

# 行政院國家科學委員會補助專題研究計畫成果報告

## 光彈調制式偏光儀及其量測 PEM polarimetry and Its measurements

計畫類別：√ 個別型計畫      整合型計畫

計畫編號：NSC 90-2215-E-009-075

執行期間：90 年 8 月 1 日至 91 年 7 月 31 日

計畫主持人：趙于飛

研究助理：王夢偉 (博士)

林肇廉 (碩士)

本成果報告包括以下應繳交之附件：

赴國外出差或研習心得報告一份

赴大陸地區出差或研習心得報告一份

√ 出席國際學術會議心得報告及發表之論文各一份

國際合作研究計畫國外研究報告書一份

執行單位：交通大學光電所

中 華 民 國 91 年 8 月 21 日

# 行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

## 光彈調制式偏光儀及其量測

### PEM polarimetry and Its measurements

計畫編號：NSC 90-2215-E-009-075

執行期間：90年8月1日至91年7月31日

主持人：趙于飛 交通大學光電所

email:yschao@cc.nctu.edu.tw

計畫參與人員：王夢偉 交通大學光電所博士生

林肇廉 交通大學光電所碩士生

#### 一、中文摘要

為了能線上即時量測，我們將補波片換成光彈調變器。光彈調變器的光軸的校正可利用偏光片及析光片。除了導出一扭轉式液晶的 Mueller Matrix 外，我們也導出各示異向吸收及折射晶體的 Mueller Matrices。由於扭轉式液晶的 Mueller Matrix 為一完整的式子，故我們量出扭轉式液晶的扭轉角及其相位延遲。

**關鍵詞：**偏光儀，雙折射晶體，旋光材料，扭轉式液晶

#### Abstract

For *in situ*/real time measurement, a retarder is substituted by a photoelastic modulator (PEM) in a polarimetry. The azimuthal position of the strain axis of PEM is directly determined with respect to the orientation of the transmission axis of polarizer and analyzer. In addition to the Mueller matrix of a twisted nematic liquid crystal (TN-LCD) is derived analytically, we also derive the Mueller matrices of linear retarder, rotator, linear and circular dichroism of anisotropic materials. The phase retardation and the twisted angle of a TN-LCD are numerically obtained through two successive measurements of the Mueller polarimeter.

**Keywords:** photoelastic modulation, circular dichroism, linear dichroism, linear and circular birefringence, twisted LCD

#### 二、緣由與目的

線上即時量測日驅重要[1]。一非旋轉式橢圓偏光儀及偏光儀便成為本實驗室最近幾年的研究主題，故將原定波長補波片換成光彈調變器[2]。我們導出各式穿透性塊材料之 Mueller matrices, 如線偏之吸收特性 (Linear Dichroism)、圓偏之吸收特性 (Circular Dichroism)、雙折射性質 (Linear Birefringence)、旋光特性 (Optical Rotation)。除此外我們也導出一扭轉式液晶的 Mueller Matrix, 並量出扭轉式液晶的扭轉角及其相位延遲。

#### 二、理論背景

##### (A) 零點校正

光彈調變器的基本結構當電壓存在的情形下與補波片一樣具有一光軸，如何將光軸調至零是決定本實驗成功與否的要件。圖一為本實驗的基本結構，在偏光片  $P = 45^\circ$ ，各  $A$  下之亮度為

$$I(A) = I_0 \{1 + \cos 2(A - C) \cdot \sin 2C + \cos \Delta \cdot \cos 2C \cdot \sin 2(A - C)\} \quad (1)$$

$C$  為光彈調變器的光軸相位。光彈調變器的相位由電壓造成的為

$$\begin{aligned} \Delta &= \Delta_0 \cdot \cos \omega t + \Delta_i \\ \sin \Delta &= 2 \sum J_{2k+1}(\Delta_0) \cdot \sin(2k+1) \cdot \omega t \\ \cos \Delta &= J_0(\Delta_0) + 2 \sum J_{2k}(\Delta_0) \cdot \cos(2k\omega t) \end{aligned}$$

其 dc 分量則為

$$I_{dc}(A) = I_0 \{1 + \cos 2(A - C) \sin 2C + J_0(\Delta_0) \cos \Delta_i \cos 2C \sin 2(A - C)\}$$

令

$$I_o = [I_{dc}(0) + I_{dc}(60) + I_{dc}(120)]/3$$

$$I_+ = [I_{dc}(60) + I_{dc}(120)]/I_o$$

$$I_- = [I_{dc}(60) - I_{dc}(120)]/I_o$$

我等可證以下的關係

$$\tan 2C = -(I_+ - 2)/[1 - I_+/\sqrt{3}] \quad (2)$$

$$J_o(\Delta_o) \cos \Delta_i = 1 - [1 - I_+/\sqrt{3}] [1 + \tan^2 2C] \quad (3)$$

改變  $\Delta_o$  可找出零點。

(B) 偏光儀及 Mueller matrices

令材料的 Mueller matrix 如下

$$G = \begin{bmatrix} M_{00} & M_{01} & M_{02} & M_{03} \\ M_{10} & M_{11} & M_{12} & M_{13} \\ M_{20} & M_{21} & M_{22} & M_{23} \\ M_{30} & M_{31} & M_{32} & M_{33} \end{bmatrix}$$

在 P-PEM-sample 之裝置下可得以下關係

$$\frac{I_{1f}}{I_{dc}} = \frac{2J_1(\Delta_0) \cdot M_{03}/M_{00}}{1 + J_0(\Delta_0) \cdot M_{02}/M_{00}}$$

$$\frac{I_{2f}}{I_{dc}} = \frac{-2J_2(\Delta_0) \cdot M_{02}/M_{00}}{1 + J_0(\Delta_0) \cdot M_{02}/M_{00}}$$

若在 sample 前加一析光片並設  $A=0$  deg 則可量以下的結果

$$\frac{I_{1f}}{I_{dc}} = \frac{2J_1(\Delta_0) \cdot M_{13}/M_{00}}{1 + J_0(\Delta_0) \cdot M_{22}/M_{00}}$$

$$\frac{I_{2f}}{I_{dc}} = \frac{-2J_2(\Delta_0) \cdot M_{12}/M_{00}}{1 + J_0(\Delta_0) \cdot M_{02}/M_{00}}$$

若在 sample 前加一析光片並設  $A=45$  deg 則可量以下的結果

$$\frac{I_{1f}}{I_{dc}} = \frac{2J_1(\Delta_0) \cdot M_{23}/M_{00}}{1 + J_0(\Delta_0) \cdot M_{22}/M_{00}}$$

$$\frac{I_{2f}}{I_{dc}} = \frac{-2J_2(\Delta_0) \cdot M_{22}/M_{00}}{1 + J_0(\Delta_0) \cdot M_{22}/M_{00}}$$

由以下各 Mueller matrix 可用以上關係量出

### 1. 線偏之吸收特性: LD

$$\begin{bmatrix} \cosh LD & -\sinh LD & 0 & 0 \\ -\sinh LD & \cosh LD & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

### 2. 圓偏之吸收特性: CD

$$\begin{bmatrix} \cosh CD & 0 & 0 & \sinh CD \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ \sinh CD & 0 & 0 & \cosh CD \end{bmatrix}$$

### 3. 雙折射性質 : LB

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \cos LB & -\sin LB \\ 0 & 0 & \sin LB & \cos LB \end{bmatrix}$$

### 4. 旋光材料的性質 : CB

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \cos CB & \sin CB & 0 \\ 0 & -\sin CB & \cos CB & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

### 5. 扭轉式液晶 : TN-LCD

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 - 2\left(\frac{\Gamma \sin x}{2x}\right)^2 & -\frac{\pi \sin 2x}{2x} & \frac{\pi \Gamma \sin^2 x}{2x^2} \\ 0 & \frac{\pi \sin 2x}{2x} & -\cos 2x & \frac{\Gamma \sin 2x}{2x} \\ 0 & -\frac{\pi \Gamma \sin^2 x}{2x^2} & \frac{\Gamma \sin 2x}{2x} & 1 - 2\left(\frac{\Gamma \sin x}{2x}\right)^2 \end{bmatrix},$$

以上是當扭角為 90 度其相關各項的近似解，而各重要項之實解為

$$m_{13} = \frac{(x \cdot \sin 2\phi \cdot \cos x - \phi \cdot \sin x \cdot \cos 2\phi) \cdot \Gamma \cdot \sin x}{x^2}$$

