

大気アニールによるスパッタ Nb:TiO₂ 透明導電膜の作製

Fabrication of transparent conductive Nb:TiO₂ films with sputtering and air annealing

KAST¹, CREST², 東大理³ ○中尾祥一郎^{1,2}, 廣瀬靖^{1,2,3}, 長谷川哲也^{1,2,3}

KAST¹, CREST², Univ. of Tokyo³ ○S. Nakao^{1,2}, Y. Hirose^{1,2,3}, T. Hasegawa^{1,2,3}

E-mail: tg-s-nakao@newkast.or.jp

【背景】我々はこれまでアナターゼ型 Nb:TiO₂(TNO)透明導電膜の実用化に取り組んできた。本系では非晶質の前駆体を還元雰囲気(真空、水素、窒素)でのアニールによって結晶化させる事で低い抵抗率(ρ)の多結晶薄膜を得る事が出来る。しかしながら実用の観点からは還元雰囲気の使用は高コストであり、大面積化に課題がある。我々は以前、パルスレーザー堆積(PLD)法で作製した TNO 薄膜において Nb 濃度を適切に選択することで大気アニールによる低抵抗化が可能である事を報告した[1]。

今回、スパッタ法で作製した TNO の特性を報告する。

【実験】TNO(Nb2%)薄膜を、RF マグネトロンスパッタ法によって非加熱の無アルカリガラス基板上に堆積した。スパッタ全圧は 1 Pa に固定し、酸素分圧(P_{O_2})を成膜パラメータとした。得られた非晶質薄膜を大気中 300 度でアニールし、多結晶 TNO 薄膜を作製した。Nb 濃度、アニール条件は PLD 法の結果[1]から選択した。膜厚は 380 nm である。

【結果】酸素未導入($P_{O_2} = 0$ Pa)で作製した前駆体薄膜は酸素欠損の為、弱い導電性(60 Ω cm)と in-gap 吸収を示した(図 1)。この導電性と in-gap 吸収は P_{O_2} の増加と共に減少した。

図 2 はアニール後の多結晶 TNO 薄膜の電気・光学特性である。 $P_{O_2} \leq 7 \times 10^{-4}$ Pa の範囲で 2×10^{-3} Ω cm 以下の低い ρ が得られた。キャリア濃度(n_e)は P_{O_2} の増加と共に系統的に減少した。本研究では大気アニールで導電性の薄膜を得る為に、薄膜への酸素の拡散が生じない Nb 濃度および温度を選択した[1]。その為、この n_e の減少は前駆体の酸素量過剰を反映したキャリア補償を示している。前駆体の酸素量は光学特性にも大きな影響を与え、酸素未導入の場合は自由電子吸収に、前駆体の in-gap 吸収が重畳した。 P_{O_2} を最適化する事で可視光吸収率 10%以下が得られた。これらの結果は大気アニールで高い透明性と導電性を持つスパッタ TNO が得られる事を実証している。[1] 中尾ら, 2008 年春季応用物理学会, 27p-L-2

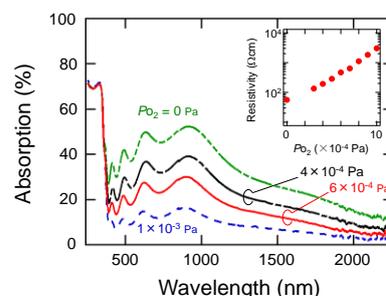


Fig. 1. P_{O_2} dependence of absorption spectra (main panel) and ρ (inset) of amorphous precursors TNO films

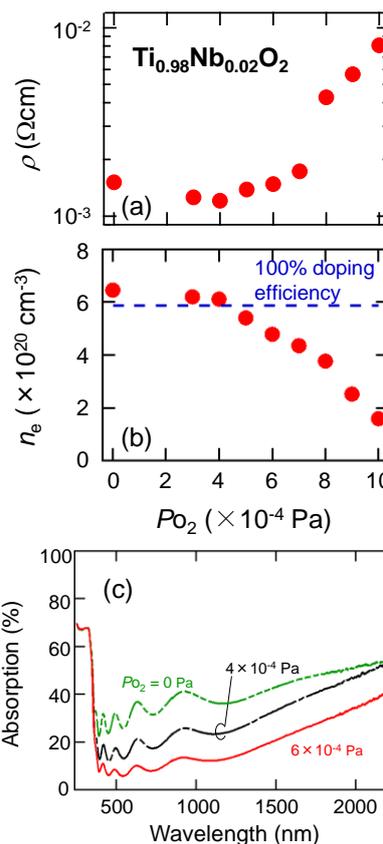


Fig. 2. P_{O_2} dependence of (a) ρ , (b) n_e , and (c) absorption spectra of annealed TNO films