液相合成 ZnO 透明導電膜を介した半導体接合技術の開発

Semiconductor Wafer Bonding Mediated by Solution-Processed ZnO TCO

京大工　○(B)山下 達之，(M1)平田 桑一朗，(M1)岸部 航大，(M2)井上 諒一，田辺 克明

Kyoto Univ.　°Tatsushi Yamashita, Soichiro Hirata, Kodai Kishibe, Ryoichi Inoue, Katsuaki Tanabe

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

概要　ウェハ直接接合法は，格子整合の制約を受けずに材料の組み合わせを選択できるため，高効率多接合太陽電池の作製に有望である[1]。しかし，ウェハ表面の粒子やラフネスが接合強度や導電性を悪化させるため，接合環境や材料種，成長条件が強く限定される。本研究では，接合形成と同時に液相より合成される ZnO 膜を介した接合法により，これらの制約を緩和しつつ高い光透過性および導電性を有する半導体界面を形成するとともに，開発した接合技術を用いて太陽電池の試作を行った。

実験方法　1 cm^2 程度のサイズに切り出した *p* 型単結晶 Si ウェハ表面に，酢酸亜鉛二水和物とエタノール，pH 調整用のアンモニアを加えた溶液を塗布し，スピンコーターで平滑化させた。その後 2 枚のウェハを重ね合わせ, 0.1 MPaG の圧力をかけながら 300℃で 3 時間加熱し接合した(Fig.1)。

透光性　ガラス基板上に同様に合成した膜の光透過率を Fig. 2 に示す。広い波長域で高い透光性を有することが確認できた。また，ZnO のバンドギャップである 3.3 eV に対応する波長 375 nm 未満の光が吸収されていることから，ZnO 膜の生成が裏付けられた。

導電性　ZnO 膜を介した接合界面は，Fig. 3 に示すようにオーミック特性を有することが確認できた。接合界面の電気抵抗は 0.38 Ω cm^2 であり，多接合太陽電池への応用に際しその発電性能を損なわない十分な導電性[2]を得ている。

粗面への接合　HF-HNO_3 溶液でエッチングし粗面化した Si ウェハについてウェハ直接接合法を試みたが，接合は形成されなかった。一方で，ZnO 膜を介したところ，機械的に安定な接合が形成され，かつ十分な導電性を有することが確認できた(Fig.3)。

太陽電池の試作　当研究室で作製した太陽電池と Si ウェハを，ZnO を介して接合したデバイスの電流―電圧特性を Fig. 4 に示す。太陽電池のみの場合と比べ，直列抵抗の増大による性能低下が見られたが，一定の発電を示すデバイスを作製できている。

参考文献：[1] K. Tanabe et al, *Appl. Phys. Lett.* **89**, 102106, 2006. [2] S. Yoshidomi et al, *Ener. Proc.* **60**, 116, 2014.

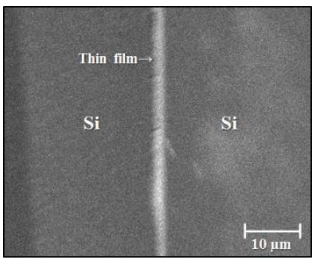


Fig. 1
Cross-sectional SEM image of the bonded interface.

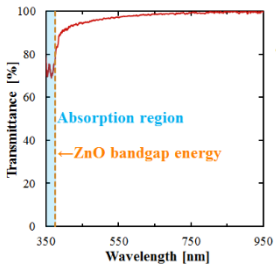


Fig. 2
Optical transmittance of the ZnO film.

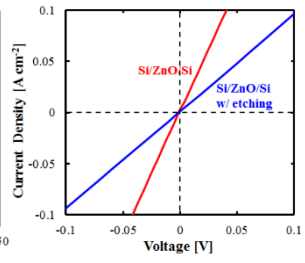


Fig. 3
I-V characteristics of the bonded Si/ZnO/Si interface.

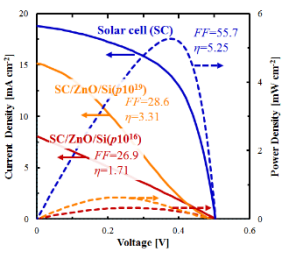


Fig. 4
Light *I-V* characteristics of the fabricated photovoltaic devices.

© 2019年 応用物理学会