ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՀ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԿԱԴԵՄԻԱՅԻ ԶԵԿՈՒՅՑՆԵՐ
ДОКЛАДЫ АКАДЕМИИ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР

LXI 1975 3

УДК 621.317.794

ФИЗИКА

Э. А. Арутюнян, Р. Б. Костанян,
В. С. Мкртчян, М. А. Мкртчян

Преобразование инфракрасного излучения в видимое на кристаллах $LiNbO_3$ с использованием гелий-неонового лазера

(Представлено чл.-корр. АН Армянской ССР М. Л. Тер-Микаэляном 7/IV 1975)

Для регистрации и спектрального анализа инфракрасного (ИК) излучения перспективным является метод его преобразования в видимую область при смешении с излучением лазера в нелинейных кристаллах. Эффективность преобразования ИК излучения зависит от мощности лазера накачки. Использование рубиновых импульсных лазеров позволяет достигнуть к. п. д. квантового преобразования близкий к единице ([1,2]). В ряде работ ([3-5]) проводились исследования преобразования ИК излучения на кристалле $LiNbO_3$ с накачкой от аргонового лазера. Для этих целей целесообразно также использование гелий-неоновых лазеров, которые обладают высокой стабильностью относительно аргоновых лазеров, хотя и уступают им по мощности. Кроме того, использование гелий-неоновых лазеров позволяет получить преобразование более ближней инфракрасной области, что необходимо при решении некоторых задач.

В настоящей работе проводилось исследование преобразования ИК излучения в видимую область при смешении его с излучением гелий-неонового лазера в кристаллах $LiNbO_3$. ИК излучение широкополосного источника—глобара смешивалось в кристалле $LiNbO_3$ с излучением гелий-неонового лазера ЛГ-75. Использовалось взаимодействие типа «ooe». Излучение суммарных частот отфильтровывалось от основного излучения и засветки с помощью фильтров. Спектральный состав преобразованного излучения анализировался спектрографом ИСП-51 с максимальным разрешением, на выходе которого установлен ФЭУ-79. Сигнал с ФЭУ после усиления регистрировался частотомером Ч3-31. Использовались кристаллы $LiNbO_3$ из двух серий: с направлением роста, совпадающим с оптической осью и перпендикулярно к оптической оси. Максимальная мощность преобразованного излучения составляла 10^{-11} вт. Установка позволяла регистрировать преобразованное излучение с мощностью не менее 10^{-16} вт. Ошибка измерения длины волны на суммарной частоте составляет ± 1 Å, а ширины спектра $\pm 0{,}2$ Å.

Изменяя угол синхронизма (угол между направлением распространения ИК излучения и лазера с оптической осью кристалла) было проведено преобразование ИК излучения в интервале длин волн 1,75–3,3 мкм в видимое. Для расчета зависимости углов фазового согласования от длины волны ИК излучения использованы дисперсионные и температурные зависимости показателей преломления обыкновенного n^o и необыкновенного n^e лучей, согласно работе ([6]).

На рис. 1 приведена расчетная кривая зависимость длины преобразованного ИК излучения λ_3 от угла синхронизма θ при комнатной температуре и экспериментальные данные для кристаллов, вырощенных по оптической оси (кристалл № 1) и перпендикулярно оптической оси (кристалл № 2). Как видно, экспериментальные значения λ_3 для кристалла № 1 лежат выше расчетной кривой; и, в частности, для 90°-ного синхронизма отличаются от данных кристалла № 2 (см. таблицу)

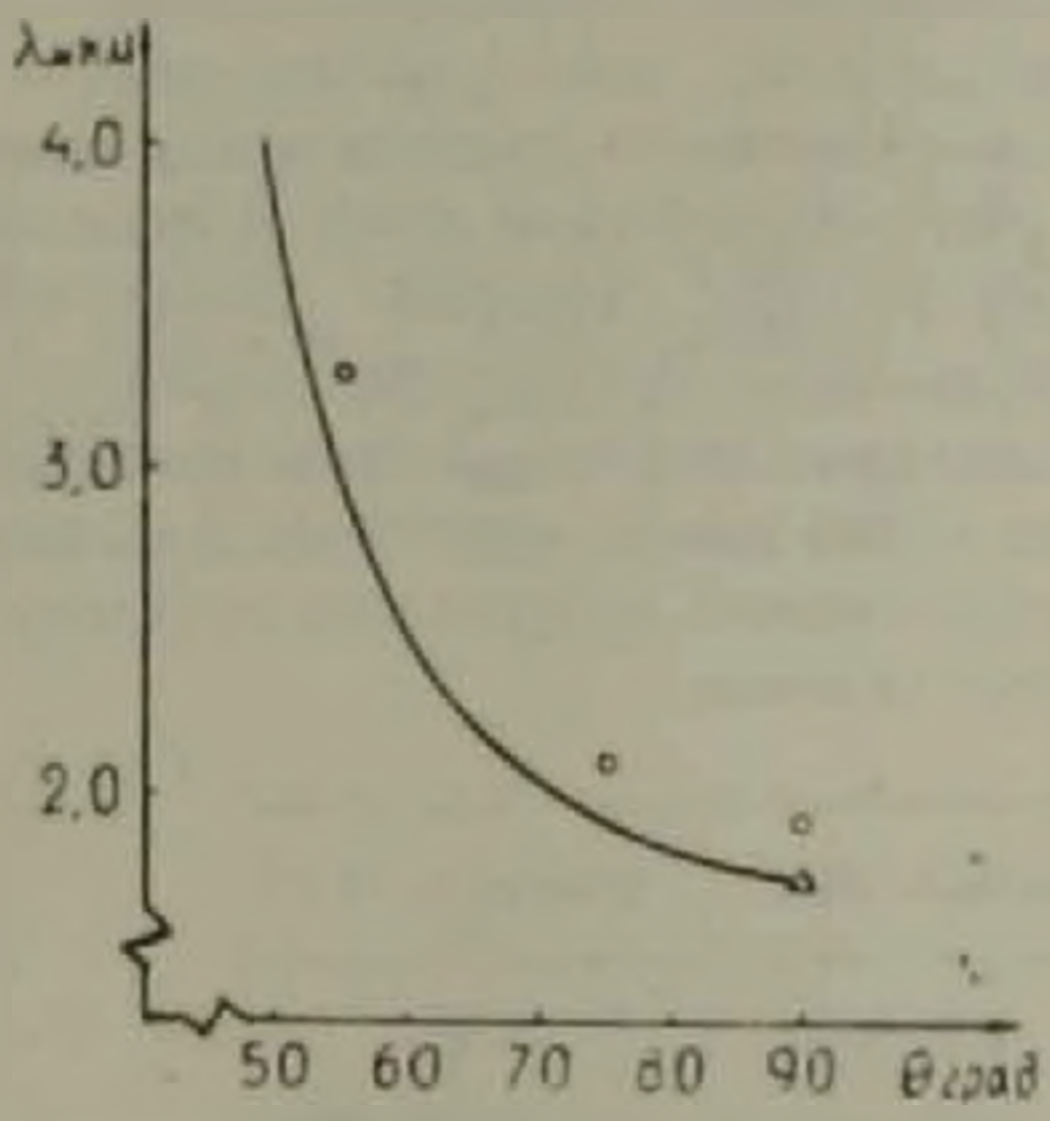

Рис. 1. Зависимость длины волны преобразуемого ИК излучения λ_3 от угла синхронизма θ, где ○ — экспериментальные точки для кристалла №1, а Δ — для кристалла №2

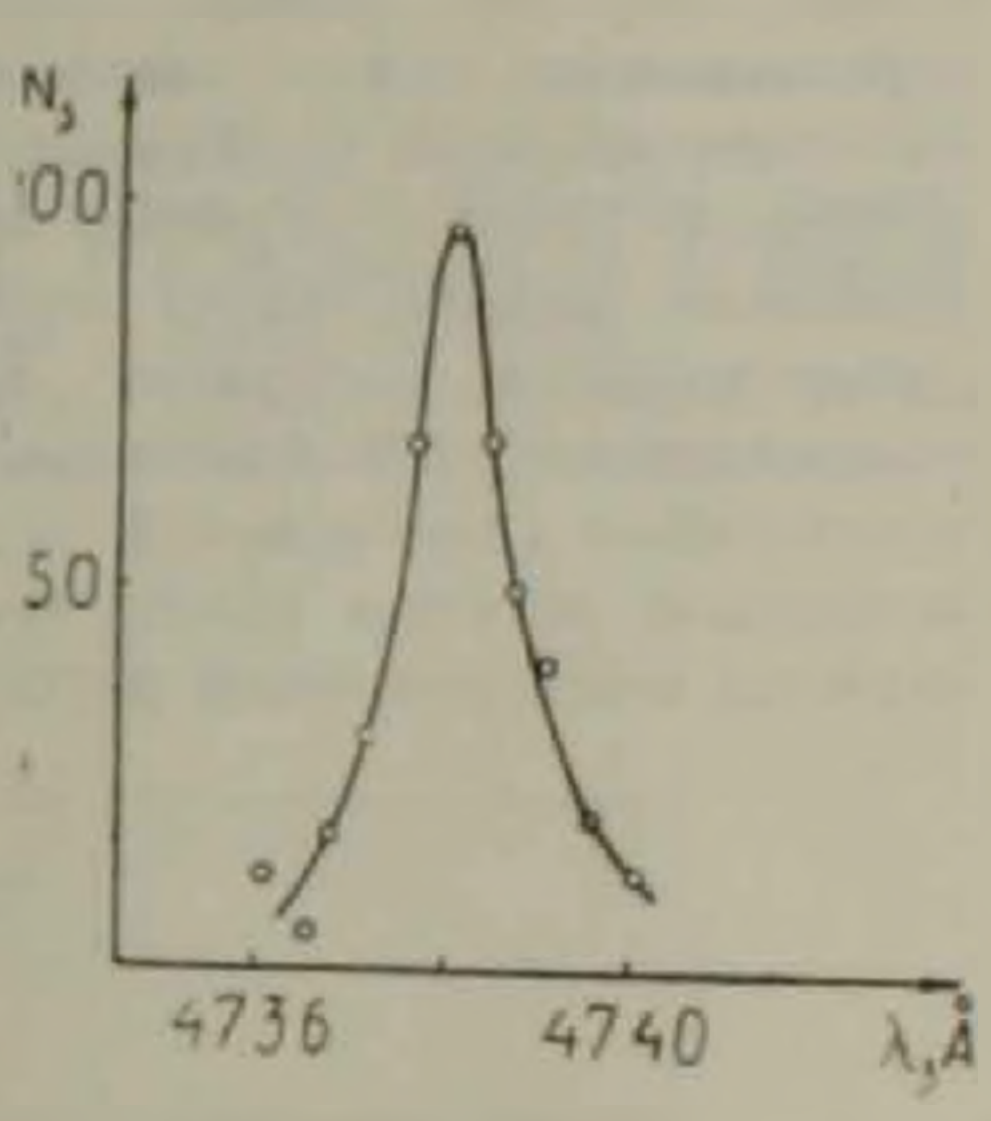

Рис. 2. Спектр излучения на суммарной частоте

Столь значительное смещение длины волны преобразованного излучения нельзя объяснить изменением температуры кристалла во время эксперимента ($\Delta T = \pm 1°C$), а точность ориентации была ±30′, что также не может привести к такому разбросу. Поэтому указанное изменение λ_3 для различных кристаллов можно объяснить их разными дисперсионными свойствами, что, в свою очередь, связано с изменением состава кристалла (содержание примесей, стехиометрия и др.).

Для 90°-ного синхронизма проводилось исследование спектральной ширины полосы преобразования. На рис. 2 приведен характерный спектр излучения на суммарной частоте. Для различных кристаллов определялась ширина спектра на половине максимальной интенсивности. Конечная ширина спектра преобразованного излучения обуслов-

лена дисперсионными свойствами нелинейной среды, расходимостью накачки и ИК излучения, а также шириной накачки. Для 90°-ного синхронизма и монохроматической накачки при взаимодействии параллельных лучей значение для половины ширины полосы преобразованного излучения выражается формулой (7):

$$\Delta\nu_1 = \frac{1}{l\left(n_1^0 - n_3^e - \lambda_1 \frac{dn_1^0}{d\lambda_1} + \lambda_3 \frac{dn_3^e}{d\lambda_3}\right)}$$

где λ_1, λ_2, λ_3—длины волн ИК излучения, лазера и суммарной частоты, n_1^0, n_2^0, n_3^e —показатели преломления кристалла для обыкновенной волны ИК излучения, лазера и необыкновенной волны на суммарной частоте, l—длина кристалла. Используя дисперсионные зависимости показателей преломления (6), можно оценить значение $\Delta\nu_1$ и, следовательно, $\Delta\lambda_3$ для разных кристаллов (см. таблицу). Анализ экспериментальных данных показывает, что при использовании центральной части апертуры преобразованного излучения (осевые лучи) можно пренебречь вкладом уширения за счет расходимости лучей в кристалле и измерять нижний предел ширины спектра, который определяется дисперсионными свойствами кристаллов. Результаты показывают, что для кристалла № 1 экспериментальные значения полосы преобразования близки к расчетным. В то же время для кристалла № 2 экспериментальные значения полосы преобразования значительно превышают значения соответствующих расчетных величин.

Таблица

	Кристалл № 1	Кристалл № 2
l	1.5 см	3 см
λ_1	1.9 мкм	1.75 мкм
λ_2	6328 Å	6328 Å
λ_3	4738 Å	4640 Å
$\Delta\lambda_3$(расч.)	0.51 Å	0.244 Å
$\Delta\lambda_3$(эксп.)	0.7 Å	1.4 Å

Завышенное значение ширины полосы преобразования ИК излучения, по-видимому, связано с неоднородностями кристаллов по длине, что в свою очередь приводит к уменьшению эффективности преобразования.

Измерение длины волны преобразованного излучения может служить перспективным методом для исследования распределения концентрационных неоднородностей в кристаллах.

Авторы выражают благодарность Э. С. Вартаняну и В. Т. Габриэляну за ценные замечания и полезные обсуждения.

Институт физических исследований
Академии наук Армянской ССР

Է. Հ. ՀԱՐՈՒԹՅՈՒՆՅԱՆ, Ռ. Ս. ՀՈՎՀԱՆՆԻՍՅԱՆ, Վ. Ս. ՄԿՐՏՉՅԱՆ, Մ. Ա. ՄԿՐՏՉՅԱՆ

Ինֆրակարմիր ճառագայթման վերափոխումը տեսանելիի $LiNbO_3$ բյուրեղում ներքին-ներքնային լազերի օգտագործմամբ

Կատարվել են ինֆրակարմիր ճառագայթումը տեսանելիի վերափոխման ուսումնասիրություններ նրան $LiNbO_3$ բյուրեղում ներքին-ներքնային լազերի ճառագայթման հետ խառնելու միջոցով։ Փոփոխելով ֆազային համաձայնության անկյունը 90-55 աստիճանի սահմաններում, ստացվել է ինֆրակարմիր ճառագայթման վերափոխում 1,7-3,3մկ տիրույթում։

Փոխակերպման շերտի լայնության փորձնական արժեքները $LiNbO_3$ տարբեր բյուրեղների համար կգալի տարբերվում են, որը կապված է բյուրեղների անհամասեռություններին հետ։

ЛИТЕРАТУРА — ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

[1] *T. Gurski.* Appl. Phys. lett., 23, 273, (1973). [2] *Э. А. Арутюнян, В. С. Мкртчян,* Квантовая электроника, 2, № 4, 812 (1975). [3] *М. Д. Баранов, А. Ф. Ломзин, Д. Н. Маш, В. В. Морозов, А. Н. Орлевский, Ф. С. Файзуллов* Краткие сообщения по физике ФИАН № 3, 53 (1972). [4] *Е. Н. Антонов, М. А. Большов, В. Г. Колошников, Д. Н. Никогосян,* Письма в ЖЭТФ, 14, 23 (1971). [5] *Е. Н. Антонов, В. Г. Колошников, Д. Н. Никогосян,* Оптика и спектроскопия, 36, 781 (1974). [6] *M. V. Hobden, J. L. Warner,* Phys. lett., 22, 243 (1966). [7] *J. B. Midwinter, J. L. Warner,* Appl. Phys., 38, 519 (1967).