

и медицинского оборудования, где в качестве основы применяется легированная сталь и сплавы, обладающие высокой твердостью и прочностью. Менее изучены вопросы использования вакуумно-плазменных покрытий для повышения износостойкости аустенитных сталей и сплавов цветных металлов.

Актуальность таких исследований связана с тем, что многие детали и элементы конструкции работают в особых условиях эксплуатации (воздействие знакопеременных нагрузок, высоких контактных давлений, быстро изменяющихся температур, агрессивных сред, вакуума и т.д.) и должны обладать специальными, часто трудносовместимыми физико-механическими свойствам: коррозионной стойкостью, твердостью, прочностью, немагнитностью, вакуумной плотностью, износостойкостью, низким коэффициентом трения и т.д. [1].

## ЛИТЕРАТУРА

1. Мрочек, Ж.А. Плазменно-вакуумные покрытия: монография / Ж.А. Мрочек [и др.]. – Минск: Технопринт, 2004. – 369 с.

УДК 535.421

Навныко В.Н.

### **ДИФРАКЦИОННАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ОТРАЖАТЕЛЬНОЙ ГОЛОГРАММЫ В КРИСТАЛЛАХ СИЛЛЕНИТА В РЕЖИМЕ БРЭГГОВСКОЙ ДИФРАКЦИИ ВТОРОГО ПОРЯДКА**

*МГПУ, Мозырь*

Кубические фоторефрактивные кристаллы  $\text{Bi}_{12}\text{TiO}_{20}$ ,  $\text{Bi}_{12}\text{SiO}_{20}$  (BSO) и  $\text{Bi}_{12}\text{GeO}_{20}$  класса симметрии 23 образуют *новый* перспективный класс фоточувствительных сред для хранения и обработки оптической информации поскольку обладают меньшим временем фоторефрактивного отклика по сравнению с сегнетоэлектрическими фоторефрактивными кристаллами и большим электрооптическим коэффициентом

по сравнению с полупроводниковыми кристаллами [1]. Фото-рефрактивные кристаллы со структурой силленита применяются в системах фильтрации оптического излучения и интерференционного контроля в качестве реверсивных фоточувствительных материалов, пригодных для работы в режиме реального времени [2].

В настоящее время опубликовано большое количество научных работ, посвященных изучению особенностей формирования, считывания и хранения объемных голограмм в кубических фоторефрактивных пьезокристаллах. В большинстве работ анализируются случаи брэгговского резонанса первого порядка (рисунок 1), когда выполняется условие  $2\Lambda\cos\alpha_1=\lambda$ , где  $\Lambda$  – длина пространственного периода голографической решетки,  $\lambda$  – длина электромагнитной волны в вакууме,  $\alpha_1$  – угол Брэгга.

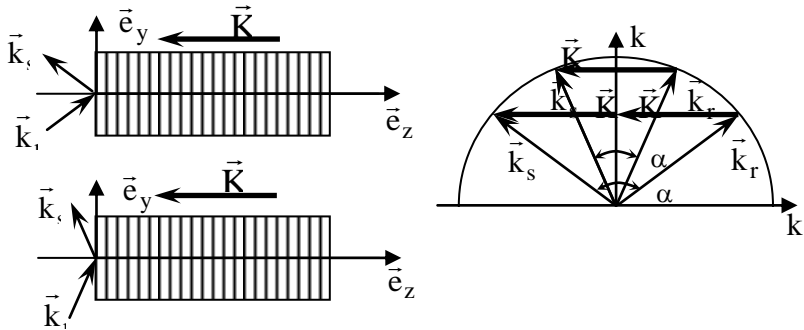


Рисунок 1 – Схема дифракции опорной и предметной световых волн на объемной голограмме в условиях точного выполнения режима резонанса 1 и 2 порядков

На рисунке 1 векторами  $\vec{k}_s$ ,  $\vec{k}_r$  обозначены волновые векторы предметной и опорной световых волн, вектор  $\vec{K}$  задает волновой вектор объемной голографической решетки, направление оси  $k_z$  совпадает по направлению с единичным вектором  $\vec{e}_z$ , ось  $k_y$  параллельна единичному вектору  $\vec{e}_y$  и лежит в плоскости среза кристалла.



Пусть в кубическом пьезокристалле BSO со структурой силленита сформирована объемная фазовая отражательная голографическая решетка с волновым вектором  $\vec{K}$ , направленным перпендикулярно передней грани кристалла среза {111} (рисунок 1). Как известно [5], в этом случае кристалл становится оптически одноосным, причем оптическая ось направлена перпендикулярно передней грани кристалла. Опорная световая волна предполагается линейно поляризованной в плоскости падения.

Для решения задачи о нахождении дифракционной эффективности объемной голограммы было составлено дисперсионное уравнение, аналогичное уравнению, представленному и проанализированному в [4], пригодное для нахождения волновых векторов световых волн, возникших в результате дифракции опорной световой волны на отражательной голографической решетке. Рассчитаны и построены в обратном пространстве кривые, соответствующие дисперсионному уравнению (рисунок 2).

Векторы  $\vec{k}_{-3}^{\text{refl}}$ ,  $\vec{k}_{-2}^{\text{refl}}$  и  $\vec{k}_{-1}^{\text{refl}}$  найдены в результате решения дисперсионного уравнения и при сложении с вектором голографической решетки  $\vec{K}$  соответствуют волновым векторам волн, возникшим в результате дифракции и отражения от решетки. Векторы  $\vec{k}_{+1}^{\text{trans}}$ ,  $\vec{k}_{+2}^{\text{trans}}$  и  $\vec{k}_{+3}^{\text{trans}}$  при сложении с вектором  $\vec{K}$  соответствуют волновым векторам прошедших через голограмму волн. Вектор  $\vec{k}_r^0$  соответствует волновому вектору опорной волны на стадии записи голограммы, вектор  $\vec{k}_r$  — на стадии считывания голограммы. Векторы  $\vec{k}_r^0$  и  $\vec{k}_r$  не совпадают по направлению ввиду угловой отстройки от угла Брэгга. Штриховая окружность является геометрическим местом точек концов волнового вектора опорной волны при произвольном угле падения на кристалл.

В результате анализа дисперсионных кривых установлено, что резонансными являются дифрагированные световые волны с волновыми векторами  $\vec{k}_{+1}^{\text{trans}} + \vec{K}$  и  $\vec{k}_{-1}^{\text{refl}} + \vec{K}$ . Волновые векторы  $\vec{k}_{-3}^{\text{refl}}$ ,  $\vec{k}_{-2}^{\text{refl}}$  и  $\vec{k}_{+2}^{\text{trans}}$  и  $\vec{k}_{+3}^{\text{trans}}$  соответствуют дифрагированным волнам высшего порядка, для которых не достигается максимальная дифракционная эффективность.

Показано, что наибольшая дифракционная эффективность достигается в случае небольшой угловой отстройки волнового вектора  $\vec{k}_r$  от угла Брэгга. Установлены сочетания различных значений углов между нормалью к плоскости голограммы (единичный вектор  $\vec{e}_z$ ) и волновым вектором  $\vec{k}_r$ , при соблюдении которых достигаются наибольшие значения дифракционной эффективности объемной отражательной голограммы, сформированной в кристалле BSO фиксированной толщины и среза.

Установлено, что при соответствующем выборе угла между нормалью к плоскости голограммы и волновым вектором опорной волны реализуется эффективная генерация второй гармоники при дифракции опорной волны на отражательной голографической решетке. В результате такой генерации возможно заметное увеличение значений дифракционной эффективности отражательной голограммы, которая по величине становится сравнимой со значениями дифракционной эффективности, достигаемыми при брэгговской дифракции первого порядка в этих же кристаллах.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Mallick, S. Polarization properties of self-diffraction in sillenite crystals: reflection volume gratings / S. Mallick, M. Miteva, L. Nikolova // J. Opt. Soc. Am. B. – 1997. – Vol. 14. – № 5. – P. 1179-1186.

2. Петров, М.П. Фоторефрактивные кристаллы в когерентной оптике / М.П. Петров, С.И. Степанов, А.В. Хоменко. – СПб.: Наука, 1992. – 320 с.

3. Шепелевич, В.В. Запись и считывание голограмм в кубических гиротропных фоторефрактивных пьезокристаллах / В.В. Шепелевич // Журнал прикладной спектроскопии. – 2011. – Т. 78. – № 4. – С. 493-515.

4. Vasnetsov, M.V. Coupled-wave analysis of second-order Bragg diffraction. I. Reflection-type phase gratings / M.V. Vasnetsov [et al.] // J. Opt. Soc. Am. B. – 2009. – Vol. 26. – P. 684-690.

5. Дифракция световых волн на отражательных голограммах в кубических пьезокристаллах / Письма в ЖТФ. – 2003. – Т. 29. – Вып. 18. – С. 22-28.

УДК 535.37

Попечиц В.И.

**РЕГИСТРИРУЮЩИЕ СРЕДЫ НА ОСНОВЕ  
ОРГАНИЧЕСКИХ КРАСИТЕЛЕЙ  
ДЛЯ ДЕФЕКТΟΣКОПИИ МАТЕРИАЛОВ И ИЗДЕЛИЙ**

*НИИПФП БГУ, Минск*

Растворы органических красителей в органических и неорганических растворителях, а также в полимерных матрицах имеют интенсивные электронно-колебательные полосы поглощения в видимой области спектра [1]. В ряде работ было показано, что под воздействием ионизирующего излучения многие многокомпонентные растворы красителей изменяют цвет [2-6].

Характер изменения цвета многокомпонентного раствора зависит от химической природы и исходной концентрации красителей, физико-химических свойств растворителя, спектрального состава и дозы воздействующего на раствор