

イオンビーム照射による c 軸平行極性反転構造 ZnO 薄膜の形成 c-axis parallel polarity inverted multilayer ZnO film by grazing ion beam deposition

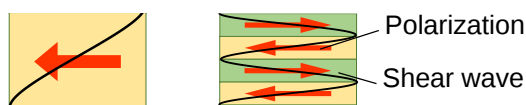
○森 剛志¹, 鈴木 雅視², 柳谷 隆彦² (1. 名工大, 2. 早稲田大)

○Takeshi Mori¹, Masashi Suzuki², and Takahiko Yanagitani² (1.Nagoya Inst. Tech., 2.Waseda Univ.)

E-mail: t.mori.397@nitech.jp, yanagitani@waseda.jp

1. はじめに

圧電薄膜に交流電界を印加すると、逆圧電効果により音波が励振され、音波の半波長が薄膜の厚みとなる周波数で共振を起こす(基本モード共振: 図 1(a)). これに対して、図 1(b)に示すように2層目の極性の方向が1層目と同一面内で 180° 回転した構造では高次モードで共振する. 反転層の数を n 倍すれば n 倍高周波化することができる. これまで我々は RF マグネトロンスパッタ法において、ZnO ターゲットからの酸素負イオン照射を用いた c 軸平行 ZnO 薄膜とその極性反転構造の形成について報告している[1, 2]. この場合、基板設置場所をわずかに変えると極性方向が変わってしまい、その制御は難しい. そこで ECR 型イオン源を用いることで、極性方向の制御を容易に行えると考えた. 本研究では ECR 型イオン源と RF マグネトロンスパッタ源を組み合わせた、c 軸平行 ZnO 薄膜とその極性反転構造の形成について報告する.



(a) 単層構造 (b) 極性反転構造
基本モード共振 高次モード共振

図 1 c 軸平行 ZnO 薄膜

2. 単層 c 軸平行 ZnO 薄膜の形成

図 2 のように無配向 Al 電極膜/石英ガラス基板、RF マグネトロンスパッタ源、ECR 型イオン源を設置した. $\text{Ar} : \text{O}_2 = 3 : 1$, 圧力 0.25 Pa の雰囲気ガス中で、加速電圧 420 V の正イオンビーム照射により、単層の c 軸平行 ZnO 薄膜を成膜した. 図 3 に高周波電界印加時に発生する音波の応答を示す. イオンビームを照射せずに成長した膜では縦波を励振し、ブラベアの経験則に従って c 軸が垂直に配向していることがわかる. これに対して、ビームを照射しながら成長した膜では横波のみ励振し、c 軸が基板に対して平行な異常成長を引き起こしていることがわかる.

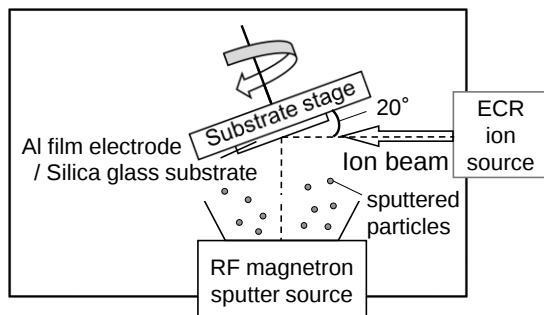


図 2 c 軸平行 ZnO 薄膜の成膜装置図

0.40 GHz で基本モード共振し、Mason の等価回路モデルとの比較から電気機械結合係数(電気エネルギーと機械エネルギーの比の平方根) $k_{15}=0.19$ となった. これは単結晶 ZnO ($k_{15}=0.26$) の 73% である.

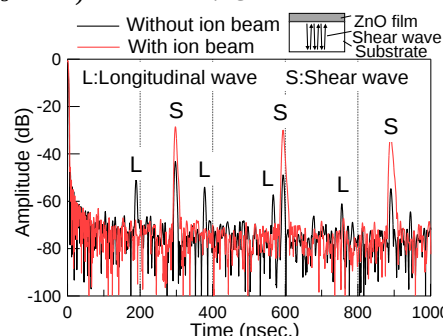


図 3 音波のインパルス応答

3. 極性反転 c 軸平行 ZnO 薄膜の形成

次に1層目を成膜後、イオンビームの入射方向を 180° 変え、2層目を成膜することで図 1(b) のような c 軸平行極性反転構造の形成を試みた. その時の横波変換効率を図 3 に示す. 0.52 GHz で基本モード共振を示した. これは1層目と2層目の極性が面内で同じ方向になっていることを示す. 1層目のエピタキシャルな影響を受け2層目の極性が反転しなかったと考えられる. そこで、この影響を打ち消すために1層目を成膜後に SiO_2 層を挿入し、その後2層目の成膜を行った. その時の横波変換損失も図 3 に示した. 0.50 GHz の基本モードは抑制され、1.1 GHz で2次モード共振している. これは1層目と2層目の極性が面内で反転していることを示す.

- Two-layered film without SiO_2 layer (Experiment)
- Two-layered film with SiO_2 layer (Experiment)
- Mason's model without SiO_2 layer
- Mason's model with SiO_2 layer

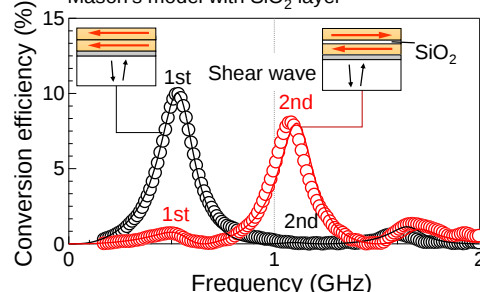


図 4 SiO_2 層の有無による c 軸平行 ZnO 薄膜の横波変換効率の比較

- [1] Y. Miyamoto et al., Proc. IEEE Ultrason. Symp. 1828 (2005).
[2] S. Takayanagi, T. Yanagitani and M. Matsukawa, Appl. Phys. Lett., **101**, 232902 (2012).