

複合成膜により成膜された低屈折率 SiO₂ 光学薄膜 (2)

Low Refractive Index SiO₂ Optical Thin Film Deposited by Sputtering and Electron Beam Evaporation part 2

東海大院工¹, (株)シンクロン² ○(D)田島 直弥¹, 室谷 裕志¹, 松平 学幸²

Graduate School of Eng., Tokai Univ.¹ SHINCROn CO.LTD.²

Naoya Tajima¹, Hiroshi Murotani¹, Takayuki Matsudaira²

Email : murotani@keyaki.cc.u-tokai.ac.jp

1. 背景・目的

光学薄膜の屈折率を任意の値に制御することで、光学特性を向上することができる。屈折率を段階的に変化させることで、分光特性に不要なリップルを発生させないルゲートフィルタの設計が可能である。膜の屈折率制御には、膜に微細構造をもたせることで有効屈折率を下げる方法や、異なる複数の材料を成膜し、膜中の配合比率から平均屈折率として変化させる方法等がある。本研究では、成膜時の圧力が大きく異なる EB (EB : Electron Beam) 蒸着法とスパッタリング法を同一真空容器内に設置して稼働させる複合成膜手法を開発し、SiO₂ 光学薄膜の低屈折化に成功している¹⁾。複合成膜手法では膜の構造を低密度にすることで低屈折率化を実現している。本研究では複合成膜を用いて SiO₂ 光学薄膜を作製し、成膜条件(主にスパッタリング出力)を変化させた時の屈折率および膜構造に与える影響を検討した。

2. 実験方法

本実験では成膜用基板に N-BK7(Schott 社製)光学ガラスを用いた。複合成膜は DC(DC : Direct current)パルススパッタリング法と EB 蒸着法を稼働させて成膜した。成膜材料は、蒸着材料に SiO₂(Merck 社製)、スパッタリングターゲットに Si(純度 4N, USTRON 社製)を使用した。Table 1 に成膜条件を示す。スパッタ出力およびスパッタ含有率を変化させて、サンプルの作製を行った。EB 蒸着レートを変化させて、スパッタ含有率の異なるサンプルを作製した。膜厚は 600nm で統一した。

Table 1 Deposition conditions.

Substrate temperature	Degree of vacuum	Sputtering area				EB area	Content rate Sputtering particle
		Inlet Ar gas	Inlet O ₂ gas	D.C. pulse Power	Deposition rate	Deposition rate	
(°C)	(Pa)	(sccm)	(sccm)	(W)	(Å/s)	(Å/s)	(%)
200	4.9.E-01	500	50	1000	0.7	13.5	5
						6.4	10
						1.7	30
						0.7	50
				3000	4.3	81.1	5
						38.4	10
						10.0	30
						4.3	50

成膜した SiO₂ 光学薄膜の反射率は顕微分光器(USPM-RUIII, Olympus)で測定した。分光反射スペクトルからセルマイヤーの分散式により、波長 550nm の屈折率を導出した。膜の表面構造は、原子間力顕微鏡(Dimension ICON, Bulker)で観察した。

3. 結果・考察

Fig. 1 に作製した SiO₂ 光学薄膜の屈折率と成膜条件の関係を示す。高エネルギーを有するスパッタ粒子が少なくなることで、表面拡散が小さくなったため、屈折率が低下したことが考えられる。スパッタ出力が高いサンプルはスパッタ出力が低いサンプルに比べ、屈折率が高い値を示した。これは高エネルギーを有するスパッタ粒子が膜を押し込むことによる影響と考えられる。Fig. 2 に作製した SiO₂ 光学薄膜の AFM 観察画像を示す。Fig. 2 - a ではクラックが確認された。スパッタ出力やスパッタ含有率を高くすることで、クラックが抑制された(Fig. 2 - b, Fig. 2 - c)。複合成膜におけるスパッタは膜の密着力に影響を与えていることが考えられる。

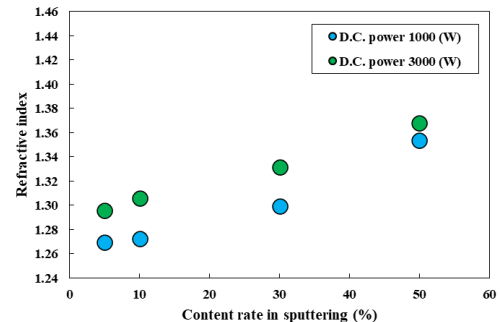
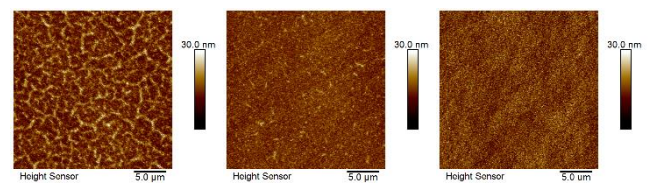


Fig. 1 Relation between refractive index and deposition conditions.



(a) 1000W, 5% (b) 3000W, 5% (c) 1000W, 10%
Fig. 2 Atomic force microscopy image of the film surface.

4. 結論

複合成膜では、スパッタ出力およびスパッタ含有率を低下させることで膜の屈折率が低下する。スパッタ出力およびスパッタ含有率を増加させることでクラックを抑制することができる。

謝辞

測定に協力して頂いた東海大学研究推進部技術共同管理室の森川氏、小田氏に感謝致します。

参考文献

- 1) Tokai Uni., FINE CRYSTAL Co. Ltd., Shincron Co. Ltd., deposition method. JP5901571. 2016-03-18.