

05;07;12

©1995

ФОРМИРОВАНИЕ РЕНТГЕНОВСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ ВОЗДЕЙСТВИЕМ ОПТИЧЕСКОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ НА ДИФРАГИРУЮЩИЙ КРИСТАЛЛ

*В.Н. Трушин, А.А. Жолудев, М.А. Фаддеев,
Е.В. Чупрунов, А.Ф. Хохлов*

Методы пространственно-временной модуляции света основываются на изменении диэлектрической проницаемости среды под влиянием внешних факторов. Для волн рентгеновского диапазона эти методы непригодны, поскольку для них коэффициент преломления всех материалов близок к единице и мало изменяется при внешних воздействиях.

В [1] рассматривается метод формирования рентгеновского изображения с помощью создаваемого тонкого рельефа на поверхности кристаллического образца. Однако сложность формируемых изображений существенно ограничивается возможностями преобразования волновых фронтов зонными структурами.

В [2,3] авторами исследовалось влияние неоднородного поля температур, вызванного воздействием лазерного излучения, на рентгенодифракционные свойства кристаллов группы KDP. Разработанная методика дает возможность получать рентгеновские пучки с пространственно-временной модуляцией.

Предлагаемый метод заключается в следующем: "черная" поверхность кристаллической среды освещается оптическим двумерным изображением. Поглощение света в кристалле приводит к локальному нагреву и структурным искажениям из-за неоднородных термоиндуцированных деформаций, распределение которых определяется пространственно-временной структурой оптического изображения. Возникающие искажения приводят к пропорциональному, а в некоторых случаях и нелинейному изменению рентгеноструктурных параметров. Кристалл устанавливается в отражающее положение относительно монохроматизированного рентгеновского излучения. Дифрагированный рентгеновский пучок будет промодулирован в соответствии с искажениями структуры, а значит соответственно оптическому изображению.

На рисунке, а показана схема формирования рентгеновского изображения. Излучение ИАГ:Nd лазера 1 (длина

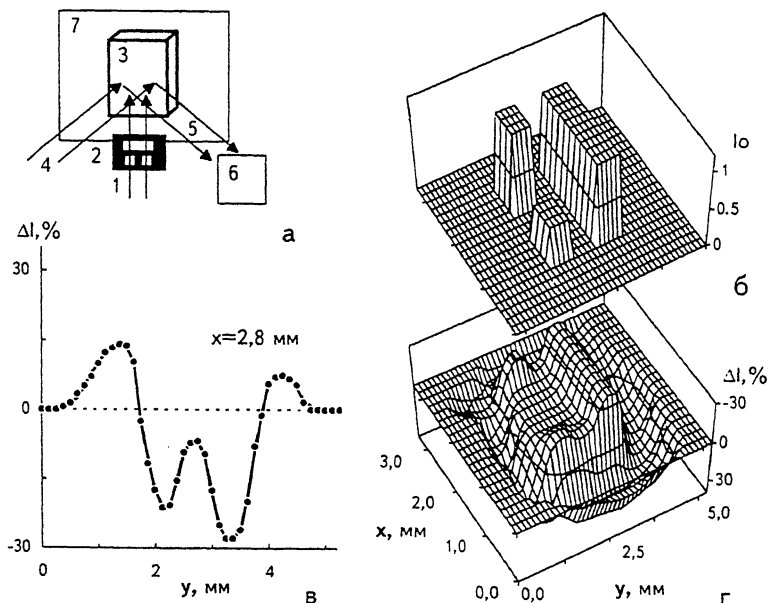


Схема формирования рентгеновского изображения (а), псевдотрехмерные рисунки, показывающие распределение энергии в освещающем кристалл оптическом (б) и полученном рентгеновском (в) изображениях. Отдельно показан срез рентгеновского изображения (г).

волны 1.06 мкм , с плотностью мощности $0.02 \text{ Вт} \cdot \text{мм}^2$), расширенное до апертуры $4 \times 10 \text{ мм}$ направлялось на транспарант 2, формирующий оптическое изображение, падающее на поверхность XU -среза монокристалла LiNbO_3 3. Поверхность кристалла покрыта тонким поглощающим ИК излучение слоем PbS . Монохроматизированный рентгеновский пучок 4, CuK_α излучение с апертурой $4 \times 15 \text{ мм}$ падает на кристалл в область оптического изображения. Дифрагированное на кристалле и промодулированное оптическим изображением рентгеновское излучение 5 фиксируется фотопластинкой 6, помещенной в светонепроницаемый, но проницаемый для рентгеновского излучения кожух. Кристалл LiNbO_3 крепился к массивному металлическому держателю 7, служащему для отвода тепла, выделяющегося в кристалле при поглощении энергии оптического излучения.

На рисунке, б показано распределение нормированной (относительно плотности энергии света) интенсивности I_0 оптического изображения, формируемого на поверхности кристалла. Структура дифракционного максимума кри-

сталла (СДМК) фиксировалась на фотопластинке при освещении образца в течение 45 мин. Картина изменения (ΔI) степени почернения фотопластинки относительно значения, соответствующего рентгеновскому излучению, дифрагированного от неосвещенной поверхности образца, показана на рисунке, *г*. Срез рентгеновского изображения вдоль координаты y , соответствующий значению координаты $x = 2.8$ мм, представлен на рисунке, *в*. Воздействие оптического излучения на кристалл имело полностью обратимый характер, что подтверждает вид СДМК, полученной после выключения оптической засветки. Формируемое рентгеновское изображение является инверсным по отношению к оптическому изображению. При этом в полученном рентгеновском изображении (см. рисунок, *г*) наблюдаются области как повышенной, так и пониженной относительно исходного нулевого уровня дифракции. Области с пониженным уровнем дифракции, соответствующие освещенным участкам поверхности, оконтурены областями повышенной дифракции, находящимися в области геометрической тени. Контраст наблюдаемого изображения достигал 30%.

Формирование областей с пониженной интенсивностью рентгеновского дифракционного максимума происходит за счет локального измерения параметров решетки кристалла вследствие тепловых деформаций в области воздействия света. Возникающие искажения приводят к изменению брэгговского угла и смещению деформированной области кристалла из отражающего положения. Контраст рентгеновского изображения соответствует термоиндуцированным искажениям структуры, а значит и оптическому изображению.

Увеличение интенсивности рентгеновского максимума вблизи границы света и тени может быть качественно объяснено следующим образом. Кристалл LiNbO_3 , использованный в данном эксперименте, имел высокую степень совершенства (ширина кривой качания около 10 с). Это приводит к тому, что рентгеновские дифракционные максимумы с малыми брэгговскими углами ослаблены вследствие динамических эффектов рассеяния рентгеновских лучей.

На основании сделанных нами расчетов компонент градиента температурного поля следует, что в узкой области вблизи границы света и тени компонента градиента температурного поля и, следовательно, неоднородные температурные деформации имеют максимум. Это приводит к тому, что неоднородная тепловая деформация изменяет условия динамической дифракции рентгеновских лучей в кристалле, что, в свою очередь, приводит к увеличению интенсивности дифракционного максимума [3] и вызывает "оконтуривание" границ изображения. Размеры этой области, опреде-

ляющие возможную величину максимальной разрешающей способности рентгеновского изображения, для кристалла LiNbO_3 достигают 0.05–0.2 мм.

Список литературы

- [1] Аристов В.В., Басов Ю.А., Снегирев А.А. // Письма в ЖТФ. 1987. Т. 13. В. 2. С. 114–118.
- [2] Трушин В.Н., Чупрунов Е.В., Хохлов А.Ф. // Письма в ЖТФ. 1988. Т. 14. В. 19. С. 1749–1751.
- [3] Трушин В.Н., Рыжкова Т.М., Фаддеев М.А., Чистякова Е.Л., Чупрунов Е.В., Хохлов А.Ф. Кристаллография. 1993. Т. 38. В. 4. С. 213–218.

Нижегородский государственный
университет им. Н.И. Лобачевского

Поступило в Редакцию
13 февраля 1995 г.