複合成膜により成膜された超低屈折率 SiO2 光学薄膜の応力特性 2

Internal Stress of Low Refractive Index SiO₂ Optical Thin Films by Electron Beam and Sputtering 2 東海大院工¹ ⁰吉澤 慶¹, 呂 翔宇¹, 室谷 裕志¹

Grad. Sch. of Eng., Tokai Univ.¹⁰Kei Yoshizawa¹, Syou Ro¹, Hiroshi Murotani¹

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

1. 背景·目的

現在,光学薄膜は光学部品や電子部品などへの需要が増加している.そのため,光学部品の寿命は少なくとも電子部品と同等でなければならない.また、光学部品の小型化に伴い,基板の厚さが薄くなる傾向にある.基板の厚さが薄くなることにより,膜の内部応力による膜の剥離やひび割れ、基板の反りが問題となってくる.膜の内部応力は光学素子の機械的特性に影響を与える.膜の内部応力は成膜手法によって大きく変化する.本研究では複合成膜手法で成膜されたSiO2光学薄膜の内部応力と一般的な成膜手法との比較を目的とした.

2. 実験方法

複合成膜(EB:Electron Beam 法+スパッタリング法)を用い て N-BK7(SCHOTT 社製)光学ガラス基板上に SiO₂光学薄膜 を成膜した. 複合成膜は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うものである. この時, スパッタ リング領域と EB 領域は同一真空容器内にある. 複合成膜装 置の概念図を Fig.1 に示す.¹⁾



Fig.1 Schematic diagram of combination coating equipment.

スパッタリング法ではターゲットに Si を用い, EB 法では 蒸着材料に SiO₂(メルク社製)を用い, O₂ ガス分圧を 2×10⁻²Pa になるように導入し成膜した.また成膜時の基板温度は 200℃に統一した.EB 法とスパッタリング法、複合成膜手法 の3 種類の成膜条件を Table 1 に示す.成膜された光学薄膜 の内部応力とその経時変化についてレーザーフィゾー干渉 計(FUJINON F601)を用いて測定を行った.内部応力の測定は 基板の変形(曲り)から知ることができる.基板のヤング率 を Es, 基板の厚さを ds, 基板のポワッソン比を υ, 膜厚を dr, 基板の長さ r, レーザー干渉計で測定した先端の変位 δ を用 いると以下の式(1)で表される.²⁰

$$\sigma = \frac{\delta E_S d_S^2}{r^2 3 (1-v) d_F} \qquad \cdots (1)$$

Table 1 Deposition conditions.

Deposition Method	Electron Beam Current (mA)	Sputtering power (W)	Gas introduction (sccm)
EB	120mA		O ₂ :13sccm
Sputtering		200W	O₂:5sccm Ar:75scm
Combination deposition	140mA	200W	O₂:5sccm Ar:170sccm

実験結果・考察



Fig.3 SEM image of SiO₂ optical thin film

EB法、スパッタリング法および複合成膜を用いて成膜されたSiO2光学薄膜の内部応力の経時変化をFig.2に示す.複合成膜を用いて成膜した薄膜のSEM像をFig.3に示す.屈折率は550mmの時EB法では1.46、スパッタリング法では1.46、複合成膜では1.31を示した.成膜方法に関係なくすべてのサンプルで圧縮応力を示した.スパッタリング法で成膜された光学薄膜の内部応力値が最も高く、複合成膜法で成膜された光学薄膜の内部応力は非常に小さい値を示した.Fig.3より、複合成膜法で成膜した薄膜は柱状構造を持つことが分かる.屈折率が低いことからポーラスな柱状構造を持つことにより、応力が緩和されていると考えられる.

4. 結論

複合成膜法で成膜された SiO₂光学薄膜の応力は EB 法と スパッタリング法に比べて非常に低い値を示した.

謝辞

成膜に協力して頂いた株式会社シンクロンの松本氏,ファインク リスタル株式会社,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森川氏に感謝致します.

・参考文献

- 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) J. D. Finegan and R. W. Hoffman ; AEC Tech. Rep,
- No. 15 (Case Inst. Technol., Cleveland, 1961)
- 3) 岩村 栄治、"薄膜の応力・密着性・剥離トラブルハンドブック",2007-10-25. P.8-9
- 4) 吉澤 慶,都野 義樹,呂 翔宇,室谷 裕志,「複合成膜による超低屈折 率 SiO₂光学薄膜の応力特性」第66回応用物理学会春季学術講演会,9p-PA1-22 (2019)
- Naoya Tajima, Hiroshi Murotani, Shigeharu Matumoto, Hiromitu Honda. "Stress Control of an Optical Thin Film by Sputtering and Vacuum Deposition" Applied Optics vol56, No.4, 131-135, (2017)