

## 複合成膜により成膜された低屈折率 SiO<sub>2</sub> 光学薄膜の多層化 (2)

Multilayer with Low Refractive Index SiO<sub>2</sub> Optical Thin Films Deposited by Sputtering and Electron Beam Evaporation (2)

東海大院総理工<sup>1</sup>, (株)シンクロン<sup>2</sup> ○(D)田島 直弥<sup>1</sup>, 松本繁治<sup>2</sup>, 室谷 裕志<sup>1</sup>

Graduate School of Eng., Tokai Univ.<sup>1</sup> SHINCRON CO. LTD.<sup>2</sup>

Naoya Tajima<sup>1</sup>, Shigeharu Matsumoto<sup>2</sup>, Hiroshi Murotani<sup>1</sup>

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。膜の屈折率制御には、膜の充填密度を下げる方法がある。斜方蒸着やゾル・ゲル法は低密度化による屈折率の制御が可能な成膜手法である。これら低密度膜は光学多層膜として応用するためには、他の成膜プロセスとの併用が必要である。そのため、従来では反射防止膜の最表層として用いる以外の実用例がほとんどない。本研究室では、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、SiO<sub>2</sub> 光学薄膜の低屈折率化に成功している<sup>1</sup>。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。また、成膜粒子のエネルギーが高いスパッタリングの積層に対しても、複合成膜手法によって成膜した低密度膜は低屈折率を維持できる<sup>2</sup>。低屈折率層に複合成膜手法、高屈折率層にスパッタリング法(または EB 蒸着法)を用いることで基板と同一材料の光学多層膜の作製が期待できる。基板と同一材料で構成された光学多層膜の特徴として、①成膜材料の透過帯域の制約を取り除ける、②線膨張係数が同一のため熱応力に有利である、③生産現場において成膜材料の廃棄・取り扱いの一本化できるなどの特徴が挙げられる。本研究では複合成膜の応用検討として、基板と同一の膜材料のみで構成された光学多層膜(Monomaterial multi-coating: MMC)の作製を目的とした。

### 2. 実験方法

本実験では成膜用基板に合成石英を用いた。DC(DC: Direct current)パルススパッタリング法及び複合成膜手法を用いて SiO<sub>2</sub> 光学多層膜の成膜を行った。複合成膜は同一真空容器内でスパッタリング法と EB 蒸着法を同時に成膜する手法である。Table1 にそれぞれの成膜条件と膜の屈折率を示す。多層膜の膜構成を Eq.1 に示す。設計波長 365nm とし、複合成膜層とスパッタリング層で構成された SiO<sub>2</sub> 光学多層膜の作製を行った。

Table1 Refractive index and deposition condition

Symbol	Deposition method	Refractive Index	Sputtering area			EB area		Substrate Temperature
			Power	Target	Inlet gas	Evaporation material	Inlet gas	
H	DC Pulse Sputtering	1.47	3000 W	Si	Ar: 50 sccm O <sub>2</sub> : 50 sccm	/	/	200 °C
L	Simultaneous deposition	1.30	1500 W	Si	Ar: 450 sccm O <sub>2</sub> : 50 sccm	SiO <sub>2</sub>	Ar: 450 sccm	

Sub | (0.5L H 0.5L)<sup>25</sup> | Air Eq.1

成膜した SiO<sub>2</sub> 光学多層膜の透過率および前方散乱率(ISO19962)は紫外可視近赤外分光光度計(JASCO: V-670)で測定した。

### 3. 結果・考察

成膜された SiO<sub>2</sub> 光学多層膜の分光透過スペクトルを Fig.1(a)に、前方散乱率を Fig.1(b)に示す。Fig.1(a)より波長 350nm で設計値通りの阻止帯域が確認できる。波長 200nm~300nm において吸収がなく、Fig.1(b)より前方散乱率も非常に小さい良好な特性が得られている。複合成膜を用いることで基板と同一材料: SiO<sub>2</sub>のみで構成された光学多層膜を作製することができた。

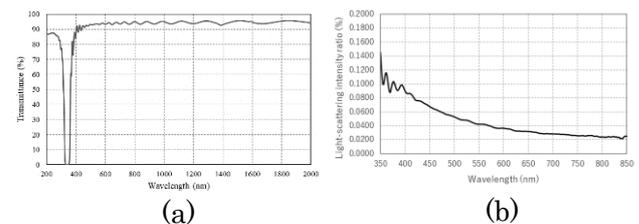


Fig.1 SiO<sub>2</sub> monomaterial multi-coating optical property  
(a) Transmittance spectra. (b) Light scattering spectra.

### 4. 結論

複合成膜手法を用いることで、基板と同一材料のみで構成された光学多層膜を作製することができる。

### 謝辞

成膜に協力して頂いた株式会社シンクロンの柊川氏、松平氏に感謝致します。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.
- 2) 田島 直弥, 松本 繁治, 室谷 裕志: 複合成膜により成膜された低屈折率 SiO<sub>2</sub> 光学薄膜の多層化, 第 68 回応用物理学会春季学術講演会講演予稿集(2021).