

## ПОЛЯРИЗАЦИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВОЛН И ИХ ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ

Ахремчик А.А., Генюш Б.А., студенты

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники  
г. Минск, Республика Беларусь

Дорошевич И.Л. – канд. физ.-мат. наук, доцент

**Аннотация.** В статье рассматривается явление поляризации электромагнитных волн: даётся определение понятия, описываются виды поляризации – линейная, круговая и эллиптическая. Приводятся закон Малюса с объяснением физического смысла. Рассматриваются основные механизмы получения поляризованного света, а также практические применения поляризации в радиолокации, жидкокристаллических дисплеях и других технологиях.

**Основная часть.** Поляризация – свойство поперечных волн: вектор электрического поля  $\vec{E}$  колеблется перпендикулярно направлению распространения волны, а характер его ориентации определяет тип поляризации. По форме траектории конца вектора  $\vec{E}$  выделяют: линейную ( $\alpha = 0$  или  $\alpha = \pi$ ), круговую ( $A_1 = A_2$ ,  $\alpha = \pi/2$ ) и эллиптическую поляризации (рисунки 1, 2).

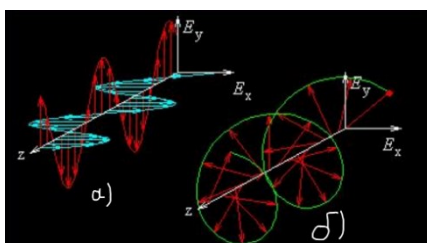


Рисунок 1 – Линейно поляризованная (а) и эллиптически-поляризованная волна (б) [2]

Наиболее общим случаем является эллиптическая поляризация (рисунок 2, а). Проекции вектора  $\vec{E}$  на две взаимно перпендикулярные оси в каждый момент времени (формула 1)

$$\begin{cases} E_x = A_1 \cdot \cos(\omega t) \\ E_y = A_2 \cdot \cos(\omega t + \alpha) \end{cases} \quad (1)$$

где  $A_1$  и  $A_2$  – амплитуды;  $\omega$  – угловая частота;  $\alpha$  – разность фаз.

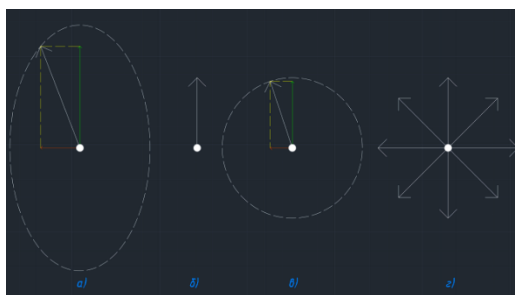


Рисунок 2 – Вектор напряженности  $\vec{E}$ , расположенный в плоскости, перпендикулярной направлению распространения волны: а – эллиптически-поляризованная; б – линейная; в – круговая; г – неполяризованная

Для получения поляризованного света из естественного используют поляризаторы. Они пропускают колебания, параллельные своей оси, и задерживают перпендикулярные. Основные типы: анизотропные кристаллы (рисунок 3, а) и поляроиды (рисунок 3, б) [7].



а)



б)

Рисунок 3 – Виды поляризаторов. а) – кристалл турмалина; б) – поляроиды.

Частично-поляризованный свет – смесь естественного и линейно поляризованного. Его характеризуют степенью поляризации  $P$ , которую определяют следующим образом (формула 2).

$$P = \frac{I_{\text{макс}} - I_{\text{мин}}}{I_{\text{макс}} + I_{\text{мин}}} \quad (2)$$

где  $I_{\text{макс}}$  – максимальная интенсивность;  $I_{\text{мин}}$  – минимальная интенсивность.

Интенсивность поляризованного света после анализатора (второго поляризатора) определяется законом Малюса (формула 3) [4]:

$$I = I_0 \cos^2 \varphi, \quad (3)$$

где  $I_0$  – интенсивность падающего поляризованного света;  $\varphi$  – угол между осями поляризатора и анализатора.

При  $\varphi = 0$ :  $I = I_0$ ; при  $\varphi = \pi/2$ :  $I = 0$  (скрещенные поляризаторы). Для естественного света:  $I = I_0/2$ .

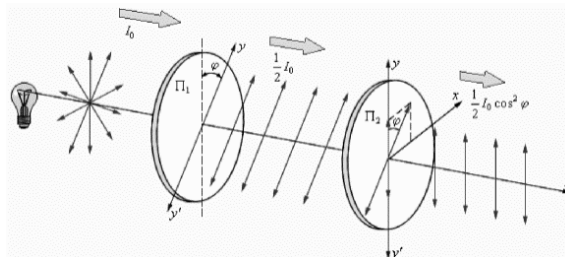


Рисунок 4 – поляризация естественного света с помощью двух поляризаторов.

В радиолокации применяют линейную (при ясной погоде) и круговую поляризацию. Круговая поляризация подавляет отражения от дождевых капель: волна меняет знак вращения при отражении от сферической капли и не улавливается приёмной антенной, настроенной на исходный тип [5].

В основе каждого субпикселя ЖК-дисплея лежат два скрещенных поляризатора и управляемый слой жидких кристаллов. Без напряжения кристаллы образуют спираль, поворачивающую плоскость поляризации на  $90^\circ$ , и свет проходит. При подаче напряжения спираль разрушается, поворота не происходит, и свет блокируется вторым поляризатором (рисунок 5) [6].

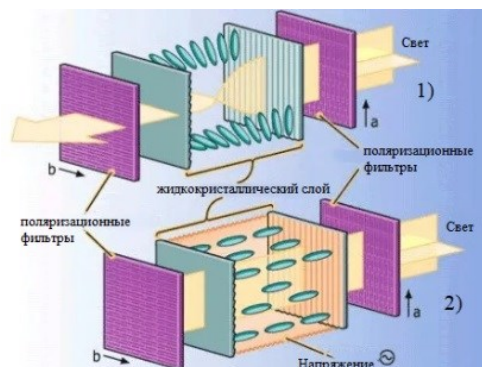


Рисунок 5 – Принцип работы ЖК-субпикселя: 1 – без напряжения (свет проходит); 2 – с напряжением (свет блокируется).

В фотографии поляризационные фильтры (CPL) устраняют блики с воды и стекла, усиливая насыщенность цветов.

**Список использованных источников:**

1. NASA Scientific Visualization Studio. *Electromagnetic Waves and Polarization* [Electronic resource]. – 2017. – URL: <https://svs.gsfc.nasa.gov/4580/>
2. Поляризация электромагнитных волн [Электронный ресурс] / Московский государственный технический университет гражданской авиации. – URL: <http://storage.mstuca.ru/jspui/bitstream/123456789/2465/1/>
3. OpenStax College Physics. 27.8: Polarization [Electronic resource] / LibreTexts Physics. – URL: [https://phys.libretexts.org/Bookshelves/College\\_Physics/College\\_Physics\\_1e\\_\(OpenStax\)/27%3A\\_Wave\\_Optics/27.08%3A\\_Polarization](https://phys.libretexts.org/Bookshelves/College_Physics/College_Physics_1e_(OpenStax)/27%3A_Wave_Optics/27.08%3A_Polarization).
4. Трофимова Т. И. *Краткий курс физики: основные законы*. – М.: Юрайт, 2020.
5. Радиолокационные основы. Поляризация электромагнитных волн [Электронный ресурс] / Radartutorial.eu. – URL: <https://www.radartutorial.eu/06.antennas/an06.ru.html>.
6. Касьянова Л. Как работает ЖК-дисплей? Просто о сложном [Электронный ресурс] / iChip.ru. – 2018. – URL: <https://ichip.ru/sovety/kak-rabotaet-zhk-displej-prosto-o-slozhnom-198532>.

7. Лисицына Е. Н. Поляризация света: лекции 12, 13 [Электронный ресурс] / Томский политехнический университет. – Томск, 2013. – URL: <https://portal.tpu.ru/SHARED/e/ELENALIS/rabota/Tab3/LK1213.pdf>.

8. Поляризация электромагнитных волн. Виды [Электронный ресурс]: учебные материалы по теме «Свойства электромагнитных волн» / Гомельский государственный университет имени Ф. Скорины. – Гомель, [б. г.]. – URL: <https://elib.gsu.by/bitstream/123456789/5005/4/>