

超格子の結晶成長技術と太陽電池応用

Crystal growth technology of superlattice and its application to solar cells

東大先端研 杉山 正和

RCAST, Univ. of Tokyo, Masakazu Sugiyama

E-mail: sugiyama@ee.t.u-tokyo.ac.jp

III-V 族化合物半導体の超格子は、光デバイスの発光層として長い研究開発と実用化の歴史を持つが、近年高効率太陽電池の光吸収層としての応用が試みられている。その主要な用途は、多接合太陽電池の電流整合を、格子整合関係を保持しつつ改善するための、歪み補償超格子である。我々は、3 接合太陽電池の GaAs ミドルセルの吸収端を長波長側に拡張するために、InGaAs/GaAsP 歪み補償超格子を利用している。面内に均一な厚さを有する量子井戸 (図 1 (a)) だけでなく、微傾斜基板によるステップバンチングとステップにおける成長速度変調を利用した面内量子ワイヤ (図 1 (b)) にも、キャリア取り出しを高効率化できる構造として注目している。太陽電池用途には、十分な光吸収を得るために 100 周期近くの超格子が必要である。化学反応を含み制御が複雑な有機金属気相成長 (MOVPE) プロセスにおいて精密な結晶層の制御を行うためには、*in situ* モニタリングを活用した歪み制御や界面制御が必須となる。成長中の結晶表面の光学反射率およびその異方性成分をモニタすることで、歪みの蓄積による格子緩和と結晶品位の劣化をいち早く検知し、それに基づいて成長条件を微修正することが可能である (図 2)。

結晶成長条件の最適化と合わせて、超格子が形成する閉じ込めポテンシャルのもとでもキャリアを高効率に取り出すための層構造設計が太陽電池応用には重要である。とくに、トンネル輸送を促進するための数 nm 厚の GaAsP 障壁層と、トンネル輸送と熱励起を組み合わせたキャリア脱出を可能にする数 nm 厚さの GaAs 中間層の挿入が有効である。これらを考慮した超格子を GaAs セルに挿入することで、GaAs の吸収端を長波長側に拡張して電流出力を増大することが可能になる (図 3)。

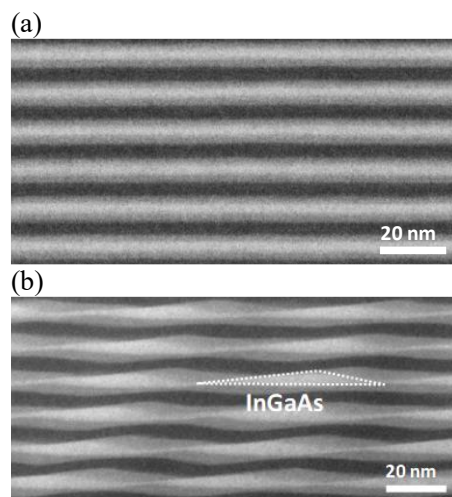


図 1 InGaAs/GaAsP 歪み補償量子井戸および量子ワイヤの断面 TEM 像

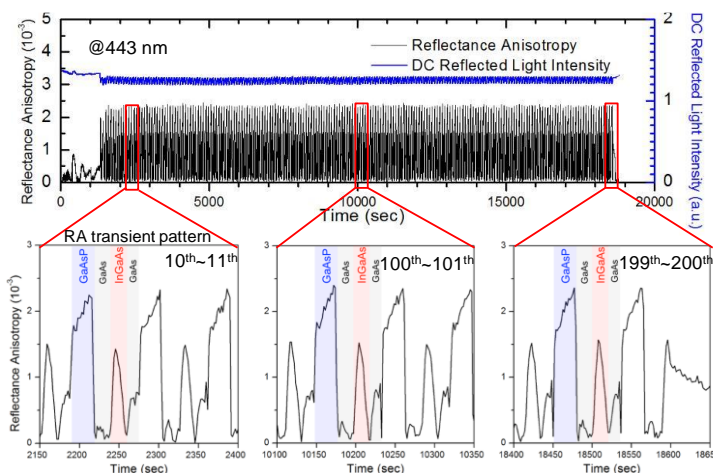


図 2 量子ワイヤ超格子成長中の表面反射率経時変化

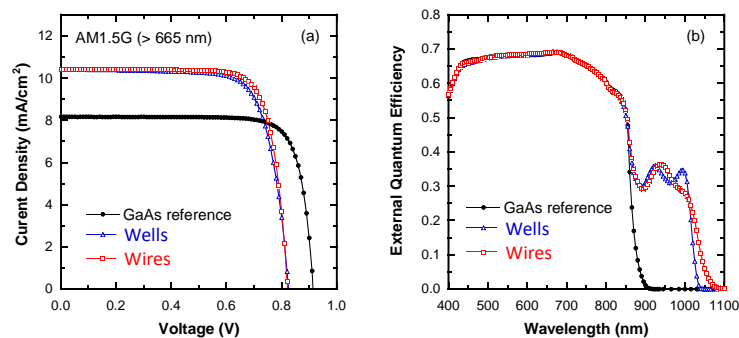


図 3 量子井戸および量子ワイヤ超格子を光吸収層とする GaAs 単接合太陽電池の光電変換特性