

УДК 535.241.13:534

ПОЛЯРИЗАЦИОННЫЕ ОСОБЕННОСТИ АКУСТООПТИЧЕСКОЙ  
ДИФРАКЦИИ ДВУХЦВЕТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ  
В ГИРОТРОПНЫХ КРИСТАЛЛАХ

© 1996 г. В. М. Котов, Г. Н. Шкердин

Институт радиотехники и электроники РАН  
141120 Фрязино Московской области, пл. Введенского, 1

Поступила в редакцию 08.06.95 г.

Анизотропная дифракция света на звуке широко используется для управления оптическим излучением [1]. Наряду с известными достоинствами такой дифракции в настоящее время обнаружено еще одно ее свойство: возможность обеспечения одновременного брэгговского синхронизма двух произвольных оптических лучей с одной акустической волной, причем не единственным способом. Такая акустооптическая (АО) дифракция нашла применение прежде всего в системах двухкоординатной лазерной доплеровской анемометрии (ЛДА) для расщепления исходного двухцветного оптического излучения на два монохроматических луча и сдвига их частоты на частоту акустической волны [2, 3]. На рис. 1а приведена векторная диаграмма одного из широко используемых вариантов такого расщепления. Исходное двухцветное излучение, волновые векторы  $\mathbf{K}_1$  и  $\mathbf{K}_2$  которого описывают распространение лучей с длинами волн  $\lambda_1$  и  $\lambda_2$ , распространяется в одноосном гиротропном кристалле под углом  $\Theta$  к его оптической оси  $OZ$ . Это излучение дифрагирует на акустической волне  $\mathbf{q}$  ( $\mathbf{q} \perp OZ$ ), при этом луч  $\mathbf{K}_1$  дифрагирует в направлении  $\mathbf{K}_{1d}$ , а  $\mathbf{K}_2$  – в  $\mathbf{K}_{2d}$ . Дифрагированные лучи распространяются под углами  $\beta_1$  и  $\beta_2$  к  $OZ$  соответственно.

В ЛДА, работающих по дифференциальной схеме [4], зондирующий объем формируется двумя пересекающимися когерентными световыми пучками, образующими интерференционную картину. При этом очень важно создать интерференционное поле с максимальной контрастностью, что обеспечивается идентичностью поляризаций пересекающихся пучков. При использовании АО ячейки, выполненной на базе гиротропного кристалла (например, высокоэффективного монокристалла  $\text{TeO}_2$ ), необходимо принимать во внимание, что дифрагированные лучи  $\mathbf{K}_{1d}$  и  $\mathbf{K}_{2d}$  (см. рис. 1а) имеют эллиптические поляризации, отличающиеся от поляризаций лучей  $\mathbf{K}_1$  и  $\mathbf{K}_2$ . Это приведет к уменьшению контрастности зондирующих объемов, формируемых лучами  $\mathbf{K}_1$ ,  $\mathbf{K}_{1d}$  и  $\mathbf{K}_2$ ,  $\mathbf{K}_{2d}$  соответственно.

Оценим это уменьшение контрастности. Эллиптичность собственных волн монохроматического излучения с длиной волны  $\lambda$ , распространяющегося в одноосном гиротропном кристалле под углом  $\Theta$  к его оптической оси, дается выражением [5]:

$$\rho = \frac{1}{2G_{33}} \left[ \sqrt{\sin^4 \Theta \left( \frac{1}{n_o} - \frac{1}{n_e} \right)^2 + 4G_{33}^2} - \sin^2 \Theta \left( \frac{1}{n_o} - \frac{1}{n_e} \right) \right], \quad (1)$$

где  $n_o$  и  $n_e$  – главные показатели преломления кристалла в отсутствие гиротропии ( $G_{33} = 0$ );  $G_{33}$  – компонента псевдотензора гирации. Из (1) видно, что  $\rho$  существенным образом зависит от угла  $\Theta$ . Дифрагированные лучи  $\mathbf{K}_{1d}$  и  $\mathbf{K}_{2d}$  имеют эллиптичности  $\rho_1$  и  $\rho_2$ , определяемые углами  $\beta_1$  и  $\beta_2$ . На рис. 1в приведены зависимости углов  $\beta_1$ ,  $\beta_2$  и  $\Theta$  от длины волны  $\lambda_2$  оптического излучения, распространяющегося в монокристалле  $\text{TeO}_2$ . Кривые построены при фиксированном (“опорном”) значении одной из длин волн двухцветного излучения (в нашем случае длины волны  $\lambda_1 = 0.488$  мкм), в то время как длина волны  $\lambda_2$  другого излучения меняется. Кривые 1 и 2 описывают изменение эллиптичности (правая шкала ординат) излучений  $\lambda_1$  и  $\lambda_2$ , распространяющихся соответственно под углами  $\beta_1$  и  $\beta_2$  к  $OZ$ . Видно, что кривая 1 меняется достаточно сильно (до ~10%), в то время как кривая 2 – до 2–3%. Расчеты показывают, что это приводит к уменьшению контрастности интерференционной картины на 3–4%, что в ряде случаев может оказаться существенным.

Отметим еще одну особенность АО дифракции, реализуемой на базе гиротропного кристалла. На рис. 2 показана оптическая схема дифракции двухцветного излучения в таком кристалле. Падающее излучение  $I$  с длинами волн  $\lambda_1$  и  $\lambda_2$  с линейными поляризациями (ориентированными, вообще говоря, произвольным образом) распространяется

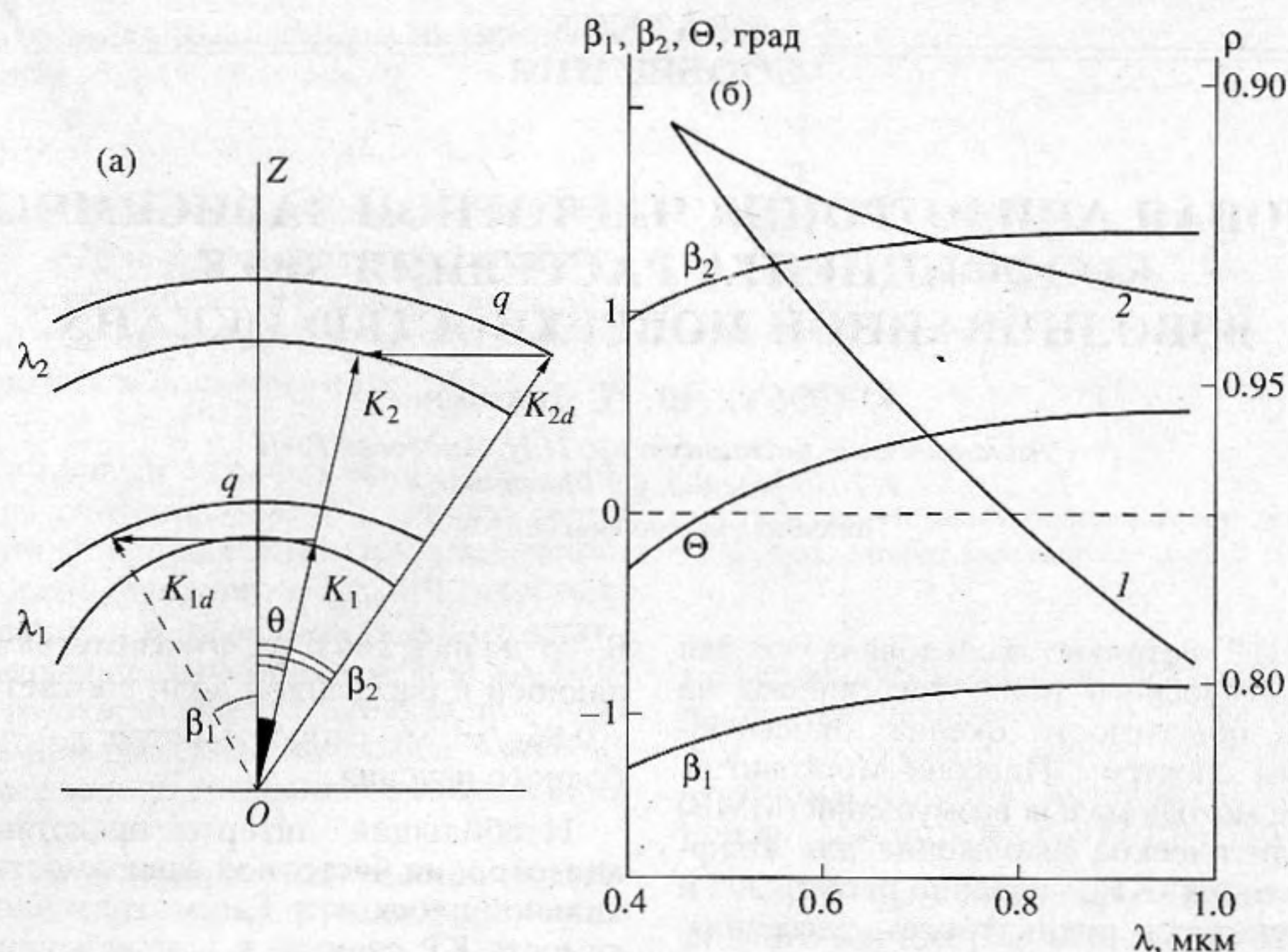


Рис. 1. Векторная диаграмма (а) и зависимость углов  $\beta_1, \beta_2, \theta$ , а также эллиптичности  $\rho$  от длины волны света  $\lambda_2$  (в).

вблизи оптической оси  $OO'$  гиротропного кристалла 2. Каждый из лучей  $\lambda_1$  и  $\lambda_2$  распадается внутри кристалла на две собственные волны с взаимортогональными эллиптическими поляризациями, близкими к круговым. Пусть в АО взаимодействии участвуют собственные волны с левовращающимися поляризациями; лучи с правовращающимися поляризациями в дифракции не участвуют, они распространяются в направлении 3. Дифрагированные же лучи 4 и 5 имеют также правовращательные поляризации, так как при анизотропной АО дифракции левовращающиеся поляризации изменяются на правовращающиеся.

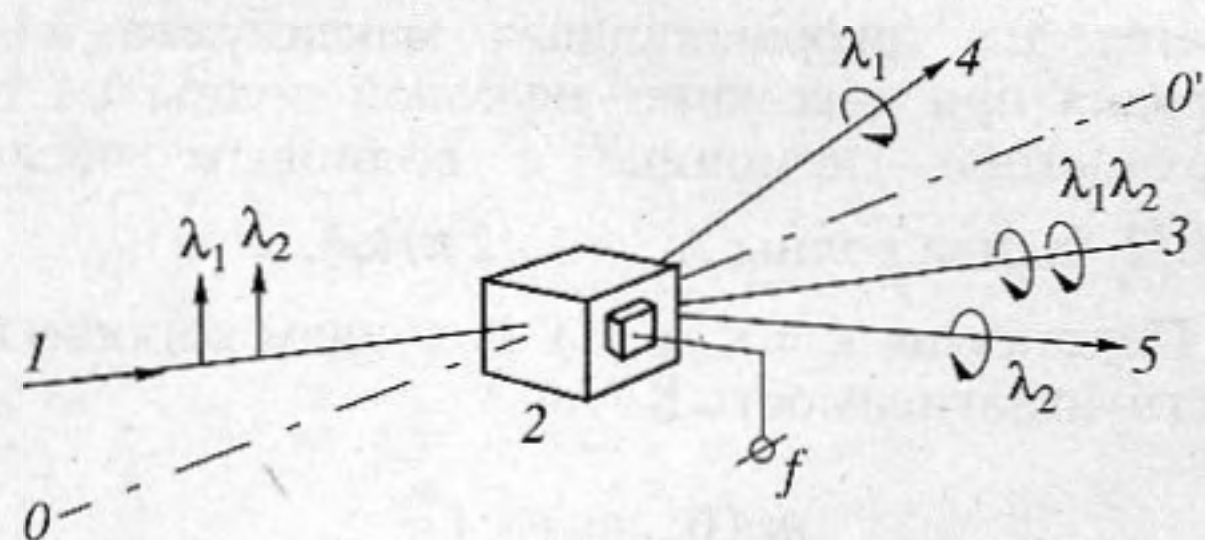


Рис. 2. Оптическая схема двухцветного АО расщепления.

Иными словами, все выходящие лучи имеют одну и ту же поляризацию. Отсюда следует, что указанная схема позволяет эффективно расщеплять двухцветное излучение на лучи, пригодные для формирования зондирующего объема без привлечения дополнительных оптических элементов.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Балакиев В.И., Парыгин В.Н., Чирков Л.Е. Физические основы акустооптики. М.: Радио и связь, 1985. 280 с.
2. Котов В.М., Шкердин Г.Н. Акустооптические расщепители-сдвигатели частоты для двухкоординатных доплеровских анемометров // Акуст. журн. 1994. Т. 40. В. 2. С. 309-310.
3. Котов В.М. Высокочастотное двухцветное расщепление лазерного излучения // Опт. и спектр. 1994. Т. 77. В. 3. С. 493-497.
4. Коронкевич В.П., Соболев В.С., Дубнищев Ю.Н. Лазерная интерферометрия. Новосибирск: Наука, 1983. 212 с.
5. Котов В.М. Двухцветное брэгговское расщепление излучения Ar-лазера // Опт. и спектр. 1993. Т. 74. В. 2. С. 386-391.