

## 複合成膜により成膜された低屈折率 MgF<sub>2</sub> 光学薄膜 (Ⅲ)

Low Refractive Index MgF<sub>2</sub> Optical Thin Films by combined Sputtering and Electron Beam Evaporation (Ⅲ)

東海大院工<sup>1</sup>, (株)シンクロン<sup>2</sup> ○都野 義樹<sup>1</sup>, 増山 賢二<sup>1</sup>, 室谷 裕志<sup>1</sup>, 松本 繁治<sup>2</sup>

Grad. Sch. of Eng., Tokai Univ.<sup>1</sup>, SHINCRON Co., Ltd.<sup>2</sup>

○Yoshiki Tsuno<sup>1</sup>, Kenji Masuyama<sup>1</sup>, Hiroshi Murotani<sup>1</sup>, Shigeharu Matsumoto<sup>2</sup>

E-mail: murotani@keyaki.cc.u-tokai.ac.jp

### 1. 背景・目的

フッ化マグネシウム (MgF<sub>2</sub>) は、光学的特性として透過帯域が 150nm の深紫外から 7μm の赤外領域まで有する。MgF<sub>2</sub> 膜は窓材、プリズム、レンズなどの反射防止膜に用いられている。先行研究では、複合成膜手法<sup>1)</sup>を用いて SiO<sub>2</sub> 光学薄膜の成膜することで屈折率が低くなることが報告されている<sup>2)</sup>。光学薄膜は屈折率を下げるにより、高性能の反射防止膜を作製することができる。しかし、従来の低屈折率光学薄膜は、実用的な耐久性が得られていない。MgF<sub>2</sub> の屈折率は一般的に 1.38 である。本研究では、複合成膜手法を用いて、一般的なものよりも屈折率が低く、機械的特性の優れた MgF<sub>2</sub> 膜を作製することを目的とした。

### 2. 実験方法

複合成膜手法を用いて N-BK7(SCHOTT 社製)光学ガラス基板上に低屈折率の MgF<sub>2</sub> 光学薄膜の成膜を行った。複合成膜装置の概念図を Fig.1 に示す。本実験で用いた複合成膜装置は EB(Electron Beam)法とスパッタリング法を同一真空領域内で行うことができる。

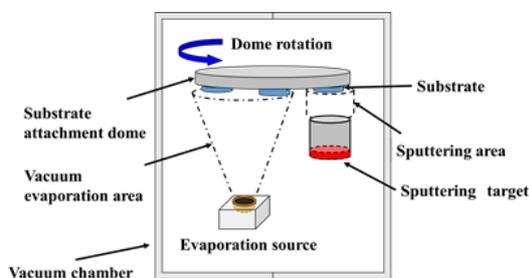


Fig. 1 Schematic diagram of the combination coating equipment.

複合成膜手法ではドームを常に回転させ、スパッタリング法による成膜と EB 法による成膜を同時に行った。この時 EB 法では、蒸着材料に MgF<sub>2</sub> (メルク社製)を用い、出力 25mA で条件を統一した。スパッタリング法ではターゲットに Si を用い、Ar を 160sccm, O<sub>2</sub> を 1sccm 導入し、スパッタの出力を変化させて成膜を行った。成膜時の基板温度は 200℃で統一した。紫外から近赤外線までの分光特性は分光光度計(V-670, 日本分光社製)で測定を行った。膜の屈折率は分光透過スペクトルより算出した。光学薄膜の密着性をクロスハッチ試験(ISO9211-4)、光学薄膜の硬さを鉛筆硬度試験法及び摩耗試験(ISO9211-4)によって評価した。

### 3. 結果及び考察

成膜した膜の屈折率を Table 1 に示す。Table 1 より、スパッタ出力が低くなるほど膜の屈折率が下がることが確認できる。複合成膜手法によって成膜された最も屈折率の低い MgF<sub>2</sub> 光学薄膜は 1.33 を示した。MgF<sub>2</sub> 光学薄膜のクロスハッチ試験結

果及び鉛筆硬度試験結果を Table 2 に示す。クロスハッチ試験の結果から、スパッタ出力 400W~50W のとき、同時成膜による MgF<sub>2</sub> 光学薄膜の密着性が良好であることが確認された。鉛筆硬度試験、摩耗試験の結果から、スパッタ出力が低くなるにつれて、同時成膜により形成された MgF<sub>2</sub> 光学薄膜の硬度が低下することが確認された。屈折率は膜密度と相関があることが知られている。また、膜密度は硬度と相関がある。硬度や密着性が変化する理由として、スパッタリングの成膜粒子のエネルギーが強いため、膜密度を高める効果があると考えられる。

Table 1 Refractive index of the optical thin films

	EB power (mA)	Sputtering power (W)	Refractive index (λ=550 nm)
Combination coating	25	400	1.43
		200	1.36
		100	1.34
		50	1.34
		0	1.33

Table 2 Mechanical properties.

Sputtering power (W)	Crosshatch test (ISO Class)	Scratch test (Pencil method)	Abrasion test (1000cycle)
400	0	6H	not peeled
200	0	2H	not peeled
100	0	H	Peeled
50	0	2B	Peeled
0	3	5B	Peeled

### 4. 結論

複合成膜装置を用いることで、屈折率 1.34 の機械的強度の高い MgF<sub>2</sub> 光学薄膜を作製することができた。

### 謝辞

成膜に協力して頂いたファインクリスタル株式会社の清野氏、買手氏に感謝致します。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宮本氏、森川氏に感謝致します。

### 参考文献

- 1) 学校法人東海大学, ファインクリスタル株式会社, 株式会社シンクロン. 成膜方法. 特許第 5901571 号. 2016-03-18.
- 2) N. Tajima, H. Murotani, S. Matsumoto, H. Honda: "Stress Control of an Optical Thin Film by Sputtering and electron beam evaporation", Appl. Opt., 56, 131-135 (2017).