



高功率雷射鍍膜技術開發

Optical Coating for High Power Laser

黃國隆

統新光訊股份有限公司
研發部
副理

魏敬易

統新光訊股份有限公司
業務部
副總經理

關鍵詞(Keywords)

- 物理氣相沉積 Physic Vapor Deposition
- 光學薄膜 Optical Thin Film
- 雷射鏡 Laser Mirror

摘要(Abstract)

為提高雷射系統的光學品質，光學薄膜技術普遍應用在其光學元件上，而要達到理想的光學薄膜，一般而言都是在真空中用物理氣相沉積(physical vapor deposition, PVD)較易完成。其中薄膜的膜質關係到系統的穩定性與可靠性，故本分析報告測試不同之鍍膜參數，藉由原子力顯微鏡(atom force microscope, AFM)與掃描式電子顯微

鏡(scanning electron microscope, SEM)等檢測儀器進行比對分析。而將較佳的成膜條件導入光學元件之薄膜設計，製造 1. 光入射角 0 degree，波長範圍 800 ~ 1100 nm，反射率 $R(\%) < 1\%$ ；2. 光入射角 45 degree，波長範圍 1064 ± 10 nm，穿透率 $T(\%) > 99\%$ ；波長範圍 808 ± 10 nm，反射率 $R(\%) > 99.9\%$ ；3. 光入射角 45 degree，波長範圍 800 ~ 1100 nm，反射率 $R(\%) > 99\%$ 的光學薄膜濾光片，並經高功率雷射測試，損害閾值可承受 10 kW/cm^2 的強度。

Optical thin film technology is used in laser systems to enhance optical quality. The typical process is the physical vapor deposition (PVD). Because the quality of thin film is the point of laser system, it is tested with different parameters of coating. Film quality is then analyzed by the atomic



force microscopy (AFM) and the scanning electron microscopy (SEM). The best parameter settings are determined for the optical thin film devices: (1) The AR coating AOI 0 degree 800 ~ 1100 nm, R (%) < 0.1%; (2) Edge filter AOI 45 degree 1064 ± 10 nm, T (%) > 99%; 808 ± 10 nm R (%) > 99.9%; (3) High reflector AOI 45 degree 800 ~ 1100 nm R (%) > 99.9% would be fabricated to combine the coating conditions and optical designs. For high power testing, the films have a background damage threshold of 10 kW/cm².

1. 前言

一般的光學鏡片，有很多種材料或製程可以選擇，而在雷射鏡片的選擇上，因雷射光源屬於能量較強的光源，故其系統內所使用的鏡組，對於膜質的緊密性，膜層的平整性，與薄膜的光學特性都有一定的要求[1-3]。

假如膜質緊密性不夠高，該膜層易受環境水氣所侵入，導致膜層光學厚度增加，造成光學干涉結果有所變易，該原件的光學特性為因此而有其改變，對於須要高精準度的雷射鏡組而言，此現象為一大致命傷。

假如膜層的平整性不夠高，膜層的表面就會有凹凸不平的現象，此一現象會造成光經過該光學元件後，除了幾何光學的穿透與反射外，還有一個散射的因素，如此一來會有能量損耗的問題，如應用在高功率的雷射系統中，散射所產生的損耗亦須考慮，經文獻得知，單一面鏡片其散

射損耗與鏡片表面粗糙度與鏡片反射率之關係式如(1)所示，

$$S = R \left(\frac{4\pi}{\lambda} \sigma \right)^2 \quad (1)$$

其中 S 為散射損耗率，R 為鏡片反射率，σ 為鏡片之表面粗糙度，λ 為光源波長。故如欲製作一 1064 nm, R > 99.9% 以上的雷射鏡，在僅考慮散射損耗的情況下，則該鏡片的 σ 必須小於 2.6 nm 才有辦法達到。

因雷射系統中的光學薄膜設計，都是使用介電質當作薄膜材料進行設計，然而介電質材料主要的光學特性為折射率(refractive index)與消光係數(extinction coefficient)，當消光係數過高時，光經過此薄膜，都會有部份光能量被此薄膜吸收，故在高功率的雷射系統中，一來能量的損耗會增加系統負擔，二來損失的能量累積在膜層中，易損壞膜層，造成光學元件失效，如此一來，鏡組的汰換亦會造成雷射系統的維修成本上升。經文獻資料得知，因膜質不佳所導致的吸收損耗與其光學常數的關係式如(2)所示，

$$A = \frac{2\pi n_0 (k_H + k_L)}{n_H^2 - n_L^2} \quad (2)$$

其中 A 為吸收損耗率，n₀ 為入射介質折射率，n 為材料折射率，k 為材料消光係數，故當高折射率材料 n=2.13，低折射率材料 n=1.45，欲製作一 1064 nm, R > 99.99% 以上的雷射鏡，在僅考慮吸收損耗的情況下，則兩個介電質材料(k_H+k_L)比須小於 3.8×10⁻⁵ 才有辦法達到。

更完整的內容

請參考【機械工業雜誌】395期・105年2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