

高効率太陽電池応用に向けた半導体ウェハ接合技術

Semiconductor Wafer Bonding Technologies for High Efficiency Solar Cell Applications

京大工 °田辺 克明

Kyoto Univ. °Katsuaki Tanabe

E-mail: tanabe@cheme.kyoto-u.ac.jp

多接合型の太陽電池は高効率化に有効とされるが、従来の積層法であるヘテロエピタキシャル成長において、結晶品質を保つために格子整合の制約がある。そのため、理想的なバンドギャップの半導体材料の組み合わせから成る多接合太陽電池を実現することは困難であった。そこで我々は、所望の複数の単接合太陽電池をそれぞれの材料に格子整合な基板上に成長した後にウェハ同士を接合し多接合太陽電池を作製するという手法を検討した。同手法による初めての多接合太陽電池となる GaAs/InGaAs (InP 基板上格子整合) 格子不整合二接合太陽電池を試作するとともに、ヘテロエピタキシーの場合と対照的に、積層による材料の劣化のないことを示した[1]。この実験的実証により、ウェハ接合法を用いることで、格子整合の条件にとらわれず、自由な材料の積層が可能となり、理想的なバンドギャップの組み合わせによる超高効率太陽電池の実現可能性が示された。なお、現在最高効率 (47.1%) の太陽電池は、AlInGaP/AlGaAs/GaAs/InGaAs(×3)六接合太陽電池で、中間の GaAs/InGaAs 界面にウェハ接合を用いたものである[2]。また我々は、軽量、高熱伝導性など多くの利点を持つシリコンベースの太陽電池を想定し、ウェハ接合による AlGaAs/Si 格子不整合二接合太陽電池の作製にも成功しており[3]、例えば InGaN/AlGaAs/Si/Ge 四接合型といった次世代の高性能・低コスト太陽電池の実現可能性も見えている。さらに最近では、高導電性[4]・簡便な[5]直接接合技術、また、透明導電膜[6]、ハイドロジェル[7]、波長変換粒子[8]といった機能性材料を介した新規接合法の開発にも取り組んでいる。

[1] K. Tanabe et al, *Appl. Phys. Lett.* **89**, 102106 (2006).

[2] J. F. Geisz et al, *Nat. Energy* **5**, 326 (2020).

[3] K. Tanabe et al, *25th EU PVSEC*, 1DV.3.100, Valencia (2010) / *Sci. Rep.* **2**, 349 (2012).

[4] R. Inoue and K. Tanabe, *Appl. Phys. Lett.* **114**, 191101 (2019).

[5] R. Inoue et al, *ACS Appl. Electron. Mater.* **1**, 936 (2019).

[6] T. Yamashita et al, *Adv. Mater. Interfaces* **6**, 1900921 (2019).

[7] K. Kishibe and K. Tanabe, *Appl. Phys. Lett.* **115**, 081601 (2019).

[8] K. Kishibe et al, *Nanomater.* **9**, 1742 (2019).