

反応性ヘリコン波励起プラズマスパッタ法による 誘電体分布ブラッグ反射鏡の形成 (2)

Preparation of dielectric distributed Bragg reflectors

by the reactive helicon-wave-excited-plasma sputtering method (2)

東北大多元研¹・東北大工² ○嶋 紘平¹, 粕谷 拓生^{1,2}, 菊地 清¹, 小島 一信^{1,2}, 秩父 重英^{1,2}

IMRAM¹ and Dept. Appl. Phys.², Tohoku Univ.

○K. Shima¹, T. Kasuya^{1,2}, K. Kikuchi¹, K. Kojima^{1,2}, and S. F. Chichibu^{1,2}

E-mail: kshima@m.tohoku.ac.jp

【はじめに】 励起子と光子の複合準粒子である励起子ポラリトンを活用するコヒーレント光源（ポラリトンレーザ[1]）は、発振に必要な閾値電流密度が非常に小さいため、省エネ光源としても期待できる。なかでも、ZnO を活性層とするポラリトンレーザは、電子・環境・情報通信分野での応用が期待される紫外線（366 nm）を呈するとともに、ZnO の高い励起子束縛エネルギー（59 meV）に基づいて室温動作する可能性がある[2]。ZnO ポラリトンレーザを実現させるには、高い反射率を有する高品質な分布ブラッグ反射鏡(DBR)を作製することが不可欠である。我々は、少ない層数で高い反射率と広いストップバンド幅を実現できる、SiO₂/ZrO₂ 誘電体多層膜 DBR を、独自の製膜手法であるヘリコン波励起プラズマスパッタ（HWPS）法[3]を用い、金属ターゲットを使用する反応性モード（R-HWPS と称する）にて形成してきた[4]。しかしながら、紫外線波長領域で ZrO₂ が有限の吸収係数を有するため、ZrO₂ 系 DBR は ZnO ポラリトンレーザの性能を低下させる可能性がある[5]。一方、HfO₂ は ZrO₂ と同等の高い屈折率（波長 366 nm において $n \approx 2.1$ [6]）を有し、吸収端が短波長側（ZrO₂: 230 nm, HfO₂: 215 nm [7]）にある。本講演では、R-HWPS 法による SiO₂/HfO₂-DBR の形成と、その光学特性を SiO₂/ZrO₂-DBR と比較した結果について議論する。

【実験と結果】 HfO₂ および SiO₂ の製膜には R-HWPS 法[3]を用いた。基板には無アルカリガラス（AN100）を用い、製膜種の表面拡散を促進させるため、基板加熱を行った。ここで、高い反射率を有する DBR を形成するためには、光の吸収だけではなく多層膜界面における光の散乱も低減させる必要がある。そこでまず、HfO₂ 単膜の表面粗さを原子間力顕微鏡により評価した。図 1 に、製膜時の $f(\text{O}_2)$ ($= [\text{O}_2]/([\text{O}_2]+[\text{Ar}])$) が HfO₂（膜厚: 70 nm 程度）の表面粗さに与える影響を示す。基板を加熱しない場合には、 $f(\text{O}_2)$ によらず HfO₂ の表面粗さは ZrO₂ よりも高い傾向を示した。一方、基板温度 300°C で製膜した場合、HfO₂ の RMS 粗さは 0.7 nm 程度にまで低減され、同条件で非加熱により製膜した ZrO₂ よりも優れた平滑性を示した。

【謝辞】 本研究は、キャノン財団、科研費(研究活動スタート支援 17H06514)、多元研プロジェクト等の援助を受けた。

【文献】 [1] Imamoglu *et al.*, PRA **53** (1996) 4250. [2] 秩父他, SST **20** (2005) S67. [3] 山谷、秩父他, APL **72** (1998) 235. [4] 秩父他, APL **88** (2006) 161914. [5] 古澤他, 2014 年春季応用物理学会 17a-E10-6. [6] Jerman *et al.*, AO **44** (2005) 3006. [7] Rainer *et al.*, AO **24** (1985) 496.

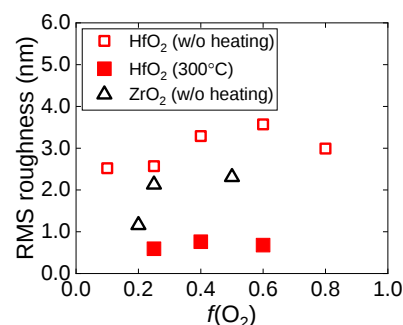


Fig. 1. RMS roughness of HfO₂ films deposited by the R-HWPS method as a function of $f(\text{O}_2)$.