

Исследование характеристик электрооптического модулятора света.

1.Цель работы.

Целью работы является исследование модуляционных характеристик электрооптического модулятора света (ЭОМ) – т.е. зависимости интенсивности света на выходе модулятора от напряжения, приложенного к модулятору, при различной конфигурации оптической схемы модулятора .

2.Задание на лабораторную работу.

Перед выполнением работы должны быть изучены свойства поляризованного света в двулучепреломляющих кристаллах, закономерности электрооптического эффекта и основные схемы построения электрооптических амплитудных и фазовых модуляторов света [3,с.352-357;4,с.231-154].

Перед включением аппаратуры необходимо изучить описание лабораторной установки. **Включение приборов производится с разрешения преподавателя.**

В процессе выполнения лабораторной работы производится:

- изучение состава лабораторного оборудования ;
- измерение модуляционных характеристик электрооптического модулятора света для различных состояний поляризации входного светового пучка (5 зависимостей) ;
- расчет теоретической зависимости интенсивности света на выходе модулятора от приложенного к электрооптическому кристаллу напряжения.

3.Описание лабораторной установки для исследования характеристик электрооптического модулятора.

Схема экспериментальной установки показана на рис.1.

В качестве источника света используется гелий-неоновый лазер (1), работающий в непрерывном режиме на длине волны 0,6328 мкм. Выходное излучение лазера линейно поляризовано, причем направление поляризации (направление вектора E световой волны) составляет угол 45^0 с главными диэлектрическими осями X и Y электрооптического кристалла модулятора (направление P на рис.2). Световой пучок лазера поступает на входную апертуру электрооптического кристалла (2), на противоположные боковые поверхности которого нанесены электроды (3). Из выходной апертуры модулятора световой пучок направляется на анализатор (4), ось пропускания которого повернута на 90^0 относительно исходного направления поляризации излучения лазера. Свет, прошедший через анализатор (4), поступает на фотоприемник (5), работающий в фотогальваническом режиме. Фототок, генерируемый фотодиодом, пропорционален интенсивности световой волны, падающей на светочувствительную площадку фотодиода. Величина фототока измеряется прибором В7-40 (6), работающим в режиме измерения постоянных токов. На электроды (3) электрооптического кристалла подается постоянное напряжение от регулируемого источника (7). Величина постоянного напряжения может изменяться от 0 до 299 вольт.

Между лазером (1) и электрооптическим модулятором (2) располагается четвертьволновая фазовая пластинка (8), размещенная в гнезде (9) и входной поляризатор (10), смонтированный на подвижке (11). Поляризатор (10) закреплен во вращающейся оправке таким образом, что направление оси пропускания его может поворачиваться относительно главных диэлектрических осей электрооптического кристалла. Направление оси пропускания поляризатора показано меткой на вращающейся обойме поляризатора. Направление плоскости поляризации входного излучения лазера (P) оси Y кристалла и оси пропускания поляризатора (A) обозначены метками на неподвижной части оправки поляризатора. Четвертьволновая пластина (8) и поляризатор (10) в процессе выполнения лабораторной работы могут выводиться из траектории луча. Когда четвертьволновая пластинка введена в оптический тракт установки, линейно поляризованный свет лазера,

проходя через фазовую пластинку, становится циркулярно поляризованным. Циркулярно поляризованный свет, проходя через поляризатор, превращается в линейно поляризованный свет, направление плоскости поляризации которого соответствует направлению оси пропускания поляризатора и может изменяться путем вращения поляризатора.

Поперечное сечение эллипсоида показателя преломления электрооптического кристалла до и после приложения внешнего электрического поля E в направлении оси Y показано на рис.2 соответственно сплошной и пунктирной линиями. На этом же рисунке показаны направления плоскости поляризации исходного лазерного излучения P и оси пропускания анализатора A .

4.Методические указания к выполнению работы.

В работе исследуются модуляционные характеристики электрооптического модулятора, изготовленного на кристалле метаниобата лития. Электрическое поле, приложенное к кристаллу, изменяет размеры полуосей и положение в пространстве эллипсоида показателя преломления. В данном случае, если поле приложено к кристаллу параллельно оси Y , y - полуось эллипсоида уменьшается на величину Δn , а x - полуось увеличивается на эту же величину, так что показатели преломления для соответствующих компонент вектора напряженности электрического поля оптической волны составят $n_x = n_o + \Delta n$, $n_y = n_o - \Delta n$

И для случая линейного электрооптического эффекта, т.е. эффекта Поккельса, изменение показателя преломления прямо пропорционально напряженности внешнего модулирующего поля E .

$$\Delta n = \frac{n_o^3}{2} r_{22} E, \quad (1)$$

где $n_o = 2,286$ – показатель преломления обыкновенного луча; $r_{22} = 6,8 \cdot 10^{-12}$ м/В – электрооптический коэффициент ниобата лития для данной ориентации поля.

Изменение показателей преломления n_x и n_y приводит к изменению взаимной разности фаз между компонентами E_x и E_y электромагнитного поля световой волны, распространяющейся в электрооптическом кристалле.

$$\Delta\varphi = \frac{2\pi}{\lambda} (n_x - n_y) l, \quad (2)$$

где λ - длина волны излучения, l - расстояние, пройденное электромагнитной волной в кристалле. Считая, что поле между электродами однородно, можно записать разность фаз в виде

$$\Delta\varphi = \frac{2\pi n_o^3 r_{22} U}{\lambda} \frac{l}{d}, \quad (3)$$

где d - расстояние между электродами, l - длина кристалла ($d / l = 0,05$ для данного модулятора), U - напряжение, приложенное к модулятору.

Величина

$$U = \frac{\lambda}{2n_o^3 r_{22}} \frac{d}{l} \quad (4)$$

обеспечивает фазовый сдвиг, равный π , и называется полуволновым напряжением.

Для преобразования модуляции поляризации в модуляцию интенсивности света после прохождения электрооптического кристалла световую волну пропускают через выходной поляризатор, называемый анализатором. Оси пропускания входного поляризатора и анализатора обычно скрещены под углом 90^0 , и в этом случае интенсивность света на выходе анализатора изменяется по закону

$$I = I_{\max} \sin^2 \frac{\Delta\varphi}{2}, \quad (5)$$

где I_{\max} - максимальная интенсивность света, прошедшего через модулятор. Зависимость $I_{\text{вых}} = f(U_{\text{мод}})$ называется модуляционной характеристикой модулятора по интенсивности.

Порядок выполнения лабораторной работы.

4.2. Ознакомиться с описанием лабораторной установки, с расположением и назначением органов управления.

4.3. Экспериментально исследовать основную модуляционную характеристику модулятора. Для этого, с разрешения преподавателя, включить блок питания лазера, источник постоянного напряжения, вольтметр.

Удалить из оптического тракта четвертьволновую пластинку (вынуть стойку с пластинкой из гнезда) и входной поляризатор (выдвинуть поляризатор из луча, пользуясь винтом подвижки, на которой закреплена оправка поляризатора). Изменяя напряжение, приложенное к модулятору, с помощью цифрового набирателя на передней панели источника постоянного напряжения, измерять величину фототока фотодиода, соответствующую каждому напряжению. Диапазон изменения напряжения – от 0 до 299

В, шаг – 10 В. Построить график зависимости $f(U_{\text{мод}}) = \frac{I_{\text{фд}}(U_{\text{мод}})}{I_{\text{фд max}}}$

По графику определить величину напряжения, соответствующего максимальному пропусканию модулятора.

4.4. Ввести в оптический тракт установки четвертьволновую пластинку – установить стойку с пластинкой на оптической плите. Повторить измерения модуляционной характеристики в диапазоне от 0 до 299 В при наличии фазовой пластинки в оптическом тракте.

4.5. Ввести в оптический тракт входной поляризатор. Для этого необходимо, вращая ходовой винт подвижки, установить поляризатор таким образом, чтобы луч лазера проходил примерно через центр поляризатора. Поворачивая вращающуюся оправку поляризатора, совместить метку на оправке с меткой Р на обойме. При этом направление плоскости поляризации света, прошедшего через поляризатор, составляет $+45^\circ$ с осью Y кристалла и 90° с осью пропускания анализатора. Измерить модуляционную характеристику модулятора при данном положении входного поляризатора.

Совместить метку на оправке поляризатора с меткой Y на обойме. При этом направление плоскости поляризации света, прошедшего поляризатор, параллельно оси Y у кристалла.

Измерить модуляционную характеристику модулятора при данном положении входного поляризатора.

Совместить метку на оправке поляризатора с меткой А на обойме. При этом направление плоскости поляризации света, прошедшего через поляризатор, составляет -45° с осью Y кристалла и параллельно оси пропускания анализатора. Измерить модуляционную характеристику модулятора при данном положении входного поляризатора.

Построить графики экспериментальных зависимостей, измеренных по пп. 4.3, 4.4, 4.5. (Все зависимости нормировать к соответствующему максимальному значению).

4.6. Построить теоретическую зависимость модуляционной характеристики по формулам (3), (5). Рассчитать полуволновое напряжение для данного модулятора по формуле (4). Сравнить теоретически рассчитанное значение полуволнового напряжения с напряжением максимального пропускания модулятора, определенным по графику зависимости, измеренной в п. 4.3.

4.7.Объяснить поведение экспериментальных зависимостей, измеренных в п. 4.5 при различных ориентациях входного поляризатора.

5.Содержание отчета.

Отчет по лабораторной работе должен содержать:

- 1.Схему лабораторной установки.
- 2.Результаты проведенных измерений в виде таблицы.
- 3.Графики теоретической зависимости модуляционной характеристики и экспериментально измеренные зависимости по пунктам 4.3, 4.4, 4.5 в нормированном виде (всего 6 зависимостей на одном графике).
- 4.Расчетное значение полуволнового напряжения.
- 5.Выводы по лабораторной работе и анализ полученных данных.

Контрольные вопросы.

- 1.Что такое эллипсоид показателя преломления?
- 2.Как меняется эллипсоид показателя преломления одноосного электрооптического кристалла во внешнем электрическом поле?
- 3.Расскажите о методах регистрации фазовой модуляции.
- 4.Расскажите о методах преобразования фазовой модуляции в модуляцию интенсивности.
- 5.Что такое полуволновое напряжение?
- 6.Какие типы электрооптических модуляторов Вы знаете?
- 7.Преимущества и недостатки схем продольного и поперечного электрооптического модулятора.

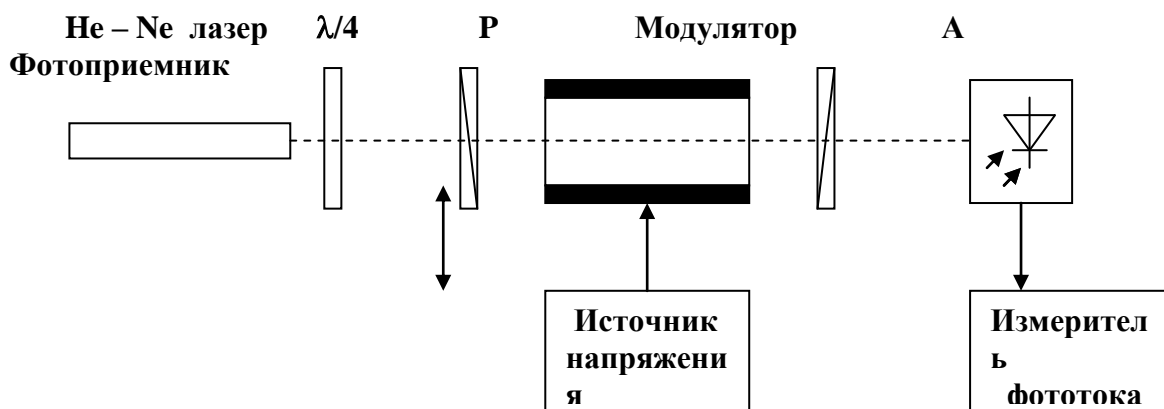


Рис. 1

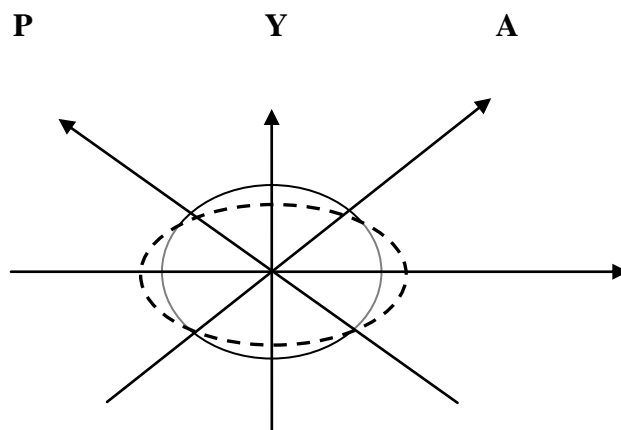


Рис. 2