

## In<sub>2</sub>O<sub>3</sub>系透明導電膜におけるFの有効ドーピング濃度

### Effective doping concentration of F in In<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-based transparent conductive film

工学院大 ○(M1)大榮 海斗, 相川 慎也

Kogakuin Univ., °Kaito Oe, Shinya Aikawa

E-mail: aikawa@cc.kogakuin.ac.jp

液晶ディスプレイ, 太陽電池などの高品位化に伴って, 幅広い波長領域において高い透過率と低い抵抗率を合わせもつ低温形成可能な透明導電膜の需要が加速している. 現在主に使用されている透明導電膜としては, In<sub>2</sub>O<sub>3</sub>に5~10重量%のSnをドーピングしたITOがある. ITOは高いキャリア密度に基づく低抵抗率が実現可能な一方で, さらなる低抵抗化が望まれている. その要求を満たすためには, 移動度もしくはキャリア密度の向上が必要であり, カチオンドーピングでは限界が指摘されている. そこで, In<sub>2</sub>O<sub>3</sub>にFなどのアニオンをドーピングすることで, さらなる低抵抗化を目指した研究が試みられている[1].

これまでの研究で, In<sub>2</sub>O<sub>3</sub>とCaF<sub>2</sub>をコスパッタし, CaF<sub>2</sub>ドーピングIn<sub>2</sub>O<sub>3</sub>薄膜(In<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:CaF<sub>2</sub>)を作製し, その電気特性と光学特性を評価してきた[2]. ドーパントとしてCaF<sub>2</sub>に着目したのは, 高い透過性を有するとともに, 安価で入手しやすく, さらにはバルク固体であるためコスパッタが容易であるためである. 一定量のCaF<sub>2</sub>を含むIn<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:CaF<sub>2</sub>において, 抵抗率 $1 \times 10^{-4} \Omega\text{cm}$ , 透過率87.0%を得たが, Fの含有量に対してこれらの特性がどのようにどの程度影響を受けるか, これまで明らかでなかった. そこで本研究では, In<sub>2</sub>O<sub>3</sub>ターゲット上に配置するCaF<sub>2</sub>ペレット数を変えることで, 膜中のF含有量を変化させ, その抵抗率および透過率に対する依存性を調査した.

基板として, テンパックスガラス及び石英ガラスを用いた. In<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:CaF<sub>2</sub>は, RFスパッタ装置により100nm堆積させた. 作製した薄膜の元素構成はEDSを用いて分析した. また, 透過率はUV-vis-NIR分光器で, 結晶性評価はXRDを用いて評価した.

Fig. 1に, EDSの結果から見積もった薄膜のF/In原子%に対する抵抗率を示す. F/Inが0.15at.%付近で抵抗率が低減し,  $4 \times 10^{-4} \Omega\text{cm}$ を示した. 一方で, 0.2at.%以上では抵抗率が上昇した. これは過剰な濃度ではFイオンが活性化しないためだと考えられる.

Fig. 2は典型的なIn<sub>2</sub>O<sub>3</sub>およびIn<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:CaF<sub>2</sub>の透過スペクトルを示す. F/Inが0.174at.%で近赤外線域における透過率が低下した. 抵抗率の結果から, キャリア密度増加による自由電子吸収のためと考えられる. また, 抵抗率が高かった( $4.5 \times 10^{-2} \Omega\text{cm}$ ) F/In = 1.44at.%のIn<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:CaF<sub>2</sub>では, 赤外領域の吸収が抑制されており, 抵抗率の結果と矛盾しない. 以上より, 適切なドーピング量のFが低抵抗化に寄与していることが示唆され, その含有量がF/In = 0.15at.%付近にあることがわかった.

[1] Y. Shigesato, et al., Jpn. J. Appl. Phys. Vol. 39 (2000) pp. 6422–6426.

[2] 大榮海斗他, 第67回応用物理学会春季学術講演会, 15a-PA5-8

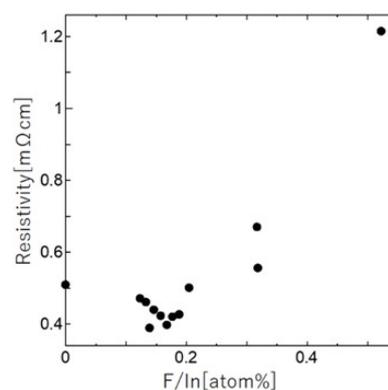


Fig. 1 Relationship between resistivity and F/In atomic ratio in the fabricated films.

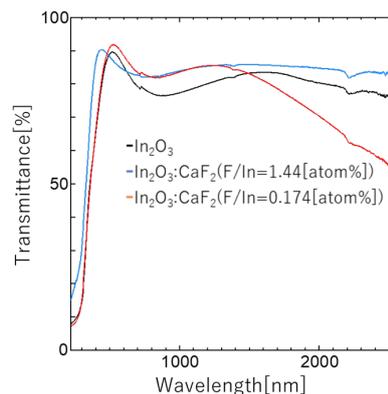


Fig. 2 Transmission spectra of typical In<sub>2</sub>O<sub>3</sub> and In<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:CaF<sub>2</sub> films.