

ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ ОПЫТА

- Продемонстрировать двойное лучепреломление на пути распространения коноскопического пучка света.
- Рассмотреть, как двойное лучепреломление меняется в случае приложения электрического поля.
- Определить напряжение полуволнового запаздывания.

ЦЕЛЬ ОПЫТА

Демонстрация эффекта Поккельса при коноскопическом ходе пучка света

КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ

Эффект Поккельса представляет собой электрооптический эффект, в котором электрическое поле в подходящем материале расщепляет пучок света на два луча, поляризованных перпендикулярно друг к другу. Эта способность производить оптическое двойное лучепреломление происходит благодаря разным показателям преломления в зависимости от направления распространения и поляризации света. В случае эффекта Поккельса это повышает линейность за счет силы электрического поля, как это демонстрируется в опыте с использованием кристалла ниобата лития (LiNbO₃), установленного на пути коноскопического пучка света. Интерференционная картина образуется двумя наборами гипербол, на которых можно непосредственно показать положение оптической оси двойного лучепреломления.

ТРЕБУЕМОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

Количество	Наименование	№ по каталогу
1	Ячейка Поккельса на ножке	U8557250
1	Прецизионная оптическая скамья модели D, 100 см	U10300
3	Рейтер модели D, 90/50	U103111
2	Рейтер модели D, 90/36	U103161
1	Гелий-неоновый лазер	U21840
1	Ахроматический объектив 10х/0,25	W30614
1	Поляризационный фильтр на ножке	U22017
1	Выпуклая линза на ножке, f = +50 мм	U17101
1	Проекционный экран	U17130
1	Высоковольтный источник питания E 5 кВ (230 В, 50/60 Гц)	U8498294-230 или
	Высоковольтный источник питания E 5 кВ (115 В, 50/60 Гц)	U8498294-115
1	Пара безопасных соединительных проводов для опытов, 75 см	U13812

Технические сведения об оборудовании изложены на сайте 3bscientific.com



ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ

Эффект Поккельса представляет собой электрооптический эффект, в котором электрическое поле в подходящем материале расщепляет пучок света на два луча, поляризованных перпендикулярно друг к другу. Эта способность производить оптическое двойное лучепреломление происходит благодаря разным показателям преломления в зависимости от направления распространения и поляризации света. В случае эффекта Поккельса это повышает линейность за счет силы электрического поля, как это демонстрируется этим опытом с использованием кристалла ниобата лития (LiNbO₃), установленного на пути коноскопического пучка.

Кристалл в этом случае находится внутри ячейки Поккельса в поперечно центрированном положении, где электрическое поле приложено поперечно кристаллу в направлении оптической оси для двойного лучепреломления (см. рис. 1). Пучок света, проходящий перпендикулярно через кристалл, расщепляется на обыкновенный и необыкновенный, то есть один поляризован в направлении оптической оси для двойного лучепреломления, а другой поляризован перпендикулярно к ней. В случае ниобата лития показатель преломления для обыкновенного пучка для $n_o = 2,29$ при измерении на длине волны гелий-неонового лазера $\lambda = 632,8$ нм, тогда как для необыкновенного пучка он составляет $n_e = 2,20$. Разница пути обыкновенного и необыкновенного пучков определяется следующей формулой:

$$(1) \quad \Delta = d \cdot (n_o - n_e),$$

где $d = 20$ мм, толщина кристалла в направлении пучка света.

Демонстрация двойного лучепреломления использует классическую траекторию пучка света, как это предлагается для этой цели в многочисленных учебниках оптики. Кристалл освещается расходящимся, линейно поляризованным световым пучком, а проходящий свет наблюдается за ортогональным анализатором. Оптическая ось двойного лучепреломления хорошо видна в интерференционной картине, поскольку она выделяется на фоне благодаря своей симметрии. В этом опыте она параллельна входной и выходной поверхности на кристалле, создавая, таким образом, интерференционную картину с двумя наборами гипербол, развернутых на 90° относительно друг друга. Действительная ось первого набора гипербол параллельна оптической оси двойного лучепреломления, а ось второго набора перпендикулярна к нему. Темные полосы в наборах гипербол возникают в случае пучков, где разница между оптическими путями обыкновенного и необыкновенного пучков в кристалле является целым кратной длины волны. Эти пучки сохраняют свою исходную линейную поляризацию при прохождении через кристалл и блокируются анализатором.

Разность хода соответствует примерно 2800 длинам волн используемого света лазера. Тем не менее, в общем, Δ не точно соответствует целому кратному значению длины волны, λ , а, скорее, лежит между двумя значениями $\Delta_m = m \cdot \lambda$ и $\Delta_{m+1} = (m + 1) \cdot \lambda$. Для темных линий первого набора гипербол разность пути Δ Δ_{m+1} , Δ_{m+2} , Δ_{m+3} и т. п. Таковые линии второго набора соответствуют Δ_m , Δ_{m-1} , Δ_{m-2} и т. п. (см. рис. 2). Положение темных полос, или, точнее, их расстояние от центра, зависит от разности между Δ и $m \cdot \lambda$. Эффект Поккельса увеличивает или уменьшает разницу между первичными показателями преломления $n_o - n_e$ в зависимости от знака приложенного напряжения. Это означает, что разность $\Delta - m \cdot \lambda$ меняется, и поэтому положение темных интерференционных полос также меняется. Если прикладывается так называемое напряжение полуволнового запаздывания U_{π} , Δ изменяется на одну половину длины волны. Тогда темные интерференционные полосы смещаются к положению ярких полос, и наоборот. Этот процесс повторяется каждый раз, когда напряжение увеличивается на U_{π} .

ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ

Для напряжения U_1 темные интерференционные полосы порядка +1 расположены точно в центре. Для следующего напряжения U_2 в центре находятся интерференционные полосы порядка +2. Тогда полуволновое напряжение вычисляется, как описано ниже:

$$U_{\pi} = \frac{U_2 - U_1}{2}$$

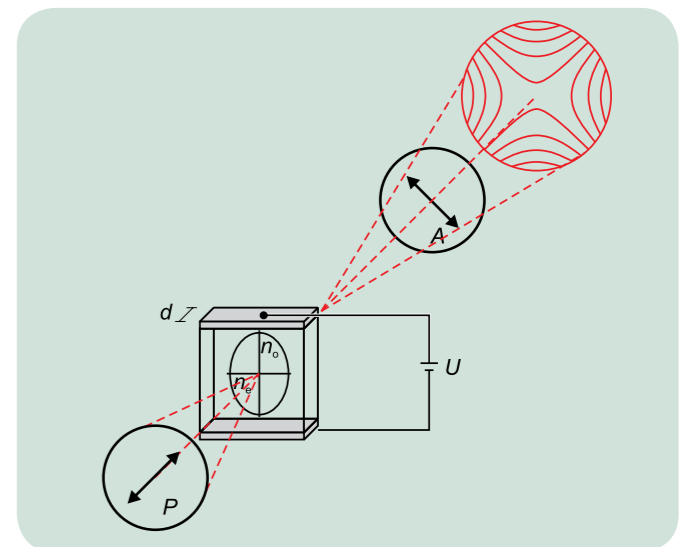


Рис. 1. Схема ячейки Поккельса на пути коноскопического пучка света между поляризатором и анализатором

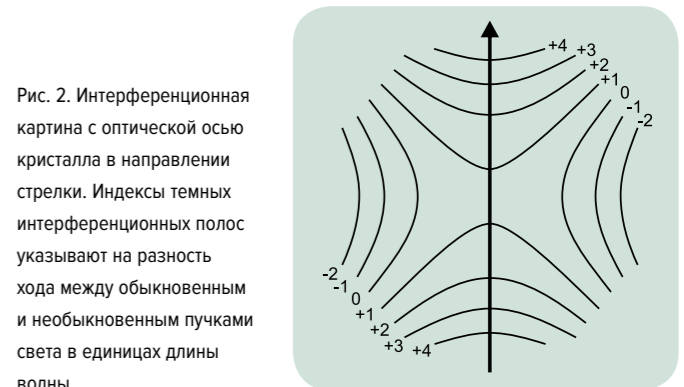


Рис. 2. Интерференционная картина с оптической осью кристалла в направлении стрелки. Индексы темных интерференционных полос указывают на разность хода между обыкновенным и необыкновенным пучками света в единицах длины волн.

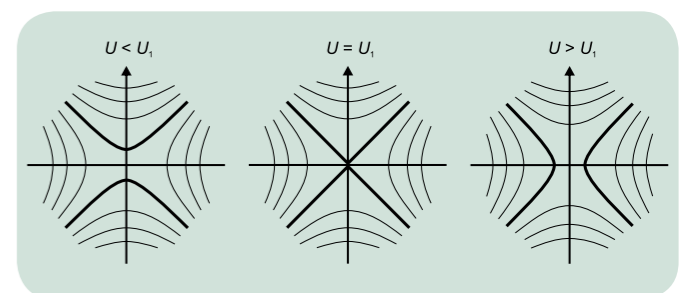


Рис. 3. Изменение интерференционной картины под влиянием эффекта Поккельса. Гиперболы, указанные толстыми линиями, в интерференционной картине являются гиперболами порядка +1