

07; 08

© 1993

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ДВУХЦВЕТНОЙ
АКУСТООПТИЧЕСКОЙ ДИФРАКЦИИ

В.М. К о т о в

В [1] рассмотрена брэгговская анизотропная акустооптическая (АО) дифракция двухцветного оптического излучения на одной акустической волне, нашедшая применение в лазерных доплеровских анемометрах. Однако остались открытыми вопросы, связанные с некоторыми особенностями этого вида дифракции, такие как максимально возможная разница между длинами волн двухцветного излучения, эффективность дифракции и т.п. Данная работа отчасти восполняет этот пробел.

Двухцветная АО дифракция показана на векторной диаграмме, рис. 1. Исходное двухцветное оптическое излучение M , поляризации волн λ_1 и λ_2 которого взаимортогональны, падает на грань кристалла под углом α к его оптической оси OZ , распадаясь внутри кристалла на лучи с волновыми векторами $\vec{K}_1(\lambda_1)$ и $\vec{T}_2(\lambda_2)$ (обыкновенный и необыкновенный лучи соответственно), которые дифрагируют на акустической волне \vec{G} в направления $\vec{K}_2(\lambda_1)$ и $\vec{T}_1(\lambda_2)$. Отметим, что возможна и другая ситуация, когда при соответствующем выборе входных поляризаций падающими лучами являются $\vec{K}_2(\lambda_1)$ и $\vec{T}_1(\lambda_2)$, дифрагирующие в $\vec{K}_1(\lambda_1)$ и $\vec{T}_2(\lambda_2)$ соответственно. Оба этих случая приводят к разным результатам.

Случай, изображенный на рис. 1, описывает дифракцию в TeO_2 при выполнении неравенства $\lambda_1 > \lambda_2$. Вторая ситуация эквивалентна условию $\lambda_2 > \lambda_1$. Можно показать, что для первого случая максимальная разница $\Delta\lambda$ между λ_1 и λ_2 определяется условием $\Delta\lambda/\lambda_1 \leq (n_e - n_o)/n_o$, где n_e и n_o — главные показатели преломления кристалла. Во втором случае этот диапазон значительно шире, λ_1 и λ_2 могут отличаться друг от друга на порядок. Поэтому для задач расщепления двухцветного излучения второй случай наиболее привлекателен. При этом необходимо отметить, что он реализуется при распространении света вблизи оптической оси кристалла, когда собственные волны в TeO_2 имеют эллиптическую поляризацию.

При реализации этого вида дифракции для сильно различающихся длин волн света надо учитывать, что эффективность дифракции зависит от длины волны света, и дифрагированные лучи с λ_1 и λ_2 достигают своих максимальных значений при разных величинах акустической мощности. Другими словами, в общем случае невозможно получить одновременную 100%-ю дифракцию лучей с $\lambda_1 \neq \lambda_2$ на одной акустической волне.

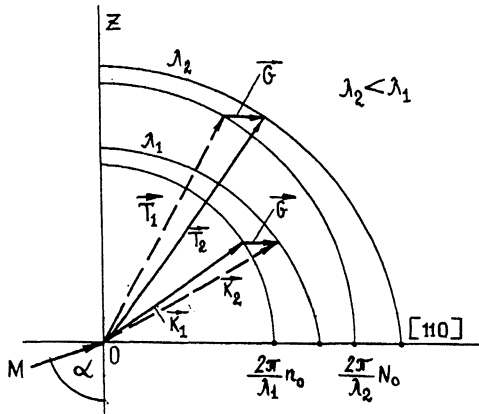


Рис. 1. Векторная диаграмма двухцветной АО дифракции.

Как известно [2], эффективность дифракции η монохроматического излучения в режиме Брэгга дается выражением:

$$\eta = \sin^2(qx/2), \quad (1)$$

где x - длина области взаимодействия; q - параметр, связанный с мощностью акустической волны:

$$q = \frac{\pi}{\lambda \cdot \cos \theta_0} \sqrt{M_2 \cdot P_a}, \quad (2)$$

где λ - длина волны света; θ_0 - угол Брэгга; M_2 - коэффициент акустооптического качества: $M_2 = n_0^6 P_{эф}^2 (\rho \cdot v^3)^{-1}$ ($P_{эф}$ - эффективная упругооптическая константа, ρ - плотность среды, v - скорость звуковой волны, P_a - плотность акустической мощности). Из (2) легко показать, что параметры q_1 и q_2 для длин волн λ_1 и λ_2 связаны между собой соотношением (в предположении, что упругооптические константы не изменяются с длиной волны света):

$$\frac{q_1}{q_2} = \frac{\lambda_2}{\lambda_1} \cdot \left(\frac{n_0}{N_0} \right)^3, \quad (3)$$

где n_0 и N_0 - показатели преломления обыкновенного луча для излучений с λ_1 и λ_2 соответственно.

На рис. 2 показан численный расчет зависимостей η_1 и η_2 от qx для двухцветного излучения Аг-лазера ($\lambda_1 = 0.5145 \cdot 10^{-4}$ см,

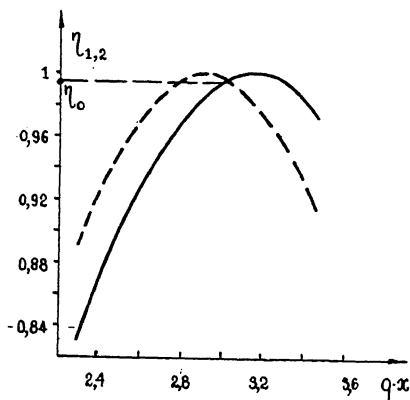


Рис. 2. Зависимость эффективности АО дифракции двухцветного излучения от параметра qx .

$\lambda_2 = 0.488 \cdot 10^{-4}$ см, $n_0 = 2.3115$, $N_0 = 2.3303$). Длина взаимодействия $x = 0.5$ см. Сплошная кривая соответствует λ_1 , пунктирная — λ_2 . Из рис. 2. хорошо видно, что излучения с λ_1 и λ_2 достигают своих максимальных значений при разных qx . В приведенном примере $q_2/q_1 = 0.93$. Одновременное максимальное значение этих кривых равно $\eta_0 = 0.99$ (см. рис. 2).

Отметим, что брэгговская „расстройка“ (по частоте звука или углу падения) позволяет уменьшить разницу между q_1 и q_2 но при этом сильно уменьшается η_0 .

Экспериментальные исследования, проведенные по методике, аналогичной [1], показали, что при одновременном достижении „максимума“ дифрагированных компонент излучения Ar-лазера, в нулевом порядке остается больше излучения (на 2–3%), чем при обычной брэгговской дифракции. При этом полоса частот для реализации этой дифракции оказалась в 2–3 раза больше расчетной, что, по-видимому, связано с конечной расходимостью волн света и звука.

Невозможность достижения 100%-й одновременной дифракции двухцветного излучения необходимо учитывать при конструировании конкретных устройств, особенно если длины волн двухцветного излучения сильно разнятся между собой.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] Антонов С.Н., Котов В.М., Сотников В.Н. // ЖТФ. 1991. Т. 61. № 1. С. 168–173.
 [2] Балакшиев В.И., Парыгин В.Н., Чирков Л.Е. Физические основы акустооптики. М.: Радио и связь, 1985, 280 с.