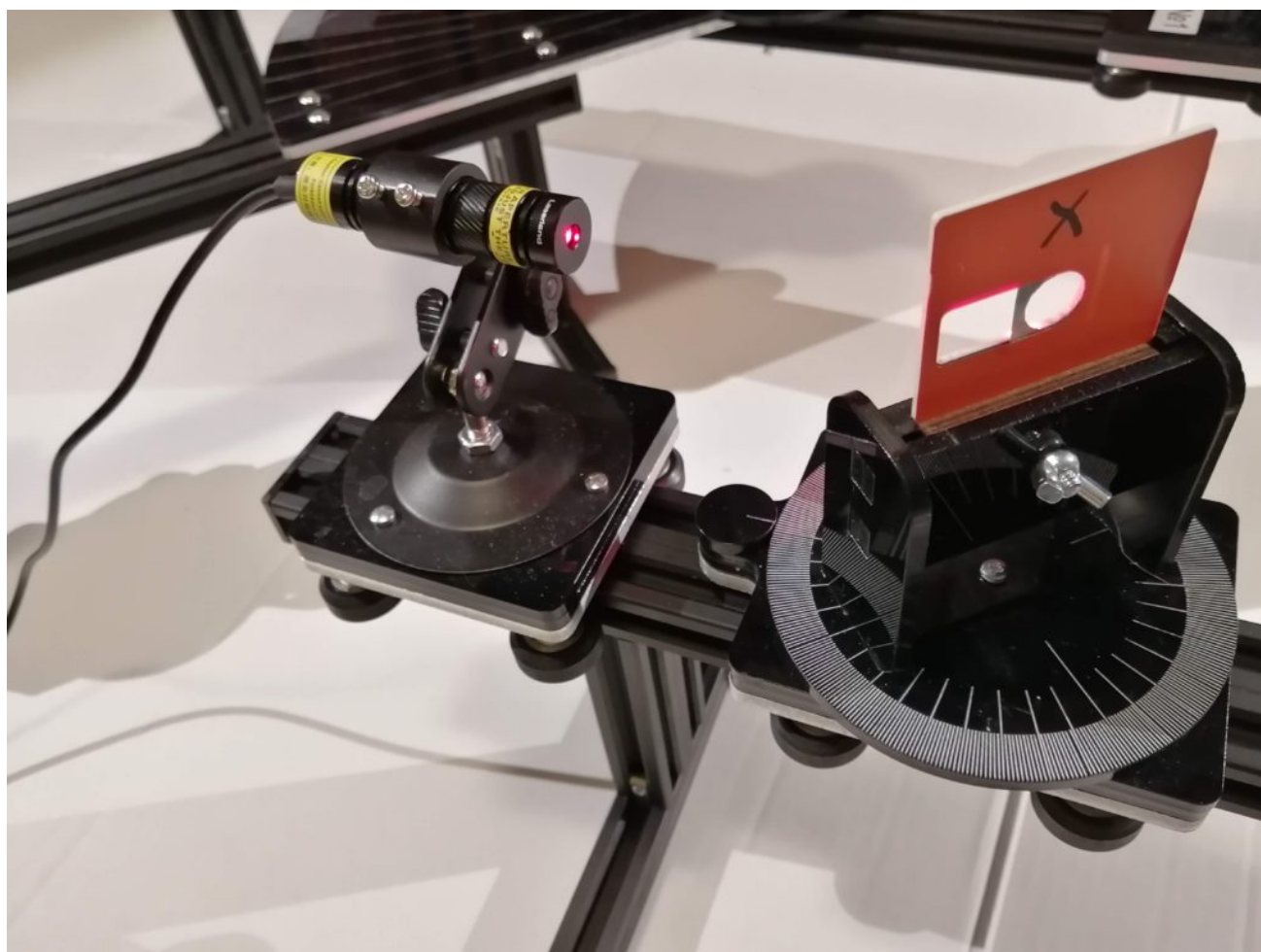
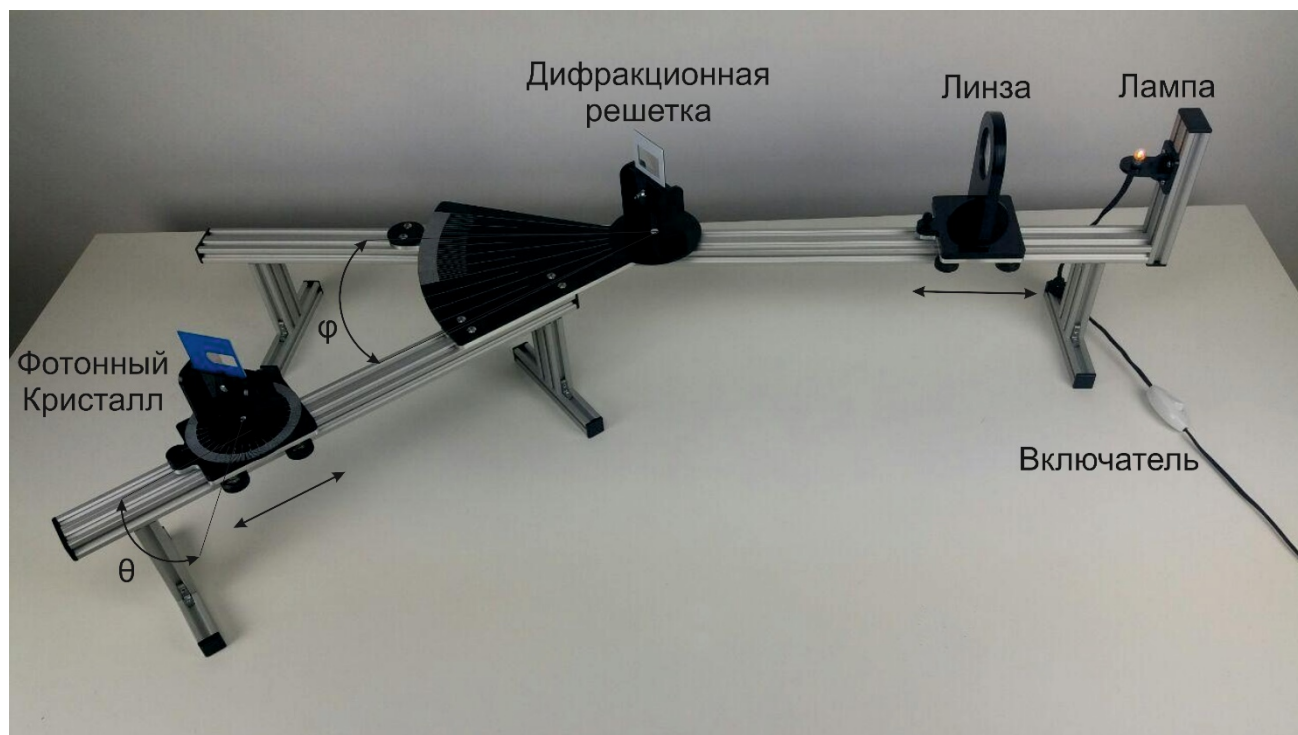


Фотонные кристаллы

Оборудование:



Теория:

Фотонные кристаллы – это материалы, показатель преломления которых периодически изменяется на масштабах, сравнимых с длиной волны света. В оптическом спектре фотонных кристаллов существуют узкие области длин волн, для которых распространение света подавляется. Такие необычные оптические свойства используются для создания разнообразных оптических элементов на основе фотонных кристаллов (оптических фильтров, отражателей).

В данной работе вам предлагается изучить свойства фотонных кристаллов на примере пористых (содержащих воздушные каналы) пленок анодного оксида алюминия. Структура образцов, полученных с помощью электрохимического окисления (анодирования) алюминия, может быть представлена как система несвязанных цилиндрических каналов, расположенных перпендикулярно поверхности образца (Рис. 1).

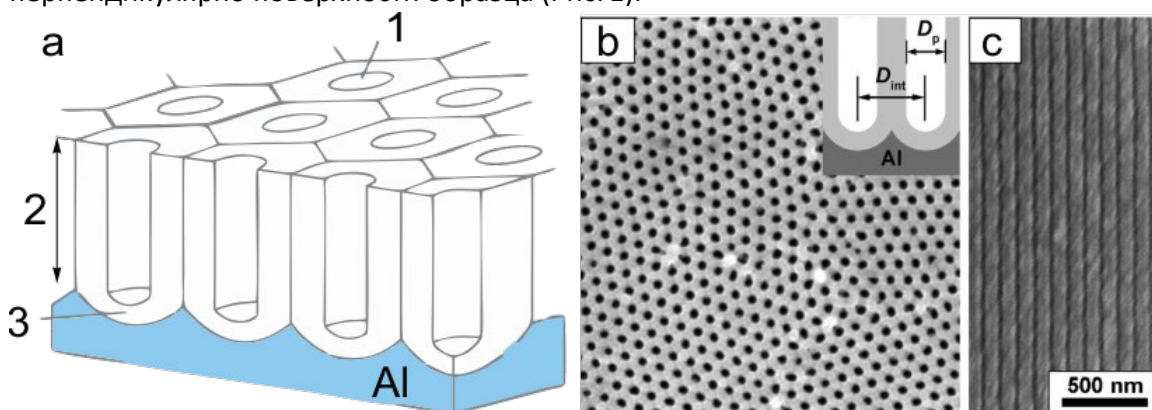
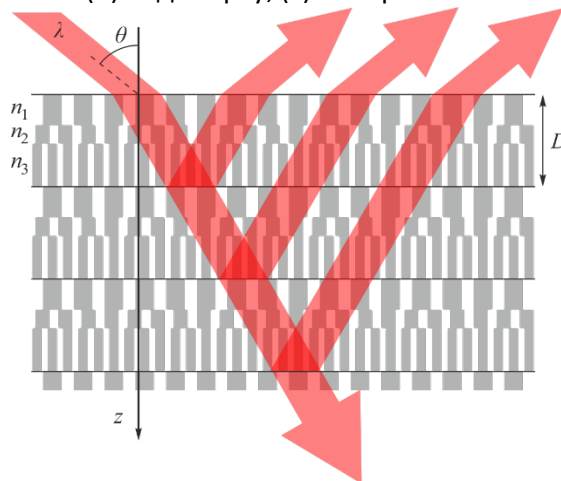


Рис. 1. (а) Схематическая структура пористой пленки оксида алюминия: (1) пора, (2) пористый слой, (3) барьерный слой. Изображение пленки, полученное с помощью электронного микроскопа: (b) вид сверху, (c) поперечное.



При произвольной структуре повторяющегося периода максимумы зеркального отражения от кристалла могут наблюдаться при углах падения θ , удовлетворяющих условию интерференции, согласно закону Брегга-Снелла:

$$2D\sqrt{n^2 - \sin^2 \theta} = m\lambda$$

Где D – период структуры фотонного кристалла, n – средний показатель преломления фотонного кристалла, $m = 1, 2, 3, \dots$ – порядок интерференции, λ – длина волны света.

Задание:

1. Включите лампочку и найдите глазом первый порядок дифракции в дифракционной решётке. Посмотрите на радугу сквозь образец Z.

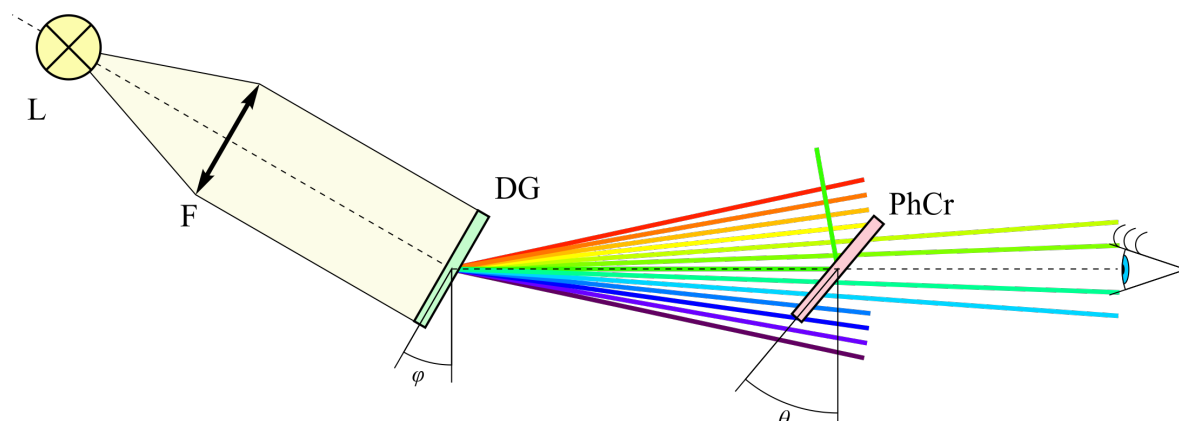
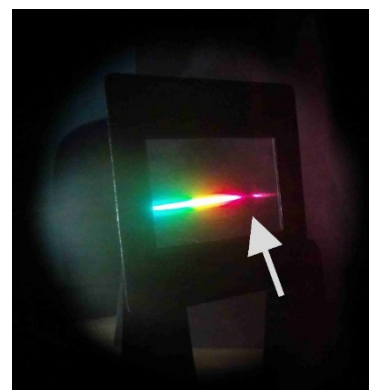


Рис. 2. Схема экспериментальной установки для проведения спектральных исследований: (F) линза, (L) лампочка, расположенная в фокусе линзы, (DG) дифракционная решетка, (PhCr) фотонный кристалл.

Образец отражает узкую полосу спектра в видимой области, для этой длины волны виден минимум прохождения. Это одна из стоп-зон, описываемых формулой Брэгга-Снелла. При повороте образца стоп-зона сдвигается.

Для точных количественных измерений расположите линзу так, чтобы лампочка находилась в фокусе.

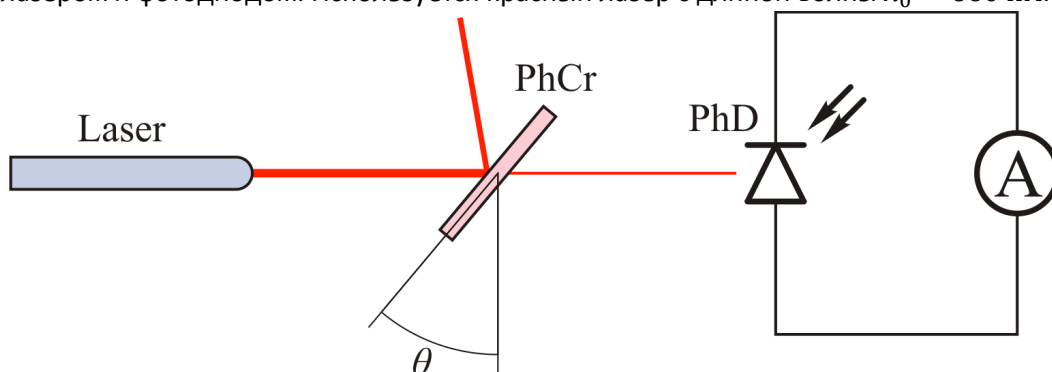
- 1.1 Запишите формулу, связывающую угол дифракции при прохождении дифракционной решётки φ и длину волны λ . Период дифракционной решётки $h = 1000$ нм.



У образца X есть одна стоп-зона в видимой области, положение которой описывается формулой Брэгга-Снелла для $m = 1$.

- 1.2 Определите, на какой длине волны находится стоп-зона при $\theta = 0$.
- 1.3 Измерьте зависимость угла поворота образца θ от угла дифракции φ .
- 1.4 Постройте линейаризованный график θ от φ .
- 1.5 Из графика определите средний показатель преломления кристалла n и период изменения показателя преломления D .

2. Соберите установку с лазером: Направьте лазер четко на фотодиод. Поместите фотонный кристалл между лазером и фотодиодом. Используется красный лазер с длиной волны $\lambda_0 = 660$ нм.



При повороте образца интенсивность прошедшего света изменяется. Интенсивность можно измерить фотодиодом. Для проведения измерений с фотодиодом подключите его к мультиметру в режиме постоянного тока (режим μA). Ток фотодиода пропорционален интенсивности падающего света, поэтому измеряйте интенсивность света в μA .

- 2.1. Измерьте зависимость интенсивности лазерного излучения I (в μA), прошедшего через фотонный кристалл, от величины угла θ .
- 2.2. Постройте график полученной зависимости.
- 2.3. Определите угол падения θ_0 , соответствующий минимуму пропускания на длине волны лазера.
- 2.4. Определите ширину провала $\Delta\theta_0$ на графике зависимости $I(\theta)$ на уровне половины его глубины.
- 2.5. Определите нормальную (при $\theta = 0$ удовлетворяющую уравнению $2Dn = m\lambda^{(n)}$) длину волны минимума пропускания $\lambda^{(n)}$.

Когда свет падает перпендикулярно кристаллу ($\theta = 0$), спектральная ширина $\Delta\lambda$ минимума пропускания, соответствующая $m = 1$, может быть выражена через n и Δn следующим образом:

$\frac{\Delta\lambda}{\lambda} = \frac{2}{\pi} \frac{\Delta n}{n}$. Считайте, что относительная спектральная ширина минимума пропускания $\frac{\Delta\lambda}{\lambda}$ при изменении угла падения не изменяется.

- 2.6. Оцените разницу показателей преломления Δn .