

## 微波光學

### 一、目的:

利用波長為2.85公分的微波，探討在微波光學現象。

### 二、原理:

Gunn diode發射器可提供15mW單頻、高相干性且為線性偏極化的微波。這樣的微波源對人體較無傷害，適合在教學上使用，單頻、高相干性及線性偏極化亦為雷射的特性，但二者所差別的是雷射俱高強度及高方向性。喇叭型的金屬罩可增加微波方向性。可從事的實驗觀察包括:反射、折射、繞射、單及多狹縫干涉、Brewster's angle、Michelson干涉、Fabry-Perot干涉及Bragg晶格繞射等。(由於週遭物體反射的微波會影響實驗結果，所以做實驗時應移開所有附近的物體，尤其是金屬物)

以下簡單介紹有關干涉現象的實驗原理:

#### (一)洛依鏡(Lloyd's mirror):

干涉現象中最重要的因素是光程差，當兩波到達接受器時的光程差為波長的整數倍時，加強性干涉會使接受器讀數呈現一極大值，洛依鏡實驗如圖1。波源A的一部份微波直射入接受器C，一部份經一反射鏡B反射後到達接受器C，此兩個微波的光程差在相干長度範圍內，兩波會互相干涉。

#### (二)Fabry-Perot 干涉儀

這是利用兩個平行的半反射鏡形成的共振腔，當共振腔的長度為半波長的整數倍，則共振腔內的電磁波的強度最大，而漏出到接受器的波強度也最大，否則波在共振腔內強度幾乎為零(或為極小值)。

#### (三)邁克森(Michelson)干涉儀

Michelson干涉儀和Fabry-Perot干涉儀類似，都是非常靈敏的光學裝置。Michelson干涉儀為自發射源發出的波先透過一半反射鏡將波分成兩部份，其中一部份透過一些反射鏡後至同一位置(接受器)，利用重疊原理形成波的干

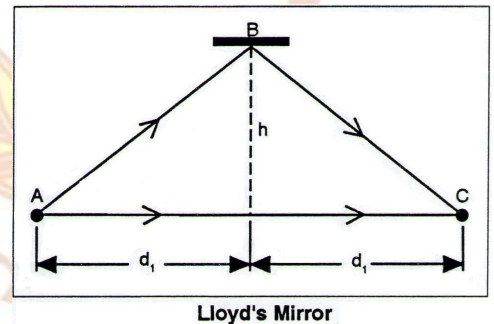


圖 1

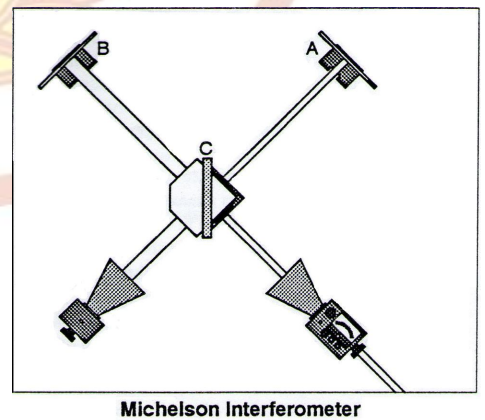


圖 2 Michelson 干涉儀

涉。右圖2即為Michelson干涉儀的一種形式，其中A、B為全反射鏡，C為半反射鏡。微波從左下角的波源發出。經過C分為兩部份，一部份直進到A，反射後到C時有一部份反射到接受器，另一部份被C反射到B，由B反射回C後直進至接受器，此時在接受器處這兩部份的光波互相干涉。當兩波為同相時，接受器讀數為極大值，此時移動A(或B)的距離 $\lambda/2$ ，接受器的讀數會由極大轉變極小值再變成另一極大值。故Michelson干涉儀的應用之一為測量出波長。另外若能偵測到很小的電磁波強度變化，則Michelson干涉儀可為一靈敏的位置偵測裝置(A；B反射鏡位置)。

布拉格繞射:

x-ray布拉格繞射是決定晶格結構的有力方法，電磁波經過一原子排列整齊的晶體，且其波長和晶格大小差不多時，電磁波會被各種不同系列的晶格面反射，相同系列的反射波再互相干涉，即在某些特定方向造成加強性干涉，此種現象稱為布拉格繞射。強度極大的發生，必須符合布拉格方程式 $2d\sin\theta=n\lambda$ ， $d$ 為各該系列原子面的面間距離， $\theta$ 為grazing angle。grazing angle為電磁波對各該系列原子面的入射角如圖3。

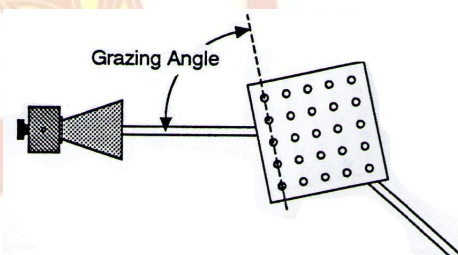


圖 3 Grazing Angle

三、儀器及附件:

Gunn diode發射器及接受器各1、量角器、直角規旋轉器Goniometer及光學元件支架:包括金屬反射板x2、半反射板x2、偏振器x2、菱鏡模具及立方晶格(由100個金屬球組成的5x5x4陣列)

四、步驟

(一)微波源特性:

- (1)將Gunn diode發射器及接受器放在調成直線的直角規旋轉器上。
- (2)設定一波源和接受器間距離R(距離為兩喇叭型金屬罩後端之間長度)。



- (3) 測量及記錄接受器讀數M，改變R值並重覆此步驟。
- (4) 計算M與R、 $R^2$ 的關係，判斷波源發出的類型（平面波、球面波或是其他）
- (5) 旋轉Goniometer的旋臂，測量微波強度及角度的關係。

## (二) 折射:

- (1) 將實驗設備安排如圖4所示。波的入射方向如圖5所示。
- (2) 空的菱鏡模型會造成折射嗎?請驗證之。
- (3) 將菱鏡模型用保麗龍小球填滿。
- (4) 旋轉Goniometer的旋臂，以尋找波被折射的角度。
- (5) 驗證Snell's law

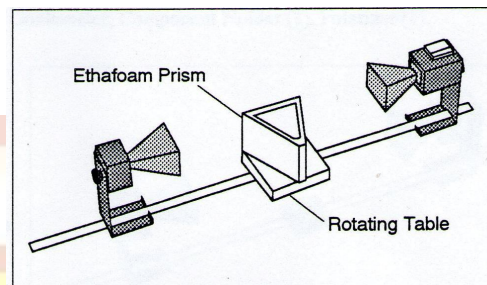


圖 4 微波折射裝置圖

## (三) 偏極化:

在未插電源之前，先觀察波源及接受器的二極體的軸方向。啟動電源後波源所發出的波的電場只在一個方向，而接受器也只能在一個方向上的電場分量的波的強度如圖6

- (1) 將波源及接受器分別固定在Goniometer的兩端。
- (2) 將固定接受器的螺絲旋鬆，旋轉接受器的方向，用量角器測量旋轉的角度 $\theta$ ，記錄接受器的讀數M，畫出M與 $\theta$ 的函數關係圖( $0 < \theta < 360^\circ$ )
- (3) 將波源及接受器調回平行的位置，將偏振片固定在Goniometer的旋軸中心位置。此時通過的微波方向是均勻向四面八方散射，波的類型接近球面波。(偏振片為長條金屬片構成，微波的波電場平行於金屬條方向時波會被吸收，只有垂直金屬條的電場可以通過， $MR^2$ 為一常數時波為球面波)
- (4) 旋轉Goniometer的旋臂取一任意角度，重複(3)步驟，檢驗通過的波是否為球面波。
- (5) 將波源及接受器的diode方向調成平行，並將偏振片固定在Goniometer的中心位置其金屬條方向為水平方向。旋轉接受器並記錄接受器的

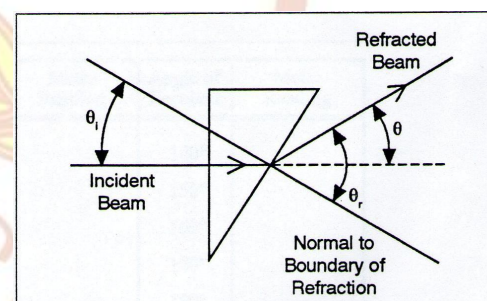


圖 5 微波入射菱鏡及折射

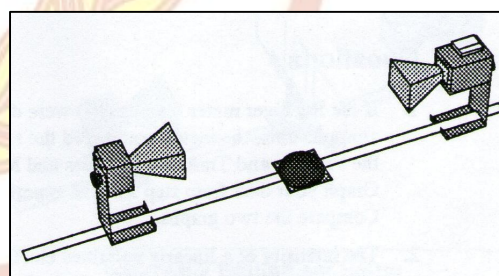


圖 6

讀數M為最小值時的角度(旋鬆固定接受器的螺絲後方可旋轉接受器)。

(6)將偏振片的金屬條分別放在 $22.5^\circ$ 、 $45^\circ$ 、 $67.5^\circ$ 及 $90^\circ$ ，重複步驟(5)的測量。

(7)先移開偏振片，將波源和接受器的diode方向調成互相垂直，記錄接受器的讀數。放回偏振片，分別記錄金屬條方向為水平，垂直及 $45^\circ$ 時接受器的讀數。

#### (四)雙狹縫干涉及單狹縫繞射:

(1)將雙狹縫的金屬板固定在Goniometer的旋軸中心位置，並將接受器的位置儘量遠離中心位置(仍在Goniometer的旋臂上)。

(2)改變Goniometer的角度，並記錄接受器的讀數和角度的關係。

(3)將雙狹縫換成單狹縫並重複步驟(2)。

(4)驗證單(雙)狹縫形成局部極大的強度關係式。

#### (五)洛依鏡(Lloyd's mirror):

(1)安排實驗裝置如圖示7。波源及接受器和Goniometer的中心等距(有效距離內，其位置如圖1所示)，反射鏡面和Goniometer的軸平行。

(2)移動反射鏡的位置，觀察並記錄接受器位置關係，繼續移動反射鏡找出一組最大讀數的位置。

(3)記算此位置的反射波和直射波的光程差，並和波長做比較。

(4)試找更多的最大讀數位置，重覆步驟(3)。

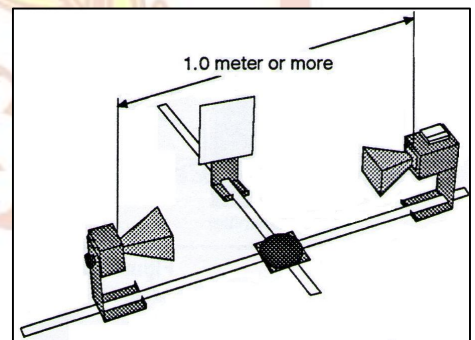


圖 7

#### (六)Fabry-Perot 干涉儀

(1)安排實驗裝置如圖8所示

(2)調整兩平行的半反射鏡的距離，分別記錄接受器讀數和反射鏡距離的關係，將其最大和最小值的位置和波長比較。

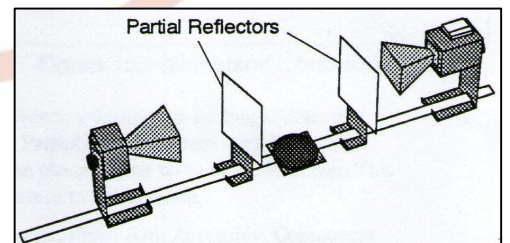


圖 8

#### (七)邁克森(Michelson)干涉儀

(1)儀器裝置如圖2。



(2)改變A(orB)反射鏡的位置，觀察並記錄接受器的讀數和反射鏡位置的關係。

(3)記錄極大值發生時，反射鏡的位置後，再移動反射鏡，使讀數由極大轉變至另一極大位置後，記錄兩點距離 $R(R=n\lambda/2 \quad n=1,2,3\dots)$

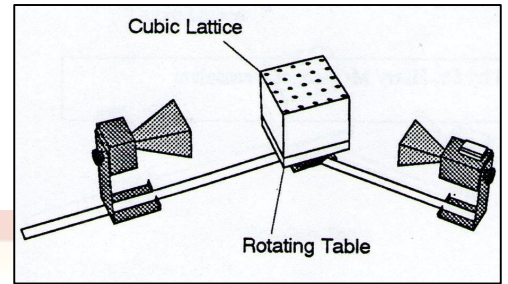


圖 9

(八)布拉格繞射:

(1)將鑲有規則排列鋼珠(直徑為10mm)的保麗龍立方體放在Goniometer的中心，如圖9表示，圖10為三個系列的原子面，其中標示的(100) (110) (210)為代表該原子面的Miller index。

(2)將晶體的(100)面調到與入射波平行的方向，並調整接受器的放大率，使之有一小讀數並記錄之。

(3)將鋼珠晶體順時針旋轉 $a$ 度，調整Goniometer使其旋轉 $2a$ 度，記錄接受器讀數( $a=1,2,3,4\dots$ )並繪製Goniometer角度與接受器讀數關係圖。

(4)接受器為最大的值時，驗證 $2d\sin\theta=n\lambda$ ， $d$ 為(100)面間的距離。

(5)將晶體改為(110)，(210)重覆(2)~(4)步驟

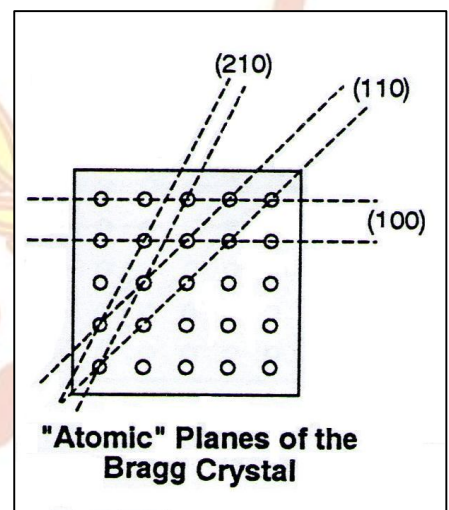


圖 10

五、問題:

1. 描述波源特性為何?

六、參考文獻:

1. Microwave Optics, instruction Manual and Experiment Guide for the PASCO scientific.