



漸變式折射複合光學薄膜技術

The Composite Optical Film with Gradient Refraction Index Process

唐謙仁¹ 林士欽² 賴識翔² 黃智勇² 梁沐旺³ 王慶鈞⁴

¹逢甲大學光電工程學系 教授

²工研院機械所 固態光源機械技術部

³工研院機械所 固態光源機械技術部 經理

⁴工研院機械所 固態光源機械技術部 副組長

摘要

本文探討漸變式折射複合光學設計及製程技術，利用反應式磁控濺鍍製程製備漸變折射率光學薄膜，並分析高低折射率材料之光學常數及殘留應力特性。使用具較低吸收及低殘留應力條件下之單層膜製程，製備 AlN_xO_y 薄膜及分析其光學常數及殘留應力特性。另製備漸變折射率光學濾光片，且使該漸變折射率光學濾光片具有良好之光學特性及低的殘留應力值。採用鋁靶做為起始的材料，調整濺鍍功率、氮氣或氧氣之氣體流量等製程參數，亦探討同時通入氮氣及氧氣製備 AlN_xO_y 光學混合薄膜，並使用電漿迴授控制方式監控氮氧化鋁電漿製程。

Abstract

This work investigates a composite optical design with progressive refraction index and process technology to manufacture the films. The optical films with gradient refractive index were prepared by reactive magnetron sputtering process. The optical constants and residual stress properties of the high and low refractive index materials were characterized. Processes with low absorption and low residual stress were used to prepare various single layer thin films, AlN_xO_y , and their optical constants and residual stress properties were analyzed. Optical filter with gradient refractive index was then prepared, and the optical filter has good optical characteristics and low residual stress value. An aluminum target was used as the starting material to prepare AlN_xO_y optical films, and the effects of sputtering power, the gas flow of nitrogen or oxygen, and other process parameters were discussed. Plasma feedback control method was used to monitor the aluminum oxide plasma process. We look forward to establishing the technology of gradient refraction optical filter to make light tablets generate better optical characteristics and with the low of residual stress.

關鍵詞

漸變折射、反應式磁控濺鍍、皺波濾光片

Keywords

Gradient Refraction、Reaction Type Magnetron Sputter、Rugate Filter



漸變式折射複合光學設計

傳統光學濾光片使用高低折射率膜堆疊的設計，需要有初始設計才有辦法得到與目標光譜相近的結果，新光學濾光薄膜製鍍方式可採用混合薄膜(composite film)的技術，除具有能改善單一材料的物理及化學特性外，亦能使用折射率漸變光學濾光片。在多層膜光學濾光片設計中，如以正弦函數分佈的混合膜設計取代傳統高折射率及低折射率材料結構，此種類型的帶止濾光片一般稱為皺波濾光片(rugate filter)[1-3]，過去 Southwell 利用耦合波理論之型式，導出折射率變化若為一正弦函數如圖 1，其數學公式如式(1)所示：

$$n(z) = n_a + \frac{n_p}{2} \sin\left(\frac{4\pi}{\lambda_0} n_a z + \phi\right) \quad (1)$$

式中 n_a 為平均折射率， n_p 為最高與最低折射率之差， ϕ 為膜層在基板上的相位。若此波型有 S 週期，每一週期之光學厚度為帶止濾光片之中心波長 λ_0 的二分之一，則可得帶止濾光片其半寬度為

$$\frac{\Delta\lambda_h}{\lambda_0} = \frac{n_p}{2n_a} \quad (2)$$

其中心波位之光學密度(optical density, OD)為，

$$OD = \log_{10}\left(\frac{1}{1-R}\right) = 0.68822 \frac{n_p}{n_a} S - \log_{10}\left(\frac{4n_0}{n_s}\right) \quad (3)$$

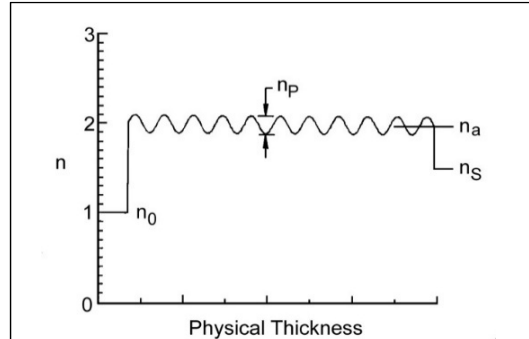


圖 1 皺波型折射率(rugate index profile)：每一折射率變化週期之光學厚度為帶止濾光片中心波長的二分之一[1]

由公式及圖型中 n_p 很小時可得一很窄之帶止濾光片。此時由於其形狀而稱為陷波濾光片(notch filter)，但為使穿透率盡量低， S 必須很大，也就是膜厚必須很厚。考慮製鍍的可行性，當膜太厚時的有應力問題，以致 S 不可能很大，亦即圖 1 中正弦波非無限延長，且 n_a 與 n_s 及 n_0 不相等，以致在低透射帶兩旁的透射呈現出波紋。例如 $S=100$ ， $n_a=2$ ， $n_p=0.1$ ， $n_s=1.52$ ， $n_0=1$ ， $\lambda_0=550$ nm，可得到圖 2 之帶止濾光片。

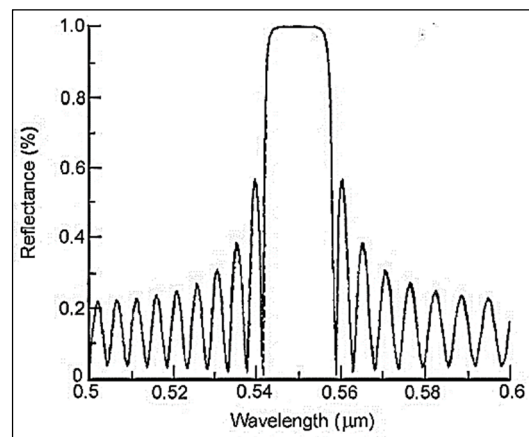


圖 2 $S=100$ ， $n_a=2$ ， $n_p=0.1$ ， $n_s=1.52$ ， $n_0=1$ ， $\lambda_0=550$ nm 之帶止濾光片

更完整的內容

請參考【機械工業雜誌】411期・106年6月號

每期220元・一年12期2200元

劃撥帳號：07188562 工業技術研究院機械所

訂書專線：03-591-9342

傳真訂購：03-582-2011

機械工業雜誌官方網站：www.automan.tw

機械工業雜誌信箱：jmi@itri.org.tw