

08

© 1990

О ВОЗМОЖНОСТИ ЭФФЕКТИВНОЙ БРЭГГОВСКОЙ ДИФРАКЦИИ СВЕТА ПРИ НАРУШЕННОМ ФАЗОВОМ СИНХРОНИЗМЕ ДИФРАКЦИОННЫХ ПОРЯДКОВ

Г.Д. Каменщиков

Известно, что при разработке устройств отклонения светового луча посредством дифракции на фазовых гармонических решетках предпочтение отдается режиму дифракции Брэгга [1]. В отличие от режима Рамана-Ната такая дифракция позволяет полностью перекачивать энергию падающего света в один, два или три дифракционных порядка в зависимости от соотношения волновых чисел падающего и дифрагирующего пучков. Считается, что необходимым условием для полной перекачки энергии падающего луча в дифракционные порядки в режиме Брэгга является их фазовый синхронизм, обеспечиваемый определенным углом падения света на решетку в соответствии с условием Брэгга:

$$\vec{\beta}_g = \vec{\beta}_n + n\vec{K}, \quad (1)$$

где $\vec{\beta}_n, \vec{\beta}_g$ - волновые вектора падающего и дифрагирующего света, $\vec{K} = \frac{2\pi}{D}$, D - период решетки, где $n=1$ при двухлучевой, $n=\pm 1$ или $n=1, 2$ при трехлучевой и $n=1, 2, 3$ при четырехлучевой дифракции Брэгга [2].

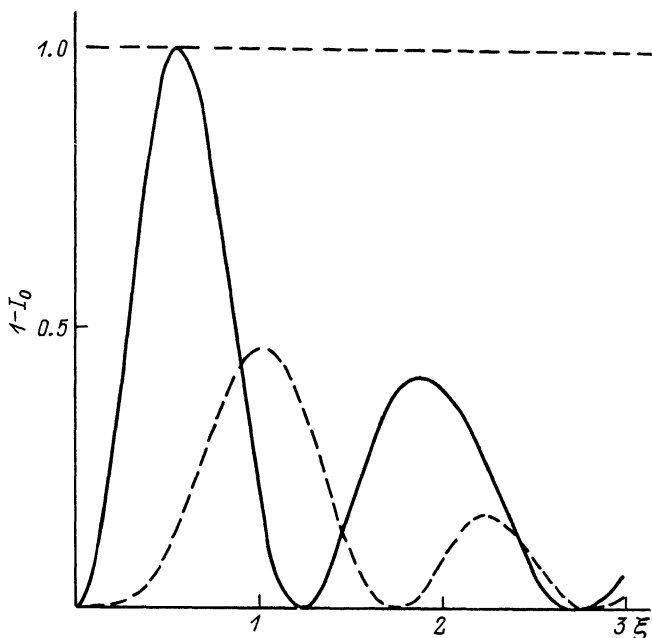
В настоящей работе описывается одна возможность реализации Брэгговской дифракции с эффективностью преобразования падающего луча 100% при нарушении условия (1).

Симметричная двухлучевая дифракция Брэгга реализуется, когда $n=\pm 1$, $\beta_n < \beta_g$ и $\vec{\beta}_n$ ортогонально \vec{K} , т.е.

$$K = \sqrt{\beta_g^2 - \beta_n^2} \approx \sqrt{2\beta\Delta\beta}. \quad (2)$$

В этом случае чувствительность дифракционной эффективности к углу падения света на решетку можно рассчитать, записав уравнение связи между порядками 1 следующим образом:

$$\begin{aligned} \frac{dA_0}{dx} &= \frac{\alpha}{2} (A_1 e^{-i\eta x} - A_{-1} e^{i\eta x}), \\ \frac{dA_1}{dx} &= -\frac{\alpha}{2} A_0 e^{i\eta x}, \\ \frac{dA_{-1}}{dx} &= \frac{\alpha}{2} A_0 e^{-i\eta x}, \end{aligned} \quad (3)$$



Дифракционная эффективность при трехлучевой (сплошная линия) и двухлучевой (пунктирная линия) дифракции в зависимости от расстройки векторной диаграммы по углу падения света на решетку.

где $\frac{\alpha}{2}$ - константа связи, определяемая амплитудой решетки; A_0, A_1, A_{-1} - комплексные амплитуды, соответственно, нулевого и ± 1 -го порядков; x - координата вдоль направления распространения нулевого порядка - длина взаимодействия; $qx = Kqx$ - фазовое рассогласование между нулевым и ± 1 -ми порядками, возникающее из-за отклонения на угол ψ падающего луча от нормали к решетке при выполнении условия (2).

Решая систему (3) совместно с граничными условиями $A_0 = 1, A_1 = A_{-1} = 0$ при $x = 0$ и домножив амплитуды на комплексно сопряженные, получаем выражения для интенсивности порядков:

$$I_0 = \left[\frac{\cos(q \sqrt{1+2\xi^2}) + 2\xi^2}{1+2\xi^2} \right]^2, \quad (4)$$

$$I_1 = I_{-1} = \frac{1}{2}(1 - I_0),$$

$$\text{где } q = \frac{\alpha}{\sqrt{2}} x, \quad \xi = \frac{q}{\alpha}.$$

Видно, что при $2\xi^2 < 1$ всегда найдется длина взаимодействия, при которой $I_0 = 0$, т.е. произойдет полное расщепление падающего луча в два симметричных порядка. На рис. 1 приведена интенсивность дифрагирующего света в зависимости от фазовой расстройкой при $\varphi = \pi$. Для сравнения показана аналогичная зависимость для дифракции в один порядок, рассчитанная по известной формуле [3]:

$$1 - I_0 = \frac{\sin^2(\varphi' \sqrt{1 + \xi^2})}{1 + \xi^2}, \quad (5)$$

где $\varphi' = \frac{\pi}{2} x$ также принято равным π .

Наряду с одноосными анизотропными средами, условия для описанного дифракционного эффекта существуют при дифракции волноводных оптических мод в изотропных пленках магнитных диэлектриков, обладающих эффектом Фарадея. Например, в условиях эксперимента, описанных в работе [4], при длине взаимодействия $x = 2.9$ мм полное расщепление волноводного пучка должно произойти, когда угол падения света на решетку составляет ± 0.1 град. При нормальном же падении свет не дифрагирует.

Таким образом, в данной работе описана еще одна особенность многолучевой брэгговской дифракции света, которая применительно к волноводной магнитооптике открывает дополнительные возможности построения переключающих элементов на базе периодических структур намагниченности.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] Балакший В.И., Парыгин В.Н., Чирков Л.Е. Физические основы акустооптики. М.: Радио и связь. 1985. 280 с.
- [2] Волошинов В.П., Парыгин В.Н., Чирков Л.Е. // Вестн. Моск. унив., сер. 3. Физ. астр. 1976. Т. 17. № 3. С. 305-312.
- [3] Прохоров А.М., Смоленский Г.А., Агеев А.Н. // УФН. 1984. Т. 143. В. 1. С. 33-72.
- [4] Есиков О.С., Каменщиков Г.Д. // ЖТФ. 1989. Т. 15. В. 4. С. 81-84.

Поступило в Редакцию
7 февраля 1990 г.