

# Mueller Matrix Polarization Testing

## 以 AxoScan 及 AxoStep 系統

Matthew H. Smith, Ph.D.



谢 晟 / 副总经理  
135-4063-1709

成都町田科技有限公司  
Chengdu Machida Technology Co., Ltd



028-84260158 📞  
www.machida.cn 🌐  
machida@fujita-cn.com ✉️  
成都市郫都区凯信广场A栋1117室 📍

**Axometrics, Inc.**  
Huntsville, AL 35806  
U.S.A.

# 大綱

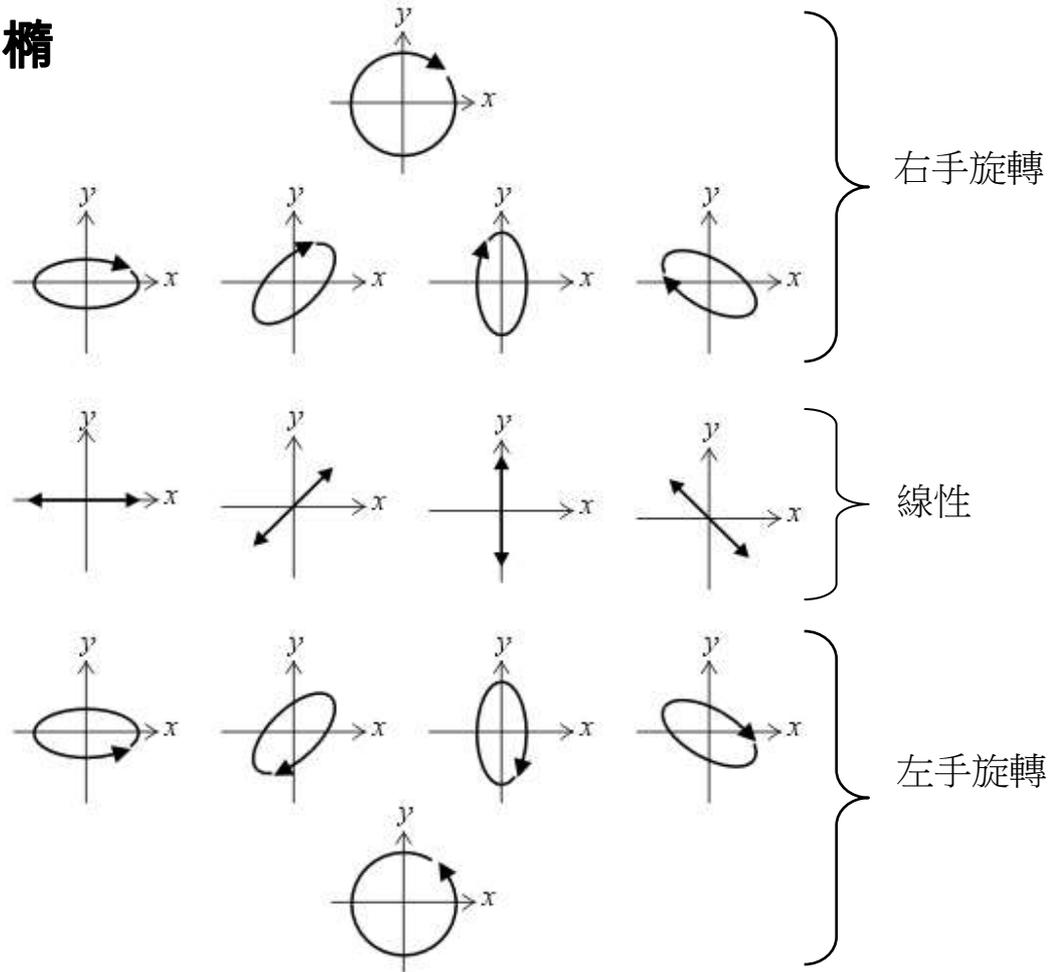
- 了解 Mueller Matrix
- 測量 Mueller Matrix
- 計算 LCD 參數
- AxoScan 及 AxoStep

# 了解 Mueller Matrix

# 可能的偏振狀態

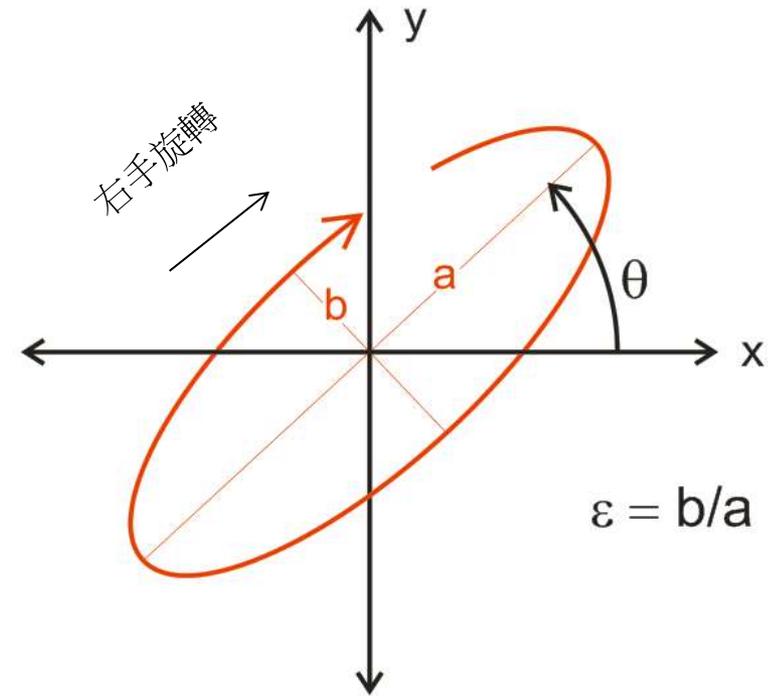
- 偏振狀態的燈光 是任意的橢圓型

- 圓型
- 橢圓型
- 線性
- 順時針旋轉
  - 右手
- 逆時針旋轉
  - 左手



# The Polarization Ellipse(偏振橢圓)

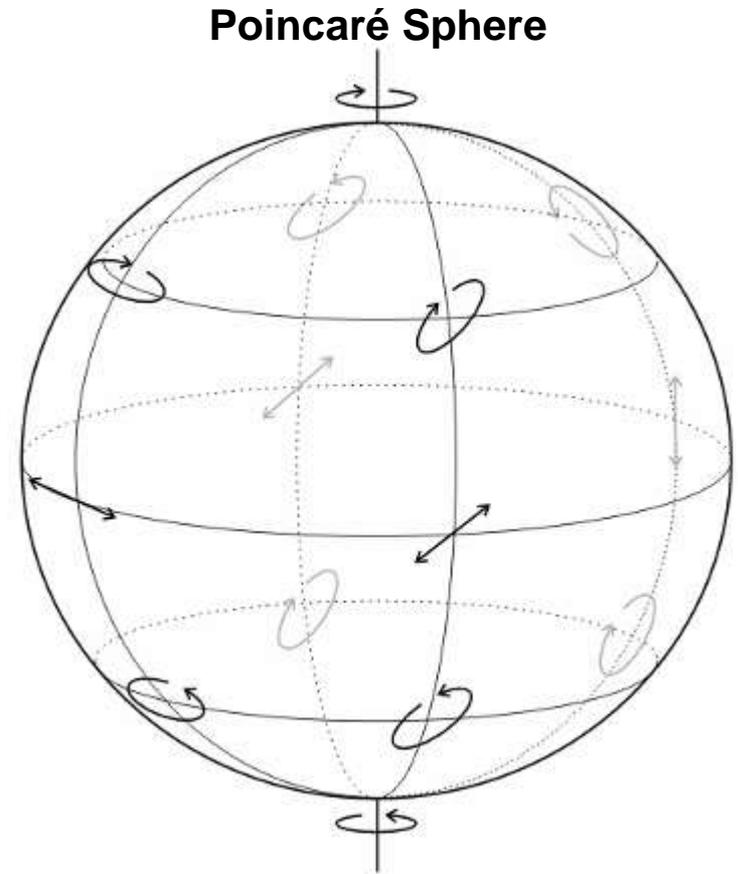
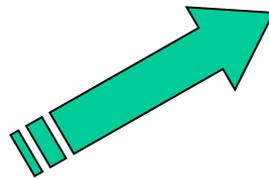
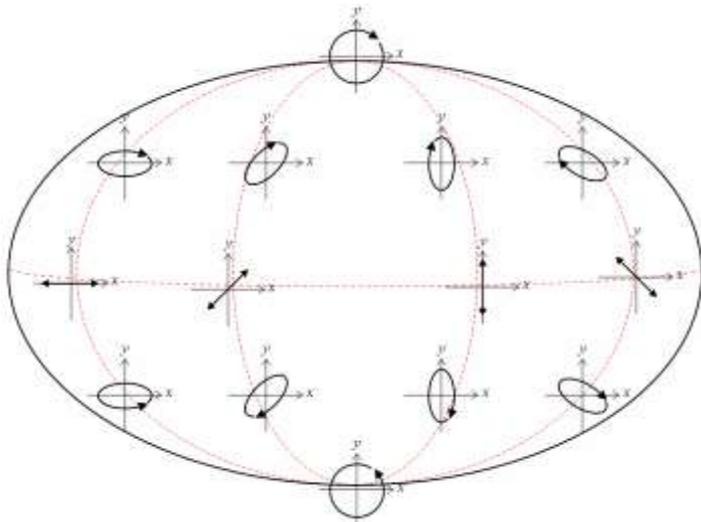
- 偏振光，我們將它定義為：
  - Orientation(方位),  $\theta$ 
    - 角度從  $-90^\circ$  to  $90^\circ$
  - Ellipticity(橢圓率),  $\varepsilon$ 
    - $\varepsilon = +1$  ; 右手循環
    - $\varepsilon = 0$  ; 線性循環
    - $\varepsilon = -1$  ; 左手循環
  - 慣用手, 右邊或左邊
    - 右手 ; CW 旋轉
    - 左手 ; CCW 旋轉
  - Degree of Polarization偏振角度(DOP)
    - $DOP = 1$  ; 全偏振
    - $DOP = 0$  ; 完全隨機



註記: 角度是從觀察光柱而來的

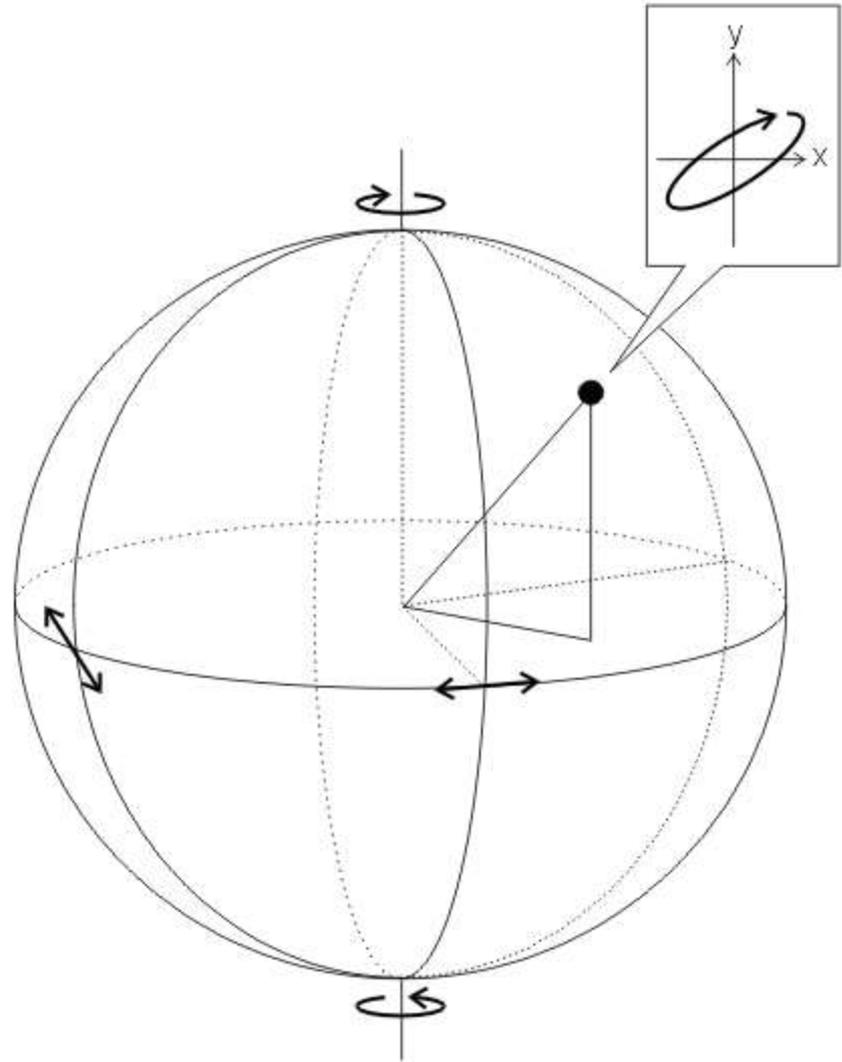
# Poincaré Sphere

- 方便標記所有可能的偏振橢圓標記在sphere的表面上
  - 每一個偏振狀態是單一經度及緯度座標的唯一定義
  - 這是Poincaré sphere



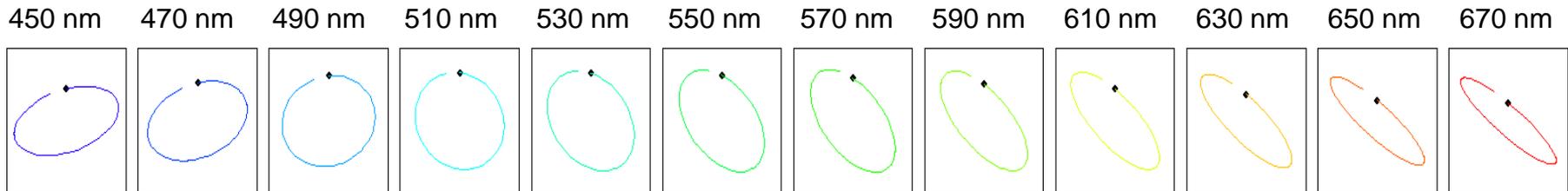
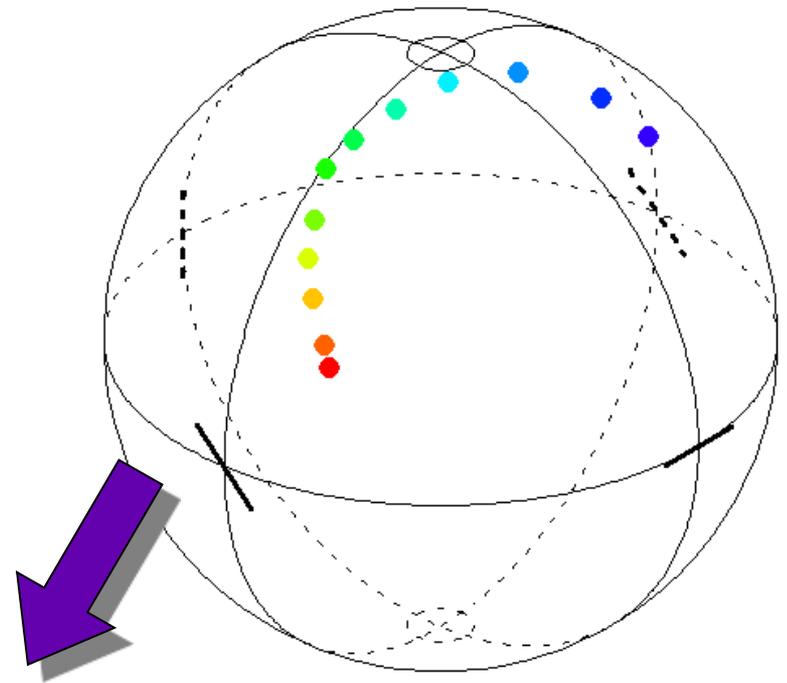
# Poincaré Sphere的範例

- 易於了解Sphere上的任何一個點的polarization ellipse(偏振橢圓).
- Polarization(偏振)研究以Poincaré sphere 為代表, 讓我們更易於了解.



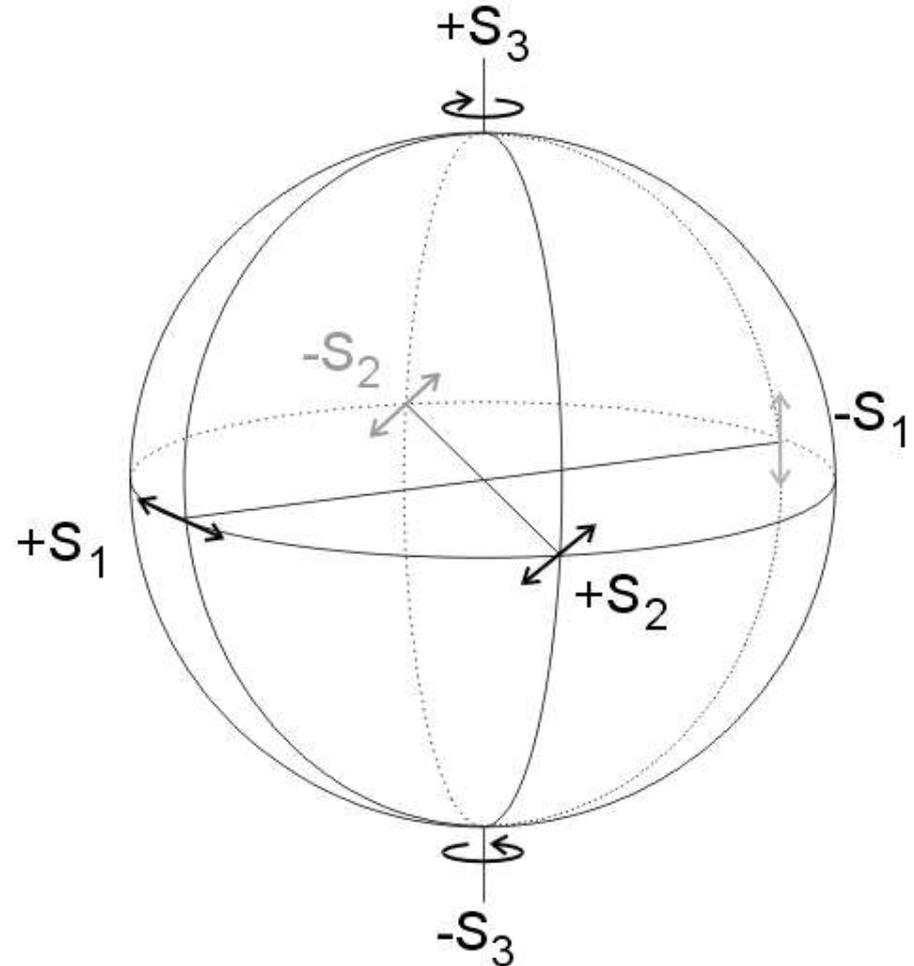
# Poincaré Sphere 範例

- 我們可以在 Poincaré Sphere 上描點，以了解偏振狀態是如何改變的。



# Stokes Vector 座標系統

- XYZ Cartesian 定義座標系統, 用來描述 Poincaré sphere
  - 見圖形上的軸  $S_1$ ,  $S_2$  及  $S_3$
- Stokes Vector,  $\mathbf{S}$ , 是由一種4元素向量所定義的
  - $\mathbf{S} = \{S_0, S_1, S_2, S_3\}$



$S_0$  是光線的強度

$S_1$ ,  $S_2$ , 及  $S_3$  定義偏振狀態

偏振角度的定義為

$$DOP = \frac{\sqrt{S_1^2 + S_2^2 + S_3^2}}{S_0}$$

# Stokes Vectors 準則

- 水平線性狀態

$$\hat{\mathbf{H}} = [1 \quad 1 \quad 0 \quad 0]^T$$

- 垂直線性狀態

$$\hat{\mathbf{V}} = [1 \quad -1 \quad 0 \quad 0]^T$$

- 45° 線性狀態

$$\hat{\mathbf{45}} = [1 \quad 0 \quad 1 \quad 0]^T$$

- 135° 線性狀態

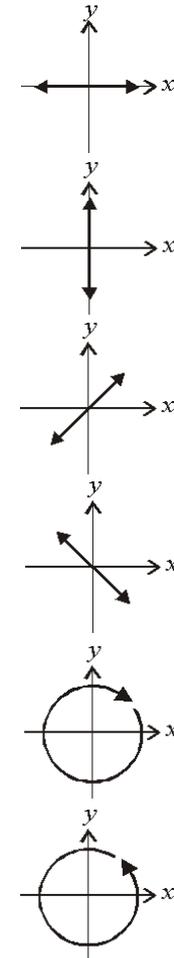
$$\hat{\mathbf{135}} = [1 \quad 0 \quad -1 \quad 0]^T$$

- 右旋圓形狀態

$$\hat{\mathbf{R}} = [1 \quad 0 \quad 0 \quad 1]^T$$

- 左旋圓形狀態

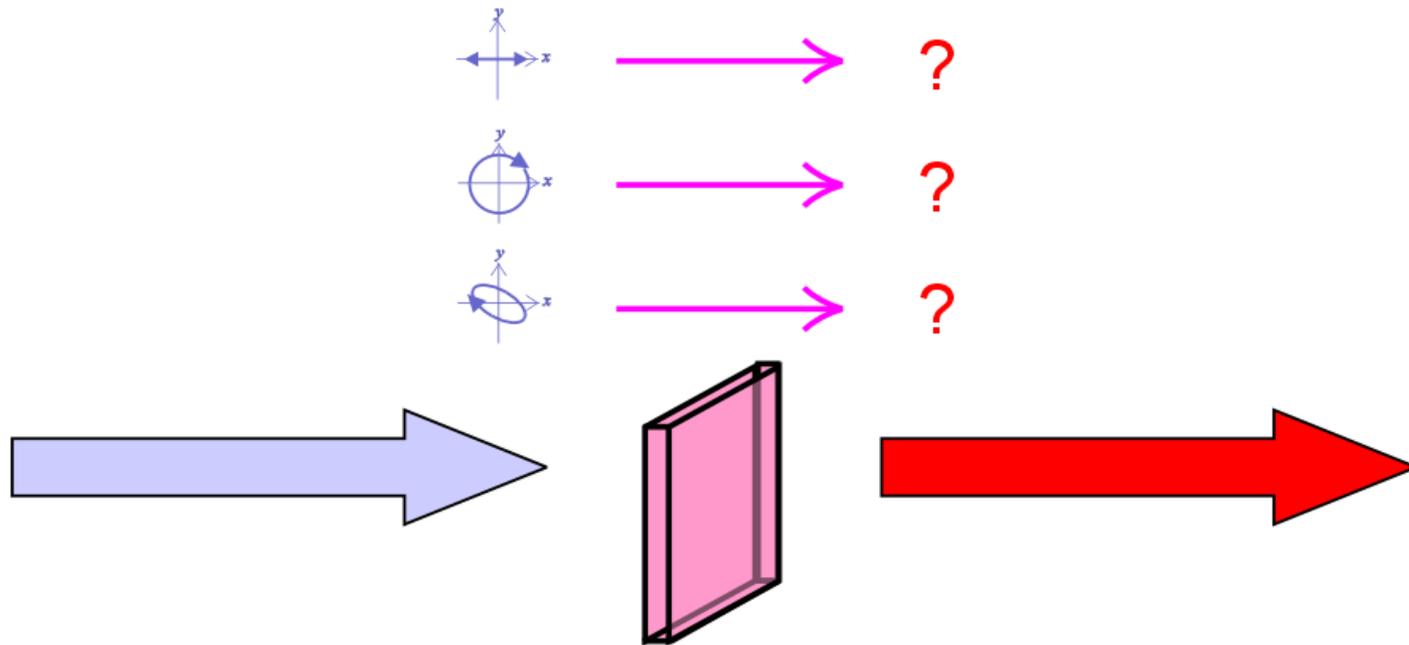
$$\hat{\mathbf{L}} = [1 \quad 0 \quad 0 \quad -1]^T$$



註記：所有的圖形都是由所見光線所定義出來的

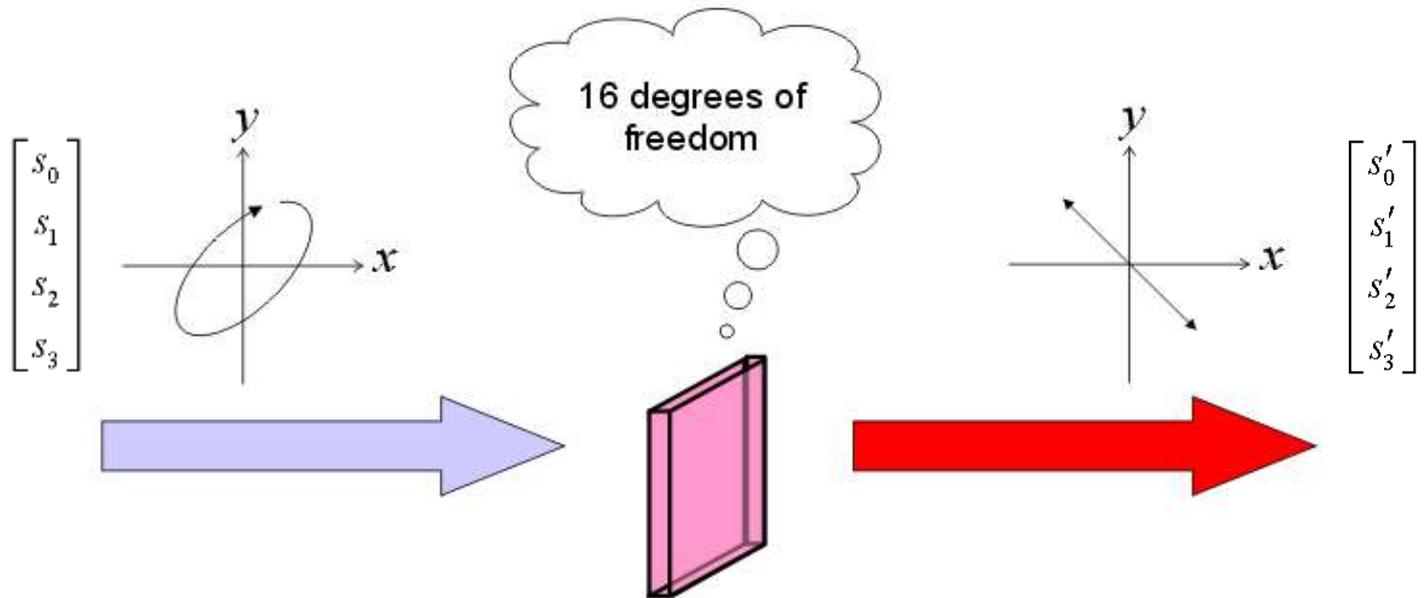
# Polarization Properties of Materials(材質的偏振特性)

- 使用 **Stokes Vector**, 我們可以完整的敘述任一燈光光線的偏振狀態
- 再者, 我們需要敘述 **如何改變樣品的入射光的偏振狀態** 透進新的偏振狀態成為出射光



# Polarization Properties of Materials (材質的偏振特性) (續.)

- 材質的偏振特性是決定論的
  - “告訴我所輸入的狀態,我會告訴你傳輸的狀態”
- 這是一個複雜的問題. 物理需求16個參數以描述所有可能的偏振反應
  - 要求我們研發一套數學工具



# Mueller Matrix

$$\mathbf{M} \vec{\mathbf{S}} = \begin{bmatrix} m_{00} & m_{01} & m_{02} & m_{03} \\ m_{10} & m_{11} & m_{12} & m_{13} \\ m_{20} & m_{21} & m_{22} & m_{23} \\ m_{30} & m_{31} & m_{32} & m_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} s_0 \\ s_1 \\ s_2 \\ s_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} s'_0 \\ s'_1 \\ s'_2 \\ s'_3 \end{bmatrix} = \vec{\mathbf{S}'}$$

- **M** 是 **Mueller Matrix**.
- **M** 的16個數值是真實的數字
- **M** 運算 入射Stokes vector **S** 及 產生出射Stokes vector **S'** (transmitted(傳送), reflected(反射), diffracted(衍射)或 scattered(散射))
- **M** 元素是無單位的.
- **M** 包含 no absolute phase(非絕對相位)的資訊

# Mueller Matrix (續前頁)

- 一但我們知道Mueller matrix, 我們就會知道樣品裡偏振特性的所有訊息
- 切記,樣品的Mueller matrix 一般樣品的改變是根據:
  - 波長 (頻譜變異)
  - 入射角 (視角變異)
  - 樣品上的位置 (空間變異)
- 所以,根據我們的應用, 我們也許需要以多波長, 入射角或是方位上測量樣品.

# Mueller Matrix範例

- 關於 Mueller matrix:

$$\mathbf{M} = \begin{pmatrix} 0.495 & 0.0338319 & 0.483819 & 0. \\ -0.194749 & 0.0335097 & -0.201593 & -0.0640509 \\ 0.217966 & -0.0305523 & 0.225139 & -0.0618532 \\ 0.360206 & 0.0916837 & 0.362119 & 0.00345487 \end{pmatrix}$$

- 完整描述樣品如何改變polarization(偏振)的燈光
- 但它會造成混淆而且沒有什麼幫助
- 我們需要更多的分析....

# Polar Decomposition(極分解)

- 一個數學運算 (polar decomposition極分解) 可以被用來分割 Mueller matrix 為它基本的 **depolarization** 去極化, **retardance** 相位延遲, 及 **diattenuation** 衰減(偏光特性)的特性:

$$\mathbf{M} = \begin{pmatrix} 0.495 & 0.0338319 & 0.483819 & 0. \\ -0.194749 & 0.0335097 & -0.201593 & -0.0640509 \\ 0.217966 & -0.0305523 & 0.225139 & -0.0618532 \\ 0.360206 & 0.0916837 & 0.362119 & 0.00345487 \end{pmatrix}$$

For more information, see:  
S. Lu and R. A. Chipman, "Interpretation of Mueller matrices based on polar decomposition," J. Opt. Soc. A. **13**, 1106-1113 (1996).

$$\begin{pmatrix} 1. & 0. & 0. & 0. \\ 0 & 0.9 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.9 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1. \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1. & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.500609 & -0.482256 & -0.718902 \\ 0 & -0.482256 & 0.534291 & -0.694235 \\ 0 & 0.718902 & 0.694235 & 0.0348995 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 0.495 & 0.0338319 & 0.483819 & 0. \\ 0.0338319 & 0.100922 & 0.0275566 & 0. \\ 0.483819 & 0.0275566 & 0.493073 & 0. \\ 0. & 0. & 0. & 0.0989949 \end{pmatrix}$$

$$\mathbf{M} = \mathbf{M}_{dep} \mathbf{M}_{ret} \mathbf{M}_{diatt}$$

# The Basic Reduced Parameters(基本簡化參數)

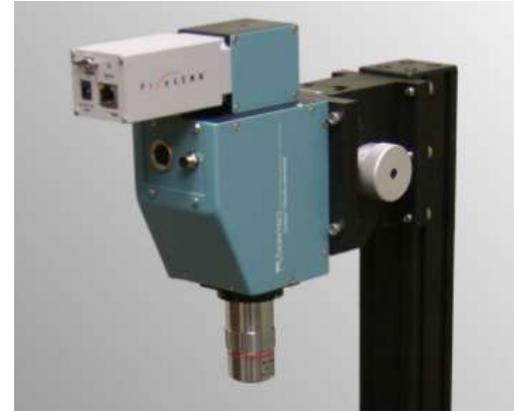
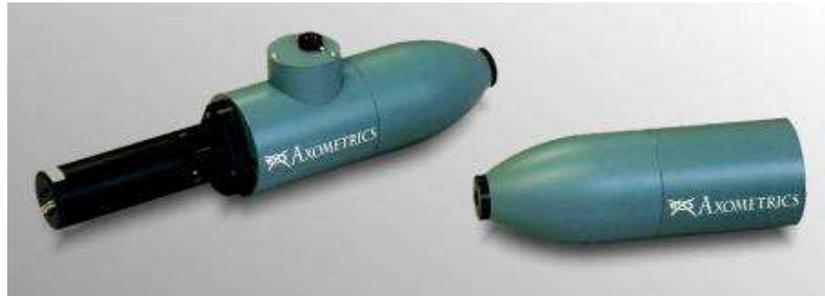
- **Transmittance (穿透)**– unpolarized light(自然光)的百分比穿透樣品
- **Diattenuation(衰減)** – 不同的入射狀態有不同的穿透數據
  - **Polarizer efficiency(偏光效率)** 或 Diattenuation(衰減) =  $(T_{\max} - T_{\min}) / (T_{\max} + T_{\min})$
  - Transmission axis(穿透軸)
    - Poincaré sphere上的入射狀態是最大傳送
- **Retardance(相位延遲)** – 在不同的傳播狀態間的相位偏移
  - Retardance magnitude(相位延遲強度)
  - Fast-axis(快速軸)
    - 在Poincaré sphere上的點表示最快速的偏振狀態
- **Depolarization Index (去極化指標)**– 降低燈光偏振角度的能力

# Mueller Matrix (總結)

- 當我們測量 polarizers(偏振) 及 retarder films(相位差膜):
  - 使用者想要簡化參數, 如 retardance(相位遲疑), polarizer axis(偏光軸), 等.
  - Mueller matrix 是一個中間步驟, 通常用來計算這些參數
- 當我們測量LCD 面板:
  - 使用者想要知道以下參數, 如 cell gap, twist angle, etc.
  - 後面的報告中, 我們會提出如何測量 *Mueller matrix* 以計算出這些參數.

# 測量 Mueller Matrix

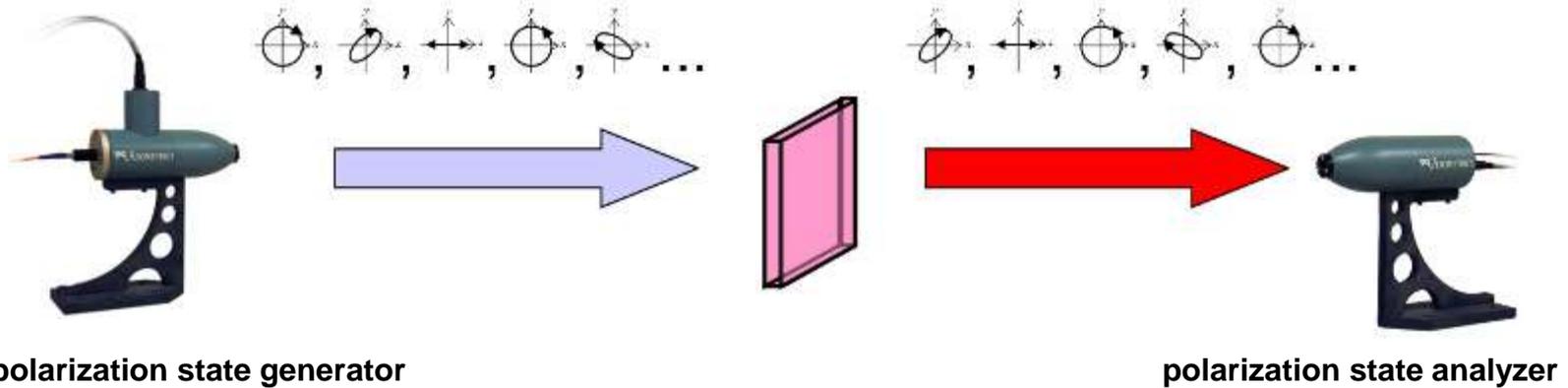
# AxoScan 及 AxoStep



- AxoScan 及 AxoStep基礎的測量方式是建立在完整的 **Mueller matrix**.
- 一但我們知道樣品的Mueller matrix, 我們就會知道一切資訊! 現在我們只要以最有用的方式呈現多種樣品的數據.
- 但我們該如何測量Mueller matrix? 請見以下的圖片

# 操作準則

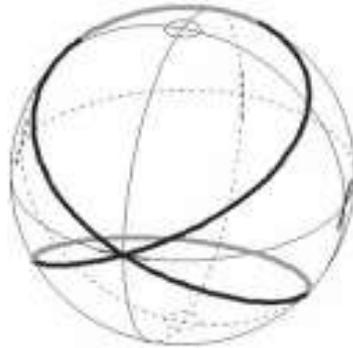
- 以一系列校正偏振狀態，照明這些樣品，從這些樣品中測量新的輸出偏振狀態。



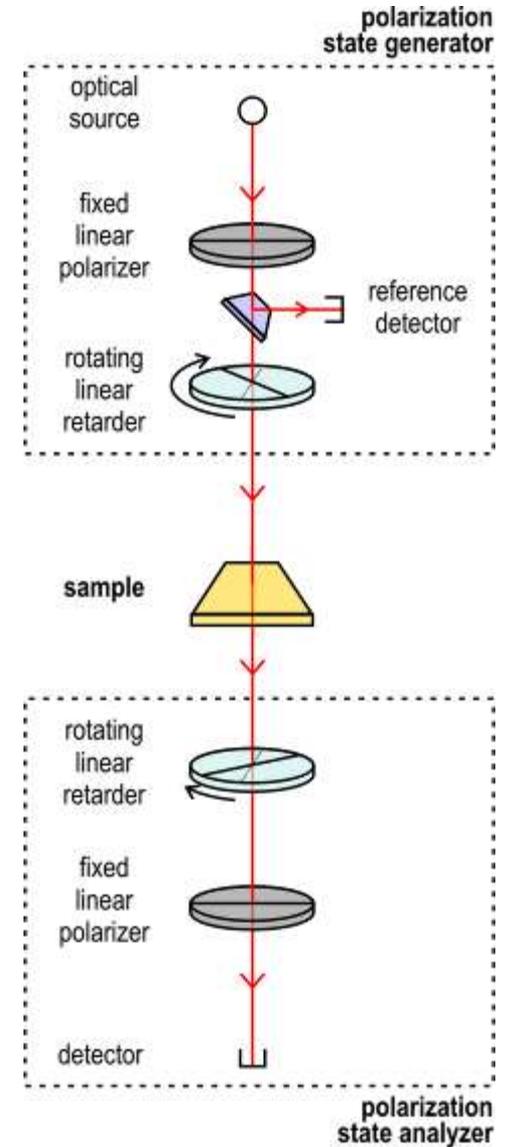
- AxoScan:** 120個不同的偏振狀態，測試 30ms
- AxoStep:** 40個不同的偏振狀態，測試14秒
- 所有種類的狀態：
  - Linear polarization(線性偏振), Elliptical polarization(橢圓偏振), Left-Handed(左手) 及 Right-Handed(右手)

# 光學設定

- 固定的polarizer(偏光片)跟著旋轉的偏光片產生延著這個trajectory(軌線)的polarization states(偏振狀態)：



- 旋轉的retarder(相位延遲片)隨著偏光片成為一個橢圓偏光片(分析器)及沿著相同的trajectory(軌線)傳輸狀態.
- 分析器裡的retarder(相位延遲片)比generator(產生器)快速的旋轉5次. 提供了generated(產生)的充分變異及分析偏振狀態以計算Mueller matrix



# Measurement Mathematics(數學測量)

- 用來計算Mueller matrix 的數學有點複雜, 但基本的觀念是相當簡單:
  1. Polarization state generator偏振狀態產生器產生了一連串的  $N$  polarization states(偏振狀態), 每一個都有**known已知** Stokes vector  $\mathbf{S}_n$  (where  $n = 1$  to  $N$ )
  2. 每一個polarization state偏振狀態  $\mathbf{S}_n$  與樣品的**unknown未知** Mueller matrix  $\mathbf{M}$  相互作用, 且作改變
  3. 改變的polarization states(偏振狀態)與偏振狀態分析器的 $n^{\text{th}}$  analyzed state(分析狀態)相互作用, 得到**known已知** Stokes vector  $\mathbf{A}_n$
  4. 然後 **measure(測量)** 每一個 $n$  狀態的intensity(強度)  $P_n$
- 每一個測量的強度由 dot product(標量積)所限定:

$$P_n = (\mathbf{A}_n)^T \cdot \mathbf{M} \cdot \mathbf{S}_n$$

more...

# Measurement Mathematics – Cont.

- 如果我們做16個測量 ( $N = 16$ ) 我們可以解答16 個聯立方程式  $P_n = (\mathbf{A}_n)^T \cdot \mathbf{M} \cdot \mathbf{S}_n$  以檢測16個未知的M元素.
- 要增加正確性, 我們可以 *over-specify*(過度表示) 方程式, 找到M的最佳適配方法.
  - AxoScan 使用  $N = 120$  測量
    - 120 個測量所需時間為 30 ms
    - 計算時間約為 8 ms
- 更多關於數學的敘述, 可參考以下:

如所需更多資訊, 請見:

R. A. Chipman, *Polarimetry*, Ch. 22 in *Handbook of Optics Vol. II, 2nd Ed.*,  
M. Bass ed., McGraw-Hill, New York, 1995.

# Calibration校正

- 為了Mueller matrix  $\mathbf{M}$  要是正確的, 偏振狀態  $\mathbf{S}_n$  及  $\mathbf{A}_n$  必須是 *known very accurately*(非常正確的已知數)
- 校正 AxoScan的關鍵是知道 系統裡兩個旋轉相位延遲片的 *retardance*(相位延遲)
  - 很困難, 因為相位延遲跟著波長及溫度產生變異
- 這是一個超快速及簡單的校正技術
  - 我們知道air(氣體)的Mueller matrix是identity matrix(單位矩陣),
  - 要做一個快速的氣體測量, 我們可以:
    - 驗證AxoScan 是不是有做好校正
    - 如果需要的話用AxoScan自動重新校正
- 我們可以提供參考標準來設定真實  $0^\circ$  角度

$$\mathbf{M}_{air} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

# 計算Liquid Crystal Cell Parameters(液晶盒參數)

# Mueller Matrix 方法

- Axometrics發明且已申請專利的新技術, 用來計算液晶參數
- Mueller Matrix 法 (MMM) 能提供同樣Crystal Rotation 法(CRM)相同的結果, 但MMM有以下優點
  - 測量以下任何的組合:
    - Cell gap
    - Twist angle
    - Rubbing direction (CF and TFT)
    - Pre-tilt angles (CF and TFT)
  - 任何模式的 cell:
    - Vertically aligned, parallel rubbed, anti-parallel rubbed, twisted
  - 在同一時間測量所有的參數
    - 使用單一測量集合

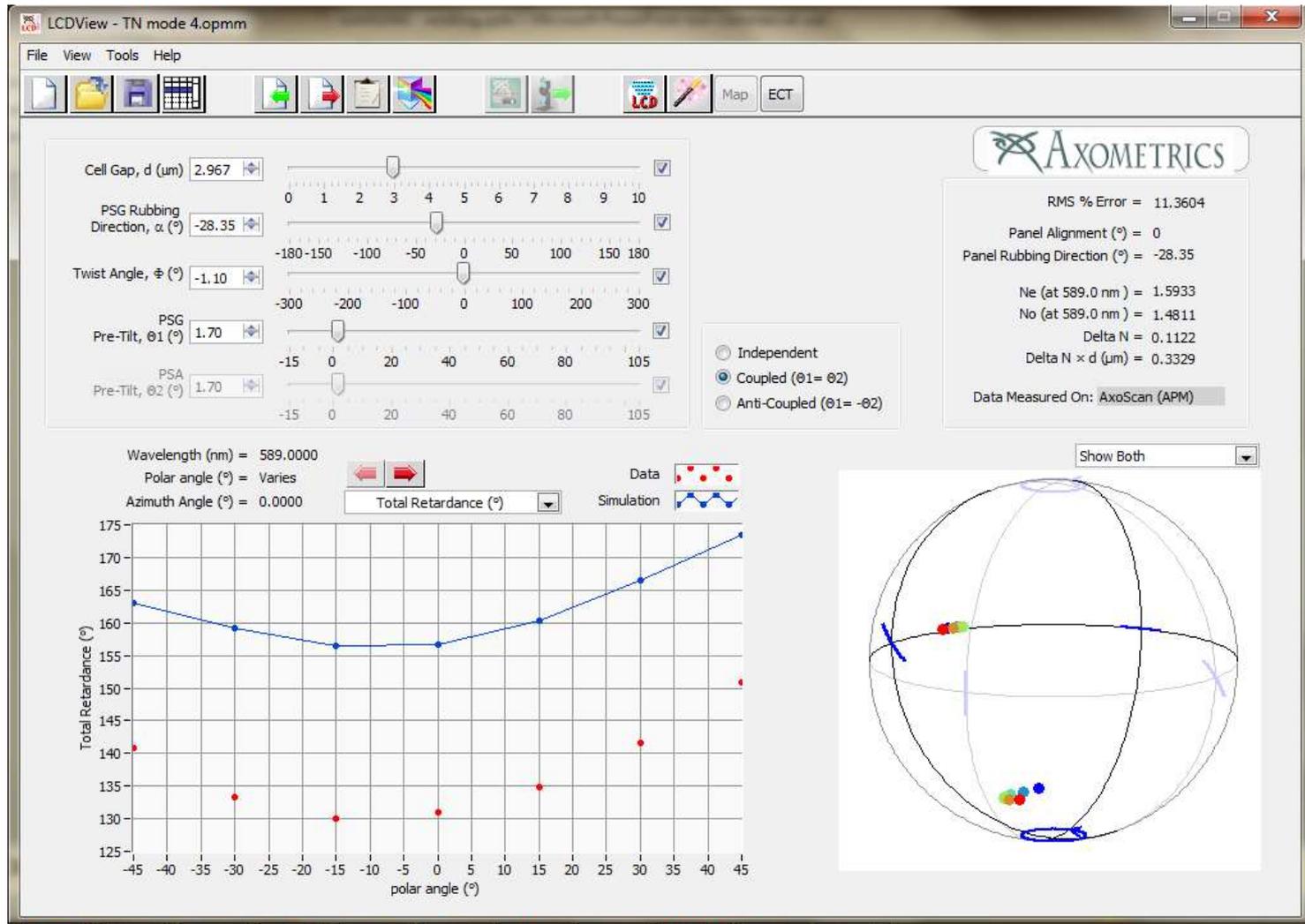
# The Mueller Matrix Method – Cont.

1. 測量面板的多重入射角或波長的完整Mueller matrix
2. 使用Extended Jones Matrix method, 建立LCD電腦模擬模式, 以得到相同的入射角及波長

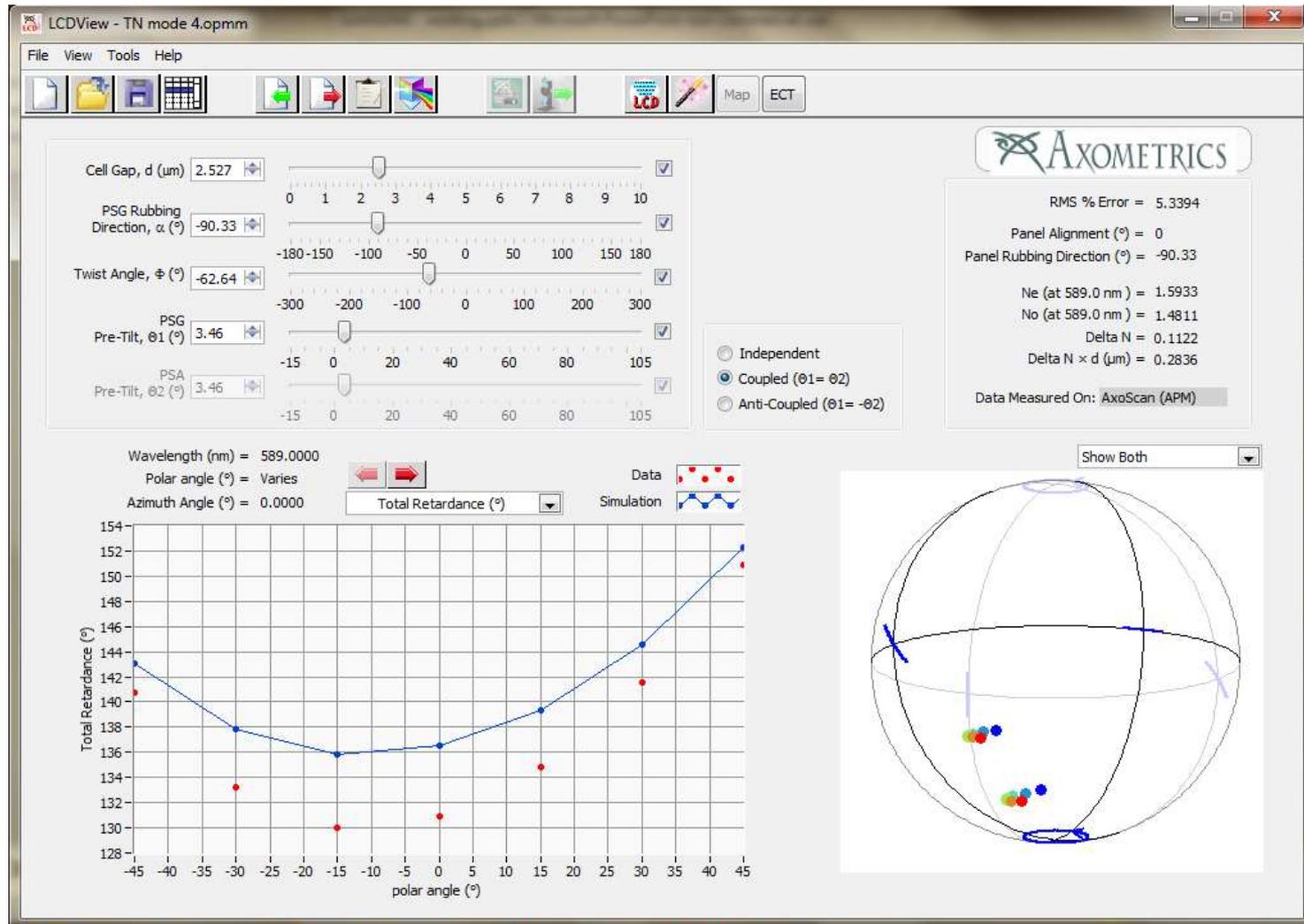
關於Extended Jones matrix method的更多描述, 請見:  
P. Yeh and C. Gu, “Extended Jones Matrix Method” in Optics of Liquid Crystals (John Wiley & Sons. Inc, New York, 1999), Section 8.

3. 轉換這些模擬的Jones matrices 為Mueller matrices
  4. 計算已測得及模擬Mueller matrices 之間的RMS 差異
  5. 反覆變化模擬參數 (cell gap, twist angle, 等.), 將RMS差異降到最低
- 最佳適配法模式的參數表示LCD樣品正確的測量

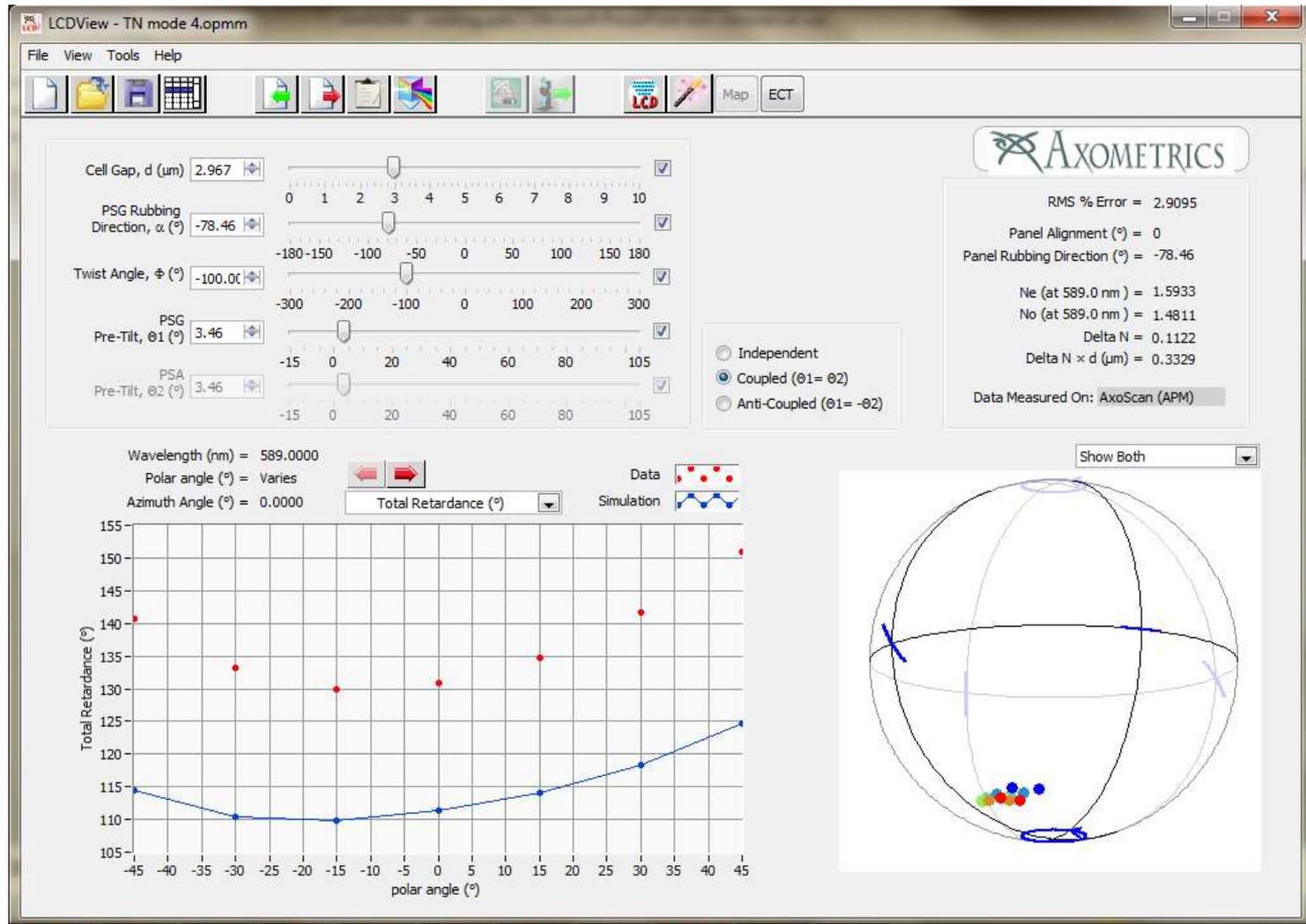
# LCDView – Starting Point(起始點)



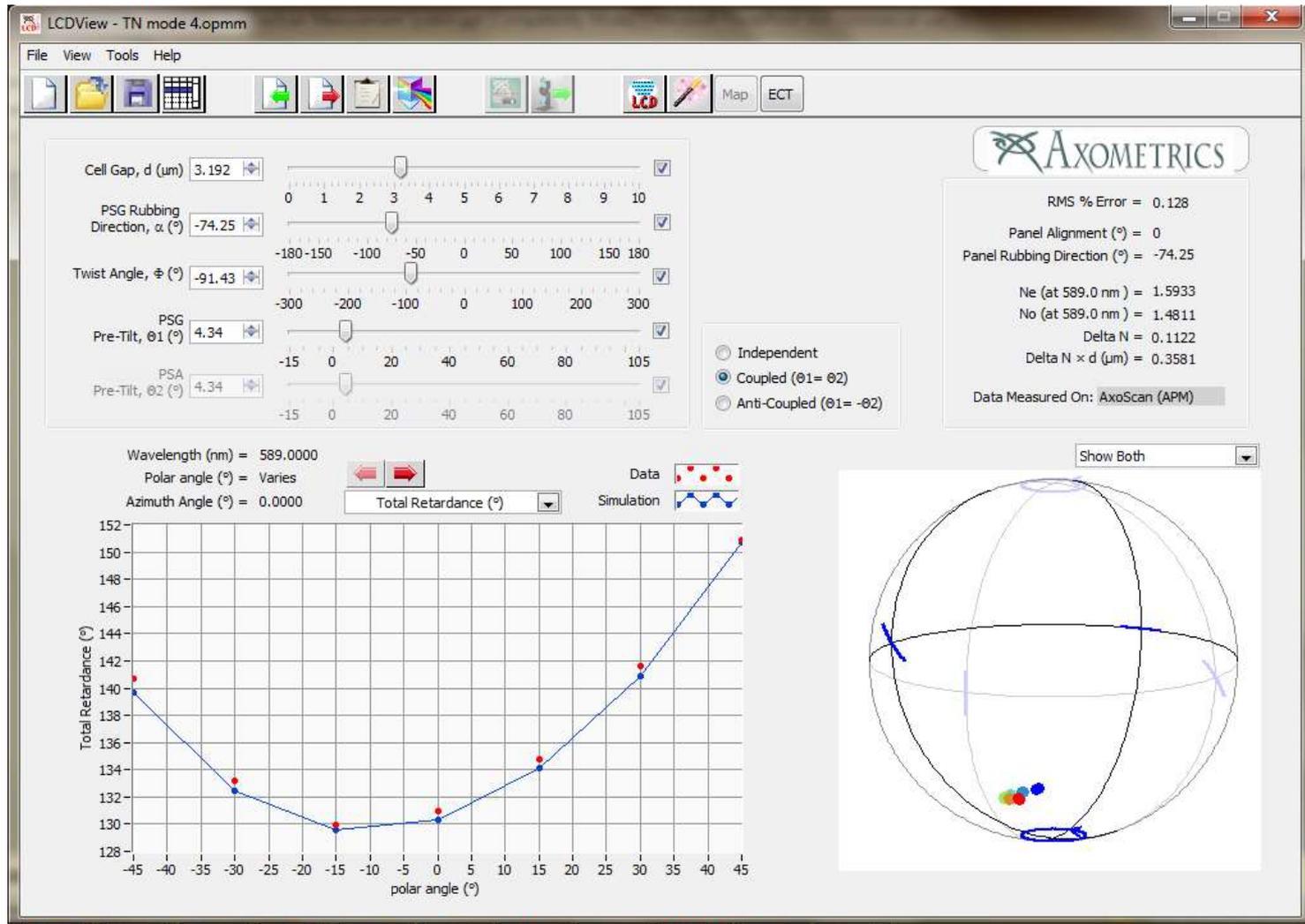
# LCDView – Optimizing(最佳化)



# LCDView – Still Optimizing(静止最佳化)

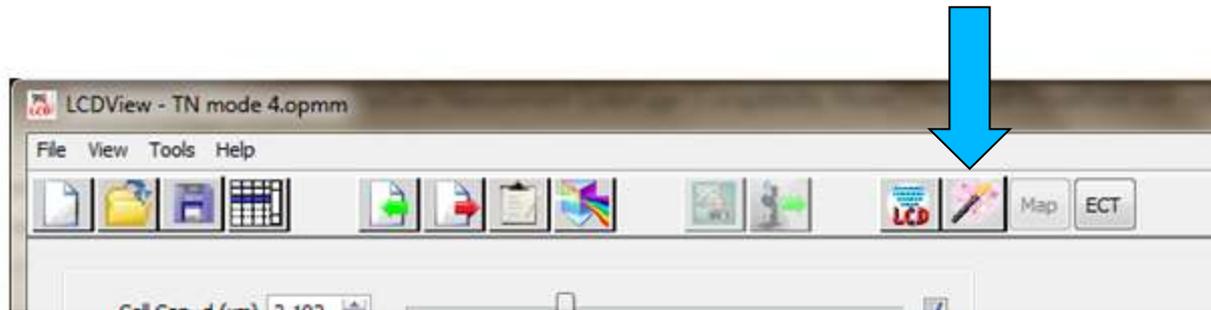


# LCDView – Finished(完成)



# 自動偵測

- LCDView 甚至還有一個功能, 可以自動指出你測量的是什麼類型的面板.
- 只要按下 ‘Magic Wand’(魔棒) 功能鍵



- 不論是 LCD的何種模式, 不論面板是如何載入到機器裡 (任何的磨擦方向都可以), LCDView 都會自動測出正確的數據.

# AxoScan 及 AxoStep

# 概要

- 所有Axometrics 系統可以測量樣品的 **完整的Mueller matrix**
  - **樣品所有可能的偏振特性**
    - Retardation + axis orientation + ellipticity
    - Polarizer efficiency + axis orientation + ellipticity
    - Transmission and depolarization
    - Cell gap, R/D, twist, pre-tilt angles
- 超強且彈性化

# 基本系統

- AxoScan™
  - 30ms內測量一個區域



- AxoStep™
  - 14秒內以顯微系統測量**160 x 128** 影像



# AxoScan

- 在30 ms內,測量一個區域
- 平均測量3mm光柱
- 業界信賴的偏振測量系統— 自從2003年開始已經出貨超過 200 個偵測器



# AxoScan – 傾斜 / 旋轉 工具

- 桌上型 Tip/Tilt 配件
  - OPMF-1  $\pm 55^\circ$  傾斜
  - OPMF-2  $\pm 75^\circ$  傾斜
- R&D 及 QA 的小片產品
  - Cut film samples
  - LC test cells
  - LCD 面板 (5" 或更小)



# AxoScan 配件 – XY 治具

- XY 配件
  - XY-200
    - 200 x 200 mm 掃描
  - XY-1000x500
    - 200 x 200 mm 掃描

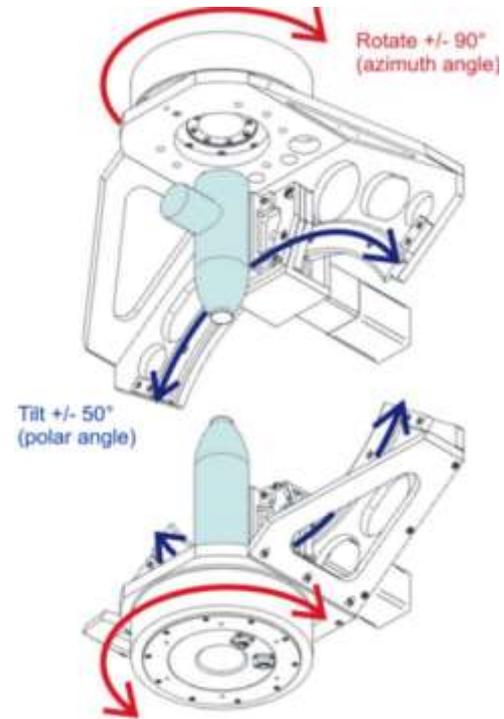


- 客製化尺寸



# AxoScan 工具 – APM 治具

- AxoScan PanelMapper (APM) 結合 XY傾斜/旋轉



# AxoScan 工具 – APM 治具

- 標準 APM 尺寸
  - APM-20H ( $\leq 20$ " 面板或薄膜)
  - APM-42H ( $\leq 42$ " 面板或薄膜)
  - APM-60H ( $\leq 60$ " 面板或薄膜)
  - APM-60V ( $\leq 60$ " 垂直面板)
  - APM-85H ( $\leq 85$ " 面板或薄膜)
  - APM-85V ( $\leq 85$ " 垂直面板)
  - APM-2000x500H (film web cross-cut)



# AxoScan 工具- FAA 治具

- Fixed-Angle Adjustable Azimuth (固定角度調整方位角)(FAA-3)治具調整旋轉角度, 測量 3 個固定的傾斜角度
- 可以做最快速的multi-angle 測量
- 產線上最理想的使用工具



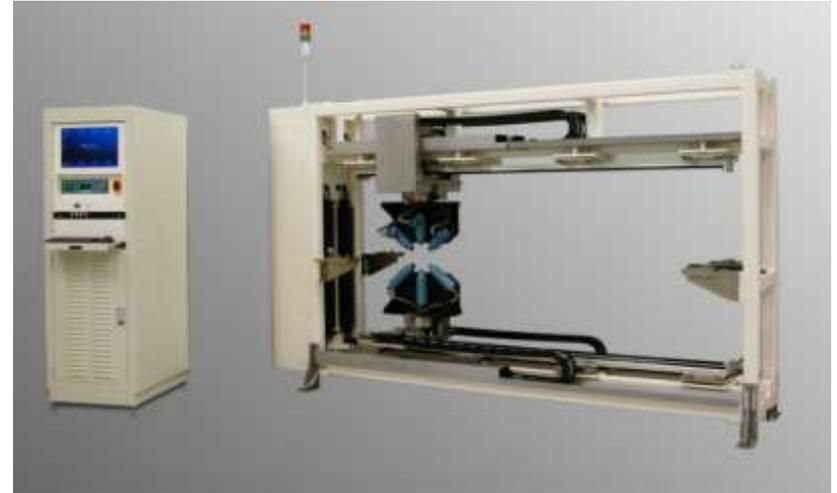
# AxoScan 工具 – FAA 治具

- LCD用的標準 FAA-3 尺寸
  - FAA-3-G4
  - FAA-3-G4.5
  - FAA-3-G5
  - FAA-3-G5.5
  - FAA-3-G6
  - FAA-3-G8.5
  - 其他...
- 可以用機械手臂載入
- CIM 整合



# AxoScan 工具 – FAA 治具

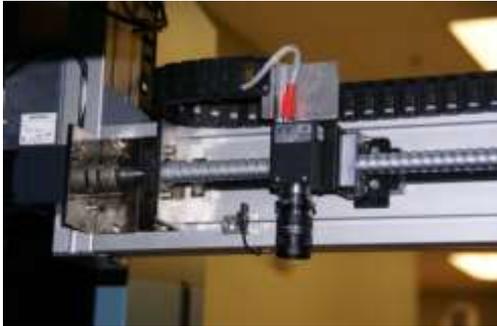
- Inline Film用的 標準 FAA-3 尺寸
  - FAA-3-1460-IL
  - FAA-3-1640-IL
  - FAA-3-2000-IL
  - 其他...



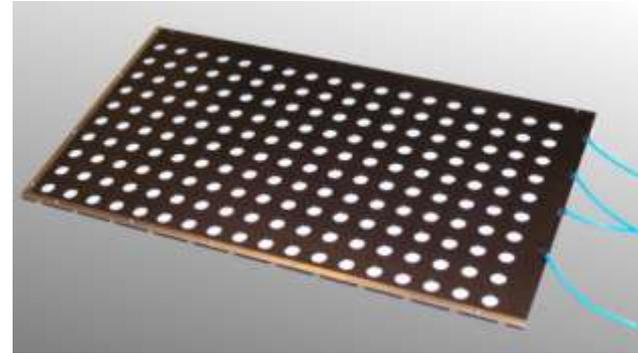
- End-of-roll(卷式介質尾端) 訊號輸入
- 使用者定義的檔案格式
- OPC 伺服器

# 光學 AxoScan 工具

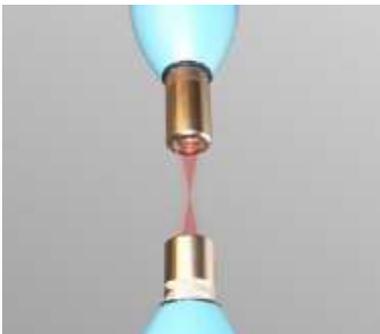
光學量規



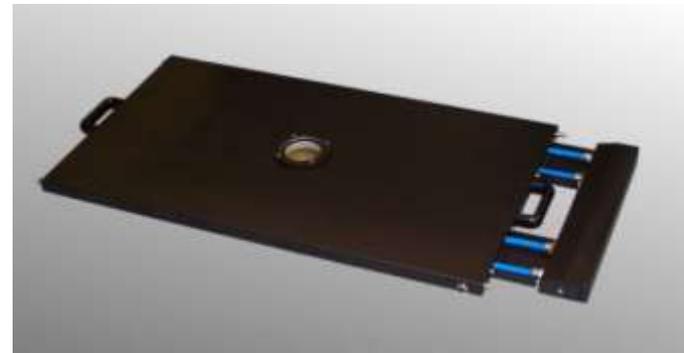
支撐薄膜的真空盤



BR9X 光柱減小器

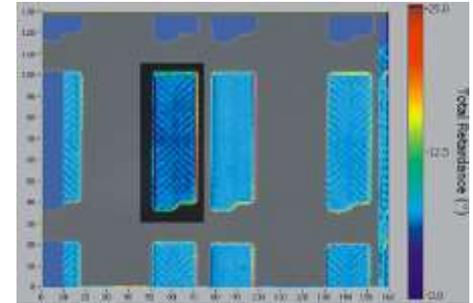


面板加熱板



# AxoStep

- 14秒內測量 160 x 128 像素影像
  - >20,000 測量點
  - 使用不同的顯微物鏡:
    - 2x
    - 5x
    - 10x
    - 20 x
    - 50x
- 2011發表



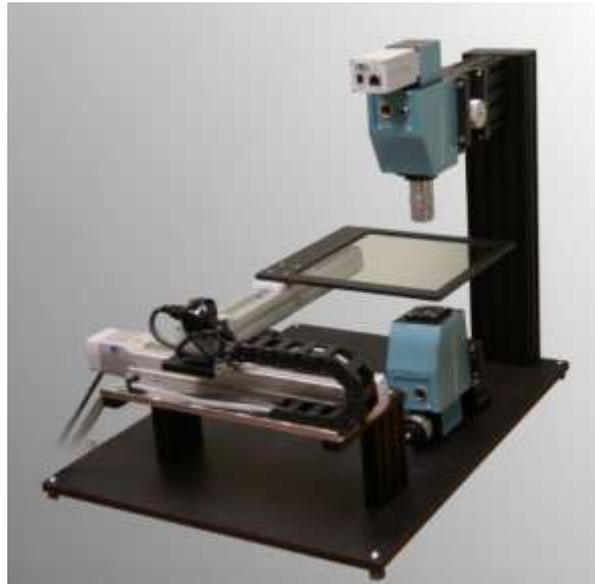
# 調整測量區域

- 設定不同的顯微物鏡, 以符合使用者的需求.

| Model             | Full Frame (160 x 128)                          |                              | 2X Digital Zoom (160 x 128)  |                              | 4X Digital Zoom (160 x 128)   |                              |
|-------------------|---|------------------------------|--|------------------------------|---|------------------------------|
|                   | Measurement Area (mm)                           | Camera Pixel Resolution (um) | Measurement Area (mm)  | Camera Pixel Resolution (um) | Measurement Area (mm)   | Camera Pixel Resolution (um) |
|                   | 2x2 on-camera binning with 4x4 software binning |                              | 2x2 on-camera binning with 2x2 software binning center 1/2 section ROI |                              | 2x2 on-camera binning with no software binning center 1/4 section ROI |                              |
| M Plan Apo 2x     | 8.6 x 6.9                                       | 53.6                         | 4.3 x 3.4  | 26.8                         | 2.1 x 1.7   | 13.4                         |
| M Plan Apo 5x     | 3.4 x 2.7                                       | 21.4                         | 1.7 x 1.4  | 10.7                         | 0.86 x 0.69   | 5.4                          |
| M Plan Apo 10x    | 1.7 x 1.4                                       | 10.7                         | 0.86 x 0.69  | 5.4                          | 0.43 x 0.34   | 2.7                          |
| M Plan Apo 20x    | 0.86 x 0.69                                     | 5.4                          | 0.43 x 0.34  | 2.7                          | 0.21 x 0.17   | 1.3                          |
| M Plan Apo 50x    | 0.34 x 0.27                                     | 2.1                          | 0.17 x 0.14  | 1.1                          | 0.09 x 0.07   | 0.54                         |
| M Plan Apo SL20x  | 0.86 x 0.69                                     | 5.4                          | 0.43 x 0.34  | 2.7                          | 0.21 x 0.17   | 1.3                          |
| M Plan Apo SL50x  | 0.34 x 0.27                                     | 2.1                          | 0.17 x 0.14  | 1.1                          | 0.09 x 0.07   | 0.54                         |
| M Plan Apo SL100x | 0.17 x 0.14                                     | 1.1                          | 0.09 x 0.07  | 0.5                          | 0.043 x 0.034   | 0.27                         |

# AxoStep Fixtures – 桌上型

- OPMF-3
  - 最大達45° tilting(傾斜)
- XY-200
  - 200 x 200 mm XY 掃描



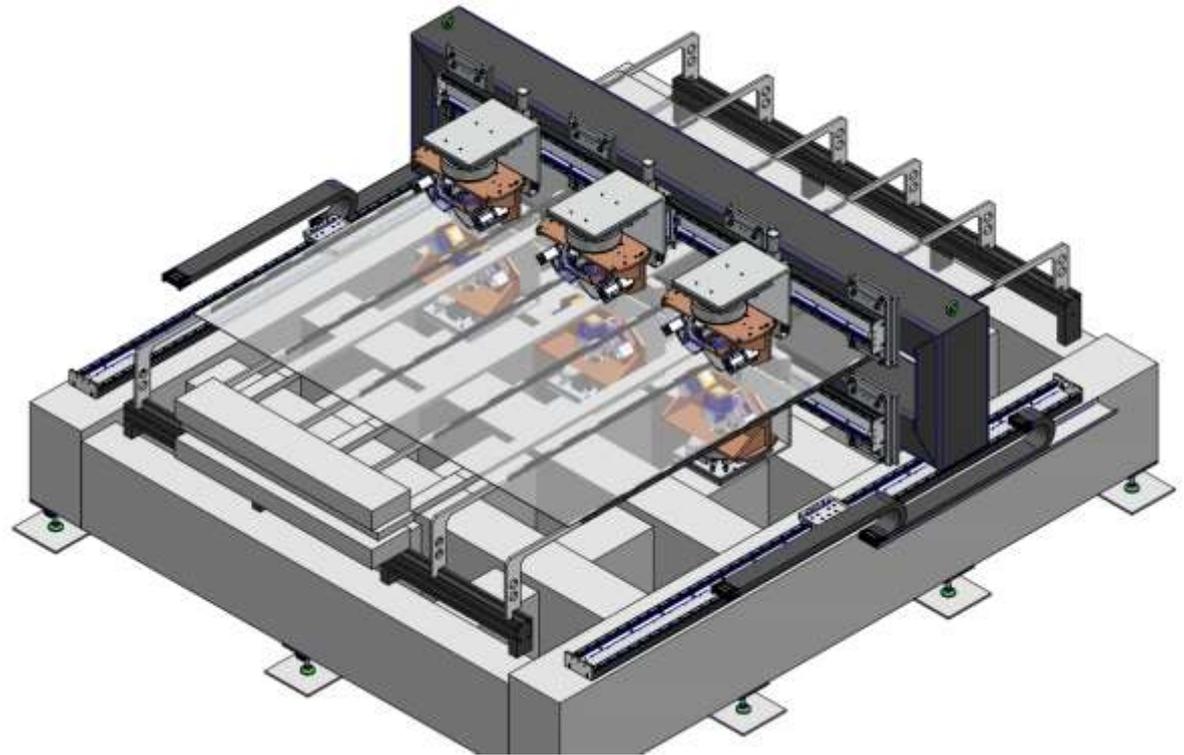
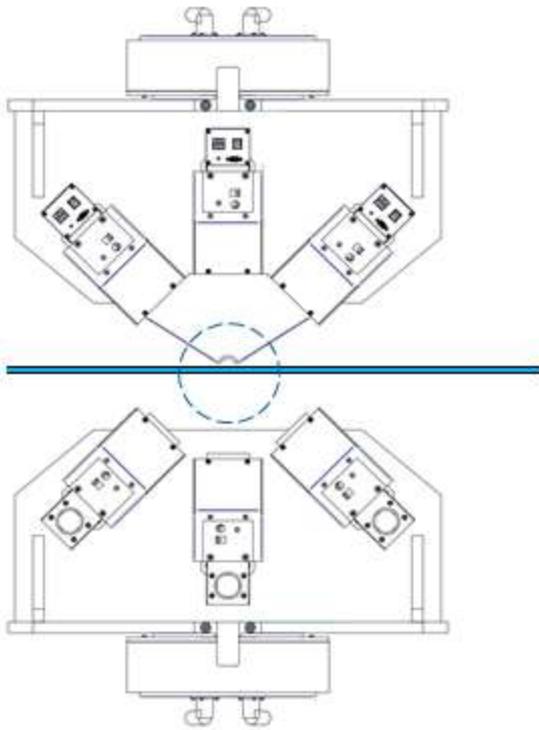
# AxoStep Fixtures – APM 型

- AxoStep with APM 結合 XY 傾斜/旋轉
- 標準 APM 尺寸
  - APM-20H ( $\leq 20$ " 面板或薄膜)
  - APM-42H ( $\leq 42$ " 面板或薄膜)
  - APM-60H ( $\leq 60$ " 面板或薄膜)



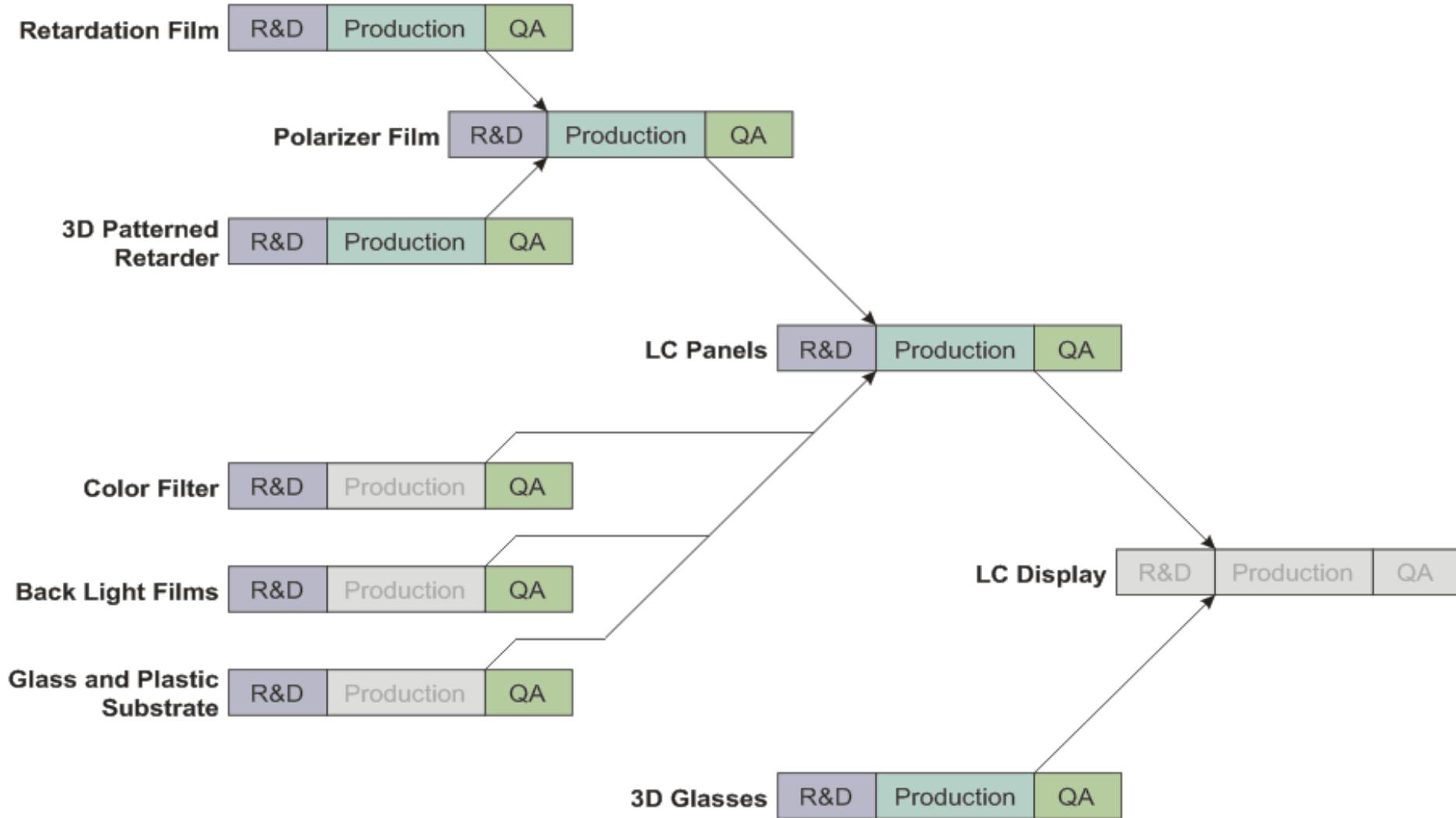
# AxoStep 配件 – FAA 概念

- 客製化設計, 提供大產線機器, 最大達 Gen 8.5



# 應用

# 應用區域



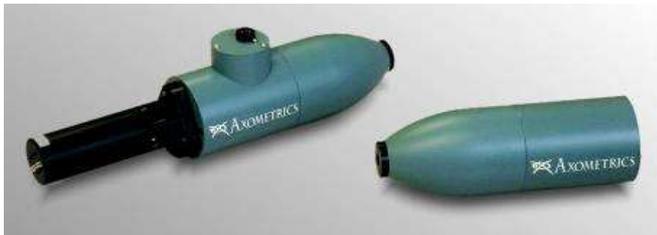
# AxoScan 或 AxoStep?

妳想要測量3mm區域間的偏振特性, 基本上會一致嗎?

yes

no

AxoScan

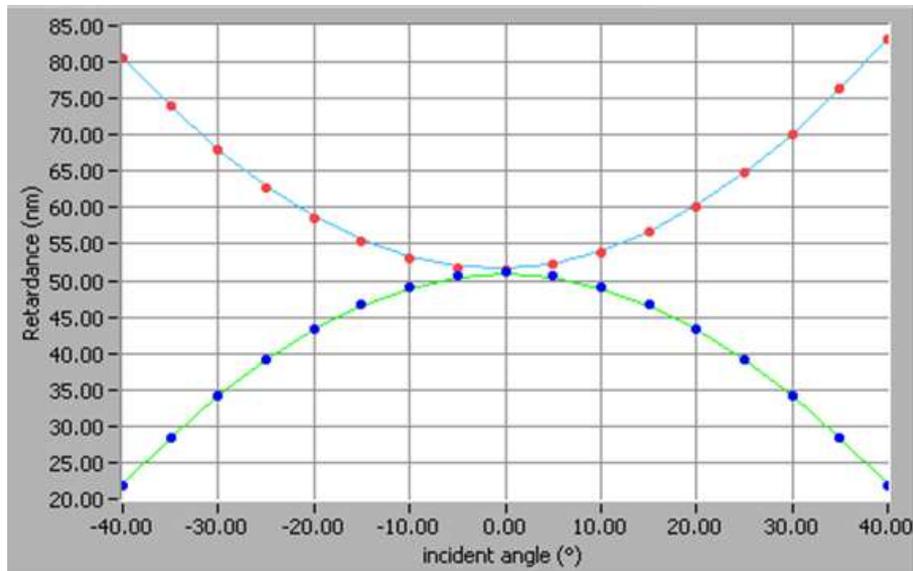


AxoStep



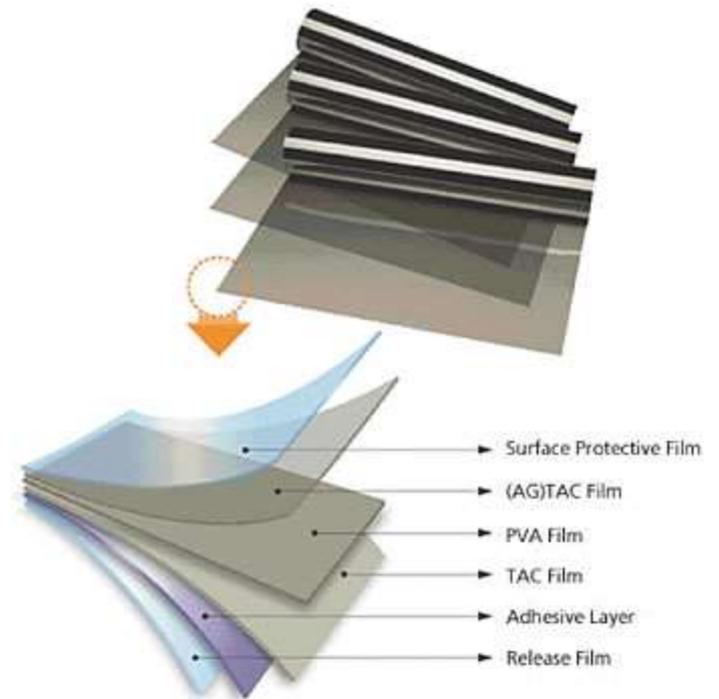
# Retardation Film(相位延遲膜)

- 可以快速的測量  $R_0$ ,  $R_{th}$ ,  $\theta$ ,  $\beta$
- Spectral measurement(光譜測量)
- Multi-layer分析



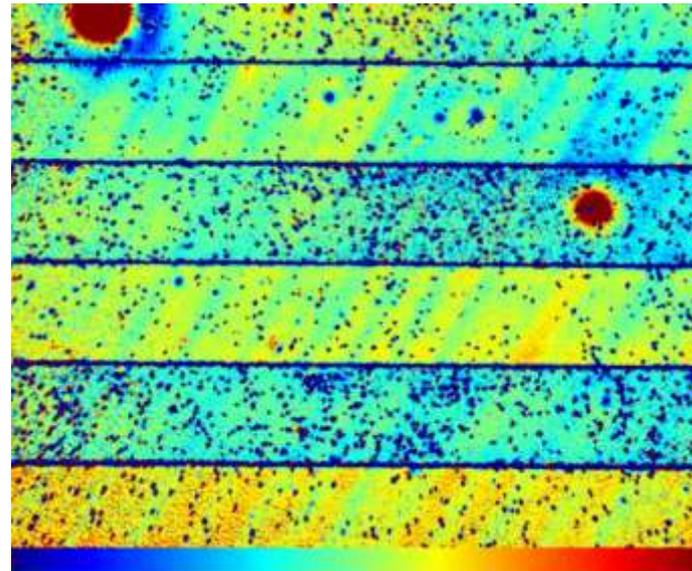
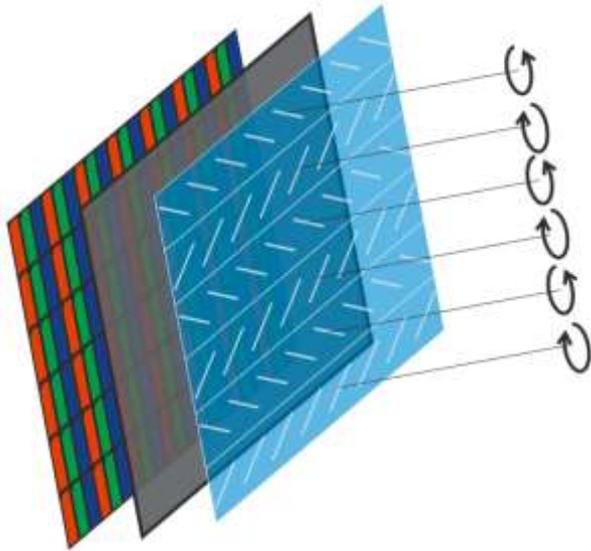
# Polarizer Film(偏光膜)

- 業界最好的吸收軸測量重複性
- Multi-Layer 分析法, 讓加了一層PVA,能測量補償膜的R0 及 Rth.
  - 甚至inline也可以



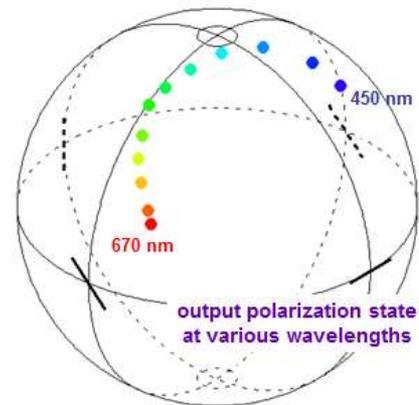
# 3D Patterned Retarders(3D圖形相位延遲片)

- AxoStep領導產業做 patterned retarder(圖形相位延遲片) 測試
  - R0, Axis Orientation(軸方位), 及 Pitch
  - Rth 也可以



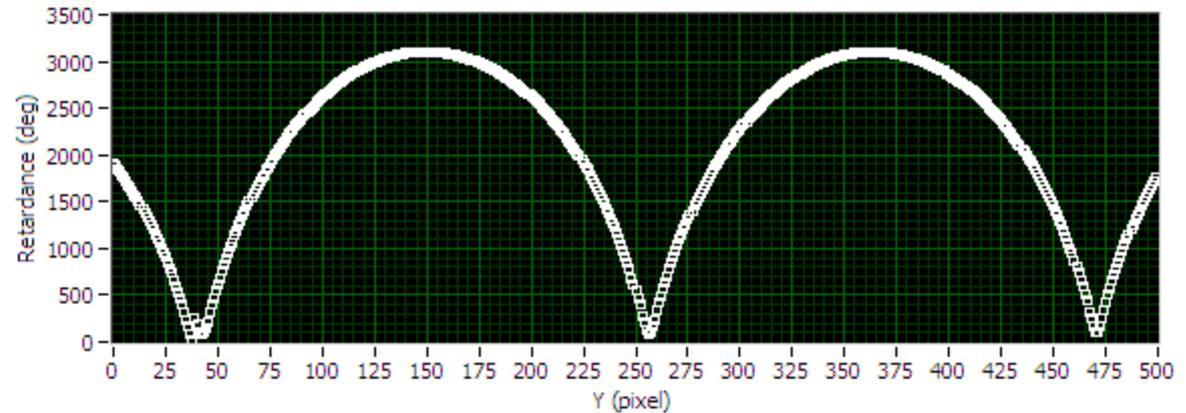
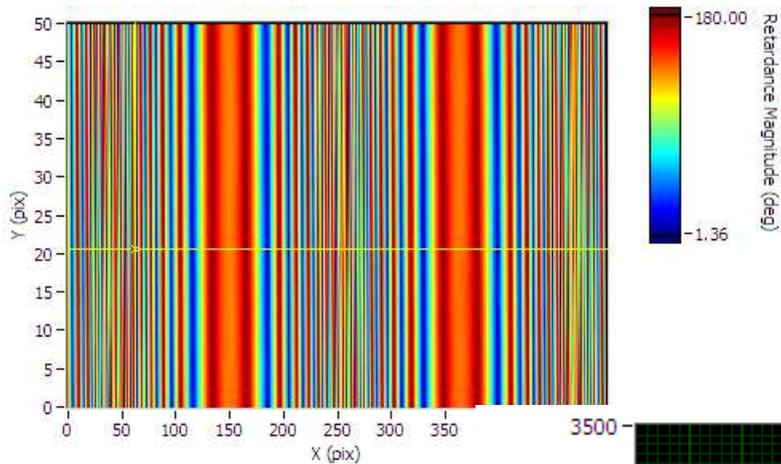
# 3D 眼鏡

- Active glasses(主動式眼鏡)
  - 測量 LC 及 pol films
- Passive glasses(被動式眼鏡)
  - 測量circular polarization states(圓型極化狀態)
  - Multi-layer 分析得到所有層面的數據



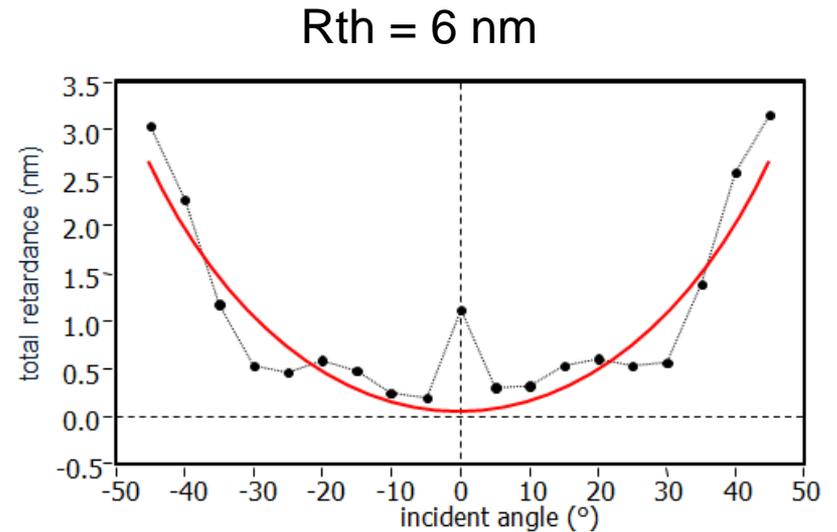
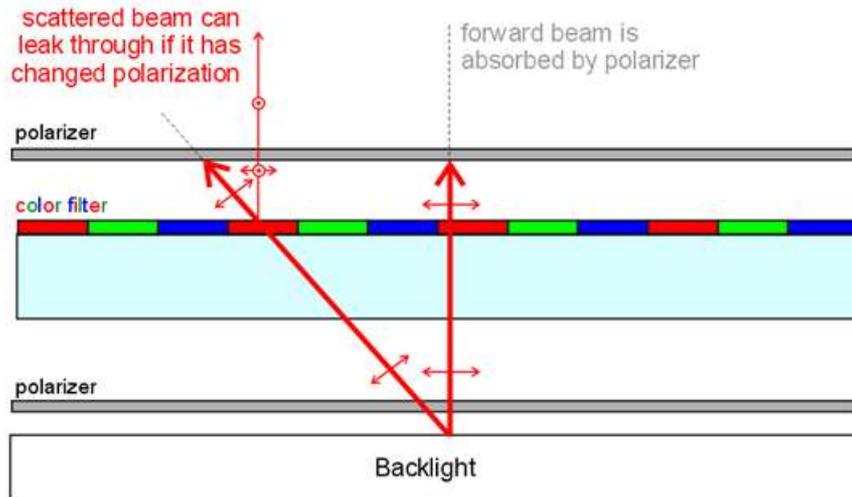
# Lenticular Array(雙凸透鏡排列)

- 用在 自動立體 3D 螢幕
- 精確的測量 最大達20,000 nm 的retardance(相位延遲)



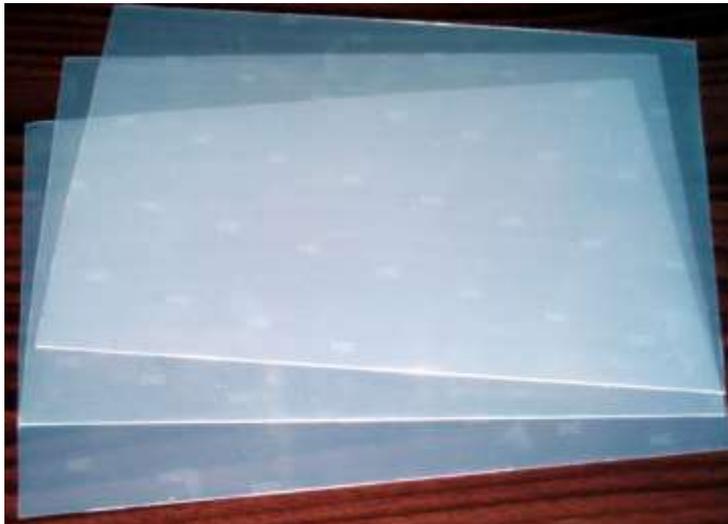
# 彩色濾片及 TFT 層

- 測量 彩色濾光片及TFT層的off-axis retardation ( $R_{th}$ )
  - 簡化CF的  $R_{th}$ , 增加了對比



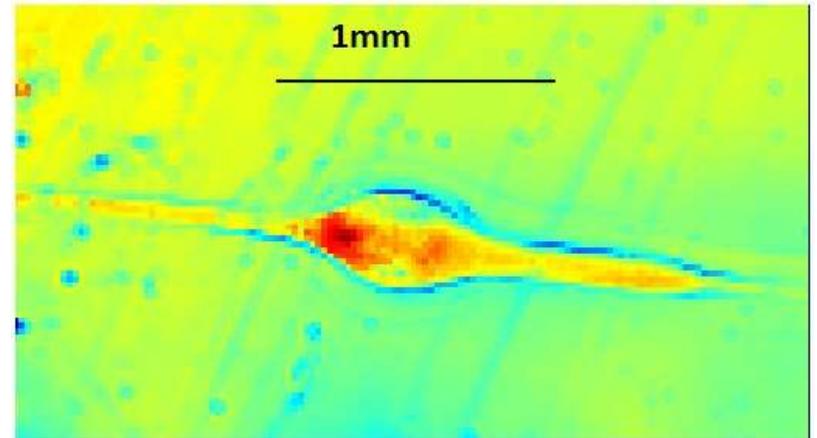
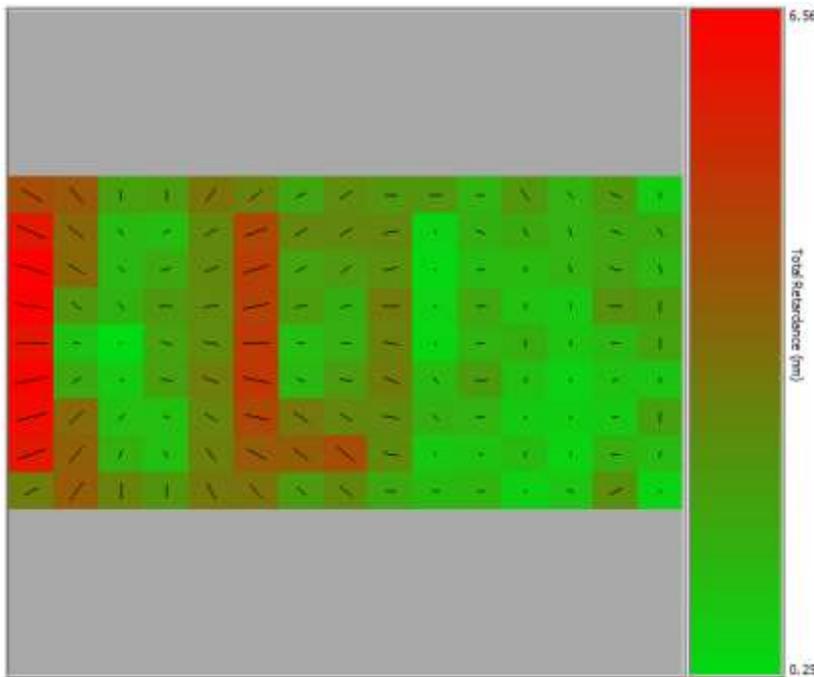
# Backlight Film(背光膜)

- 測試polarization-recycling(偏振光型回收) 背光膜
  - DBEF
  - Cholesteric
  - Others...



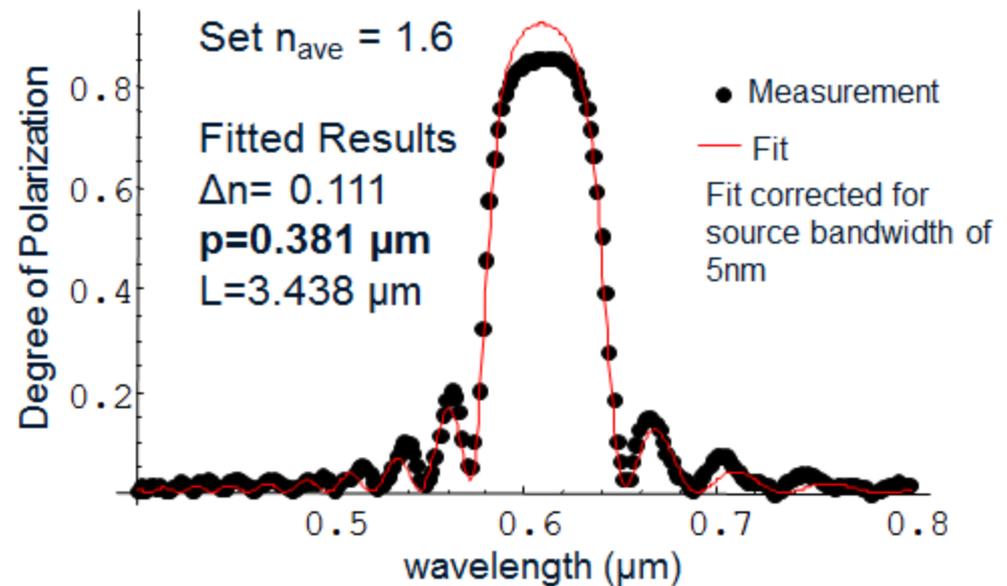
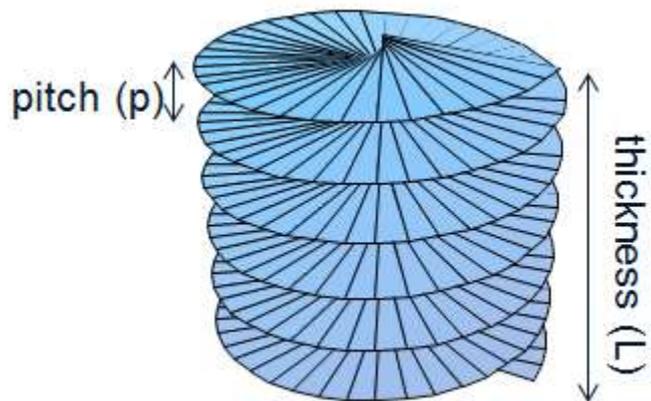
# 玻璃及塑膠基層

- 測量 retardance maps(相位延遲圖像)
  - 大面積用 AxoScan
  - 顯微鏡缺陷用 AxoScan



# Cholesteric LC Filters(膽固醇LC濾片)

- 測量 穿透 / 燈光的反射比及左圓極 vs. 波長
- 計算Cholesteric filters(膽固醇濾片)的 pitch(一段距離) 及厚度



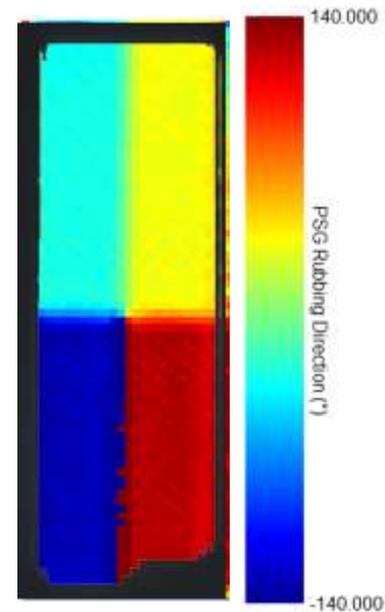
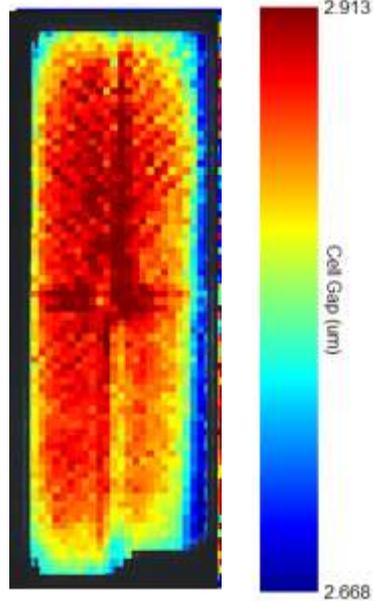
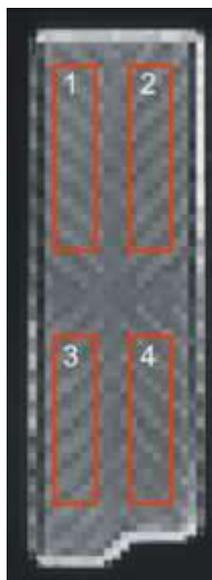
# LCD Panels

- 可同時測量所有的 *parameters*(參數)
  - Cell gap
  - Rubbing direction(摩擦方向)
    - TFT side 及 CF side
  - Twist angle(扭轉角度)
  - Pre-tilt angle(預傾角)
    - TFT side 及 CF side
- 可以測量所有模式的LC
- 可以測量很多你所需測量的 XY 點



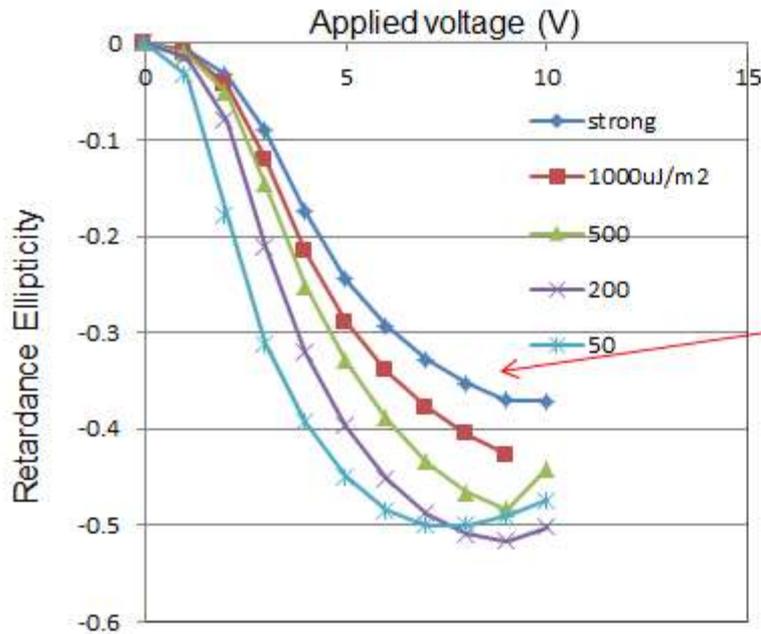
# LCD Pixels

- AxoStep在一個pixel(像素)內標記parameters(參數)
  - Multi-domain 設計
  - 研究接近圖形化電極的LC性能
  - 分析不好的或是損壞的pixels(像素)

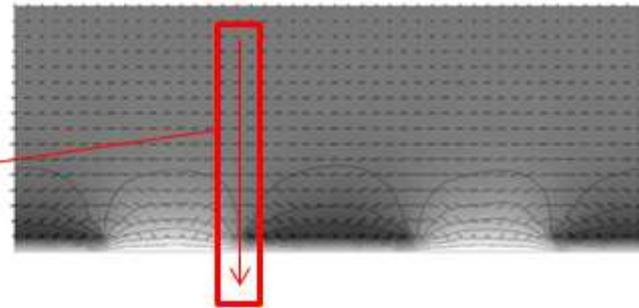


# Azimuthal Anchoring Energy(方位角錨定力)

- 藉由測量retardance ellipticity( 相位差橢圓率)vs.外加電壓在最大的LC指示器旋轉的點, 以描繪方位角錨定力

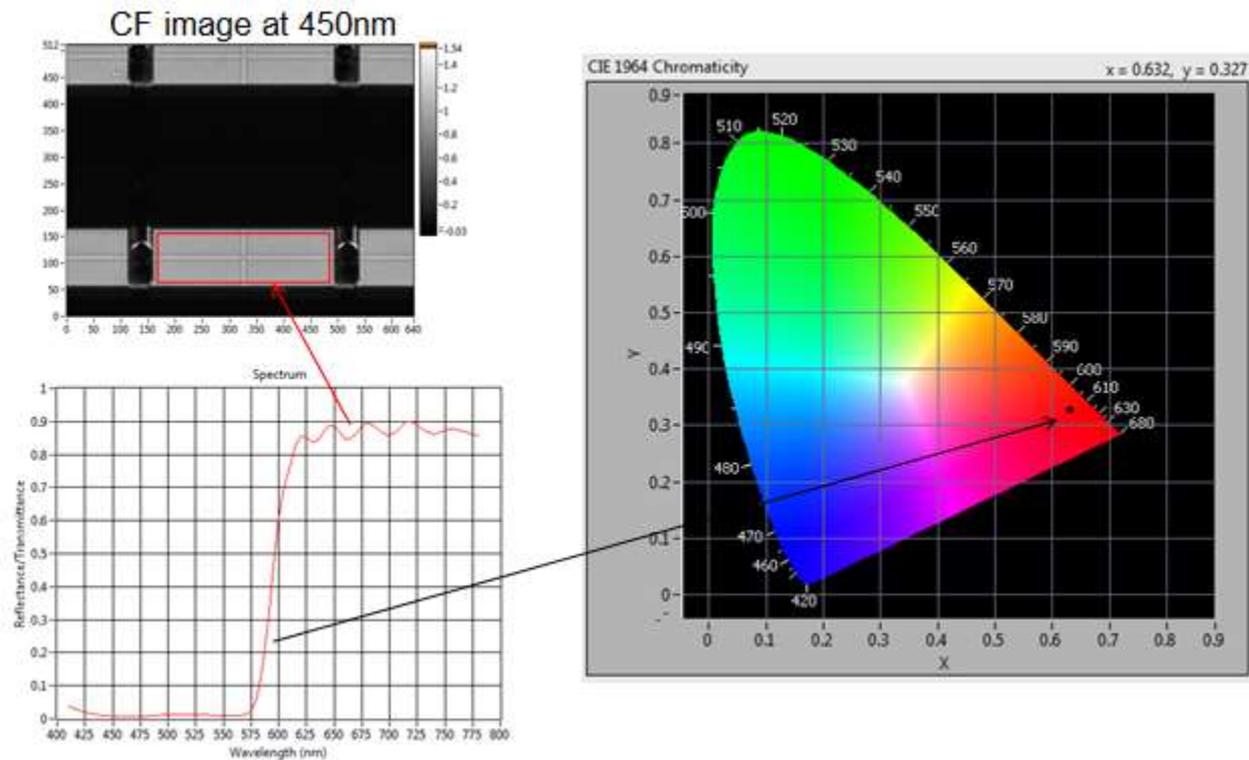


Ellipticity Simulation results of sample A



# Spectral Imaging(光譜影像)

- 在1nm increments(遞增)中測量410 到775 nm的樣品影像
  - 測量顏色
  - 測量干擾邊紋, 取得air gap或膜厚



# 更多...

- Axometrics持續開發AxoScan 及AxoStep新的分析軟體
- 透過客戶提出的需求進行開發
- 請與 Axometrics溝通你的測量需求.

# 結論

- Axometrics 提供測量方法給每一個LCD製造的偏振態平台
- 請與Axometrics連繫, 以取得你特殊應用的更多資訊

