



ペロブスカイト/結晶 Si タンデム太陽電池応用へ向けた 透明導電膜のバンド構造評価

西原 達平^{1,2}, 原 知彦³, 大下 祥雄^{3,4}, 小椋 厚志^{1,4}

1 明治大学, 2 JASP 学振特別研究員 DC2, 3 豊田工業大学, 4 MREL

キーワード：透明導電膜, 太陽電池

1. 背景と研究目的

高まるエネルギー需要へ向け、クリーンなエネルギー源である太陽電池は高効率化が要求される。その中でも、ペロブスカイトと結晶 Si を組み合わせたタンデム太陽電池は期待されている。ペロブスカイトと結晶 Si 太陽電池には、3 箇所の透明導電膜(Transparent Conductive Oxide film: TCO)が用いられ、TCO の最適化に向け、材料探索を行っている。特に In_2O_3 を基本構造とし、価数の異なる金属をドーピングした TCO は、高透過率・低抵抗を兼ね備えた材料であるが、ドーパントが作る不純物準位については未だ明らかになっていない。そこで、BL7U を用いてバンド構造評価を行った。

2. 実験内容

測定試料として、 In_2O_3 に対し 10 wt% の Sn をドーピングした ITO、10.7 wt% の Zn をドーピングした IZO、1.35 wt% の Zr をドーピングした IZrO をそれぞれ Si 基板上にスパッタリングを用いて成膜した。Hall 効果測定結果より、キャリア濃度が $1.0 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ 以上あることを確認しており、本測定に用いた TCO は全て縮退状態である。BL7U を用いて、 $h\nu=150 \text{ eV}$ でフェルミ準位近傍の情報ならびに -10 V を印加した状態での二次電子の立ち上がりを観測した。なお、縮退状態であるため、フェルミ準位近傍のエネルギー準位を詳細に観測することで、フェルミ準位と伝導帯下端のエネルギー準位差を算出した。また、試料表面の汚染物の影響を観察するため、Ar イオン銃(3 kV, 5 分)による処理前後にて評価を行った。

3. 結果および考察

Fig. 1 に ITO 膜のスパッタリング前後における Cut-off の光電子スペクトルを示す。Point 1-4 はスパッタリング前に同場所での複数回測定もしくは測定箇所を変更した際の測定結果である。Point 5 および 6 はスパッタリング後の測定結果である。スパッタリング前では、測定ごとならびに測定箇所により、Cut-off 位置が変化することが確認できる。一方、スパッタリング後は測定位置に関わらず、一定値を示した。このことからスパッタリング前は ITO 膜表面の汚染物の影響があると判断した。短波長であるため、表面敏感となり、汚染物の影響が大きくなったと考えている。スパッタリング後の Cut-off ならびにフェルミ準位近傍の光電子スペクトルから ITO のバンド構造を定量評価したところ、仕事関数 = 4.08 eV、電子親和力 = 4.24 eV、イオン化ポテンシャル = 7.17 eV であった。これらの値は既に報告されている測定結果とよく一致した[1]。今後は、IZO、IZrO の解析を行う予定である。

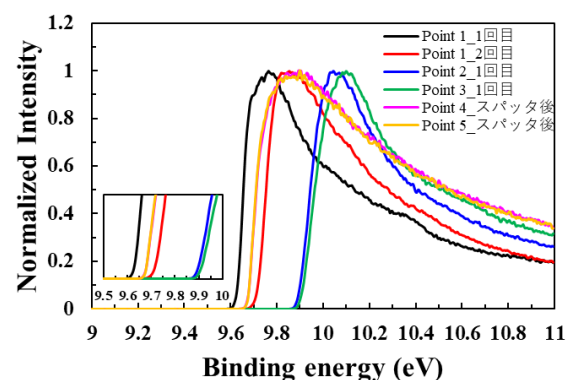


Fig. 1 ITO 膜のスパッタリング前後の Cut-off 近傍の光電子スペクトル

4. 参考文献

1. MST 分析事例 薄膜表面処理後の仕事関数評価(C0382)