InP/GaPN 系 Type II 量子ドット太陽電池構造の作製

有本 岳史, 若原 昭浩, 山根 啓輔
豊橋技術科学大学　愛知県豊橋市天伯町字雲雀ヶ丘 1-1
E-mail: arimoto.takeshi.mu@tut.jp, yamame.keisuke.ue@tut.jp

我々は InP 積層量子ドットを Si 格子整合系埋め込み層 (Ga(As)PN)で埋め込んだ Type-II バンドアライメントを III-V/Si 多接合太陽電池のトップセルとして提案している[1]。これまでに、電子/正孔の空間分離に必要な伝導帯および価電子帯のバンドオフセットを実現するためのドットサイズを検討した[2]。本稿では、この結果を基に、InP 量子ドットと GaPN 埋め込み層を組み合わせた太陽電池構造の作製を行った結果を報告する。

本構想を実現するためには、最適成長温度域の異なる InP と GaPN 系材料を同時可能な条件を模索する必要がある。結晶成長には RF-MBE 法を用いた。成長温度については、InP の窒化がほとんど生じないこと、目的の量子ドットサイズが実現できること、GaPN の成長が可能なことの 3 点を考慮して、480℃を採用した。窒素源には RF ラジカルセルを用い、InP 量子ドットの成長中もブライトモードで使用した。図 1 に試料構造を示す。GaP 基板上に GaP バッファー層を成長後、InP 量子ドットを成長し、GaPN 埋め込み層を続けて成長した。InP 量子ドットの設計値は、事前検討[2]から直径 10 nm, 高さ 4 nm とした。また、埋め込み層を 4 nm 成長した後、InP 量子ドットの高さをそろえるための成長中断を設け、その後残りの 6 nm の埋め込み層を成長して完全に埋め込みを行った。

図 1 に成長中の RHEED 像を示す。InP 成長中はドットの形成を示すスポットパターンが GaP 層のストリークパターンの内側に観察されている。その後 GaPN による埋め込みを行うと、再びストリークパターンが表れた。図 2 に GaPN 埋め込み層成長後の AFM 像を示す。RMS 値は 0.14 nm であり、平坦な GaPN 層を成長することができている。今後この工程を繰り返すことで光吸収層の結晶成長が可能と考えられる。本研究を通して、InP 量子ドットを希薄窒化物結晶で埋め込むことに初めて成功し、我々の提案する InP/III-V-N 系 type-II 量子ドット太陽電池の作製が可能であることを示すことができた。

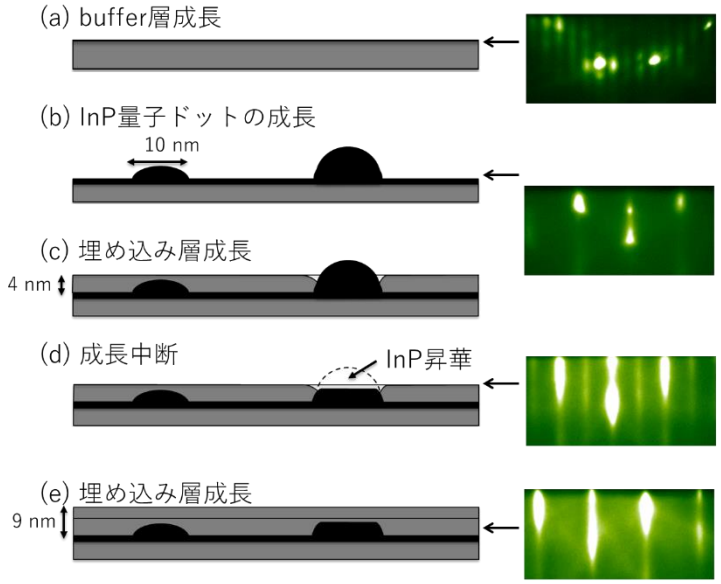

図1　成長中のRHEED像の変化.

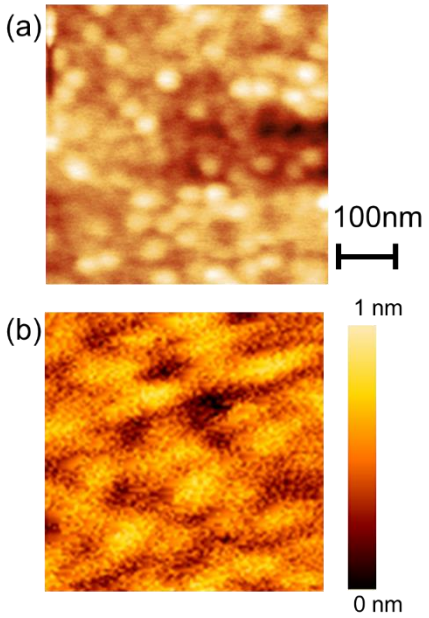

図2　AFM像. (a)ドット成長後, (b)埋め込み層成長後.

[1] José Alberto Piedra Lorenzana et al., JJAP 60, 045502 (2021).
[2] 有本岳史他,第 82 回秋応物, 23p-P06-3 (2021)

【謝辞】本研究の一部は立松財団およびカシオ財団の助成のもとに行われた.

© 2023年 応用物理学会