



応用物理学会秋季学術講演会 注目講演プレスリリース

2022年 9月 14日

希薄窒化物結晶の結合状態制御に向けた GaPN 混晶への電子線照射試験
Electron Irradiation Examination on GaPN alloys for controlling bonding states in dilute nitride alloys

偶然の発見から生まれた、 放射線照射で性能が向上する太陽電池

豊橋技術科学大学(1)、量子科学技術研究開発機構(2)、宇宙航空研究開発機構(3)
平井健登 (1)、山根啓輔 (1)、若原昭浩 (1)、大島武 (2)、中村徹哉 (3)、今泉充 (3)

【発表概要】

- ・ 太陽電池に使われていたIII-V 族希薄窒化物混晶が、放射線の照射によって、本来は劣化するはずの電氣的・光学的特性が向上、結晶性が回復するという現象を発見。
- ・ 発光特性の観点から、電子線照射と、熱処理との組み合わせについて検討を重ねた結果、電子線の照射のみで光学的特性が向上することを確認。
- ・ 同研究は、宇宙産業への応用をはじめとした、全く新しい耐放射線素子が創出できる可能性を示す。

豊橋技術科学大学の平井健登、山根啓輔、若原昭浩、量子科学技術研究開発機構の大島武、宇宙航空研究開発機構の中村徹哉、今泉充らによる研究グループは、太陽電池に使われていたIII-V 族希薄窒化物混晶が、電子線や陽子線の照射によって、本来は劣化する電氣的・光学的特性が向上、結晶性が回復するという現象を発見し、その現象の分析を進めた。分析では、発光特性の観点から、電子線照射と、熱処理との組み合わせについて検討を重ねた。結果としては、電子線の照射のみで光学的特性が向上することを確認した。同研究は、宇宙産業への応用をはじめとした、全く新しい耐放射線素子が創出できる可能性を示すものである。

【詳細】

「なぜだか、特性が良くなっているような気がします」

現在、宇宙産業はかつてない盛り上がりを見せている。米起業家イーロン・マスク氏による「スペースX」をはじめとする民間のロケット開発企業が生まれ、打ち上げコストが下がってきている。それに伴って民間企業による人工衛星の開発とサービス開発などが活発化しつつある。今後、宇宙産業が拡大するとともに求められるのが、宇宙空間のような過酷な放射線にさらされる環境下で動作する耐放射線デバイスの開発だ。

豊橋技術科学大学の平井健登らによる研究グループは、太陽電池に使われていたIII-V 族希薄窒化物混晶が、電子線や陽子線の照射によって、本来は劣化する電氣的・光学的特性が向上、結晶性が回復するという現象を発見した。

「もともと宇宙用としてこの材料を開発していたわけではなく、製造コストの低いIII-V 族希薄窒化物混晶として、ガリウムヒ素リン窒素の太陽電池への利用を検討していたとき、ためしに放射線耐性を測定したところ偶然発見された現象でした」と平井氏は話す。現象の発見当時の研究室の学生から「なぜだか、特性が良くなっている気がします」という声があったことが研究の始まりだという。

平井氏はこの現象の解析に挑んだ。一般的な太陽電池の評価方法である、「光起電力特性（※1）」を調べてみると、電子線、陽子線の放射後の方が特性が上がっていた。さらに、「短絡電流密度（※2）」を見てみると、電子線、陽子線を照射した場合に太陽電池の性能が向上していることが分かったという。また、「加速電圧依存性（図）」について評価したところ、電子線照射のみ（熱処理無し）でも発光強度が向上する（結晶性の向上）ことを確認できたという。

「ふつうなら、電子線を照射すると劣化するはずですが、照射しただけで結晶性が向上しています。現在は、第一原理計算から、窒素に起因する欠陥（結晶の成長過程で取り込まれる窒素が、結晶内で不安定な状態になること）が放射線照射による作用で消滅することで、結晶性の向上に結びついているのではないかと予測をしています」（平井）

現在はメカニズム解明に向け、第一原理計算結果を実験的に検証するための研究を続けている。現象発見に関する詳細は同グループによる発表論文を参照されたい（※3）。

耐放射線デバイスとして、広く応用が可能

同発見の応用としては、人工衛星などに搭載する宇宙用太陽電池だという。現在の宇宙用太陽電池は、必ず放射線によって経時劣化する。この欠点を克服する太陽電池が開発できれば、大きな

ブレイクスルーが期待できる。同研究グループはすでに宇宙航空研究開発機構（JAXA）と、太陽電池の共同研究を10年以上にわたって推進しており、今後も研究を続けていくという。

さらに、太陽電池以外にも応用が広がる可能性があるという。「太陽電池自体にも使えますが、基本的には半導体なので、電子デバイスや発光材料にも使えると考えています。耐放射線電子デバイス材料という見方をすれば、さらに応用範囲は広がっていくと思います」（平井）

同研究グループは、今後より拡大していく宇宙産業の市場を見据え、同研究をさらに進めていきたいと考えている。

【注釈】

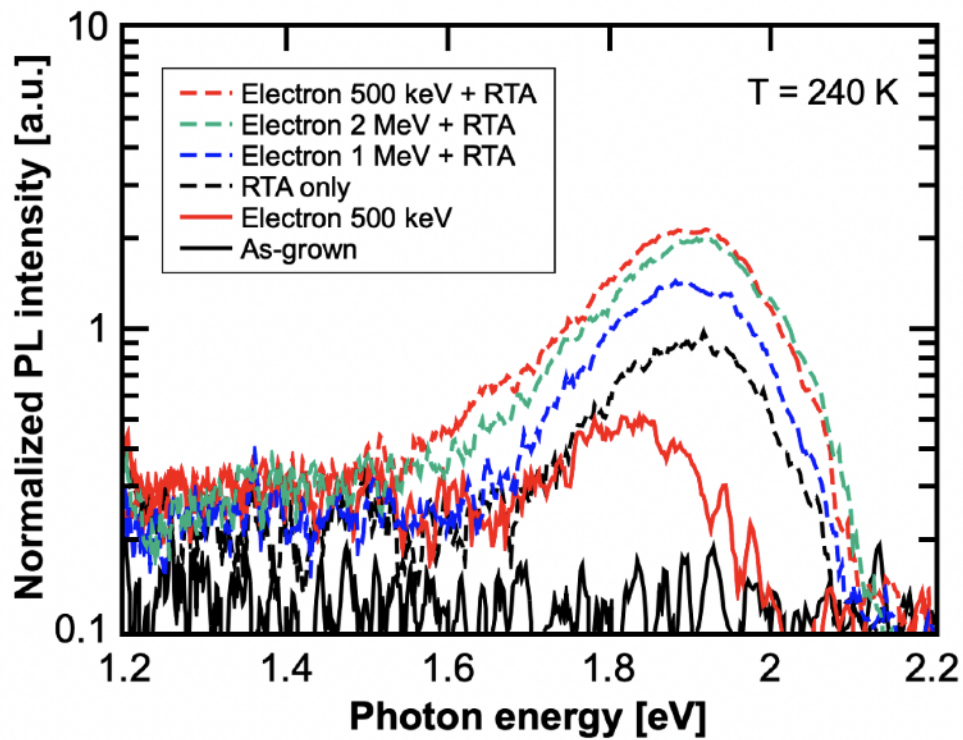
※1 **光起電力特性評価** 太陽電池に光をあてた状態で電圧を変えていったときに、どれだけの電流が発生するかの特性のこと。

※2 **短絡電流密度** 光起電力特性評価において、電圧がゼロのときの電流密度を短絡電流密度という。

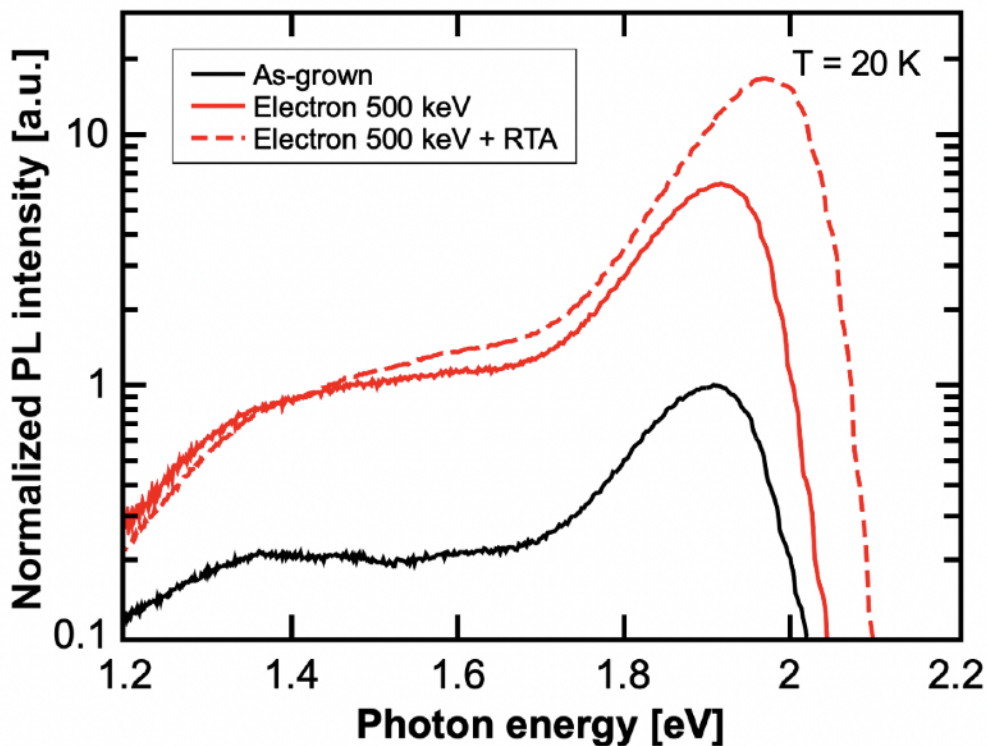
※3 <https://doi.org/10.35848/1347-4065/ac4a06>

<https://doi.org/10.1063/5.0096345>

【図】



(a)



(b)

電子線照射したGaPNのPLスペクトル (a)加速電圧依存性 (b)電子線照射のみで発光強度が向上したことを示す結果
PL発光強度が高いほど、良好な結晶性を示す。ともに、RTA（熱処理／高温短時間アニール）を施したサンプルへの放射線照射と、施さないサンプルへの放射線照射を比較している。240K(a)の測定結果では、RTAを施した場合、電子線照射したサンプルの方が、しないサンプルよりも発光強度が向上していることが分かる。20K(b)では、RTAを施さず、

電子線照射のみを行ったサンプルの発光強度は、RTAを施さず、電子線照射も行わないサンプル (As-grown) に比べて 5 倍程度高いことが分かる。これは電子線照射のみでも結晶性の回復効果があることが示されている。