

複合成膜により成膜された低屈折率 SiO₂ 光学薄膜の光散乱特性Light Scattering of Low Refractive Index SiO₂ Optical Thin Films Deposited by Sputtering and Electron Beam Evaporation東海大工¹, ○ (B) 若宮 大生¹, 室谷 裕志¹Tokai Univ. School of Eng.¹, Taisei Wakamiya¹, Hiroshi Murotani¹

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

1. 背景・目的

近年, 光学部品に対する性能の向上が求められている. それに伴い, 光学薄膜にも角度依存を主とした反射防止性能向上のために, 膜の低屈折率化が求められている. 本研究室では, 成膜時に圧力が大きく異なる真空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^{1,2)}. 複合成膜手法では, スパッタリング領域から導入されるガスが薄膜内部に空乏を作る事により膜の屈折率を低減させている. また, 光学薄膜には光学的特徴の一つとして光散乱があり, この光散乱により生じる光損失が大きな課題となっている. 本研究では低屈折率かつ低散乱の SiO₂ 光学薄膜を作製することを目的とした.

2. 実験方法

本実験では成膜前基板に N-BK7 (Schott 社製) を用いた. 成膜方法は DC パルス (DC : Direct current) スパッタリング法と EB (EB : Electron beam) 蒸着法の複合成膜手法, および比較対象として従来手法の EB 蒸着法で製膜した. EB 蒸着法の材料は SiO₂, スパッタリングのターゲットには Si を用い, Ar と O₂ を導入した. 複合成膜装置の概念図を Fig. 1 に示す.

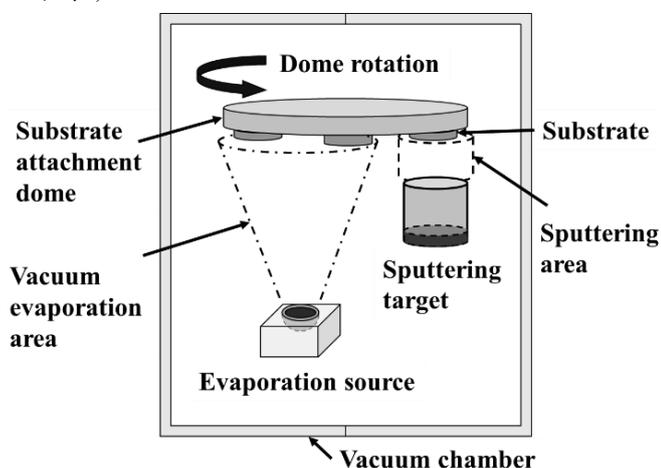


Fig. 1 Schematic diagram of combination coating equipment for sputtering and vacuum deposition¹⁾.

成膜した SiO₂ 光学薄膜の物理膜厚を触針式段差計 (小坂研究所 : ET4000A) で測定した. 膜の分光全光線透過率を紫外可視近赤外分光光度計 (JASCO : V-670) により測定して屈折率を導出した. また, 薄膜の分光前方散乱率は, ISO 19962 (2019) に基づき測定した. 膜の表面および断面の構造を SEM (SEM : Scanning Electron Microscope, 日立ハイテクノロジーズ社製 : S-4800) で観察し, 結晶構造を XRD (XRD : X-ray diffraction, フィリップス社製 : X'Pert MRD) で解析した.

3. 結果・考察

EB 蒸着法及び複合成膜手法により成膜された SiO₂ 光学薄膜の物理膜厚, 波長 555nm の屈折率及び平均化した前方

散乱率を Table 1 に示した. また, 成膜された SiO₂ 薄膜の前方散乱スペクトルを Fig. 2 に示した.

Table 1 Result of thin films deposition

成膜手法	複合成膜手法			
物理膜厚 (nm)	461	528	573	571
屈折率 (波長555nm)	1.46	1.33	1.3	1.28
平均前方散乱率 (%)	0.033	0.071	0.017	0.02

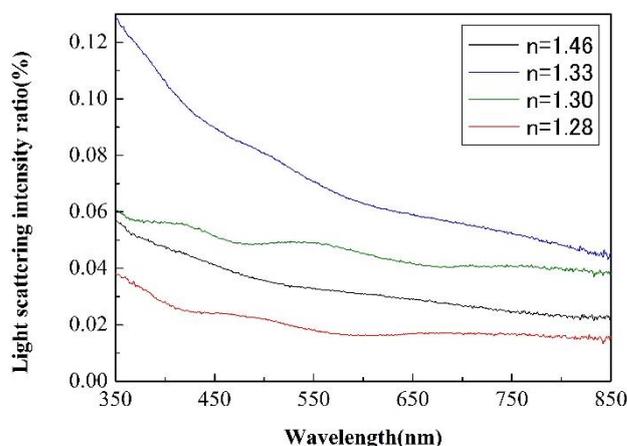


Fig. 2 Light scattering spectra of SiO₂ optical thin films

Fig. 2 より, 複合成膜手法によって成膜された SiO₂ 薄膜は屈折率が低下するに伴い, 平均散乱率が減少していることが確認された. 光散乱は散乱体の形状因子と周囲の屈折率差によって決定される. 低屈折率 SiO₂ 光学薄膜の場合, 膜の屈折率の低下に伴い光散乱が減少したので, 膜中における散乱体と周囲の屈折率差は, 膜の有効屈折率が低くなるほど小さくなると考えられる. よって, 屈折率の差が光散乱の違いにあらわれたと考えられる. SEM 観察では低屈折率膜の構造に大きな差がないため形状因子の影響は少ないと思われる.

4. 結論

複合成膜手法において SiO₂ 薄膜の有効屈折率が低下するほど, 散乱体と周囲の屈折率差が小さくなるため, 光散乱が減少すると考えられる.

謝辞

成膜に協力していただいた株式会社シンクロンの柘川氏に感謝いたします. 測定に協力していただ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いたします.

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 in optical thin films by sputtering and electron beam evaporation", Appl. Opt., Vol. 56, Issue 4, PP. C131-C135 (2017).