反応性スパッタリング法を用いた $BaTiO_3$ 膜の作製

Fabrication of $BaTiO_3$ film by reactive sputtering method

防衛大 [1]、先導技術研究所 [2]　牧野 碧 [1]，西出 正道 [2]，西田 謙 [1]

National Defense Academy[1], Leading Technology Laboratory[2], Ao Makino[1], Masamichi Nishide[2] and Ken Nishida[1]

E-mail: em57004@nda.ac.jp

1　はじめに

チタン酸バリウム $BaTiO_3$ (BT) は、様々な電子デバイスに使用されている最も成功した電子材料の１つである。我々は基板上で金属材料と反応性ガスと反応させることで、結晶性に優れ、緻密で密着性の高いという利点をもつ反応性スパッタリング法を用いて BT 膜の製膜を行っている。また、この方法で金属ターゲットを使用して製膜を行う場合、反応性ガスとして用いる酸素の流量に依存して２つのモード、化合物モードとメタルモードが存在する。化合物モードとは十分に酸素 O_2 ガスを供給し、ターゲット上で生成した酸化物を用いて製膜する方法である。安定した製膜ができる一方で、ターゲットやバリウム Ba 金属小片が酸化してしまうことにより、製膜速度が低下してしまうのが欠点であった。従って、厚膜を要するデバイス向きの素子を作製するには不向きである。メタルモードとは O_2 流量を減らし、金属ターゲットの酸化を抑えることにより、金属イオンを基板上まで飛ばし、基板上で酸化物を製膜する方法である。製膜速度が化合物モードよりも優れているという利点がある一方で、膜の酸化が十分でなく、金属膜ができてしまうという問題があった。[1]そこで本研究において、酸素を直接基板に吹き付けることでターゲットの酸化の抑制及び基板上の酸化速度をあげることを両立し、製膜速度を向上させることはできないかを検討した。今回は変更した装置の概要説明に加え、検討した方法(メタルモード)で製膜した BT と従来の方法(化合物モード)で製膜した BT を評価し比較した。

2　実験方法

2.1　製膜装置

本研究では、RF マグネトロンスパッタ法を用いる。ターゲットの酸化の抑制及び基板の酸化速度の向上を両立するために、酸素側のノズルをホルダー付近まで延長すると同時に、先端の形状を放射状にすることで、基板に酸素を供給できるように改良した。スパッタリング装置内部の改良前後の比較図を図 1 に示す。

2.2　強誘電体 BT 膜の作製・評価

本研究では、前述したスパッタリング装置を用いて Pt/Si 基板上に BT 膜を作製した。スパッタのターゲットには反応性が高く、低温成長が望める Ba 金属小片を Ti 金属円板上に配置したものを用いた。BT 膜の製膜に使用する基板は、Pt/Si 基板を用いた。製膜条件については、製膜時間 1 時間、基板温度 600℃、RF 電力 100W、成長圧力 0.16 Pa、Ba 片は 10 mm×12 mm のものを 2 片使用した。アルゴンと酸素の流量比については、装置改良前においては化合物モードでの製膜を行うため 1 : 1 に、装置改良後においてはメタルモードで製膜を行うため 1 : 0.15 とした。製膜後、結晶学的及び電気的特性について評価を行った。

3　実験結果及び考察

図２に上記の製膜条件で製膜した膜断面の電子顕微鏡

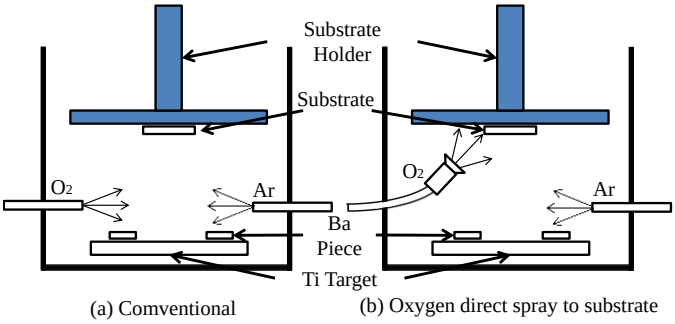
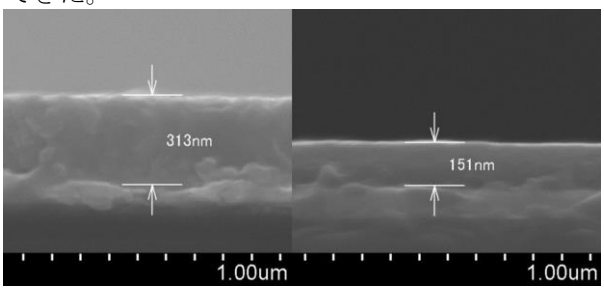


Fig.1　Schematic drawing of sputtering equipments

(Scanning Electron Microscope：SEM)像を示す。従来の化合物モードでは1時間あたり 150 nm の製膜速度であったが、改良後においては 1 時間で 310 nm と化合物モードの約 2 倍の速度で製膜できていることが分かった。また、図 3 にメタルモードで作成した BT 膜と従来の方法で製膜した BT 膜の XRD パターンを比較したものを示す。結晶性においてはほぼ同等であることが分かる。また単層の BT であることが分かる。このことから酸素流量が少ないメタルモード下においても、酸素が発散しないよう基板に直接吹きかけることで製膜速度を向上させることができた。



(a) Metal target mode　(b) Compound target mode

Fig.2 SEM images of $BaTiO_3$ films

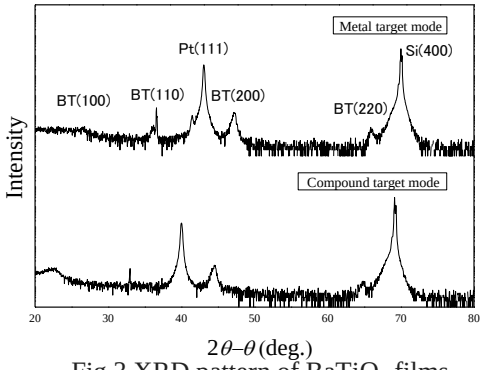


Fig.3 XRD pattern of $BaTiO_3$ films

参考文献

[1] J.Musil *et.al.* Thin Solid Films **475(**2005), pp. 208-218