、Diamond、Ga₂O₃ 等のワイドバンドギャップ半導体材料を用いて、太陽光の代わりに放射線(光)を検知し、原子炉内での安定電源供給源として機能する可能性を調査した。

今年度は、複数の試料及びデバイスを準備し、陽子線約 8 MGy 照射前後でのデバイス特性の変化を調査した。陽子線照射は、東北大学サイクロトロン・ラジオアイソトープセンター(CYRIC)にて行った。具体的な試料及びデバイスを以下に示す。

- 01 Cu(In, Ga)Se₂ (CIGS) (太陽電池)
- 02 n-Ga₂O₃(両面 Au/Ti 堆積 ダブルショットキー構造)
- 03 Au/u-Ga₂O₃/ITO(ショットキーバリアフォトダイオード構造: SBPD 構造)
- 04 SiC(両面 Au/Ti 堆積 ダブルショットキー構造)
- 05 AlN(両面 Au/Ti 堆積 ダブルショットキー構造)
- 06 n-AlGa_N(SBPD 構造)
- 07 CVD-Diamond 両面 Au/Ti 堆積 ダブルショットキー構造)
- 08 HPHD-Diamond 両面 Au/Ti 堆積 ダブルショットキー構造)

CIGS 試料に関しては、陽子線照射後に熱処理(アニール処理)を行うことで特性改善が可能かどうか調査した。CIGS 試料に陽子線を照射することで、変換効率の低下が見られたが、熱処理により変換効率が再び回復する傾向が見られた。本特性は、既存のシリコン映像素子には無い特筆すべきものであり、CIGS 試料が原子炉内での映像素子として有望であることを示唆する内容である。他の試料に関しては、CVD-Diamond 以外照射前後の電気的特性に過度な変化はなくワイドギャップ半導体の特徴である高放射線耐性を有していることが明らかになった。

放射光の光電子変換効率の簡易理論計算を行った結果、光源を太陽光から放射光にすることで光出力は大幅に低下してしまうため、大きな発電効率(W/m²)は得ることが現状困難であることが明らかとなった。

【今後の活動予定】

次年度は、新規連携推進を加速するため、2019 年秋つくば国際会議場で開催される「筑波会議」にて、TIA-EXA が開催予定のシンポジウム“SDGs のための次世代エレクトロニクスイノベーション: 若手研究者の連携に向けて” Emerging-electronics innovation for SDGs: Toward synergy among young researchers に関連連携研究チームとして参加予定である。研究活動に関しては、すべての試料において、デバイス構造の再検討・試作を行い、放射線検出に最適な構造を見出す。また放射線照射前後での劣化機構について詳細に調査するために、更に高い放射線照射実験を行う。CIGS 試料に関しては、アニール処理による回復機構をより詳細に評価する。得られた研究成果を国内外に発信するとともに学術論文としてまとめる予定である。

以上