

07;08  
©1994

## ПОЛЯРИЗАЦИОННО-НЕЧУВСТВИТЕЛЬНАЯ АКУСТООПТИЧЕСКАЯ МОДУЛЯЦИЯ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

*В.М.Котов, Г.Н.Шкердин*

В [1] рассмотрено брэгговское поляризационное расщепление, которое может применяться для поляризационно-нечувствительной модуляции монохроматического излучения.

В настоящей работе предлагается еще один метод модуляции света с произвольной поляризацией. Он основан на том, что поляризация оптического излучения трансформируется при отражении этого излучения от зеркальной поверхности. В частности, левовращающаяся поляризация превращается в правовращающую, и наоборот.

Наряду с этим известно, что целый ряд перспективных акустооптических (АО) материалов являются гиротропными, т. е. собственные волны в них в общем случае являются эллиптически поляризованными, а вдоль осей гиротропии, когда они совпадают с оптическими осями кристалла, — циркулярно поляризованными. Использование гиротропных кристаллов наряду со свойствами отражающих поверхностей позволяет создать поляризационно-нечувствительный АО модулятор оптического излучения.

Поясним это с помощью рис. 1. На основании этого рисунка можно проследить за особенностями, связанными с прохождением оптического излучения через гиротропную пластинку и отражении его от зеркальной поверхности. Пусть правовращающаяся волна 1 падает на плоскопараллельный гиротропный кристалл 2 под углом  $\alpha$  (угол преломления —  $\theta_1$ ). Вышедшее из него излучение 3 параллельно излучению 1 и имеет ту же поляризацию. Отражаясь нормально от зеркала 4, излучение 3 переходит в излучение 5, поляризация которого становится левовращающейся. Падая на пластинку 2 под углом  $\alpha$ , оно преломляется в ней под углом  $\theta_2$ , при этом излучение 6, строго говоря, не совпадает по направлению распространения с излучением 1. Важным здесь является то, что исходное оптическое излучение дважды проходит через кристалл, при этом меняя поляризацию на противоположную и, как следствие этого, имеет разные углы преломления в кристалле:  $\theta_1$  и  $\theta_2$ .

Отметим, что если бы излучение 1 имело левовращающую поляризацию, то оно преломлялось бы в кристалле под

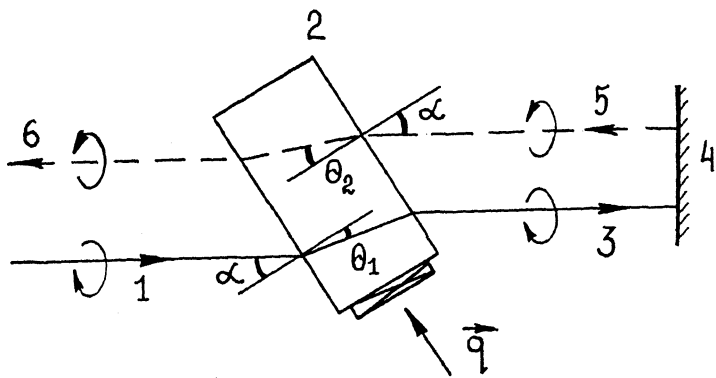


Рис. 1. Прохождение циркулярно-поляризованной волны через гиротропную среду с отражением от зеркальной поверхности.

углом  $\theta_2$ , а отраженное излучение 5, имея правополяризованную поляризацию, преломлялось бы в кристалле под углом  $\theta_1$ . Если излучение 1 имеет произвольную поляризацию, то в кристалле оно разбивается на два луча с взаимноортогональными циркулярными поляризациями, которые преломляются внутри кристалла под углами  $\theta_1$  и  $\theta_2$ . Эти лучи после отражения от зеркала 5 меняют поляризации на противоположные и преломляются в кристалле теперь уже под углами  $\theta_2$  и  $\theta_1$  соответственно.

Пусть в кристалле распространяется акустическая волна  $q$  под углом Брэгга к оптическому излучению, причем угол Брэгга совпадает с углом  $\theta_1$ . Тогда на этой акустической волне будет дифрагировать все излучение: часть излучения, которая имеет правополяризованную поляризацию, дифрагирует при распространении в прямом направлении, а оставшаяся часть — при распространении в обратном направлении после отражения от зеркала 4.

Этот вариант дифракции был проверен экспериментально. На рис. 2 показана оптическая схема эксперимента. Оптическое излучение, генерируемое лазером 1, проходит через делительную пластинку 2, выполненную в виде стеклянной призмы (для устранения переотражений), через АО ячейку 3, пройдя через которую отражается нормально от зеркала 4. Отраженное излучение вновь проходит АО ячейку и, отразившись от грани призмы 2, попадает на фотоприемник 5. В качестве источника излучения использовался He-Ne лазер типа ЛГН-207А, генерирующий линейно-поляризованное излучение с длиной волны 0.63 мкм. Акустооптический элемент был выполнен на базе гиротропного монокристалла  $\text{TeO}_2$  с размерами  $8 \times 8 \times 10$  мм вдоль осей  $[001]$ ,  $[010]$  и  $[110]$  соответственно. К грани  $[110]$  приклеивался пьезопреобразователь из  $\text{LiNbO}_3$ , генерировав-

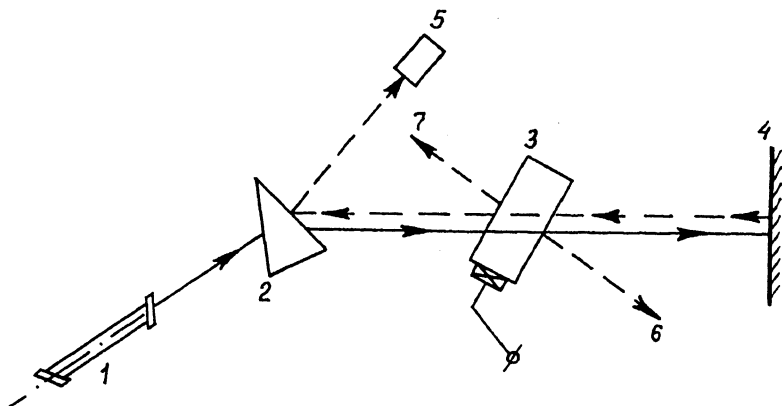


Рис. 2. Оптическая схема эксперимента. 1 — источник оптического излучения; 2 — делительная призма; 3 — АО модулятор; 4 — зеркало; 5 — фотоприемник; 6, 7 — дифрагированные лучи.

ший сдвиговую акустическую волну с направлением сдвига вдоль  $[1\bar{1}0]$ . Частота звука 40 МГц, полоса частот 2 МГц. Дифракция осуществлялась в режиме, когда оптическое излучение распространялось вблизи оптической оси кристалла  $[001]$ . При этом собственные оптические моды кристалла имеют эллиптическую поляризацию, близкую к круговой. Часть прямого излучения 3 дифрагировала в направлении 6, а оставшаяся часть излучения, отразившись от зеркала 4, дифрагировала в направлении 7. Непродифрагированное излучение попадало на фотоприемник 5. Эффективность двойной дифракции составила  $\sim 90\%$ .

Акустооптическую ячейку, работающую в таком режиме, можно установить внутри лазерного резонатора. При этом через ячейку будет проходить оптическое излучение как в прямом, так и обратном направлениях. Описанный режим дифракции позволяет модулировать оптическое излучение лазера независимо от его поляризации без привлечения дополнительных оптических элементов.

Необходимо отметить, что собственные волны монокристалла  $\text{TeO}_2$  при распространении света вблизи оптической оси имеют в общем случае не циркулярную, а эллиптическую поляризацию. Отражение же от зеркала меняет только направление вращения поляризации, но не влияет на ориентацию осей эллипса поляризации. Иными словами, эллиптическая поляризация при отражении излучения от зеркала не переходит во взаимортогональную поляризацию. Это в конечном итоге ограничивает частоту акустической

волны, так как с увеличением частоты эффективность такой дифракции должна падать.

Можно показать [2], что эллиптически поляризованное излучение с эллиптичностью  $\xi$  (где  $\xi$  — отношение полуосей эллипса, описываемого концом вектора электрического поля,  $\xi \lesssim 1$ ), совпадающей с эллиптичностью собственных волн кристалла, в этом случае распадается на две собственные волны, интенсивности которых равны

$$I_1 = \frac{I_0}{2} \frac{2\xi^2}{1 + \xi^2}, \quad I_2 = \frac{I_0}{2} \frac{(1 - \xi^2)^2}{1 + \xi^2}, \quad (1)$$

где  $I_0$  — интенсивность падающего излучения. Для нашего случая, реализованного на эксперименте,  $\xi = 0.9$ ; это дает на основании (1)  $I_1 = 99$ ,  $I_2 = 1\%$ . С ростом частоты звука величина  $\xi$  падает. Оптимальным в этом случае будет вариант, когда  $\xi = 1$  (свет распространяется строго вдоль оптической оси кристалла), при этом частота звука, на которой происходит дифракция оптического излучения с длиной волны 0.63 мкм, равна 36 МГц. Из сопоставления этой частоты с частотой эксперимента ( $f = 40$  МГц) можно сделать вывод, что такой вид дифракции можно осуществить в широкой полосе частот (не менее 10 МГц). Отметим, что на основании [1] можно осуществить поляризационно-независимую дифракцию с тем же оптическим излучением на гораздо более низкой частоте звука — 10 МГц, с полосой 1 МГц.

Описанный вид дифракции может найти самое широкое применение для управления лазерным излучением.

#### Список литературы

- [1] *Комов В.М.* // Письма в ЖТФ. 1991. Т. 17. В. 9. С. 12–15.
- [2] *Yano T., Watanabe A.* // J. Appl. Phys. 1974. V. 45. N 3. P. 1243–1245.

Поступило в Редакцию  
20 декабря 1993 г.