

ОСОБЕННОСТИ ПЛАНАРНОГО АКУСТООПТИЧЕСКОГО МОДУЛЯТОРА-ДЕФЛЕКТОРА С ОГРАНИЧЕННЫМ ПУЧКОМ СВЕТА

*О. Н. Бикеев, А. И. Гудзенко, Л. Н. Дерюгин,
Л. А. Осадчев, В. Е. Сотин и Н. И. Чернышев*

Качественно рассмотрены процессы, происходящие при брэгговской дифракции световых пучков конечной ширины, и проведены экспериментальные измерения искажения амплитудных распределений проходящего и дифрагированных пучков.

В реальных акустооптических модуляторах-дефлекторах света, основанных на явлении брэгговской дифракции, используется, как правило, ограниченный пучок света. Однако теория брэгговской дифракции разработана для бесконечных пучков света. Но, как показали наши эксперименты, при достаточно сильной модуляции фотоупругой среды возникают искажения дифрагированного и прошедшего пучков света, которые не объясняются теорией брэгговской дифракции бесконечного пучка света на звуковом столбе.

Целью данной работы является феноменологическое объяснение процессов, происходящих при брэгговской дифракции световых пучков конечной ширины, и экспериментальные измерения искажения амплитудных распределений проходящего и дифрагированного пучков.

Вначале рассмотрим известную картину рис. 1, а дифракции плоской волны, падающей на столб акустических волн под углом Брэгга, которую схематически можно представить в виде диаграммы рис. 1, б. При этом проходящая и дифрагированные волны на выходной грани акустического столба имеют сдвиг фазы на $\pi/2$. Если ширина акустического столба h_1 выбрана определенным образом [1], на выходной грани его в первом приближении имеет место только дифрагированная плоская волна, что иллюстрируется диаграммой рис. 1, в. Такую дифракцию назовем однократной. Если при той же плотности потока акустической мощности ширину столба h_2 увеличить вдвое по сравнению с предыдущей, получим двукратную дифракцию, изображенную на рис. 1, г, при которой вторично дифрагированная волна имеет сдвиг фазы π относительно фазы волны, проходящей через столб в отсутствие акустических волн. При значительной амплитуде упругих колебаний и ширине акустического столба возможна многократная дифракция. При этом в акустическом столбе, как и на рис. 1, г, можно выделить парциальные столбы шириной h_1 , ограниченные прямыми, где дифракция считается однократной. Внутри же всей области взаимодействия траекторию луча плоской волны можно условно представить в виде ломаной линии, длина отрезков которой будет соответствовать длине полного преобразования энергии падающей волны в дифрагированную, и наоборот.

Пользуясь далее лучевой трактовкой, допустим, что падающая волна представляет собой полубесконечный пучок (рис. 2, а). При дифракции происходит пространственный сдвиг луча в сторону дифрагированного пучка, что исключает многократную дифракцию на границе пучка. Это

приводит к экспоненциальному убыванию амплитуды поля на границе проходящего пучка при увеличении длины взаимодействия за счет только однократной дифракции. При удалении от границы пучка по внешней

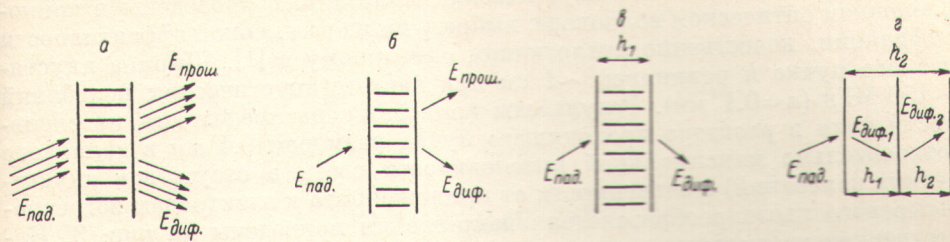


Рис. 1.

поверхности акустического столба наблюдается двукратная, трехкратная и т. д. дифракции, поэтому амплитуда поля осциллирует, как показано на рис. 2, б. Ширина полосы осцилляции по оси z на рис. 2, б $a = h \operatorname{tg} \alpha$,

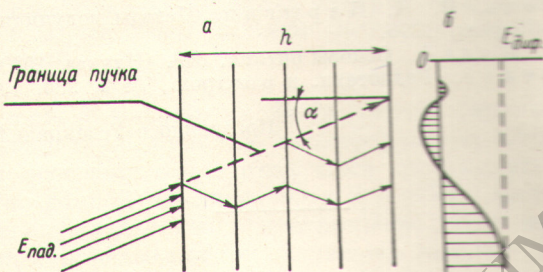


Рис. 2.

где α — угол Брэгга, и только за пределами этой полосы амплитуда поля соответствует расчетной по теории дифракции плоских волн. Очевидно, что при апертуре падающего светового пучка, сравнимой с a , зависимость

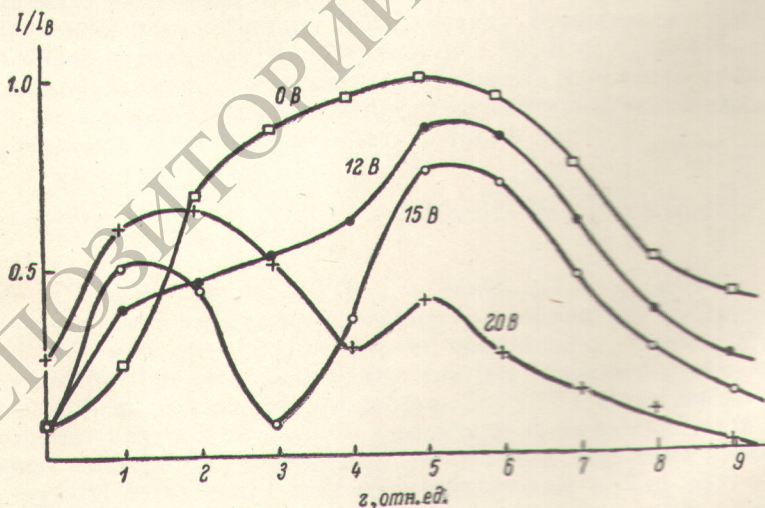


Рис. 3.

амплитуды света в апертуре прошедшего и дифрагированного пучков будет зависеть от интенсивности звуковой волны, поскольку на границах этих пучков не будет полного преобразования падающего пучка в дифрагированный, и наоборот. Количественные оценки этого явления возможны

при решении задачи оптоакустической дифракции в строгой постановке, основа которой изложена, например, в [2].

Эксперименты по дифракции ограниченных световых пучков с гауссовым распределением на акустических колебаниях проведены в тонкопленочном оптическом волноводе, выбранном из-за высокой эффективности дифракции, качественно аналогичном описанному в [3]. Ширина акустического пучка h равнялась ~ 1 см при частоте акустических колебаний ~ 150 МГц ($a=0.1$ мм). Результаты измерений распределения интенсивности поля в растворе проходящего пучка размером 0.1 мм в волноводе (относительно максимальной интенсивности света в отсутствие акустических колебаний) в зависимости от приложенного к электродам ветречноштыревого пьезопреобразователя напряжения приведены на рис. 3. Качественное рассмотрение и экспериментальные исследования изученного явления свидетельствуют о возможности существенного искажения полей световых пучков при брэгговской дифракции.

Литература

- [1] Е. Р. Мустель, В. Н. Парыгин. Методы модуляции и сканирования света, 207. «Наука», 1970.
- [2] М. Борн, Э. Вольф. Основы оптики, 648. «Наука», 1970.
- [3] А. И. Гудзенко. Радиотехн. и электрон., № 2, 286, 1976.

Поступило в Редакцию 1 сентября 1977 г.