

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

Лабораторная работа:
Генерация второй гармоники

Выполнили студенты:

Сериков Василий Романович

Группа: Б03-102

Сериков Алексей Романович

Группа: Б03-102

Москва, 2024 г.

Аннотация

В работе предлагается изучить нелинейно-оптическое явление - генерация второй гармоники.

Теоретические сведения:

При прохождении света через объем диэлектрика возникает ненулевая поляризуемость вещества. В классическом представлении колебание электронного облака атома приводит к переизлучению света на той же частоте что и у падающего излучения, что объясняется моделью осциллятора Лорентца для вещества. В общем случае поляризуемость вещества линейно зависит от прилагаемого поля и выражается следующим образом:

$$\vec{P} = \hat{\alpha} \vec{E}, \quad (1)$$

где $\hat{\alpha}$ - тензор восприимчивости. Видно, что в общем случае в линейном приближении вектор поляризации неколлинеарен напряженности поля.

Однако при больших полях порядка $10^5 - 10^8$ В/см проявляются нелинейные эффекты, приводящие к квадратичным и кубическим зависимостям поляризуемости от напряженности поля.

$$P_i = \alpha_{ik} E^k + A_{ijk} E^j E^k, \quad (2)$$

где A_{ijk} - тензор нелинейной восприимчивости. Подставим выражение для поля, меняющегося по гармоническому закону, $\vec{E} = E \cos(\omega t - kz)$, получим:

$$P_i = \alpha_{ik} E^k \cos(\omega t - kz) + \frac{1}{2} A_{ijk} E^j E^k + A_{ijk} E^j E^k \cos(2(\omega t - kz)) \quad (3)$$

Видим, что появляется слагаемое, меняющееся по гармоническому закону с удвоенной частотой, следовательно, будет происходить переизлучение света с удвоенной частотой.

В нашей работе рассматриваем явление генерации второй гармоники в одноосном кристалле ниобата лития. Если падающая волна - обыкновенная, переизлученная - необыкновенная, то в случае отсутствия пространственного разделения волн набегают разность фаз $\Delta\phi = l(k_2 - 2k_1)$. Условие фазового синхронизма $\Delta\phi = 0$

$$\vec{k}_2 = 2\vec{k}_1, \quad n(\omega) = n(2\omega) \quad (4)$$

Ход работы:

Для кристалла ниобата лития приведем значения показателей преломления для обыкновенной и необыкновенной волн при частотах лазерного излучения, используемого в работе.

$\lambda, \mu m$	n_o	n_e
1.06	2.2336	2.1540
0.53	2.3225	2.2289

Таблица 1: Показатели преломления для необыкновенной и обыкновенной волн в кристалле $LiNbO_3$

При определенном падении волны, показатель преломления необыкновенной будет равен показателю для обыкновенной, что иллюстрирует рисунок 1. Зависимость показателя преломления

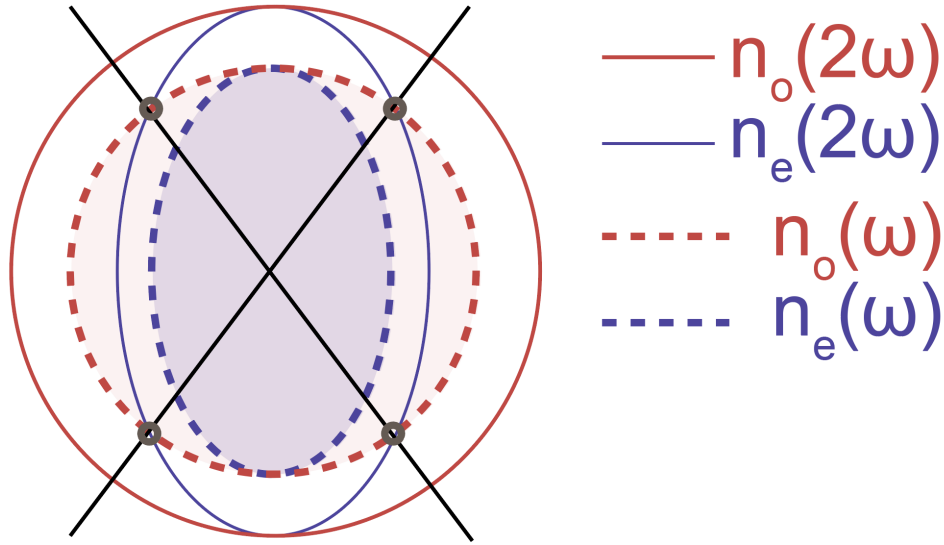


Рис. 1: Условие возникновения фазового синхронизма

для необыкновенной волны от угла между вектором напряженности и оптической оси кристалла имеет вид:

$$n_e(\theta) = \frac{n_o(2\omega)}{\sqrt{1 + ((\frac{n_o(2\omega)}{n_e(2\omega)})^2 - 1) \sin^2 \theta}}, \quad n_o = const \quad (5)$$

Выразив из последнего выражения θ , мы получим угол между вектором напряженности и оптической осью кристалла, при котором наблюдается фазовый синхронизм

$$\theta_0 = 90^\circ \quad (6)$$

Определим ноль отсчета гониометра, для этого ориентируем кристалл так, чтобы луч, прошедший диафрагму, отразился от боковой поверхности кристалла и вновь попал на диафрагму. Таким образом мы сориентируем кристалл оптической осью вдоль распространения лазерного пучка. От этого положения будем отсчитывать все последующие углы.

Значение с гониометра, °			
351°10'	351°22'	351°31'	351°29'
Среднее значение, °			
351°23'			

Таблица 2: Результаты калибровки

Установим поляризатор на входе в двух положениях, когда пропускается только горизонтальная или вертикальная поляризация, снимем показания гониометра.

46°03'	137°01'	225°49'	320°55'
--------	---------	---------	---------

Таблица 3: Полученные результаты углов синхронизма для горизонтальной поляризации

46°0'	137°07'	226°01'	321°20'
-------	---------	---------	---------

Таблица 4: Полученные результаты углов синхронизма для вертикальной поляризации

Видим, что при смене поляризации интенсивность, фиксируемая фотодиодом уменьшилась

Снимем распределение интенсивности в зависимости от угла вблизи максимума интенсивности рисунок 2

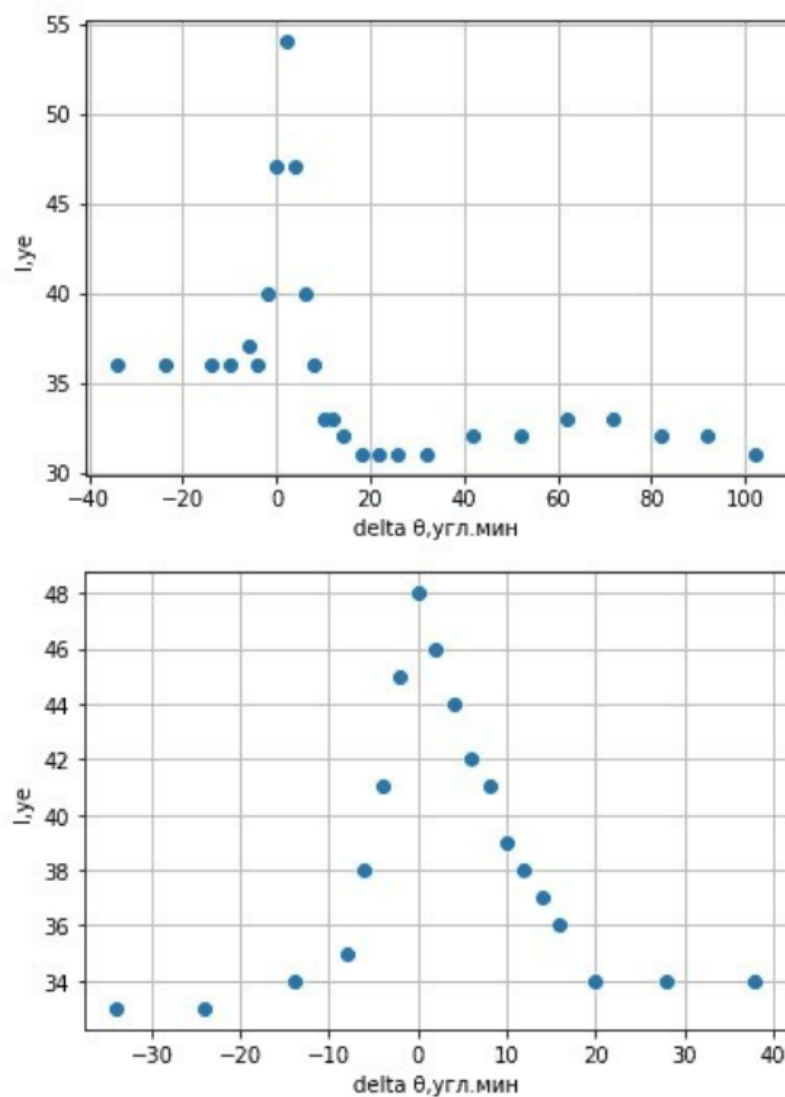


Рис. 2: Зависимость интенсивности от углового смещения вблизи максимума

Результаты:

В ходе работы познакомились с явлением генерации второй гармоники в кристалле ниобата лития