

近赤外光で確認可能なアンチモンドープ酸化スズの合成と光学特性評価

Synthesis and optical properties of antimony-doped tin oxide observable by near-infrared light

東海大工¹, ◯中村 知亜梨¹, 前田 秀一¹

Tokai Univ.¹, ◯Chiali Nakamura¹, Shuichi Maeda¹

E-mail: 2ceim033@mail.u-tokai.ac.jp

1. 研究背景

紫外光を利用して情報を読み取る不可視材料は多くある。しかし、エネルギーの高い紫外光により、紙媒体や色素の退色、劣化が避けられない。そのため近赤外光を用いる不可視材料が提案され、その中でも低コストで高い可視光透過率を併せ持つ透明導電酸化物が注目されている。特に、可視光下で透明であれば偽造防止用途への応用展開が可能である。

これまでアンチモンドープ酸化スズ(ATO)に着目し、アンチモン(Sb)ドープ量とその可視光透過性及び近赤外吸収性を評価してきた。市販のATOインクは、可視光下においては青色であり、偽造防止の観点からは、視認可能であることが課題である。これまでの研究で、Sbドープ量が少ないほど、可視光下での透明性が高いことがわかっており、本研究ではSbドープ量をコントロールすることで可視光下では透過性が高く、かつ赤外光下では吸収性の高いATOインクを合成し、その光学物性を評価する。

2. 実験方法

ゾルゲル法によりSbドープ量は塩化スズ五水和物 $\text{SnCl}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (富士フイルム和光純薬)、三塩化アンチモン SbCl_3 (富士フイルム和光純薬)の混合比(g/mol)より調整し、蛍光X線分析で確認した。Sb量をコントロールしたATOを作製し、ジルコニアビーズ $\Phi 0.5 \text{ mm}$ を用いてインク化を行った。可視-近赤外領域の正透過率を分光光度計で測定、吸光度を求めた。分光測色計でATOインクとセミ光沢紙 QX2-2790-V01 (Canon)の色差を算出した。

3. 結果・考察

Fig. 1にSb含有量が2.5, 5, 7, 7.5 at. %のATOのVis-NIR吸光度スペクトルを示す。Fig. 1より、Sb含有量が少ないサンプル程可視光透過率が高く、近赤外領域の吸光度が小さいことが確認できる。Sbドープ量と吸光度に注目すると、Sbド

ープ量の増加に伴い吸光度は指数関数的に大きくなることがわかった。吸光度はSb含有量の増加に伴い大きくなることから表面プラズモン現象によるものだと考えられる。¹⁾ Sb量の増加による吸光度の増加は、可視領域(長波長側)の透過性を減少させるため、より青みが強くなる。

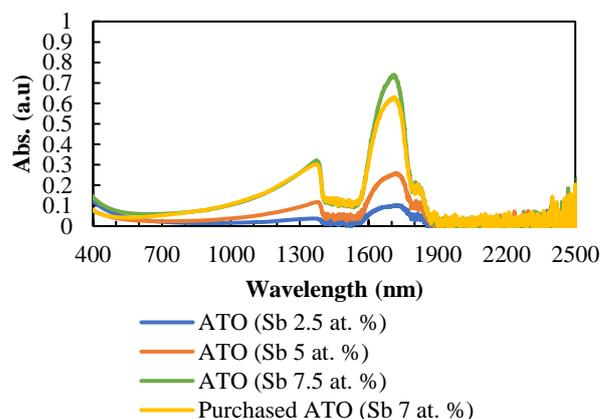


Fig. 1 Absorbance spectra of ATO nanoparticles

Table 1 Color difference of paper and ATO inks

Sample	L*	a*	b*	ΔE
Sb 2.6 at. %	61.7	0.1	1.2	11.3
Sb 1.8 at. %	72.9	-0.3	1	2.5
Sb 4.9 at. %	60	-0.9	0.3	15.1
Sb 2.2 at. %	65.8	1.4	1.1	7.5

Table 1より、Sb含有量が1.8 at. %のATOの色差が最も小さく実用色差 b (2.5以下)内のATOインクを得ることができた。

参考文献

[1] Francesco Scotognella et al., "Plasmonics in heavily doped semiconductor nanocrystals", *The European Physical Journal B* **86**,154(2007).