

低温溶液プロセスによる無機 p 型半導体薄膜の作製

Preparation of inorganic p-type semiconductor thin films by a low-temperature solution process

山形大院理工 ○(M1) 小屋 尚輝, 石崎 学, 栗原 正人

Yamagata Univ., Naoki koya, Manabu Ishizaki, Masato Kurihara

E-mail: s171311m@st.yamagata-u.ac.jp

【序論】2009 年に報告されたペロブスカイト太陽電池は、20%を超える高い発電効率が注目され関連研究が急速に進んでいる。100%の光電荷分離能を有するとされるペロブスカイト層が低温・溶液プロセスで作製可能な点も他を凌駕している。そのホール注入・伝導層には従来の薄膜太陽電池で機能する溶液塗布型有機系 p 型半導体を用いるが、耐久性・ガスバリア性・価格面の課題から、その代替として、低温・溶液塗布作製が可能な安価な無機 p 型半導体材料の開発が世界競争になっている。一方、低温・溶液プロセスによる無機半導体薄膜の作製は容易ではない。ナノスケールで制御された膜厚で良好な導電性を維持し、且つボイドを発生しない均質なナノ薄膜作製を溶液塗布法で実現することの困難さが、関連分野の発展を妨げている。これらの課題を解決するため、安価なワイドバンドギャップ（無色透明）無機 p 型半導体系であるヨウ化銅(I) (CuI) に着目した。本研究では、殆どの溶剤に不溶性だった CuI の溶液化、溶液塗布・低温処理により、ガラスや汎用性樹脂基板にナノスケールで膜厚制御されたボイドレス CuI ナノ薄膜の作製法に成功した（特許出願中）。

【実験】CuI を溶解させた前駆体溶液を 2 種類作製し(それぞれ溶液 **a**、**b** とする)、スピンコート法によりガラス基板に塗布した後に、150℃の低温加熱でそれぞれの CuI 薄膜を得た。作製した試料は XRD、SEM、UV-vis 測定による観察を行った。

【結果・考察】XRD 測定の結果、それぞれの薄膜から CuI 結晶に起因するシグナルが得られた。薄膜の膜厚は溶液 **a** の場合で~80 nm、溶液 **b** で~60 nm と、ナノスケールでの膜厚制御を可能にした。UV-vis 測定から、いずれの薄膜にも、CuI のバンドギャップによる 404 nm の鋭い吸収が観察された。薄膜 **a** の透過率は **b** の薄膜より低く、外見上も **a** は白濁が目立つが、**b** では膜全体で透明性が高く、透過率は可視光域で 80%を超える値を示した。この理由を明らかにするため、薄膜の SEM 観察を行った。薄膜 **a** の場合ではガラス基板が露出した部分(ボイド)が観察された。このボイドが光を乱反射するため白濁や透過率の減少に起因している。一方で薄膜 **b** においてボイドは観察されず、CuI 薄膜は均一にガラス基板に固着しており、これが高い透明性に寄与している。本研究では、低温・溶液塗布法により、無機 p 型半導体として機能するボイドレスで透明性が高い CuI ナノ薄膜の作製に成功した。薄膜の比抵抗は $\sim 10^{-2} \Omega\text{cm}$ であり、溶液塗布型有機系 p 型半導体である PEDOT:PSS (PH1000) の最も低い比抵抗 $10^{-3} \Omega\text{cm}$ に迫る良好な電気伝導性を示した。

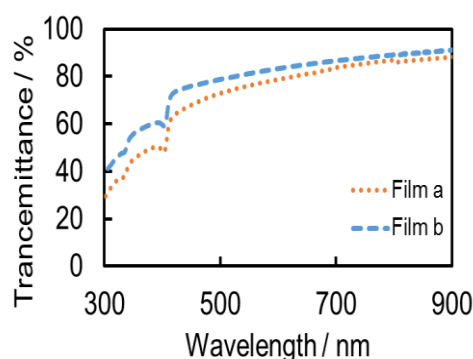


Fig1. Transmittance of film a and b.

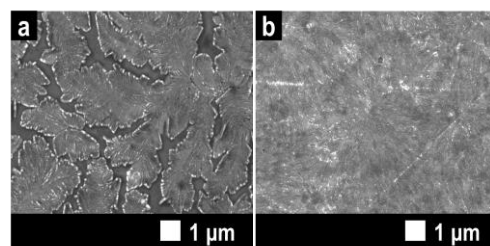


Fig2. SEM images of film a and b.