

从光的偏振探讨光的本性

梁显隆 梁建中

中国民航大学，天津（300300）

北京外企服务总公司，（100005）

E-mail: john_liang@teledynechina.com

摘要：光的偏振是光的重要特性之一，研究偏振光对理解光的本性有着重要意义。目前对光的认识是基于光的电磁波理论。本文将通过光量子模型来解释光的偏振，总结偏振光经过偏振片后光振幅的变化规律（马吕斯定律）及经过晶片后的变化规律。

关键词：光量子 亚光量子 偏振光

中图分类号：0431, 0436

1. 光量子模型

光量子 $h\nu$ 是原子中的电子从高能级向低能级跃迁时辐射的能量。假设光量子 $h\nu$ 是由一串数目有限的，局限于空间各点的，离散的亚光量子所组成，每个亚光量子有且只有一个光矢量，每个光矢量的幅度和方向在其传播方向的垂直平面内不随时间变化。在一个光量子中，光矢量的方向以其传播方向为轴随时间呈螺旋分布，如果迎着光的传播方向看，按时序到达的光矢量端点的轨迹以其传播方向为轴顺时针右旋或逆时针左旋。光矢量变化一周所需的时间为光量子的周期，其倒数为光量子的频率，光矢量相同的两个相邻亚光量子间的距离为光量子的波长（见图1）。

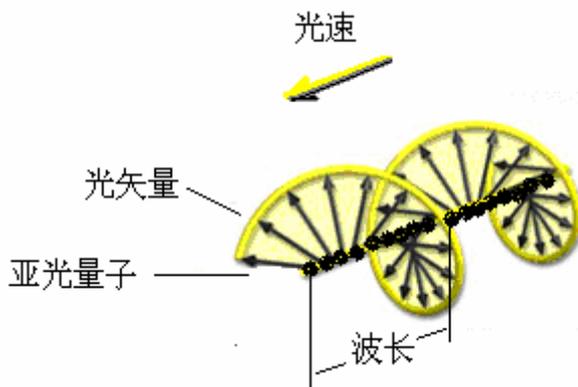


图1

2. 光的偏振

2.1 自然光

把一个左旋光量子的波长等分4段，迎着光传播的方向看，在0到 $\lambda/4$ 区段内的光矢量是在第I象限从 $0^\circ \rightarrow 90^\circ$ 变化；在 $\lambda/4$ 到 $\lambda/2$ 区段内的光矢量是在第II象限从 $90^\circ \rightarrow 180^\circ$ ；

在 $\lambda/2$ 到 $3\lambda/4$ 区段内的光矢量是在第 III 象限从 $180^\circ \rightarrow 270^\circ$; 在 $3\lambda/4$ 到 λ 区段内的光矢量是在第 IV 象限从 $270^\circ \rightarrow 360^\circ$ (见图 2)。

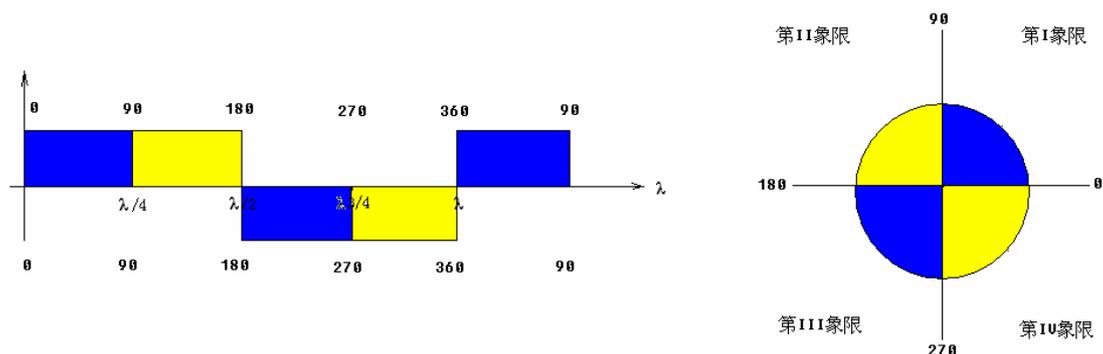


图 2

2.2 偏振光

调整偏振片的光轴，使自然光中光矢量在 I, III 象限上的亚光量子全部通过偏振片，则 II, IV 象限上的亚光量子全部被偏振片吸收 (见图 3)。

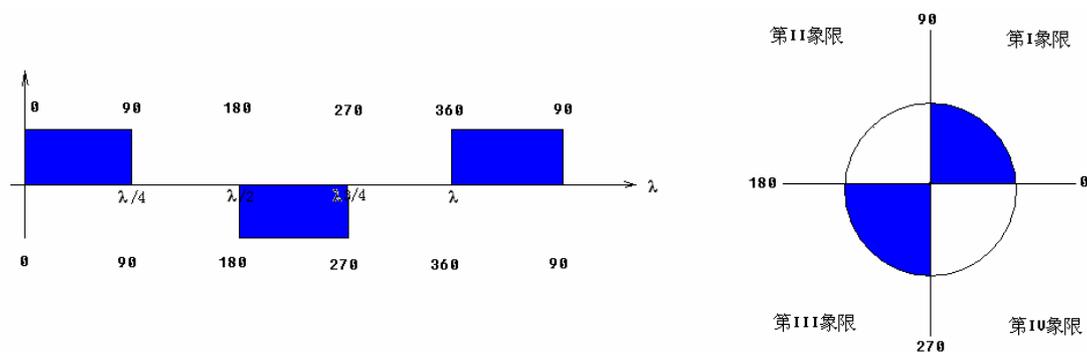


图 3

3. 偏振光经检偏器后光振幅的变化规律(马吕斯定律)

当起偏器与检偏器光轴之间的夹角为 θ 时，在第 I, III 象限内由两坐标轴 x, x' 所围区域内的亚光量子被检偏器所吸收，所以通过检偏器的亚光量子是在第 I, III 象限内由两坐标轴 x', y 所围区域内的亚光量子 (见图 4)。

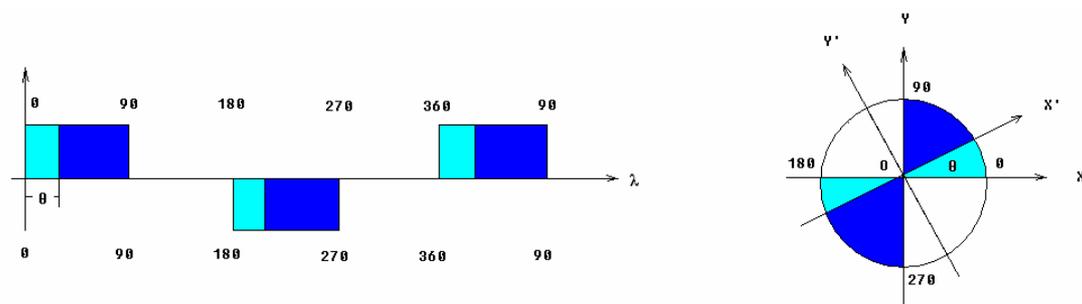


图 4

光振幅是指在光量子的一个周期内落在屏幕某一点上的亚光量子数总和，不难发现，求解偏振光的光振幅问题可以转化为计算圆面积或扇形面积的问题。

设圆面积为 $2S$ ，由两坐标轴 x' , y 所围区域的面积 S_1 等于 2 倍的扇形面积 $S_{yox'}$ ，而扇形面积 $S_{yox'}$ 等于扇形面积 S_{yox} 减去扇形面积 $S_{xox'}$ ，根据扇形面积=园面积* $\theta / 360^\circ$ 可得到：

$$\begin{aligned} S_1 &= 2 * S_{yox'} \\ &= 2 * (S_{yox} - S_{xox'}) \\ &= 2 * [S/2 - (2S * \theta / 360^\circ)] \\ &= S * (1 - \theta / 90^\circ) \end{aligned}$$

令 A_0 等于光通过起偏器后偏振光的振幅， A_1 等于偏振光经过检偏器后的光振幅。
则：

$$A_1 = A_0 * (1 - \theta / 90^\circ)$$

当 θ 等于 0° 时， $A_1 = A_0$ ，透过检偏器的光振幅最大，视场最强；当 θ 等于 90° 时， $A_1 = 0$ ，视场最弱，通过检偏器的光量子数为 0，当 θ 等于 45° 时， $A_1 = A_0/2$ ，透过检偏器的光振幅等于入射偏振光振幅的一半。

4. 偏振光通过晶片后的变化规律

当一束线偏振光垂直入射于厚度为 d 且其光轴平行于表面的晶体薄片，并使入射偏振光的偏振化方向恰与晶体薄片的主截面夹角为 45° 。入射的线偏振光进入晶体后，被分解为相互垂直的沿同一方向传播的 o 光与 e 光，由于 o , e 两光在晶体中行进的速率不同，当从晶体的另一个表面出射时两光间的光程差 $\delta = (n_o - n_e)d$ ，两光的夹角 $\Delta \Phi = 2\pi (n_o - n_e)d / \lambda$ 。

当 o 光与 e 光通过晶片后所形成的光程差 $\delta = (n_o - n_e)d = \lambda \kappa$ 时，从晶片射出的 o , e 两光的光矢量为相互垂直的相干光，合成后的光矢量端点轨迹是沿 $45^\circ \rightarrow 135^\circ, 225^\circ \rightarrow 315^\circ$ 顺时针变化的线偏振光(见图 5)。

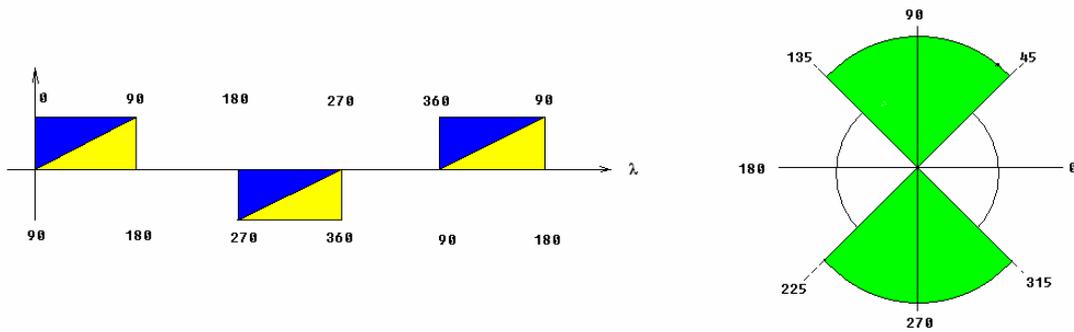


图 5

当 o 光与 e 光通过晶片后所形成的光程差 $\delta = (n_o - n_e)d = \lambda \kappa + \lambda / 8$ 时，透射出的光为偏振光其光矢量端点轨迹是沿 $67.5^\circ \rightarrow 112.5^\circ, 45^\circ \rightarrow 90^\circ, 270^\circ \rightarrow 315^\circ, 247.5^\circ \rightarrow 292.5^\circ, 225^\circ \rightarrow 270^\circ, 90^\circ \rightarrow 135^\circ$ 的顺序交错变化(见图 6)。

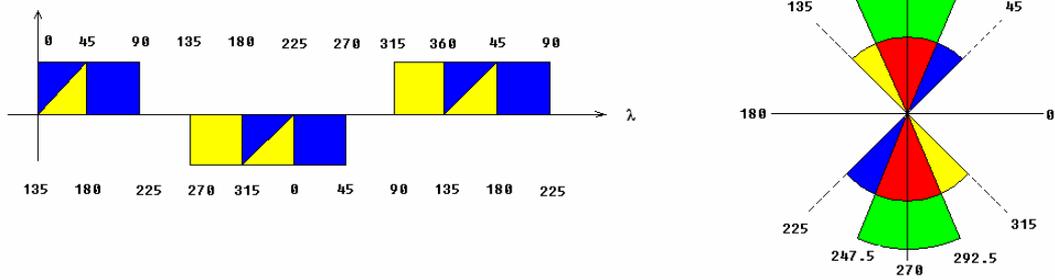


图 6

当 o 光与 e 光通过晶片后所形成的光程差 $\delta = (n_o - n_e)d = \lambda \kappa + \lambda / 4$ 时, 从晶片射出的 o, e 两光为非相干光, 透射出的光矢量端点的轨迹是沿着 $0^\circ \rightarrow 90^\circ$, $270^\circ \rightarrow 360^\circ$, $180^\circ \rightarrow 270^\circ$, $90^\circ \rightarrow 180^\circ$ 的顺序交错变化(见图 7)。

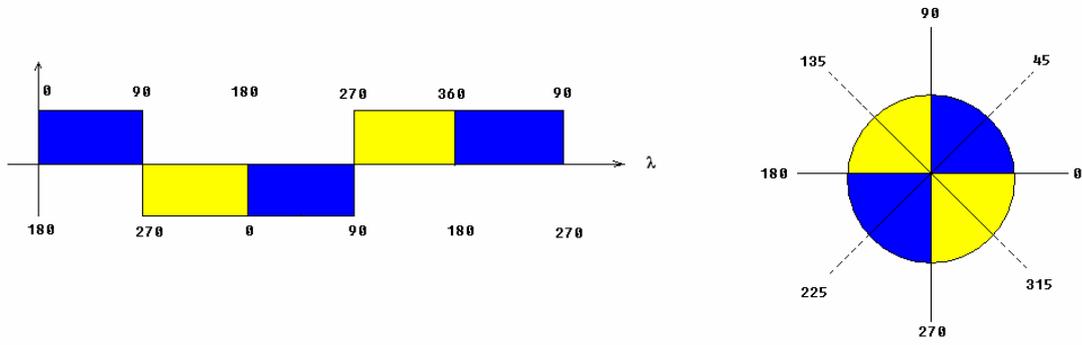


图 7

当 o 光与 e 光通过晶片后所形成的光程差 $\delta = (n_o - n_e)d = \lambda \kappa + \lambda 3/8$ 时, 从晶片透射出的光为偏振光其光矢量端点轨迹是沿 $0^\circ \rightarrow 45^\circ$, $337.5^\circ \rightarrow 22.5^\circ$, $315^\circ \rightarrow 0^\circ$, $180^\circ \rightarrow 225^\circ$, $157.5^\circ \rightarrow 202.5^\circ$, $135^\circ \rightarrow 180^\circ$ 的顺序交错变化(见图 8)。

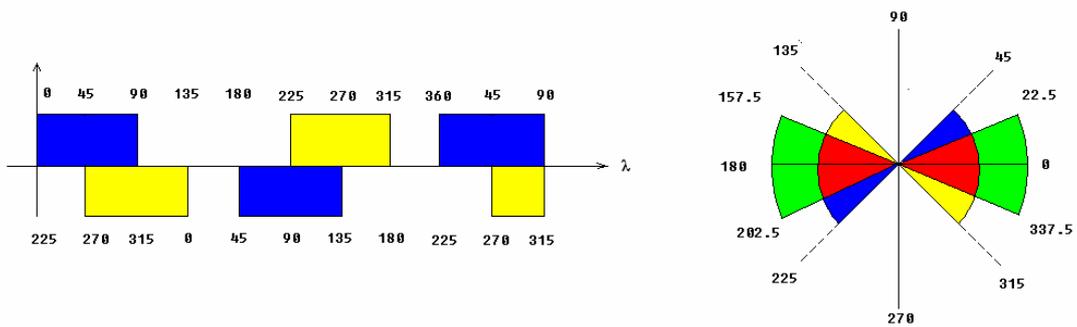


图 8

当 o 光与 e 光通过晶片后所形成的光程差 $\delta = (n_o - n_e)d = \lambda \kappa + \lambda / 2$ 时, 从晶片射出的 o, e 两光的光矢量为相互垂直的相干光, 合成后光矢量端点的轨迹是沿着 $315^\circ \rightarrow 45^\circ$, $135^\circ \rightarrow 225^\circ$ 顺时针变化的偏振光(见图 9)。

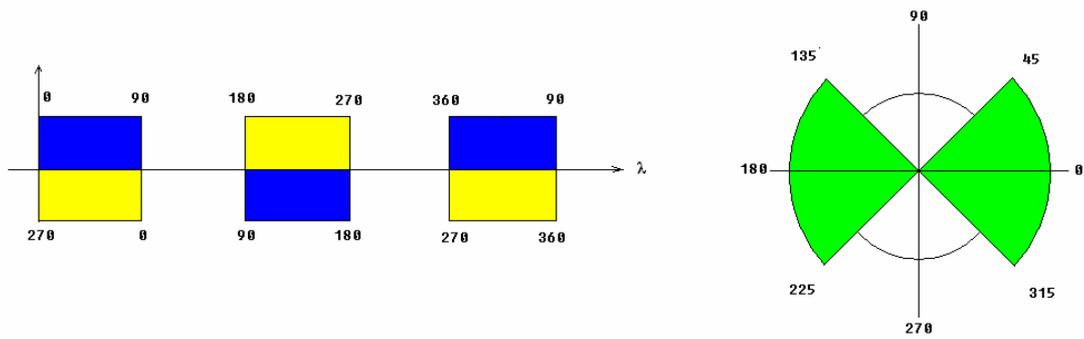


图 9

当 o 光与 e 光通过晶片后所形成的光程差 $\delta = (n_o - n_e)d = \lambda \kappa + \lambda 5/8$ 时, 从晶片透射出的光矢量端点的轨迹是沿着 $337.5^\circ \rightarrow 22.5^\circ$, $45^\circ \rightarrow 135^\circ$, $157.5^\circ \rightarrow 202.5^\circ$, $225^\circ \rightarrow 315^\circ$ 顺时针变化(见图 10)。

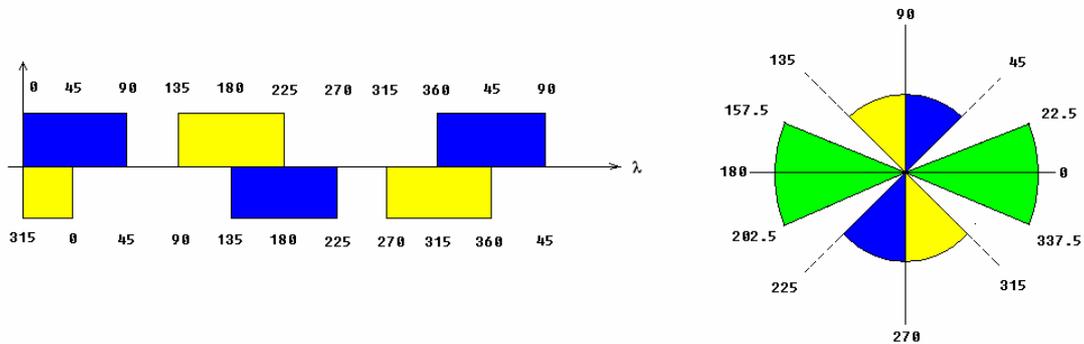


图 10

当 o 光与 e 光通过晶片后所形成的光程差 $\delta = (n_o - n_e)d = \kappa \lambda + \lambda 3/4$ 时, 从晶片透射出的光矢量端点的轨迹是沿着 $0^\circ \rightarrow 90^\circ \rightarrow 180^\circ \rightarrow 270^\circ \rightarrow 360^\circ$ 顺时针变化的圆偏振光(见图 11)。

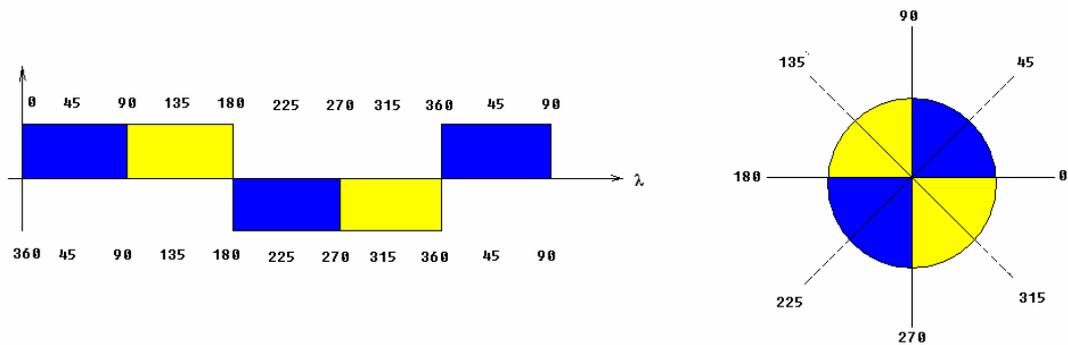


图 11

当 o 光与 e 光通过晶片后所形成的光程差 $\delta = (n_o - n_e)d = \kappa \lambda + \lambda 7/8$ 时, 从晶片透射出的光矢量端点的轨迹是沿着 $315^\circ \rightarrow 45^\circ$, $67.5^\circ \rightarrow 112.5^\circ$, $135^\circ \rightarrow 225^\circ$, $247.5^\circ \rightarrow 292.5^\circ$ 顺时针变化(见图 12)。

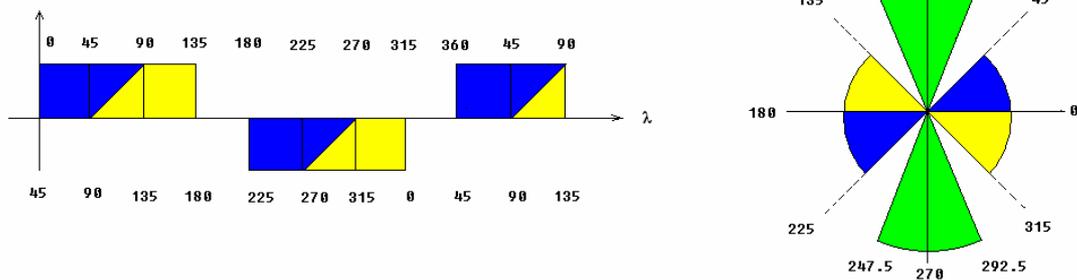


图 12

5. 结束语

1951 年爱因斯坦在总结他一生的探索时曾说过“整整 50 年有意识的思考还没有使我更接近光量子是什么的答案，当然今天每一个不老实的人认为他知道答案，但他是在欺骗自己”。的确，人类对光的认识仍未结束，波粒二象性的幽灵至今还在科学的殿堂里游荡，相信通过对光本性的讨论，笼罩在物理天空的乌云将真正散去，二十一世纪一定会成为物理史上另一个激动人心的年代。

参考文献

- [1] 杨仲耆. 大学物理学 振动, 波动与光学. 1981-11
 [2] F. W. SEARS. 大学物理学第四册. 1980-11

Approach the nature of light from polarization

Liang Xian Long Liang Jian Zhong

Civil Aviation University of China, Tianjin, (300300)

E-mail :john_liang@teledynechina.com

Abstract

Polarization is one of the most important property of light, Study of polarization will let to understand the nature of light. At present, the understanding for polarization of light is based on the theory of electromagnetic wave. This article will approach polarization of light by using the model of photon and will summarize the law when plane polarized light pass a polarizer or a crystal plate.

Key word: *photon, sub-photon, polarization*