

ОСОБЕННОСТИ ГЕНЕРАЦИИ ВТОРОЙ ГАРМОНИКИ В КРИСТАЛЛАХ $Sr_3Ga_2Ge_4O_{14}$

© В.Н.Моисеенко, Т.З.Гречух*, А.Е.Носенко*, М.М.Антоненко

Днепропетровский государственный университет,
320000 Днепропетровск, Украина

* Львовский государственный университет,
290000 Львов, Украина

(Поступила в Редакцию 22 февраля 1996 г.
В окончательной редакции 17 июня 1996 г.)

Проведено экспериментальное исследование нелинейных эффектов в рассеянии света в кристаллах $Sr_3Ga_2Ge_4O_{14}$.

Нелинейные диэлектрические кристаллы сложного строения находят все более широкое применение в устройствах управления оптическим излучением и в качестве кристаллических матриц для твердотельных лазеров, в том числе с самоумножением частоты генерации. Исследуемые нами монокристаллы $Sr_3Ga_2Ge_4O_{14}$ принадлежат к новому классу тригональных нецентросимметричных материалов типа Ga-галлогерманата (пр. гр. $D_2^3 = P321$) [1], обладающих уникальным сочетанием оптикофизических (люминесцентных, лазерных, оптических, упругих, диэлектрических, пьезоэлектрических) свойств. Особую актуальность приобретает использование этих кристаллов в оптоэлектронике. Возможность получения образцов достаточно больших размеров позволяет при активации ионами переходных металлов рассматривать их в качестве активных элементов твердотельных лазеров ближнего ИК-диапазона [2].

Существует, однако, ряд сложностей, способных ограничить возможности использования указанных материалов. К таким сложностям можно отнести ростовые дефекты [4] и трудности в получении оптически однородных активированных кристаллов.

Мощным методом исследования микродефектной структуры кристаллов является изучение особенностей генерации второй оптической гармоники, а также характеристик рассеяния света с удвоением частоты возбуждающего излучения (генерация второй гармоники (ВГ) в условиях квазисинхронизма) [5].

Настоящая работа посвящена экспериментальному изучению нелинейных аналогов процессов упругого рассеяния света, сопровождающихся удвоением частоты возбуждающего излучения. Указанное рассеяние происходит на статистических неоднородностях, приводящих к

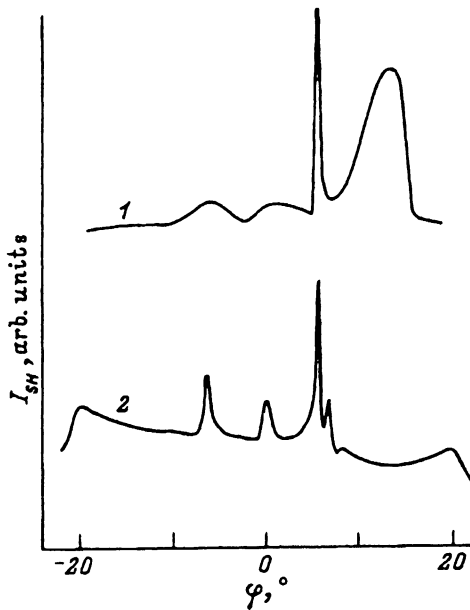


Рис. 1. Угловое распределение гиперрэлеевского рассеяния света на монокристаллах $\text{Sr}_3\text{Ga}_2\text{Ge}_4\text{O}_{14}$ при возбуждении вдоль осей OY (1) и OX (2).

сильным изменениям величины нелинейной диэлектрической восприимчивости на оптических частотах $\chi_{ijk}(\omega)$. В зависимости от соотношения размеров неоднородности r и длины волны возбуждающего излучения λ_1 нелинейное рассеяние называется: 1) гиперрэлеевским ($r \ll \lambda_1$); 2) нелинейным аналогом рассеяния Ми ($r \simeq \lambda_1$); 3) нелинейным аналогом рассеяния Тиндалля ($r \gg \lambda_1$).

Нелинейное рассеяние имеет место даже в тех случаях, когда интенсивность линейного рассеяния на пространственных флуктуациях нелинейного преломления $n(r)$ пренебрежимо мала. Важным случаем нелинейного рассеяния является рассеяние на доменных границах в сегнетоэлектрических кристаллах, в частности имеющих 180° доменную структуру [5-7].

Монокристаллы $\text{Sr}_3\text{Ga}_2\text{Ge}_4\text{O}_{14}$ высокого оптического качества были получены по методу Чохральского с использованием высокочастотного нагрева из платиновых тиглей на установке типа «Донец-1». Образцы вырезались в виде параллелепипеда с ребрами $5 \times 8 \times 12$ мм, вдоль осей Z , X , Y соответственно, ориентация которых проверялась рентгенографически. Измерение угловых зависимостей интенсивности рассеяния ВГ осуществлялось с использованием гониометра ГС-5, на алидаду которого вместо зрительной трубы крепился фотоэлектронный умножитель ФЭУ-79. Для предотвращения попадания ИК-излучения на фотокатод перед умножителем помещался светофильтр с пропусканием $T(\lambda_1 = 1064 \text{ nm}) < 0.03$ и $T(\lambda_2 = 532 \text{ nm}) > 0.9$. Регистрация полезного сигнала осуществлялась по методу счета фотонов. Возбуждающее излучение с λ_1 распространялось перпендикулярно сегнетоэлектрической оси Z вдоль осей X или Y .

Изучались угловые и температурные зависимости интенсивности нелинейного рассеяния света. На рис. 1 представлены угловые распре-

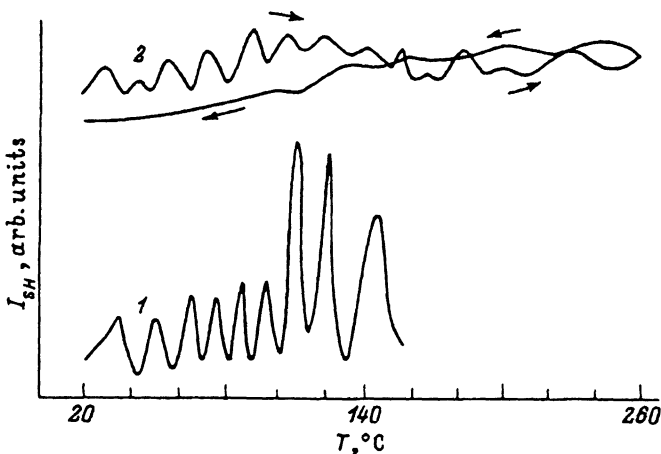


Рис. 2. Температурные зависимости малоуглового гиперрассеяния. Обозначение кривых то же, что и на рис. 1.

деления интенсивности нелинейного рассеяния света при возбуждении образца вдоль осей Y (кривая 1) и X (кривая 2).

Наблюдаемый характер углового распределения свидетельствует о наличии микродефектов, которые регулярно расположены вдоль осей X и Y . Обращает на себя внимание симметричный характер дифракционной картины при возбуждении образца вдоль оси X . По угловому положению максимумов нелинейной дифракции можно оценить средний период в расположении микро неоднородностей и ростовых дефектов [5], который для кристаллов $Sr_3Ga_2Ge_4O_{14}$ оказался равным $d \simeq 5 \cdot 10^{-6}$ м.

Исследования температурных зависимостей интенсивности малоуглового ($\varphi \simeq 5^\circ$) гиперрассеяния, соответствующих максимуму углового распределения, позволили обнаружить характерные осцилляции Мейкера, обусловленные температурной зависимостью величины $\Delta n = n_2(2\omega) - n_1(\omega)$ [8]:

$$I_2(2\omega) \simeq I_1(\omega)^2 L^2 \chi_{ijk}(2\omega)^2 \frac{n_2}{(n_2 + 1)^3 (n_1 + 1)^3 (n_2 + n_1)(n_2 - n_1)^2} \times \\ \times \sin^2 \left[\frac{\pi(n_2 - n_1)L}{\lambda_2} \right],$$

где I_1 и I_2 — интенсивности возбуждающего излучения и второй гармоники, L — длина кристалла в направлении возбуждения, n_1 и n_2 — показатели преломления на частоте возбуждающего излучения и второй гармоники соответственно (рис. 2). При этом было обнаружено различие прямого и обратного хода по температуре (кривая 2). В целом осцилляции носили квазирегулярный характер. Степень контрастности существенно зависела от направления возбуждения и от выбранного участка кристалла. Наблюдаемые осцилляции позволяют оценить величину $\Delta n/\Delta T$, где ΔT — температурный период осцилляций. Указанная величина оказалась равной

$$\Delta n/\Delta T = \lambda_1/2L\Delta T \simeq 4 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}.$$

Изменение характера (периода и контрастности) осцилляций при изменении температуры, а также несовпадение прямого и обратного хода свидетельствуют о наличии метастабильного распределения микродефектов и доменных границ.

Таким образом, проведенные исследования позволили обнаружить в кристаллах $\text{Sr}_3\text{Ga}_2\text{Ge}_4\text{O}_{14}$ ростовые микродефекты, оказывающие существенное влияние на генерацию ВГ и рассеяние света с удвоением частоты. Отмеченные микродефекты могут существенно ограничить применение указанных кристаллов в устройствах оптоэлектроники и лазерной техники.

Список литературы

- [1] А.Е. Носенко, А.И. Билый, В.В. Кравчишин. Тез. докл. 8-го Всесоюз. феофиловского симпоз. по спектроскопии кристаллов, активированных ионами редкоземельных и переходных металлов (Свердловск. Сентябрь 23–27, 1985). Свердловск (1985). С. 55.
- [2] А.А. Каминский, Л.К. Аминов, В.Л. Ермолаев и др. Физика и спектроскопия лазерных кристаллов. Наука. М. (1986). 272 с.
- [3] А.П. Войтович, А.Е. Носенко, Р.Е. Лещук. ЖПС 51, 4, 705 (1989).
- [4] A.E. Nosenko, T.Z. Grechukh, R.Y. Leshchukh. Int. Conf. on defects in insulating materials. Abstracts (August 16–22 1992). Nordkirchen. FRG. P. 174.
- [5] А.С. Чиркин. В сб: Нелинейная оптика. Тр. 2-го Всесоюз. симпоз. по нелинейной оптике (июнь 1966). Наука. Новосибирск (1968). С. 202–208.
- [6] I. Freund. Phys. Rev. Lett. 21, 1404 (1968).
- [7] В.В. Антипов, А.А. Блистанов, В.С. Горелик и др. В сб: Тез. докл. 1-й Всесоюз. конф. по физике сегнетоэлектриков (Черновцы. Сентябрь 1986). Изд-во ИФАН УССР. Киев (1989). С. 244.
- [8] R.C. Miller. J. Phys. Soc. Jap. 28, Suppl, 15 (1970).