

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 (3)

Light Scattering of Low Refractive Index SiO₂ Optical Thin Films Deposited by Sputtering and Electron Beam Evaporation Part 3

東海大院工¹, (株)シンクロン² ○(M)若宮 大生¹, 松本繁治², 室谷 裕志¹

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

Taisei Wakamiya¹, Shigeharu Matsumoto², Hiroshi Murotani¹

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

1. 背景・目的

現在, 実用されている多くの低屈折率光学薄膜は, 膜に微細構造をもたせることで有効屈折率を下げることに, 膜の低屈折率化を実現している. 本研究では, 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⁾. 複合成膜手法では膜の構造がポーラスになることで低屈折率化を実現しているが, 膜構造に起因した高密度の膜には無い光散乱特性が発現することが懸念される. これまでの研究では, 膜内部において気孔に起因したミー散乱の影響は非常に小さく, 電子ビームで蒸着した SiO₂ 光学薄膜よりも光散乱が少ないことがわかっている. 本研究では, 複合成膜手法のスパッタ出力を変化させることで, 低屈折率 SiO₂ 光学薄膜のスパッタ出力と光散乱率の関係性を調査するとともに, 最適なスパッタ出力を検討することを目的とする.

2. 実験方法

本実験では成膜前用基板に合成石英を用いた. 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で成膜した. 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 を使用し, スパッタとドーム近傍の MFC (MFC : Mass Flow Controller) から Ar と O₂ を導入した. 成膜時の DC パルススパッタの出力を 500W, 1000W, 1500W と変化させ, 各条件で膜厚が約 250nm と 1000nm になるように成膜した. 作製した SiO₂ 光学薄膜の透過率を紫外可視近赤外分光光度計 (JASCO : V-670) で測定した正透過率からハルトマンの分散式により屈折率を導出し, 薄膜の分光前方散乱率を ISO 19962 (2019) に基づき測定した.

3. 結果・考察

複合成膜手法により成膜したスパッタ出力の異なる SiO₂ 光学薄膜の屈折率を Table1, 及び ISO 19962 (2019) に基づき測定した分光前方散乱率を Fig. 1 に示した. Table1 より, 成膜した低屈折率 SiO₂ 光学薄膜は, スパッタ出力が低いほど屈折率が下がりやすい傾向になった. また, Fig.1 より, 膜厚が約 1000nm でスパッタ出力が 500W の場合は, 光散乱率が他の条件よりも増大するという結果になった. しかし, 膜厚を 250nm 程度まで薄くすればどの条件でも散乱率に大きな違いはないので, 実用する上で大きな問題にならないことがわかる.

Table1 Refractive index of SiO₂ optical thin film

| Sputtering power | Refractive index ($\lambda=550$) |
|------------------|------------------------------------|
| 500W | 1.28 |
| 1000W | 1.27 |
| 1500W | 1.30 |

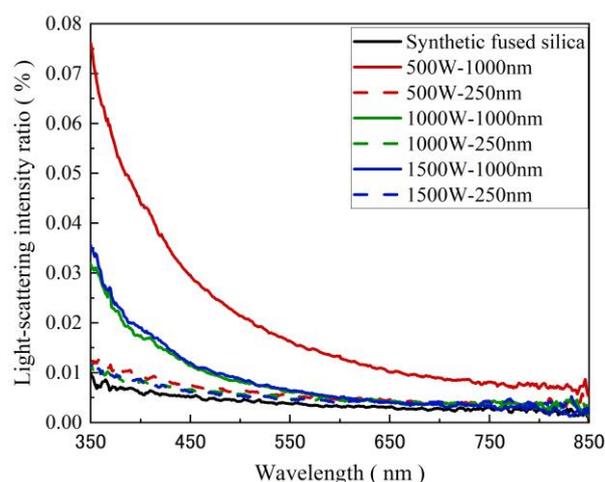


Fig. 1 Light scattering spectra of SiO₂ optical thin films.

Fig.1 より, すべての条件において可視光域における光散乱率が非常に低いことから膜の柱状構造内部にミー散乱に起因するような気孔が非常に少ないことがわかる. しかし, 500W の場合は, 他の条件よりも特に短波長側における光散乱率の増加が顕著ことから, 気孔とは別の膜構造に起因した光散乱の影響が大きいことが考えられる.

4. 結論

スパッタ出力が 1000W 以上で実用上問題のない光散乱特性を持つ低屈折率 SiO₂ 光学薄膜を作製することができた.

謝辞

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