

## АКУСТООПТИКА

## Акустооптическая модуляция света на удвоенной звуковой частоте

В.М.Котов, С.В.Аверин, Г.Н.Шкердин

*Предложен метод акустооптической (АО) брэгговской дифракции, обеспечивающий амплитудную модуляцию оптического излучения на удвоенной частоте звука. Метод основан на двойном прохождении излучения через АО модулятор, изготовленный из гиротропного кристалла, и проверен экспериментально на примере модуляции излучения с длиной волны 0.63 мкм, управляемого АО ячейкой из парателлурита.*

**Ключевые слова:** акустооптическая дифракция, брэгговский режим, вращение вектора поляризации.

Акустооптическая (АО) дифракция широко используется для управления параметрами оптического излучения – амплитудой, фазой, частотой, поляризацией и т. д. [1, 2].

В настоящей работе описывается метод амплитудной АО модуляции, обеспечивающий синусоидальное изменение оптического сигнала с частотой  $2f$ , где  $f$  – частота акустической волны. За основу взят вариант поляризационно-независимой дифракции [3, 4], в котором оптическое излучение дважды проходит через одну и ту же АО ячейку. Если ячейка выполнена из гиротропного кристалла, то, как показано в [3, 4], метод позволяет отклонить излучение в одном направлении с высокой эффективностью независимо от поляризации падающей волны. Наши исследования выявили, что на выходе ячейки формируется линейно поляризованное излучение с вращающимся вектором поляризации.

На рис.1 приведена оптическая схема предлагаемого способа АО модуляции. Оптическое излучение, генерируемое лазером, отражаясь от зеркала 31, попадает на АО модулятор АОМ, на вход которого подается электрический сигнал с частотой  $f$ . В результате брэгговской дифракции часть излучения отклоняется от первоначального направления и распространяется в направлении зеркала 32, а непродифрагировавшая часть – в направлении зеркала 33. Зеркала 32 и 33 отражают излучения строго в обратном направлении. Отраженные от зеркал пучки вновь проходят АОМ и взаимодействуют с той же акустической волной. Часть выходящего из АОМа излучения возвращается в лазер, а другая часть образует выходной пучок  $I_{out}$ . На пути выходного пучка установлен поляризатор П и линза, фокусирующая излучение на фотоприемник ФП. Если в качестве АО среды используется гиротропный кристалл (например,  $TeO_2$ , при этом все пучки распространяются вблизи его оптической оси), то, как показано в [3, 4], оптическое излучение распадается в кристалле на собственные волны, поляризации которых – эллиптиче-

ские (право- и левовращающиеся), близкие к круговым. Достижима ситуация, когда практически все излучение лазера собирается в выходном излучении  $I_{out}$ . Выходное излучение, по сути, состоит из двух пучков, имеющих частоты  $\omega + f$  и  $\omega - f$  ( $\omega$  – частота излучения лазера). В результате сложения этих двух пучков образуется выходной линейно поляризованный пучок  $I_{out}$ , вектор поляризации которого  $E$  вращается с частотой  $2f$ . В наших экспериментах на осциллографе наблюдался электрический сигнал синусоидальной формы с частотой  $2f$ .

Отметим, что возможны два варианта вращения вектора поляризации  $E$  – левое и правое. Поляризация называется правой, если для наблюдателя, смотрящего навстречу световому пучку, электрический вектор вращается по часовой стрелке. При левой поляризации вектор вращается против часовой стрелки [5]. Поляризация  $E$  будет левой, если частота левовращающейся собственной волны в результате дифракции увеличивается на  $f$ , а правовращающейся – уменьшается на  $f$ . В обратном случае поляризация  $E$  будет правой. Перейти от одного случая к другому можно путем переориентации АО модулятора, например так, чтобы звуковая волна в нем распространялась в противоположную сторону (не «снизу вверх», как на рис.1, а «сверху вниз»). Другой способ – немного переориентировать АО ячейку, чтобы обеспечивалось условие строгого брэгговского синхронизма для другой собственной волны кристалла.

В наших экспериментах источником оптического излучения служил He–Ne-лазер, излучающий линейно поляризованный свет с длиной волны 0.63 мкм. Вектор по-

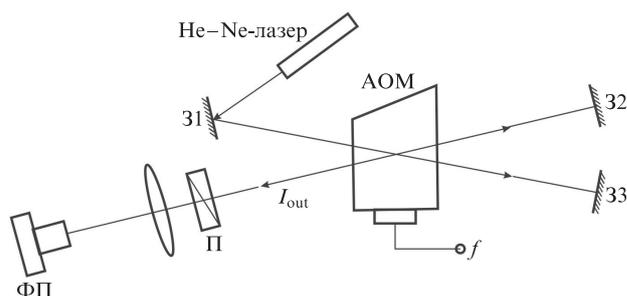


Рис.1. Оптическая схема АО модулятора.

В.М.Котов, С.В.Аверин, Г.Н.Шкердин. Фрязинский филиал Института радиотехники и электроники им. В.А.Котельникова РАН, Россия, Московская обл., 141190 Фрязино, пл. Акад. Введенского, 1; e-mail: vmk277@ire216.msk.su

Поступила в редакцию 15 сентября 2015 г.

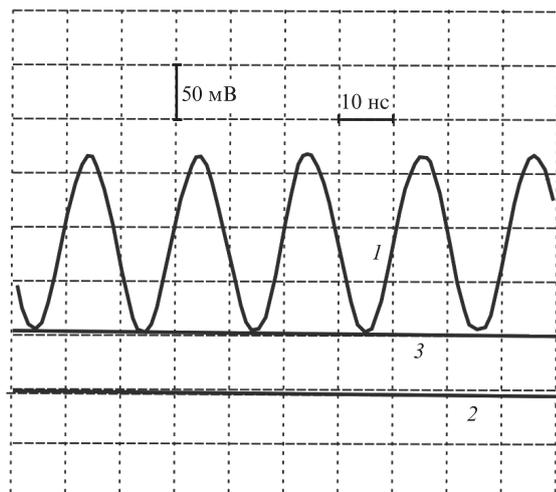


Рис.2. Электрические сигналы с фотоприемника, наблюдаемые на экране осциллографа:

1 – результат амплитудной модуляции пучка излучения, вектор поляризации которого вращается с частотой  $\sim 48$  МГц; 2 – нулевой уровень сигнала; 3 – сигнал в случае, когда из устройства удалено одно зеркало (32 или 33).

ляризации излучения составлял угол  $45^\circ$  с направлением распространения акустической волны в кристалле. Это обеспечивало равенство интенсивностей собственных волн кристалла. АО ячейка была изготовлена из монокристалла  $\text{TeO}_2$  размером  $8 \times 8 \times 8$  мм вдоль направлений  $[110]$ ,  $[1\bar{1}0]$  и  $[001]$  соответственно. Вдоль направления  $[110]$  генерировалась поперечная бегущая звуковая волна с частотой  $\sim 24$  МГц, скорость которой  $0.617 \times 10^5$  см/с. Длина АО взаимодействия составляла 6 мм. На рис.2 показаны электрические сигналы с фотоприемника, наблюдаемые (поочередно) на экране осциллографа. Видно, что минимальные значения синусоидального сигнала не совпадают с нулевым уровнем (кривая 2). Это может быть

вызвано несколькими факторами: неполным пространственным совпадением световых пучков, составляющих пучок  $I_{\text{out}}$ , неоднородным распределением полей по сечениям этих пучков и т. д. Тем не менее, факт амплитудной модуляции светового пучка на удвоенной частоте звука хорошо наблюдается. На наличие модуляции и ее амплитуду не влияет поворот поляризатора. Это указывает на то, что вращение вектора поляризации происходит вокруг направления распространения пучка. Настоящие исследования предполагается продолжить.

На основании полученных результатов можно сделать следующие выводы:

1. Предложен метод АО амплитудной модуляции, основанный на двойном прохождении излучения через АО модулятор, изготовленный из гиротропного материала, и на свойстве зеркальной поверхности менять поляризацию циркулярно поляризованного излучения при отражении.

2. Метод опробован при использовании в качестве АО среды монокристалла  $\text{TeO}_2$ , с помощью которого получена модуляция излучения He–Ne-лазера на двойной частоте звука.

Полученные результаты могут найти применение в различных системах, в которых необходимо использование линейно поляризованного излучения, вектор поляризации которого вращается с заданной частотой.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант №13-07-00138), а также Программы государственной поддержки ведущих научных школ РФ (грант №НШ-3317.2010.9).

1. Балакший В.И., Парыгин В.Н., Чирков Л.Е. *Физические основы акустооптики* (М.: Радио и связь, 1985).
2. Магдич Л.Н., Молчанов В.Я. *Акустооптические устройства и их применение* (М.: Сов. радио, 1978).
3. Котов В.М., Шкердин Г.Н. *Письма в ЖТФ*, **20** (6), 35 (1994).
4. Котов В.М. *Квантовая электроника*, **21** (10), 937 (1994).
5. Борн М., Вольф Э. *Основы оптики* (М.: Наука, 1973).