

1. 강의자료 15의 p. 18의 네 가지 경우에 대한 편광변화를 Jones calculus로 증명하시오.

#1

①

$$\begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & \exp(-j\frac{\pi}{2}) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \frac{\sqrt{2}}{2} \\ \frac{\sqrt{2}}{2} \end{pmatrix} = \frac{\sqrt{2}}{2} \begin{pmatrix} 1 \\ -j \end{pmatrix}$$

②

$$\begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & \exp(-j\pi) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \frac{\sqrt{2}}{2} \\ \frac{\sqrt{2}}{2} \end{pmatrix} = \frac{\sqrt{2}}{2} \begin{pmatrix} 1 \\ -1 \end{pmatrix}$$

③

$$\frac{\sqrt{2}}{2} \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & \exp(-j\frac{\pi}{2}) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 \\ j \end{pmatrix} = \frac{\sqrt{2}}{2} \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \end{pmatrix}$$

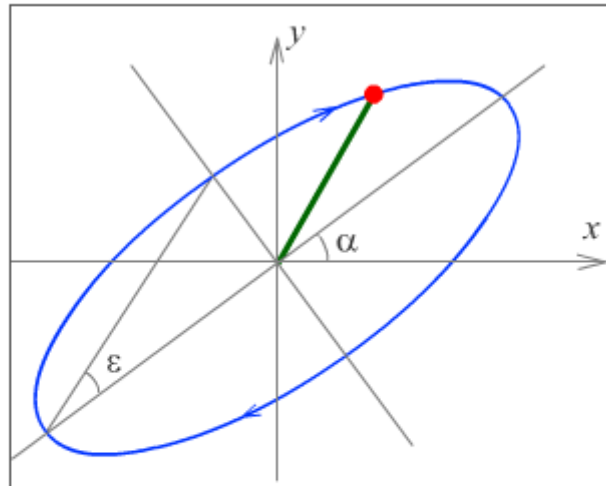
④

$$\frac{\sqrt{2}}{2} \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & \exp(-j\pi) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 \\ j \end{pmatrix} = \frac{\sqrt{2}}{2} \begin{pmatrix} 1 \\ -j \end{pmatrix}$$

2. 강의자료 15의 p. 25의 의미를 설명하시오.

편광의 일반적인 형태를 타원 편광으로 설명할 수 있다.

graphic



타원편광의 도해 일반적인 타원편광은 장축이 x 축 방향으로 놓인 타원을 α 만큼 반시계방향으로 회전하여 만든 타원을 따라서 전기장이 진동한다. 장축에 대한 단축의 비율, 즉 타원율은 $\tan \epsilon$ 이다. 그림처럼 전기장이 시계방향으로 회전하는 경우 타원율이 $+$ 값을, 반시계방향으로 회전하는 경우 $-$ 값을 갖도록 정한다.

이 그림은 복소 표현으로 아래 식과 같이 표현될 수 있는데,

$$\tan 2\alpha = \frac{2\text{Re}(\zeta)}{1 - |\zeta|^2} = \tan 2\psi \cos \phi$$

$$\sin 2\epsilon = -\frac{2\text{Im}(\zeta)}{1 + |\zeta|^2} = -\sin 2\psi \sin \phi$$

이는 아래 식과 같이 구 좌표계를 도입하여 나타낼 수 있다.

$$S_1 = \cos 2\epsilon \cos 2\alpha$$

$$S_2 = \cos 2\epsilon \sin 2\alpha$$

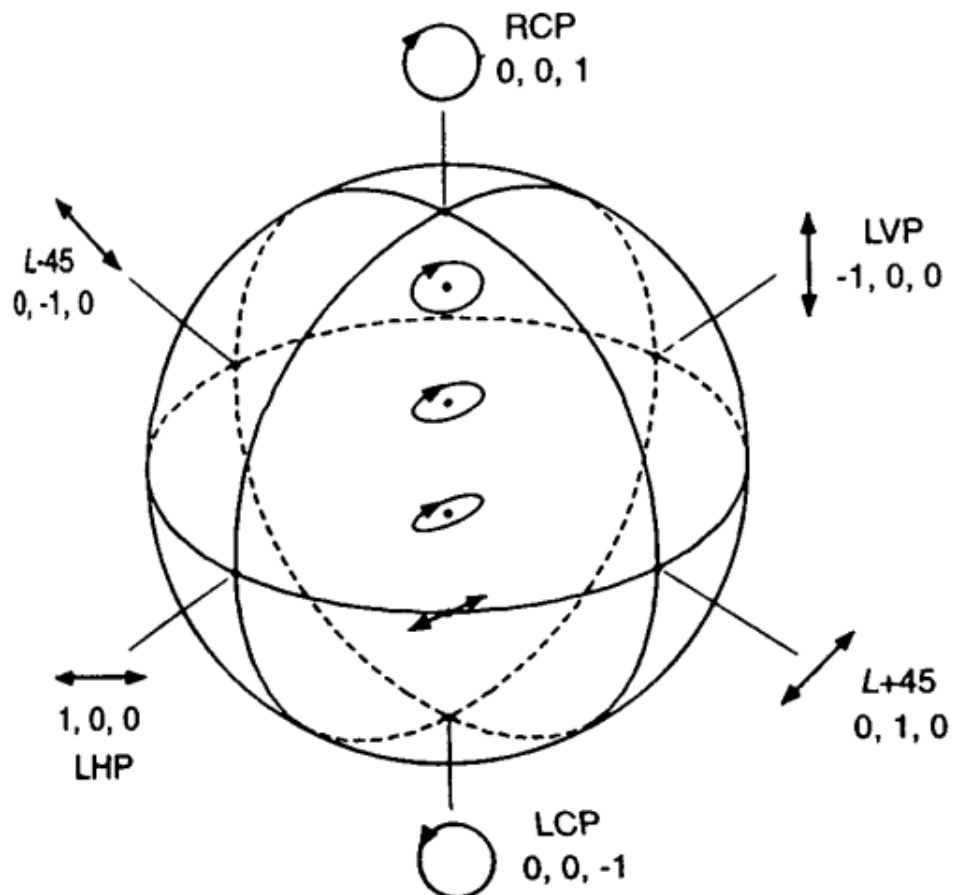
$$S_3 = \sin 2\epsilon$$

이렇게 구 (Poincare sphere) 에 편광을 표현하면 임의의 편광을 이 표면 위에서 다 표현할 수 있

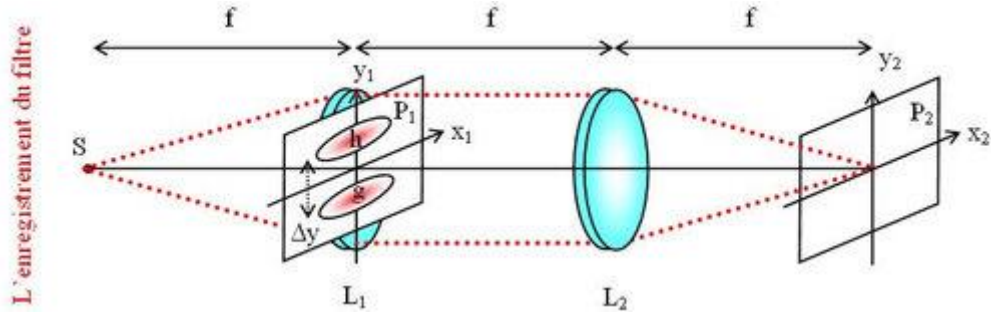
다는 장점이 있다. 이 때, 선편광 및 LCP, RCP와 같은 여러 편광 상태가 섞여 있는 경우에는 앞서의 복소표현이나 Jones matrix로 표현하기 어렵기 때문에 편광의 벡터적 평균을 이용하여 구의 내부 즉,

$$S_1^2 + S_2^2 + S_3^2 \leq 1$$

인 한 점으로 표현 할 수 있다.



3. 강의자료 16의 pp.12-13이 무엇을 말하고자 하는지 설명하시오.



위 그림을 보게 되면, L1 평면에서 각기 다른 h 와 g의 transparency 를 갖는 profile을 통과 하게 되면 L1에서의 field는 아래와 같이 나타낼 수 있다.

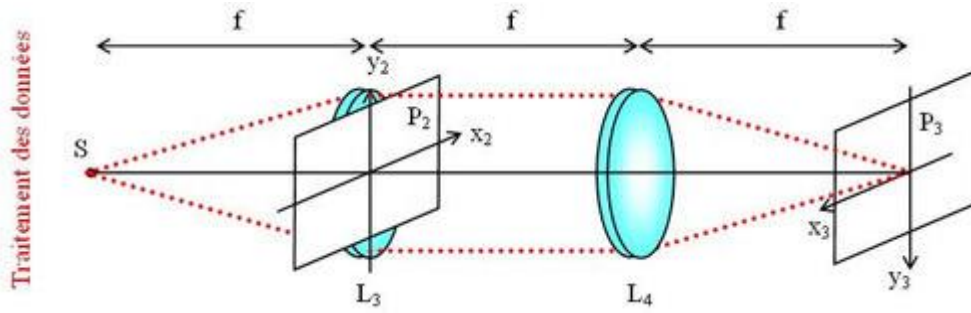
$$U_1(x_1, y_1) = h(x_1, y_1 - Y/2) + g(x_1, y_1 + Y/2)$$

이 때, L2 평면 (렌즈)을 거쳐 P2에 도달한 U2의 경우에는 간단한 Fourier transform 꼴로 아래와 같이 나타낼 수 있다.

$$U_2(x_2, y_2) = \frac{1}{\lambda f} H\left(\frac{x_2}{\lambda f}, \frac{y_2}{\lambda f}\right) e^{-j\pi y_2 Y / \lambda f} + \frac{1}{\lambda f} G\left(\frac{x_2}{\lambda f}, \frac{y_2}{\lambda f}\right) e^{+j\pi y_2 Y / \lambda f}$$

이때 얻어지는 정보, 즉 SLM 혹은 필름에 의해서는 Intensity 값이 얻어지기 때문에, 아래와 같이 Intensity 정보를 최종적으로 얻어낼 수 있다.

$$I(x_2, y_2) = \frac{1}{\lambda^2 f^2} \left[\left| H\left(\frac{x_2}{\lambda f}, \frac{y_2}{\lambda f}\right) \right|^2 + \left| G\left(\frac{x_2}{\lambda f}, \frac{y_2}{\lambda f}\right) \right|^2 \right. \\ \left. + H\left(\frac{x_2}{\lambda f}, \frac{y_2}{\lambda f}\right) G^*\left(\frac{x_2}{\lambda f}, \frac{y_2}{\lambda f}\right) e^{-j\pi y_2 Y / \lambda f} \right. \\ \left. + H^*\left(\frac{x_2}{\lambda f}, \frac{y_2}{\lambda f}\right) G\left(\frac{x_2}{\lambda f}, \frac{y_2}{\lambda f}\right) e^{+j\pi y_2 Y / \lambda f} \right]$$



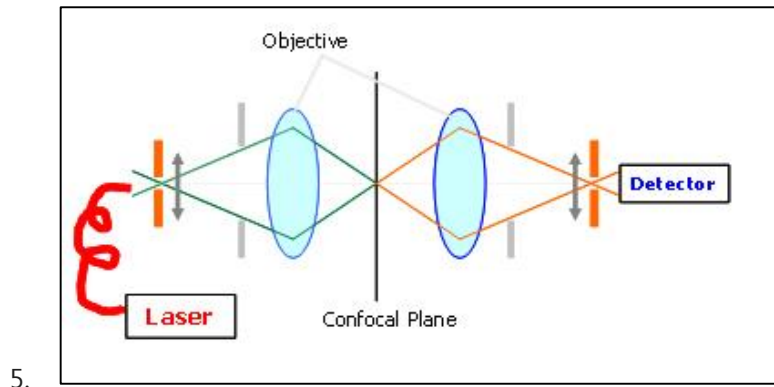
이제 다시 얻어낸 Intensity profile을 위와 같은 그림의 P2 평면에 위치시키면 위에서 얻어진 Intensity profile의 간단한 Fourier optics 계산에 의해 P3 평면에서 얻어지는 필드는 아래와 같다.

$$U_3(x_3, y_3) = \frac{1}{\lambda f} \left[h(x_3, y_3) \otimes h^*(-x_3, -y_3) + g(x_3, y_3) \otimes g^*(-x_3, -y_3) \right. \\ \left. + h(x_3, y_3) \otimes g^*(-x_3, -y_3) \otimes \delta(x_3, y_3 - Y) \right. \\ \left. + h^*(-x_3, -y_3) \otimes g(x_3, y_3) \otimes \delta(x_3, y_3 + Y) \right]$$

이 경우 3번째 term과 4번째 term은 결국 h 함수와 g 함수를 optically cross correlation 한 것과 같으며, 광학적으로 두 함수의 correlation을 얻었다는 데 그 의의가 있다. 이때 g 와 h 함수를 원하는 함수에 맞게 조절하면 광학적으로 두 함수의 convolution 꼴 또한 얻어낼 수 있다.

4. Confocal laser scanning microscopy의 원리를 설명하시오.

Confocal Laser Scanning Microscopy(CLSM)은 최근 각광받고 있는 biotechnology란 생명과학 분야에서 빼놓을 수 없는 레이저 광원 기반 현미경이다. 이는 기존의 형광현미경에 비하여 이론적으로 높은 해상도의 영상을 얻을 수 있다. Confocal이란 개념은 한 점의 광원인 단일파장의 레이저를 조리개를 사용해서 시료의 초점과 맞지 않는 빛은 제거하고 초점과 일치하는 빛만을 검출기에 전달하는 기술로서, 레이저와 검출기가 하나의 초점을 공유한다고 간략히 표현할 수 있다. (아래 그림 참조)



CLSM은 기존의 현미경과는 다르게 레이저를 광원으로 사용하여, 시료로부터 일정한 파장영역의 빛을 발광하도록 하며, 대물렌즈(Objective lens)를 지나 초점이 정확하게 맞는 빛만을 검출기 조리개(Detector aperture)로 분리한 후 민감한 검출기(Photomultiplier tube)로 받아 디지털 신호화하여 컴퓨터로 전송하게 된다. 즉 초점이 정확하게 맞지 않는 blur된 면의 정보는 aperture에 의해 차단되게 되어 얻어지는 영상의 퀄리티를 높일 수 있다는 장점이 있지만, 한 점씩 얻어내는 scanning방식을 사용해야 하기 때문에, 시간이 오래 걸리고, 기계적 움직임에 의해 시스템이 bulky 해 진다는 단점을 가지고 있다.

