

RF バイアス三極スパッタ法におけるイオン照射を利用した O 面, Zn 面, a 面および m 面 ZnO 薄膜の形成 Growth of O-polar, Zn-polar, a-plane and m-plane ZnO film using ion bombardment by RF bias triode sputtering

○橋本 亮介¹, 高柳 真司¹, 柳谷 隆彦², 松川 真美¹ (1. 同志社大, 2. 名工大)

°Ryosuke Hashimoto¹, Shinji Takayanagi¹, Takahiko Yanagitani², Mami Matsukawa¹

(1. Doshisha Univ., 2. Nagoya Inst. Tech.)

E-mail: stakayan@mail.doshisha.ac.jp, mmatsuka@mail.doshisha.ac.jp

1. はじめに

ZnO 膜はその結晶配向により物理的な性質が異なる。例えば、ZnO 膜の c 面は非線形光学係数が 0 であるが、a 面や m 面で最大となる。また、圧電共振子に応用すると c 面配向膜では縦波モード、a 面、m 面配向膜では横波モードの共振子を実現できる。

一般的に、ZnO を薄膜化すると、最密面である c 面に優先配向する性質がある。一方、これまでに我々は、成膜中にイオンを照射することで、原子密度の低い a 面や m 面配向膜を形成している[1, 2]。また、c 面配向膜は応力をかけたときの圧電分極が互いに逆向きとなる O 面極性と Zn 面極性に分類できる。我々はこれらの極性が基板温度によって制御できることを報告した[3]。しかし、O 面、Zn 面、a 面、m 面の一つの装置での結晶配向制御については成されていない。そこで、本研究では、イオン照射と基板温度の双方に着目し、ZnO 膜の結晶配向制御について検討した。

2. 実験方法

Fig. 1 に示す RF バイアス三極スパッタ装置を用いて合成石英基板上に ZnO 膜を成膜した。基板台に RF バイアス電力を投入することで、基板に照射されるイオンの量とエネルギーを制御できる[3]。ここで、放電電力 75 W、成膜時間 8 時間、雰囲気ガス圧 1 Pa、Ar:O₂ ガス比 3:1、RF バイアス電力 0-40 W とした。さらに、基板温度は 29°C に冷却または 400°C に加熱した。作製した試料の結晶配向を 2 θ - ω 走査 XRD 測定により評価した。

3. 結果, 考察, まとめ

基板冷却時の XRD パターンを Fig. 2 に示す。RF バイアス電力を増加すると、c 面、a 面、m 面の順で優先配向が変化した。RF バイアス 40W では基板がスパッタされ、ZnO 膜は堆積しなかった。また、基板を加熱した場合でも同様の傾向が見られた。ZnO の各結晶面の表面エネルギー密度は c 面、a 面、m 面の順で高くなっており、それぞれ 9.9, 12.3, 20.9 eV/nm² である[4]。表面エネルギー密度が低い面ほど面の原子密度は高く、イオン照射による損傷が起きやすいと考えられる。この順と本実験の優先配向の変化は一致した。RF バイアス 10W、基板冷却時の m 面の走査ロックアップカーブの半値幅は、5.5°であった。一方、基板を加熱した試料では、半値幅は全て 10°以上であった。基板が高温でスパッタ粒子の移動度が高いと

低いエネルギー状態の結晶が成長しやすい。逆に、基板を冷却すると粒子の移動度が小さくなるため、表面エネルギー密度の高い m 面配向膜が形成しやすくなったと考えられる。

RF バイアス電力 0 W では、基板加熱時、冷却時ともに c 面に優先配向した。これらの試料の極性を圧縮時の電気応答で確認したところ、基板加熱時の試料は O 面極性、基板冷却時の試料は Zn 面極性であった。基板温度による粒子の移動度から考えると、O 面と Zn 面では表 O 面の方が低い表面エネルギー密度であると考えられる。

以上のように、基板へのイオン照射と基板温度を変化させることで O 面、Zn 面、a 面、m 面の 4 種類の結晶配向を制御できた。

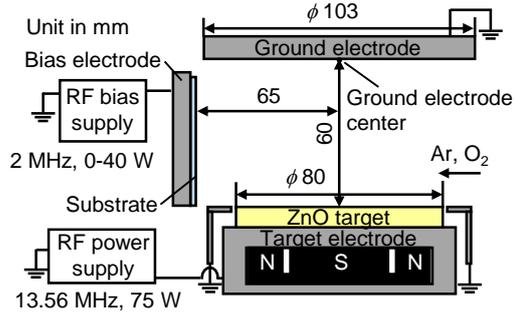


Fig. 1 RF bias triode sputtering apparatus.

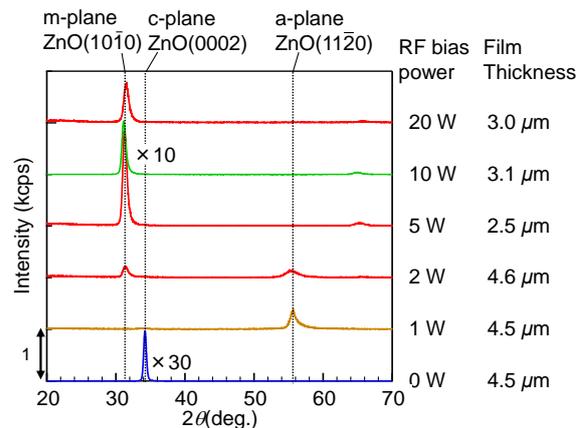


Fig. 2 2 θ - ω scan XRD patterns of the samples with the substrate cooling.

参考文献

- [1] T. Yanagitani, et al. *J. Appl. Phys.*, **102**, 044115(2007).
- [2] 高柳 他, 第 60 回応用物理学会春季学術講演会, 29a-B2-2.
- [3] 生駒 他, 第 60 回応用物理学会春季学術講演会, 29a-B5-3.
- [4] N. Fujiwara, et al. *J. Crystal Growth*, **130**, 269(1993).