

## МНОГОЛУЧЕВАЯ БРЭГГОВСКАЯ ДИФРАКЦИЯ ВОЛНОВОДНОГО СВЕТА В ГИРОТРОПНОЙ ПЛЕНКЕ

О.С. Е с и к о в, Г.Д. К а м е н щ и к о в

Пленочные фазовые периодические структуры используются при разработке многих элементов интегральной оптики. Наряду с такими традиционными способами создания управляемых решеток, как возбуждение поверхностных акустических волн, представляют интерес методы формирования периодической намагниченности в гиротропных пленках. Необходимость исследования режимов дифракции в таких структурах обусловлена прежде всего задачами разработки планарных оптоэлектронных устройств обработки СВЧ сигналов на спиновых волнах. Кроме того, особенности магнитооптической дифракции волноводных оптических мод могут быть использованы при изготовлении пленочных решеточных элементов на основе висмутсодержащих феррогранатовых пленок, управляемых полями величиной около 10 Э.

Известно, что в оптически анизотропных средах при различии фазовых скоростей падающей и дифрагирующей волн может происходить многократное рассеяние света в два и даже три брэгговских порядка дифракции [1]. Так как дифракция волноводного света в гиротропных пленках сопровождается изменением поляризации моды и изменением волнового числа, то аналогичное физическое явление должно наблюдаться и в этом случае. До настоящего времени экспериментально исследовались случаи коллинеарной [2] и двухлучевой [3, 4] магнитооптической дифракции волноводных мод в режиме Брэгга. В данной работе впервые наблюдалась трехлучевая брэгговская дифракция оптических мод на периодической магнитной структуре в изотропной пленке, обладающей фарадеевским вращением.

Исследовалась дифракция  $TM_0$  моды с преобразованием в  $TE_0$  моду на длине волны света в воздухе  $\lambda = 1.15$  мкм в пленке редкоземельного феррограната толщиной 2 мкм,  $n = 2.2$ , коэффициент фарадеевского вращения  $880$  град  $\cdot$  см $^{-1}$ , подложка ГГГ. Для того чтобы мода дифрагировала в брэгговском режиме в два порядка, необходима симметрия векторной диаграммы

$$\vec{\beta}_{TE_0} = \vec{\beta}_{TM_0} + \vec{K} \quad (1)$$

( $K = \frac{2\pi}{D}$ ,  $D$  - период решетки), т.е. выполнение условия фазового синхронизма сразу для двух направлений  $\pm \vec{K}$ . В изотропной пленке это возможно при нормальном падении света на решетку, когда волновое число падающей моды меньше волнового числа дифрагирующей моды. Отсюда требуемое значение волнового числа решетки:

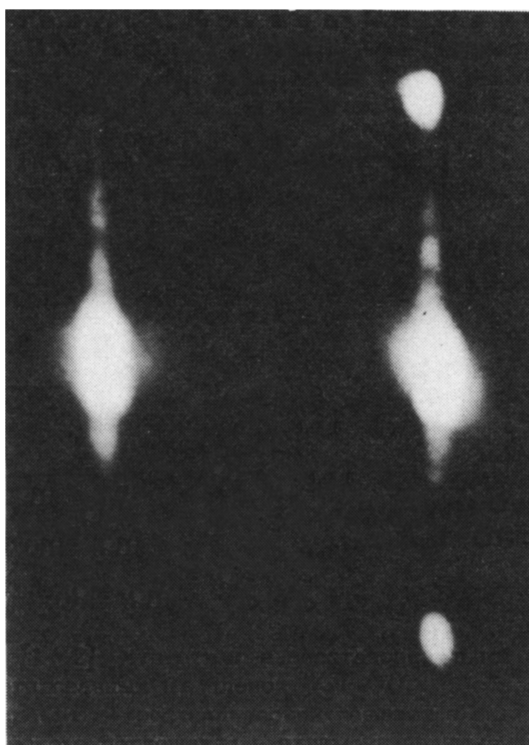


Рис. 1.

$$K = \sqrt{\beta_{TE_0}^2 - \beta_{TM_0}^2}. \quad (2)$$

Для используемой пленки расчетное значение  $\Delta\beta = \beta_{TE_0} - \beta_{TM_0}$  равнялось  $85 \text{ см}^{-1}$ , и необходимое значение периода

$$D = 2\pi (2\beta\Delta\beta)^{-1/2} \quad (3)$$

составило  $13 \text{ мкм}$ . В эксперименте решетка намагниченности индуцировалась полями рассеяния магнитной ленты, находящейся в контакте с волноводной пленкой, в плоскости которой прикладывалось подмагничивающее поле [4]. Длина взаимодействия света с решеткой  $l$  определялась шириной дорожки записи сигнала и равнялась  $2.5 \text{ мкм}$ . Излучение  $He - Ne$  лазера вводилось в пленку и выводилось с помощью призм из  $GaP$ . Для дополнительного пространственного разделения TE и TM мод на выходе использовалась

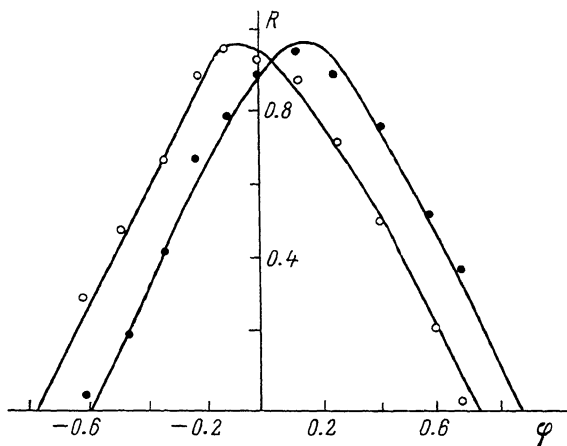


Рис. 2. Нормированная дифракционная эффективность  $R$  в зависимости от  $\varphi$  в градусах. Темными и светлыми кружками обозначены, соответственно, экспериментальные значения для +1 и -1 брэгговского порядка.

кальцитовая двупреломляющая призма. На рис. 1 показано разделенное по поляризации поле прошедшего света. Слева - нулевой порядок  $TM_0$  моды. Справа сверху и снизу дифрагированные +1 и -1 порядки  $TE_0$  моды, в центре - коллинеарное преобразование  $TM_0 \rightarrow TE_0$  на участках пленки, намагниченных внешним полем и не занятых решеткой. Критерий, разграничивающий брэгговский и раман-натовский режимы дифракции при  $\Delta\beta \neq 0$  [5], может быть записан в виде

$$\gamma l \approx \left( \frac{\kappa^2}{2\beta} + \Delta\beta \right) l; \quad (4)$$

когда

$$\gamma l \gg 1, \quad (5)$$

дифракция носит брэгговский характер. В нашем случае  $\frac{\kappa^2}{2\beta} \ll \Delta\beta$ , и условие (5) принимает вид  $l \gg \Delta\beta^{-1} = 100$  мкм, что выполнялось в эксперименте. Другим доказательством того, что дифракция идет в режиме Брэгга, является чувствительность дифракционной эффективности к углу падения света на решетку. На рис. 2 приведены значения интенсивности порядков в зависимости от угла падения  $\varphi$ , измеряемого в воздухе. Теоретическую ширину контура чувствительности к углу падения можно рассчитать, исходя из выражения [3], описывающего влияние фазового рассогласования на эффективность дифракции Брэгга

$$R = \left( \frac{\sin \xi}{\xi} \right)^2, \quad (6)$$

где  $\xi = \frac{kl\varphi}{2n}$  - величина фазового рассогласования, возникающего при нарушении условия (1). В соответствии с (6) ширина контура на уровне половины интенсивности около 0.6 град, т.е. несколько меньше наблюдаемой экспериментально, что объясняется расходимостью луча в плоскости пленки. Несовпадение максимумов дифракционной эффективности +1 и -1 порядков, по-видимому, связано с неточностью определения периода решетки (3).

Увеличение длины взаимодействия  $l$  приводит к полному гашению нулевого порядка и перекачки его энергии в симметричные брэгговские +1 и -1 порядки. Таким образом, явление трехлучевой дифракции в магнитооптических волноводных пленках может быть использовано при создании разветвителей и переключающих устройств, управляемых касательным магнитным полем в несколько эрстед. Использование напыленной металлизированной магнитной ленты с записанным однополярным меандровым сигналом позволяет обойтись без внешней магнитной системы, а управляющее поле получить, пропуская ток непосредственно по ленте.

#### С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] Волошинов В.Б., Парыгин В.Н., Чирков Л.Е. // Вестн. МГУ, Сер. 3, Физ., астр. 1976. Т. 17. № 3. С. 305-312.
- [2] Tien P.K., Shinkle D.P., Blank S.L. // Journ. of Appl. Phys. 1974. V. 45. N 7. P. 3059-3068.
- [3] Herper G., Castera G.P., Desormiere B. // Appl. Opt. 1976. V. 15. N 7. P. 1683-1684.
- [4] Есиков О.С., Каменщиков Г.Д. // Письма в ЖТФ. 1987. Т. 13. № 8. С. 468-471.
- [5] Волошинов В.Б., Парыгин В.Н. // Письма в ЖТФ. 1981. Т. 7. № 3. С. 145-148.

Поступило в Редакцию  
8 декабря 1988 г.