

PVP コートした $Y_2O_3:Bi^{3+}, Yb^{3+}$ 蛍光ナノシート電気泳動堆積膜の作製と特性評価

Preparation and characterization of PVP-coated electrophoretically deposited films

of $Y_2O_3:Bi^{3+}, Yb^{3+}$ fluorescent nanosheet films

慶大理工 °渡部 僚馬, 磯 由樹, 磯部 徹彦

Keio Univ., °Ryoma Watanabe, Yoshiki Iso, Tetsuhiko Isobe

E-mail: isobe@applc.keio.ac.jp

【目的】市販の結晶シリコン太陽電池の発電効率の高効率化のために、可視・近赤外域で高い透光性を有し、かつ発電効率の低い近紫外光を発電に有効な近赤外光に変換する波長変換膜の利用が検討されている。そのような特性を実現できる波長変換材料として、 $Y_2O_3:Bi^{3+}, Yb^{3+}$ 蛍光ナノシートに着目した。本研究では、 $Y_2O_3:Bi^{3+}, Yb^{3+}$ 蛍光ナノシートを電気泳動堆積 (EPD) 法により ITO 被覆ガラス基板上に堆積させ、蛍光ナノシートの堆積膜を作製した。さらに、ポリビニルピロリドン (PVP) 層を蛍光ナノシート層の上に作製し、透光性の改善を検討した。

【実験方法】0.940 mmol の $Y(NO_3)_3 \cdot 6H_2O$ および 0.050 mmol の $Yb(NO_3)_3 \cdot 3H_2O$ を溶解した超純水 30.0 mL を、0.010 mmol の $Bi(NO_3)_3 \cdot 5H_2O$ を溶解したエチレングリコール 2.6 mL に加えた。この溶液をトリエチルアミン 3.0 mL に添加した。次に、超純水を全体積が 40.0 mL になるまで加え、160 °C で 4 h オートクレーブ処理を施して水酸化物前駆体を合成した。遠心分離と超純水への再分散を 3 回繰り返して洗浄した後に凍結乾燥し、さらに 700 °C で 2 h 焼成して $Y_2O_3:Bi^{3+}, Yb^{3+}$ 蛍光ナノシートを得た。このナノシートをポリエチレンイミン (PEI) 水溶液に分散させ、硝酸で pH=7 に調整した。液中のナノシートは表面に吸着した PEI により正に帯電した。この分散液に ITO 被覆ガラス基板とステンレス板を 10 mm の間隔で平行に保持しながら浸漬した。直流電源で所定時間 2.5 V を印加して EPD を行い、1 日自然乾燥した。さらに PVP 層を作製する場合は、堆積膜に PVP エタノール溶液をスピコートし、1 日自然乾燥した。

【結果および考察】Fig. 1 に PVP コートしていないナノシート堆積膜の膜表面と断面の SEM 像を示す。堆積時間 5 min のとき、ナノシートは約 2.5 μm の厚さで均一かつ緻密に堆積したが、表面に粗さが見られた。Fig. 2 に堆積時間に対する膜の堆積量を示す。堆積時間の増加に伴って堆積量が単調に増大したが、堆積速度の減少が見られた。これは、ナノシート層の堆積に伴い抵抗が大きくなり、ナノシート分散液にかかる電圧が低くなったことに起因すると考えられる。Fig. 3 に堆積膜の透過率を示す。PVP をコートしていない膜の可視域での透過率は約 70% 以下であった。一方、PVP コートによって透過率は約 80% 以上に増大した。平滑かつ低屈折率な PVP 層の作製により、膜表面での光散乱が抑制されたことおよび反射率が低下したと考えられる。Fig. 4 に PVP をコートしたナノシート堆積膜の励起・蛍光スペクトルを示す。膜は波長 330.4 nm の励起光下で Bi^{3+} の $^1S_0 \rightarrow ^3P_1$ 遷移により励起され、 $Bi^{3+} \rightarrow Yb^{3+}$ のエネルギー移動を経て、波長 976.6 nm に Yb^{3+} の $^2F_{5/2} \rightarrow ^2F_{7/2}$ 遷移による近赤外蛍光を示した。

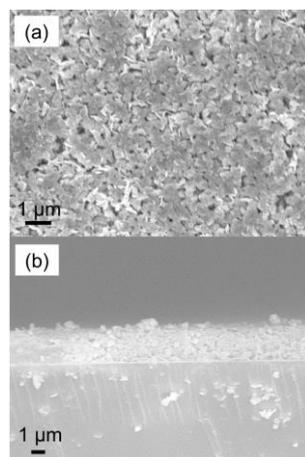


Fig. 1 SEM images of the nanosheet film. (a) Top view, (b) cross section.

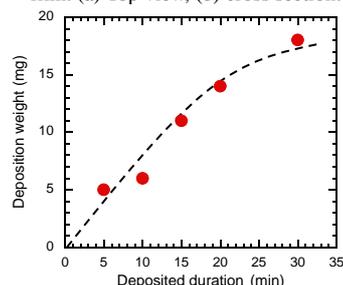


Fig. 2 Growth of the nanosheet film weight with deposition duration.

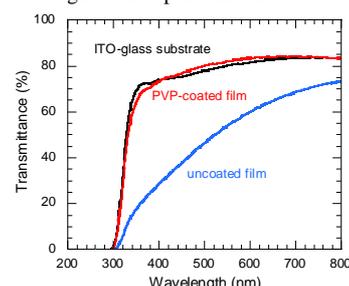


Fig. 3 Transmission spectra of the uncoated and PVP-coated films.

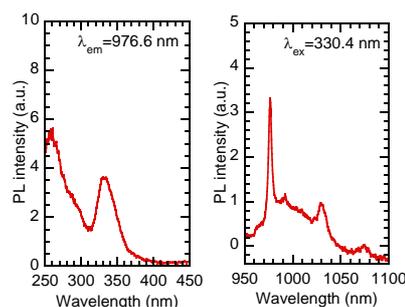


Fig. 4 PLE and PL spectra of the PVP-coated film.