

**ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ШИРОКИХ ИК СПЕКТРОВ
В ВИДИМЫЙ ДИАПАЗОН
В СХЕМЕ КРИТИЧНОГО ВЕКТОРНОГО СИНХРОНИЗМА**

*С.Н.Косолобов, В.В.Лебедев, С.И.Маренников, Ю.Н.Попов,
Г.В.Кривошеков, П.Л.Митницкий, Б.И.Кидаров*

1. При взаимодействии в нелинейной среде инфракрасной (ИК) волны с волной накачки, имеющих спектральные распределения $E_{ir}(\omega)$ и $E_p(\omega)$, соответственно, спектральное распределение поля на суммарной частоте дается выражением [1]:

$$E_s(\omega) = R(\omega) P_s(\omega), \quad (1)$$

где $R(\omega)$ – функция, зависящая от геометрии схемы взаимодействия, $P_s(\omega)$ – нелинейная поляризация вещества:

$$P_s(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} \chi(\omega') E_{ir}(\omega') E(\omega - \omega') d\omega'. \quad (2)$$

Усредним выражение (1) по ансамблю излучающих атомов, считая, что источники накачки и ИК излучения статистически независимы. Тогда, пренебрегая дисперсией нелинейной поляризуемости χ , получим следующее выражение для спектрального распределения интенсивности преобразованного излучения:

$$I_s(\omega) = (4\pi\chi^2/c) |R(\omega)|^2 \int_{-\infty}^{\infty} I_{ir}(\omega') I(\omega - \omega') d\omega'. \quad (3)$$

Выражение (3) справедливо в приближении заданного поля по накачке и для малых коэффициентов преобразования. Зная спектральное распределение накачки и преобразованного излучения, можно определить спектр ИК излучения:

$$I_{ir}(\omega) = (c/4\pi\chi^2) \int_{-\infty}^{\infty} [(I_s/R)/I_p] \exp i\omega x dx, \quad (4)$$

где знак \sim означает фурье-образ соответствующей функции.

2. Схема "критичного" векторного синхронизма [2, 3] оказывается применимой для одновременного перевода в видимый диапазон широких ИК спектров. Действительно, в этой схеме синхронное преобразование каждой спектральной компоненты ω_{ir} ИК излучения происходит при определенной ориентации волнового вектора накачки K_p относительно волнового вектора данной спектральной компоненты ИК излучения $K_{ir}(\omega)$, что следует из условия синхронизма $K_p + K_{ir} = K_s$. Следовательно, для перевода широкого ИК спектра в видимый диапазон достаточно сфокусировать одно из двух излучений (ИК или накачку). Очевидно, что спектральные компоненты ИК излучения будут преобразовываться с одинаковым весом в случае однородного углового распределения сфокусированного излучения. Однако, для равномерного распределения каждой спектральной компоненты преобразованного излучения в приемной угловой апертуре спектрографа необходимо сфокусировать¹⁾ оба падающих на кристалл пучка света, что дает возможность правильной регистрации спектра преобразованного излучения. Так как предлагаемая схема позволяет преобразовывать все спектральные компоненты широкого ИК спектра с равным весом, то в нашем случае функция $R(\omega)$ в выражении (4) является константой. Следовательно, в случае монохроматической накачки спектр преобразованного излучения точно повторяет спектр ИК излучения. При этом

$$\Delta\omega_{ir} = \Delta\omega_s \quad \text{или} \quad \Delta\lambda_s = (\lambda_s/\lambda_{ir})^2 \Delta\lambda_{ir}, \quad (5)$$

¹⁾ Фокусировка может быть сферической или цилиндрической, в отличие от случая преобразования изображения, где одна из фокусировок должна быть обязательно цилиндрической [2].

где $\Delta\omega_{ir}$ – ширина соответствующего спектрального интервала. При конечной, но малой спектральной ширине накачки спектры преобразованного и ИК излучения совпадают с точностью до ширины спектра накачки. Спектральный интервал ИК излучения, переводимый в видимый диапазон, определяется перестроечной кривой критичного векторного синхронизма и степенью фокусировки. Так, например, для кристалла LiIO_3 ($\lambda_p = 0,69 \text{ мк}$) при фокусировке $\sim 40^\circ$ может быть одновременно переведено в видимую область ИК излучения во всей полосе прозрачности кристалла. Для прустита соответствующий угол фокусировки составляет $\sim 60^\circ$.

3. Нами был проведен эксперимент по переводу ИК спектра лазера на стекле с Nd^{+3} ($\lambda_{\text{ср}} = 1,06 \text{ мк}$) в видимый диапазон ($\lambda_{\text{ср}} = 0,42 \text{ мк}$) при накачке рубиновым лазером в кристалле LiIO_3 . Схема экспериментальной установки приведена на рис. 1. Оба лазера работали в режиме модуляции добротности, излучение было синхронизовано. Мощность накачки составляла 1 Мвт при ширине спектра $\sim 10^{-2} \text{ см}^{-1}$. Мощность ИК излучения составляла 20 квт , ширина спектра $\sim 5 \text{ \AA}$.

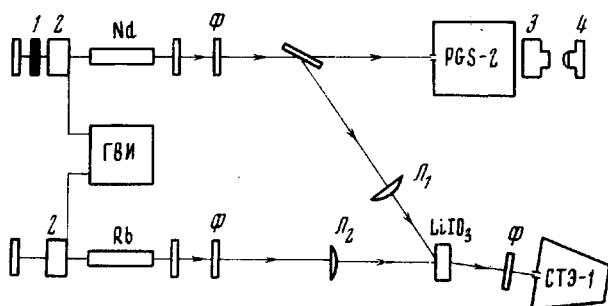


Рис. 1. 1.– Пластика CdSe [3], 2– ячейка Поккельса, 3 – ЭОП, 4.– фотокамера, Φ – фильтры, L_1, L_2 – цилиндрические линзы, ГВИ – генератор высоковольтных импульсов

Излучение взаимодействующих волн фокусировалось в нелинейный кристалл с помощью цилиндрических линз. Плоскости фокусировки совпадали с XY -плоскостью кристалла. Взаимодействие происходило по типу синхронизма OOE . Спектр ИК излучения регистрировался с помощью ЭОП на спектрографе PGS-2 с линейной дисперсией 7 \AA/мм в области $1,06 \text{ мк}$. Спектр излучения на суммарной частоте регистрировался спектрографом СТЭ-1 с линейной дисперсией $6,9 \text{ \AA/мм}$ в области $0,42 \text{ мк}$ и оптической системой с линейным увеличением $\times 4,5$.

Спектры преобразованного и ИК излучения регистрировались одновременно и сравнивались (см. рис. 2, а, 2, б).

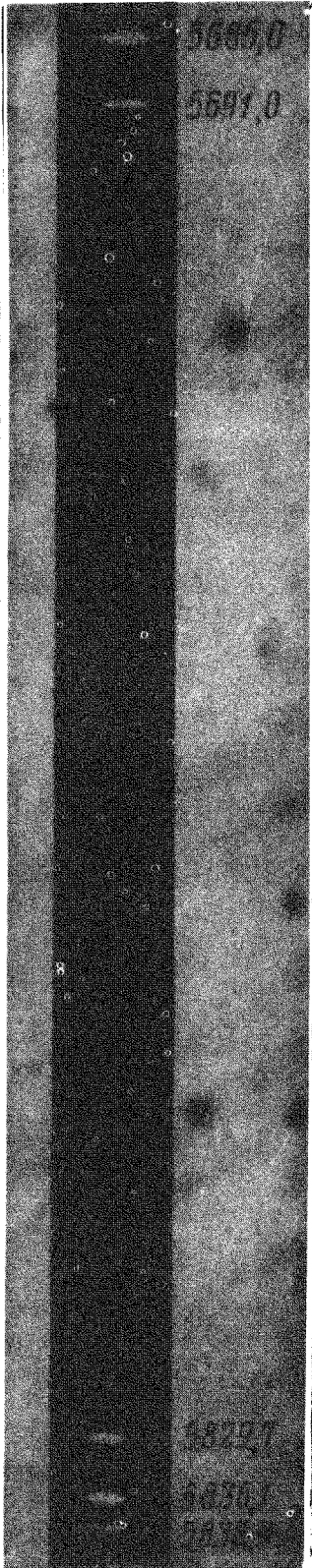


Рис. 3. Спектр преобразованных в видимый диапазон ИК линий 3,66 мк (триплет), 3,14 мк (дублет). Преобразованная линия 2,7 мк на рис. не приведена ($\lambda_p = 0,69$ мк).

Некоторые искажения ИК спектра объясняются недостаточным разрешением ЭОП. Также был проведен эксперимент по переводу в видимый диапазон ИК спектра, состоящего из нескольких спектральных линий в области 3,66, 3,14; 2,7 мк возбуждаемых в парах калия излучением рубинового лазера и его стоксовой компонентой в нитробензоле¹⁾. Соответствующая спектрограмма приведена на рис. 3. Таким образом, ИК спектр с шириной ~ 1 мк был переведен в видимую область за одну вспышку лазера.

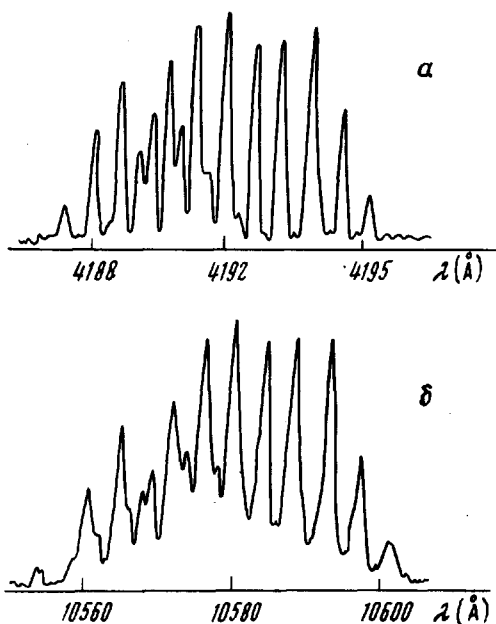


Рис. 2. Спектрограммы: а) преобразованного излучения ($\lambda_s = 0,42$ мк); б) ИК излучения ($\lambda_{ir} = 1,06$)

В заключение следует отметить, что предлагаемый метод может оказаться эффективным при регистрации широких спектров ИК излучения быстротекающих процессов.

Авторы выражают благодарность Н.Д.Лизунову за высокое качество обработки кристаллов $LiJ O_3$, В.Н.Поливанову, С.В.Круглову за помощь в работе.

Институт физики полупроводников
Академии наук СССР
Сибирское отделение

Поступила в редакцию
3 июля 1972 г.

Литература

- [1] В.Л.Стрижевский. Оптика и спектроскопия, 20, вып. 3, 1966.
- [2] А.В.Гайнер, С.В.Круглов, Г.В.Кривошеков, В.В.Лебедев, С.И. Маренников. Оптика и спектроскопия, 31, вып. 5, 1971.
- [3] А.В.Гайнер, С.В.Круглов, Г.В.Кривошеков, В.В.Лебедев, С.И. Маренников. Сб. "Квантовая электроника" изд. "Советское радио", № 6, 1971.

¹⁾ Совместно с Ю.М.Кириным, В.П.Сафоновым, В.А.Орловым.