

# 大電力パルスマグネトロンスパッタリングを用いた ルチル型酸化チタンの低温成膜

Low temperature deposition of rutile titanium oxide film  
using high-power impulse magnetron sputtering

名城大理工 °太田 貴之, 西村 美優紀

Meijo Univ., °Takayuki Ohta and Miyuki Nishimura

E-mail: tohta@meijo-u.ac.jp

## 1. 研究背景

酸化チタン( $\text{TiO}_2$ )膜は、光触媒活性が高いアナターゼ型、高屈折率( $n=2.7$ )かつ高誘電率( $\epsilon=114$ )であるルチル型など異なる特性を示す結晶構造を示す。ルチル型 $\text{TiO}_2$ は、反射防止膜や温度補償用コンデンサへの応用が期待されている。アナターゼ型 $\text{TiO}_2$ からルチル型 $\text{TiO}_2$ への構造相転移温度はおよそ $700^\circ\text{C}$ から $900^\circ\text{C}$ と高温である。スパッタリング法を用いてルチル型 $\text{TiO}_2$ を成膜するためには、成膜中の基板加熱や、成膜後のアニール処理が必要となる。

大電力パルスマグネトロンスパッタリング (HiPIMS: High-Power Impulse Magnetron Sputtering) は、パルス幅数十 $\mu\text{s}$ 程度で $500\text{W}/\text{cm}^2$ 以上の高いピーク電力密度を有する電力パルスを、数百Hz程度の周波数でターゲットに印加するイオン化スパッタリング法である。HiPIMSの瞬時プラズマ密度は $10^{12}\text{cm}^{-3}$ 以上にも及び、直流マグネトロンスパッタリングの100倍以上となる。これにより、スパッタチタン原子のプラズマ中でのイオン化率が約90%と非常に高くなる。すなわち、基板に入射するイオンフラックスを大きくすることができるので、イオン衝撃効果を利用した結晶化の促進が可能となる。また、パルスduty比が小さく抑えられており、パルス条件を適切に調整することにより、基板への熱入射を低減できる。

本研究では、HiPIMSを用いることにより、ルチル型 $\text{TiO}_2$ の低温成膜を試みた。

## 2. 実験方法

2インチのTiターゲットに、パルス幅 $29\mu\text{s}$ の電力パルスを印加した。Arと $\text{O}_2$ の混合ガスの総流量を $10\text{sccm}$ 、酸素ガス流量比( $\text{O}_2/(\text{Ar}+\text{O}_2)$ )を30%、チャンパー内圧力を $3\text{Pa}$ とし、ガラス基板の上に無加熱で $\text{TiO}_2$ 膜を成膜した。

## 3. 実験結果

Fig.1にターゲットに印加した電力パルスの周波

数、ターゲット電圧及びピークターゲット電流密度の関係を示す。ターゲット電流とターゲット電圧の積から算出した単位時間当たりの投入電力密度が $11\text{W}/\text{cm}^2$ 一定となるように、周波数と電圧を同時に変化させることで、基板温度を約 $470^\circ\text{C}$ 一定にして成膜を行った。また、周波数を減少させてターゲット電圧を増加させるとピーク電流密度が増加し、基板に入射するイオンフラックスが大きくなることが示唆される。

Fig.2に $\text{TiO}_2$ 膜のXRDスペクトルを示す。550Hz及び600Hzでは、アナターゼ型を示すA(112)のピークが見られた。周波数5000Hzではルチル型を示すR(110)のピークのみが観察された。基板温度が一定であったことから、瞬時電力密度の増加に伴ってTi原子のイオン化が進み、イオン衝撃効果により約 $470^\circ\text{C}$ でルチル型 $\text{TiO}_2$ が形成されたと考えられる。さらに、成膜条件を調整した結果、約 $280^\circ\text{C}$ という低温でルチル型 $\text{TiO}_2$ を成膜することができた。詳細は、当日発表する。

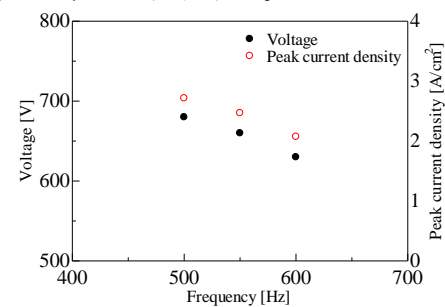


Fig.1 target voltage and peak current density as a function of frequency.

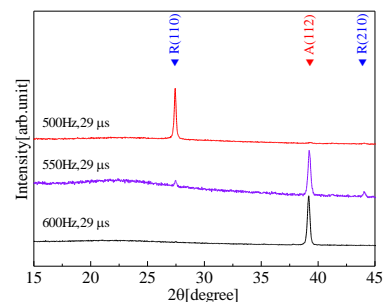


Fig.2 XRD pattern of  $\text{TiO}_2$  film for various frequency.