

光電實驗(四) 氦氖雷射光束大小的量測

(一) 實驗目的：

量測雷射在行進時，空間中的雷射光束大小 (Beam size)，並由此反推此雷射的光腰位置。

(二) 實驗原理：

Beam size

雷射具有一般光源所沒有的特點：(1)輸出光功率大、(2)輸出波形較佳、(3)具一定極化態、(4)同調性(coherence)高、及(5)發散程度(divergence)小。以光束發散程度而言，雖說遠較一般光源理想，但並非完全平行不發散；它會先會聚於一處再逐漸發散，此處稱為光腰(beam waist)。而輸出的波形(profile)一般都較符合高斯波(Gaussian)，但與行進方向垂直的平面上來觀察這道雷射時，光束並非是一個對稱的高斯波，它在與行進方向垂直的另兩個軸上各有一高斯波形。但這兩個慢慢擴展開的高斯波在光腰處應為空間同一點。

(三) 實驗儀器與光電元件：

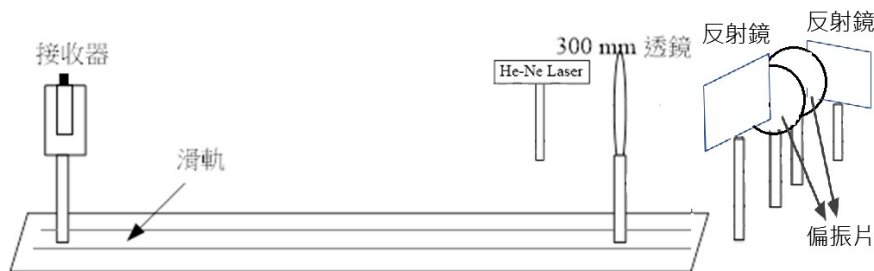
He-Ne 雷射、光功率計、Beam size 量測儀、光軌、偏振片、透鏡、針孔、Iris、電腦。

(進行實驗量測前，先利用偏振片調整氦氖雷射的光強度，最好約為 $500\sim 700\mu\text{W}$ 左右。此時對 Beam size 量測儀來說，其感測的靈敏度最佳，也較不會損壞感測器。)

(四) 實驗步驟：

一、直接用軟體量測光束大小

(1) 架設儀器如圖一，調整光路使雷射光垂直入射所有元件，並打入接收器。



圖一

(2) 雷射至 30cm 透鏡的距離為 40cm (包含由雷射至反射鏡 1 距離 + 兩反射鏡距離 + 反射鏡 2 至透鏡距離)

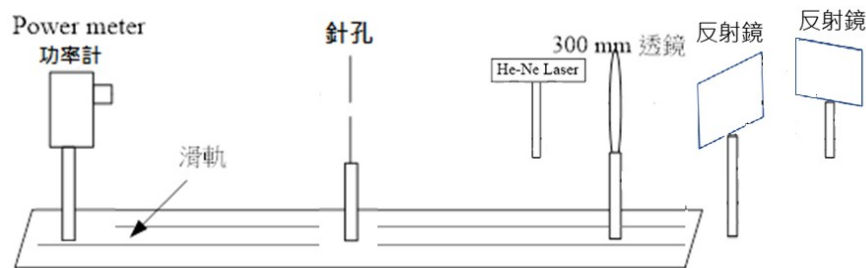
(3) 先將光功率計置於接收器前，調整偏振片角度，降低氦氖雷射的光強度到約 $\sim 700\mu\text{W}$ 。

(4) 移走光功率計，使雷射光垂直入射接收器。

- (5) 連接接收器與電腦，並開啟電腦軟體(請助教協助)。
- (6) 先收接收器移置透鏡約 5cm 處，慢慢將接收器移離透鏡，觀察軟體所擬合出光束 X 和 Y 方向的高斯直徑大小。此時可觀察到光束直徑由大逐漸變小至一個最小值後又再持續變大。(X 和 Y 方向的高斯直徑最小位置可能不同!)
- (7) 記錄光束 X 方向高斯直徑最小值時接收器到透鏡的距離 Z_m 後，由 $Z_m - 20$ 開始，每一公分移動接收器至 $Z_m + 20$ ，每次移動接收器皆量測 X 和 Y 方向的直徑大小，所以 X 和 Y 的高斯直徑各 41 組。

二、利用功率計量測光束強度後推算光束大小

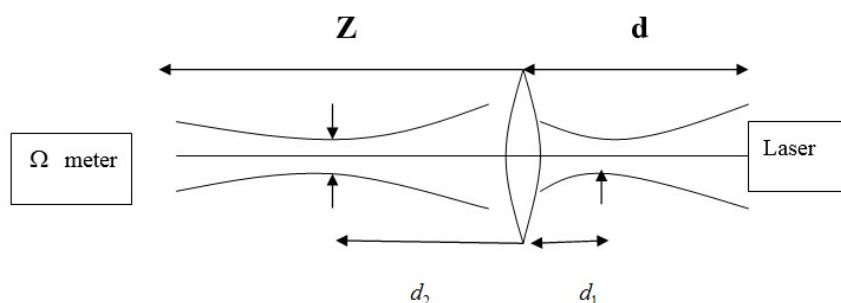
- (1) 架設儀器如圖二(雷射至透鏡之間已無偏振片)，調整光路使雷射光能打入功率計。
- (2) 調整針孔位置(XY 方向)，使雷射垂直入射針孔中心，此時針孔後端出現同心圓的針孔繞射條紋(Airy Disk)。
- (3) 移動針孔至步驟一的 Z_m 位置，調整功率計位置使 Airy Disk 的第一中央亮圈完全進入接收器內。(注意：第二亮圈不可進入)
- (4) 微調針孔上的 X 和 Y 軸，使功率計量測到最大功率，並記錄之。
- (5) 將針孔由 $Z_m - 15$ 位置開始，以一公分為單位移動至 $Z_m + 15$ ，重覆步驟二(4)並記錄針孔位置，及光強度(共記錄 31 組)。



圖二

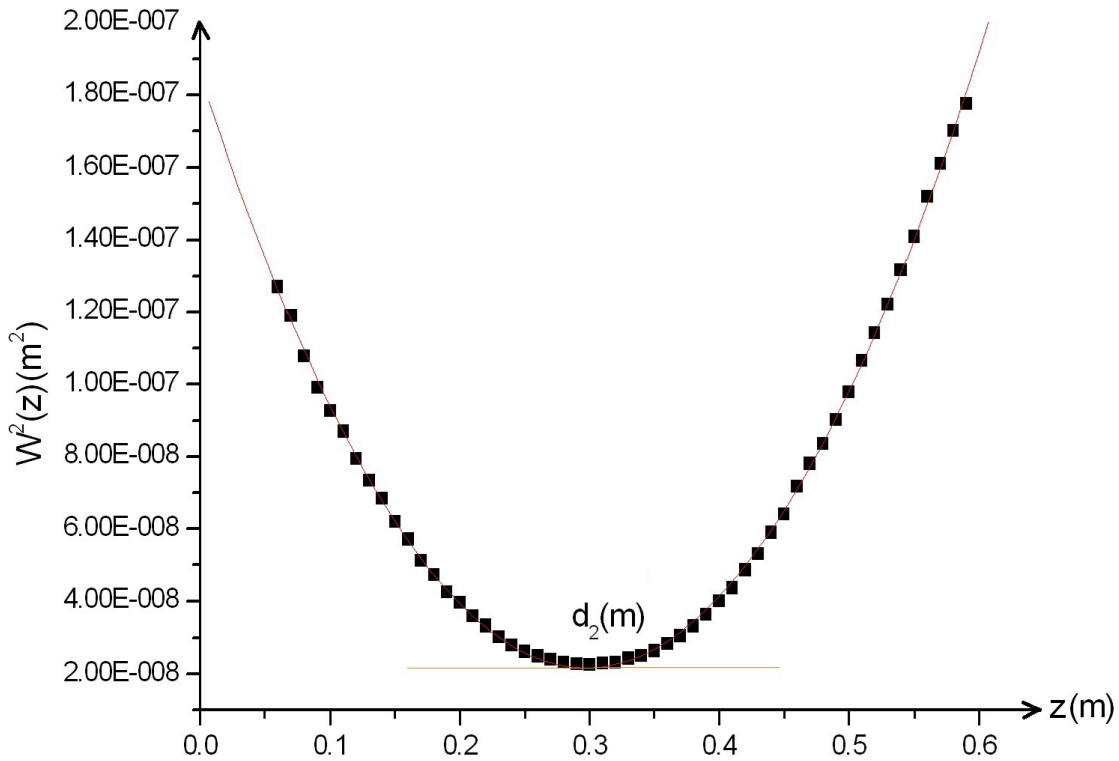
數據處理：

(一)



$$W^2(Z) = W_0^2 \left[1 + \frac{(Z-d_2)^2}{Z_0^2} \right] = A + B_1 Z + B_2 Z^2 \dots\dots\dots (1)$$

1. 將實驗數據 Z 、 $W^2(Z)$ 輸入電腦，利用 Excel 擬合出二次曲線方程式，得出 A 、 B_1 、 B_2 這三個參數。



用 Excel 以二次曲線方程式擬合

由式(1)知 $d_2 = -\frac{B_1}{2B_2}$ 、 $W_0^2 = A - d_2^2 B_2$

$$Z_0 \equiv \frac{\pi W_0^2}{\lambda}$$

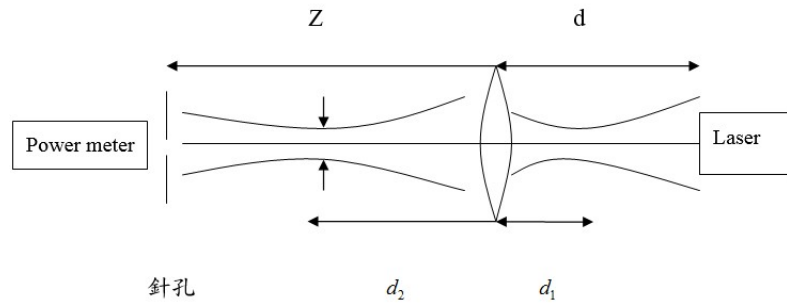
$$b_2 = 2Z_0 = 2 \left(\frac{\pi W_0^2}{\lambda} \right)$$

$$b_1 = b_2 / \left[\left(1 - \frac{d_2}{f} \right)^2 + \left(\frac{b_2}{2f} \right)^2 \right] \quad (f \text{ 為透鏡焦距})$$

$$1 - d_1/f = \left(1 - d_2/f\right) \left(b_1/b_2\right)$$

2. 求出 此雷射之光腰 d_1

(二)



$$P_{\text{sec}} = P_{\text{total}} \left[1 - \exp\left(-2a^2/W^2\right)\right] \dots\dots\dots (2)$$

P_{sec} : 通過針孔的能量, P_{total} : 雷射的總能量, a : 針孔半徑

3. 將實驗數據 Z 、 P_{total} 輸入電腦，繪出 P_{total} (縱軸)- Z (橫軸)的圖。
4. 利用公式(2)求出 $W^2(Z)$ 後，如計算 1. 利用 Excel 擬合出二次曲線方程式，得出 A 、 B_1 、 B_2 這三個參數並求出 d_1 。
5. 比較(一)(二)所量得的光腰位置，有何不同？並述說其原因。

備註 1. 為求雷射出光穩定，需接上穩壓器。**2.** 雷射光腰位置 d_1 (與透鏡的距離，而非距雷射出口端)。