

Исследование магнитооптических свойств теллуритных стёкол

Работу выполнили:

Геликонова В.Г., Платонова М.В., Сарафанов Ф.Г.

Научный руководитель:

Яковлев А.И.

Нижний Новгород – 2017

Цели

- 1 Исследовать магнитооптические свойства теллуритных стёкол (Определить постоянную Верде)
- 2 Обработать результаты и сделать оценку длины образца

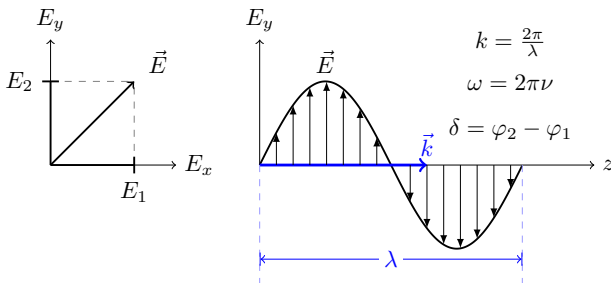
Актуальность

- 1 Теллуритные стекла обладают оптической активностью и могут быть использованы в качестве магнитооптического материала в изоляторах и вращателях Фарадея
- 2 Теллуритные стекла обладают широким спектром пропускания (0.4–5.5 мкм)
- 3 Из этого материала возможно изготовление образцов с большой апертурой
- 4 Из теллуритных стекол возможно изготовление волокон
- 5 Теллулитные стекла позволяют изменять постоянную Верде вариацией состава

Понятие поляризации

- 1 Поляризация света** – свойство световой волны, заключающееся в ориентации векторов напряженности электрического и магнитного полей в плоскости, перпендикулярной волновому вектору \vec{k}
- 2** Плоскость, образованную векторами \vec{E} и \vec{k} , называют **плоскостью поляризации**

$$\begin{cases} E_x = E_1 \cos(-kz + \omega t + \varphi_1) \\ E_y = E_2 \cos(-kz + \omega t + \varphi_2) \\ E_z = 0 \end{cases} \Rightarrow \frac{E_x^2}{E_1^2} - \frac{2E_x E_y}{E_1 E_2} \cos \delta + \frac{E_y^2}{E_2^2} = \sin^2 \delta$$



1 Если $\delta = 0, \pi$, то

$$\frac{E_x}{E_1} \pm \frac{E_y}{E_2} = 0$$

– **линейная** поляризация.

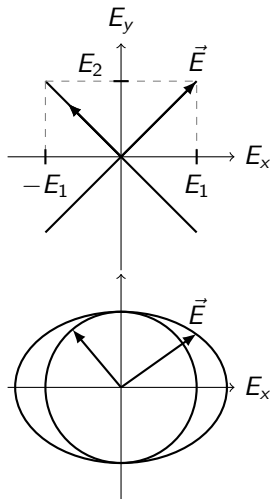
2 Если $\delta = \frac{\pi}{2}$, то

$$\frac{E_x^2}{E_1^2} + \frac{E_y^2}{E_2^2} = 1$$

– **эллиптическая** поляризация, которая при $E_1 = E_2 \equiv E'$ переходит в **круговую**:

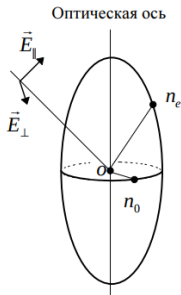
$$E_x^2 + E_y^2 = E'^2$$

С понятием поляризации тесно связано явление **двойного лучепреломления**.



Понятие двулучепреломления

- 1** **Двойное лучепреломление** — раздвоение светового луча при прохождении через анизотропную среду, обусловленное зависимостью показателя преломления от поляризации волны и ориентации волнового вектора.



- 2** Вращение плоскости поляризации есть проявление **особого двулучепреломления — кругового**. В этом случае обыкновенная и необыкновенная волны будут поляризованы циркулярно.

- 1 Круговое двулучепреломление.** Предположим, что угол поворота поляризации зависит от z как $\Theta = -\alpha z$. Тогда можно показать, что волну с повернувшейся поляризацией можно представить как суперпозицию поляризованных по левому (L) и правому (R) кругу волн, и для них

$$v_L = \frac{\omega}{k - \alpha}, \quad v_R = \frac{\omega}{k + \alpha}, \quad n_L = \frac{c}{v_L}, \quad n_R = \frac{c}{v_R}$$

откуда выражается

$$\alpha = \frac{\omega}{2c}(n_L - n_R)$$

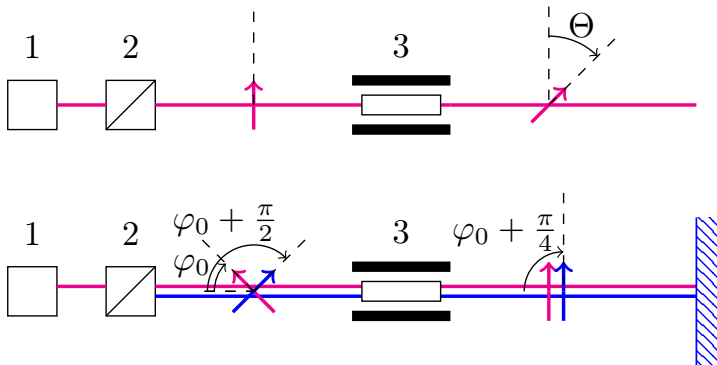
- 2** В магнитном поле у вещества существуют **собственные частоты** ($\omega_0 \pm \Omega$), и по Френелю это и есть причина поворота поляризации: сложение двух таких циркулярно поляризованных волн даст волну с повернутой линейной поляризацией

$$\Theta = \frac{\pi L}{\lambda}(n_- - n_+)$$

- 3 Эффект Фарадея** заключается в возникновении кругового двулучепреломления в изначально изотропных средах при помещении их в магнитное поле.

Вращатель и изолятор Фарадея

Вращатель Фарадея - устройство, способное вращать плоскость поляризации в магнитном поле. **Изолятор Фарадея** - устройство, поворачивающее плоскость поляризации на $\frac{\pi}{4}$.



1 – источник
2 – поляризатор

3 – вращатель
или изолятор Фарадея

Материальная константа: постоянная Верде

V – **постоянная Верде** – физическая величина, характеризующая угол, на который повернется плоскость поляризации при данных длине образца и магнитном поле:

$$\Theta = \varphi_2 - \varphi_1 = V \int B(z) dz \quad (1)$$

где Θ – угол, на который поворачивается плоскость поляризации.

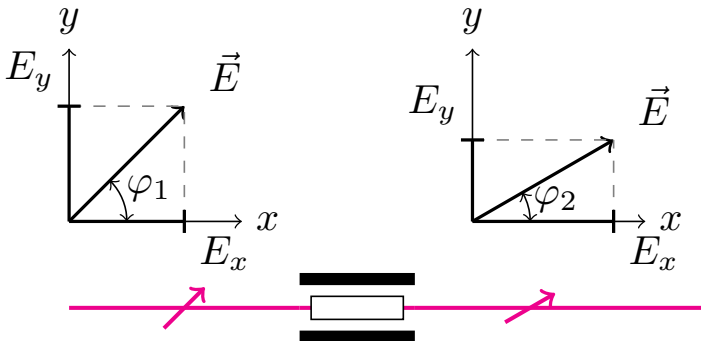
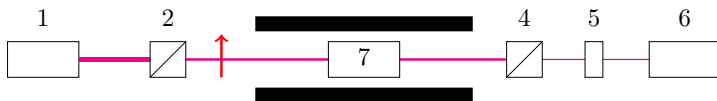
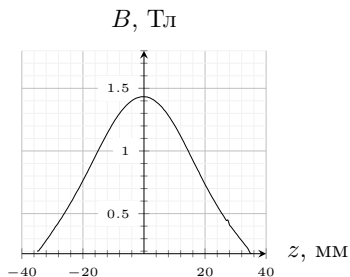


Схема установки



1 – диодный лазер

$\lambda_1 = 531 \text{ нм},$

$\lambda_2 = 658 \text{ нм},$

$\lambda_3 = 1064 \text{ нм}$

2 – поляризатор

3 – магнит

4 – призма Глана

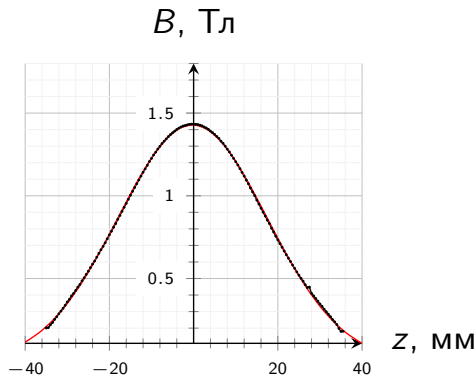
5 – фильтр

6 – камера

7 – образец

Аппроксимация распределения магнитного поля

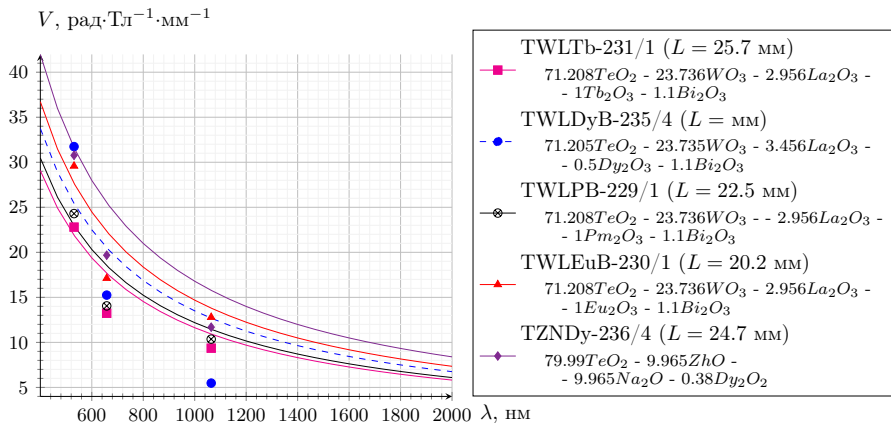
Мы аппроксимировали полученное распределение $B(z)$ с помощью кривой Гаусса:



$$B = B_0 \exp \left[-(z - \mu)^2 \cdot B_0^2 \pi \right],$$

где $B_0 = 1.433$ Тл, а $\mu = -0.2581$ мм.

Результаты эксперимента



Оценка образца TZNDy-236/4: Для поворота на $\Theta = \frac{\pi}{4}$ при $B = 3.5 \text{ Тл}$ и длине волны $\lambda = 1800 \text{ нм}$ нужен образец длиной 2 см .

В этой работе

- 1** исследовали магнитооптические свойства теллуритных стекол (определили постоянную Верде)
- 2** оценили длину образца, при которой теллуритное стекло вместе с магнитной системой стали бы изолятором Фарадея

Спасибо за внимание!

Презентация подготовлена в издательской
системе LaTeX с использованием пакетов
PGF/TikZ и Beamer

Сложение взаимно перпендикулярных гармонических колебаний

Рассмотрим уравнение волны:

$$\begin{cases} E_x = E_1 \cos(-kz + \omega t + \varphi_1) \\ E_y = E_2 \cos(-kz + \omega t + \varphi_2) \\ E_z = 0 \end{cases}$$

Исключим из них время. Для этого

$$\mathbf{1} \quad \frac{E_x}{E_1} = \cos(-kz + \omega t) \cos \varphi_1 - \sin(-kz + \omega t) \sin \varphi_1$$

$$\frac{E_y}{E_2} = \cos(-kz + \omega t) \cos \varphi_2 - \sin(-kz + \omega t) \sin \varphi_2$$

$$\mathbf{2} \quad \frac{E_x}{E_1} \cos \varphi_2 - \frac{E_y}{E_2} \cos \varphi_1 = \sin(-kz + \omega t) \sin(\varphi_2 - \varphi_1)$$

$$\mathbf{3} \quad \frac{E_x}{E_1} \sin \varphi_2 - \frac{E_y}{E_2} \sin \varphi_1 = \sin(-kz + \omega t) \sin(\varphi_2 - \varphi_1)$$

$$\mathbf{4} \quad \frac{E_x^2}{E_1^2} - \frac{2E_x E_y}{E_1 E_2} \cos(\varphi_2 - \varphi_1) + \frac{E_y^2}{E_2^2} = \sin^2(\varphi_2 - \varphi_1), \quad \varphi_2 - \varphi_1 = \delta$$

$$\mathbf{5} \quad \frac{E_x^2}{E_1^2} - \frac{2E_x E_y}{E_1 E_2} \cos \delta + \frac{E_y^2}{E_2^2} = \sin^2 \delta$$