

GaSe – НОВЫЙ ЭФФЕКТИВНЫЙ МАТЕРИАЛ ДЛЯ НЕЛИНЕЙНОЙ ОПТИКИ.

Г. Б. Абдуллаев, Л. А. Кудеский, А. М. Прохоров,
А. Д. Савельев, Э. Ю. Салаев, В. В. Смирнов.

Исследованы нелинейные оптические свойства полупроводникового кристалла GaSe, принадлежащего точечной группе симметрии $\bar{6}m2$. Использовались монокристаллы дырочного типа проводимости с концентрацией носителей тока 10^{15} см^{-3} и подвижностью $25 \text{ см}^2/\text{с} \cdot \text{век}$, выращенные методом Бриджмена – Стокбаргера. Техника роста позволяет получать монокристаллы до 30 мм в диаметре и более 100 мм длиной.

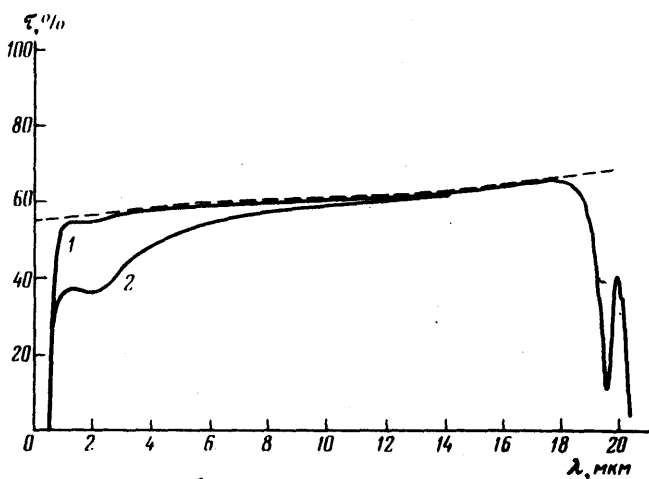


Рис. 1. Спектр пропускания кристалла GaSe
- - - потери на отражение, — спектр пропускания: 1 — толщина образца 1,5 мм, 2 — толщина образца 6,0 мм

Кристалл GaSe прозрачен в диапазоне длин волн от 0,65 до 18 мкм (рис. 1) и обладает высоким оптическим качеством. Коэффициент поглощения в области прозрачности не превышает 1 см^{-1} .

Проведены измерения обыкновенного показателя преломления и двулучепреломления в диапазоне длин волн от 0,63 до 10,6 мкм. Дисперсия показателей преломления в области прозрачности с достаточной точностью описывается формулами:

$$\begin{aligned} n_o^2 &= A/\lambda^4 + B/\lambda^2 + C + D\lambda^2 + E\lambda^4, \\ n_e^2 &= K + L/(\lambda^2 + M) + N\lambda^2, \end{aligned} \quad (1)$$

где $A = -0,05466$, $B = 0,48605$, $C = 7,8902$; $D = -0,000824$,
 $E = -0,0000273$, $K = 6,0476$, $L = 0,3423$, $M = -0,16491$, $N =$
 $= -0,001042$, λ измеряется в мкм.

На основании полученных данных для показателей преломления рассчитан угол синхронизма Θ для генерации второй гармоники в зависимости от длины волны накачки (рис. 2) для типов взаимодействия $e = o + o$ и $e = e + o$. Эффективные нелинейные коэффициенты для этих типов взаимодействия имеют вид:

$$d_{\text{эфф}} = -d_{22} \cos \Theta \sin 3\phi \quad (e = o + o),$$

$$d_{\text{эфф}} = -d_{22} \cos^2 \Theta \cos 3\phi \quad (e = e + o), \quad \text{где } \Theta - \text{ угол}$$

между волновым вектором k излучения накачки и оптической осью кристалла (ось Z), ϕ — угол между кристаллографической плоскостью (XZ) и плоскостью (kZ); d_{22} — нелинейный оптический коэффициент (единственный линейнонезависимый отличный от нуля коэффициент для данного типа симметрии). Получена генерация второй гармоники при выполнении условий фазового синхронизма для взаимодействия типа $e = o + o$ с накачкой от лазеров на молекулах CO ($\lambda = 5,3 \text{ мкм}$) и CO_2 ($\lambda = 10,6 \text{ мкм}$) и от лазера на кристалле $\text{CaF}_2: \text{Dy}^{2+}$ ($\lambda = 2,36 \text{ мкм}$). Значения углов синхронизма составляют: $\Theta (\lambda = 2,36 \text{ мкм}) = 18^\circ 40' \pm 10'$, $\Theta (\lambda = 5,3 \text{ мкм}) = 10^\circ 10' \pm 20'$, $\Theta (\lambda = 10,6 \text{ мкм}) = 12^\circ 40' \pm 20'$.

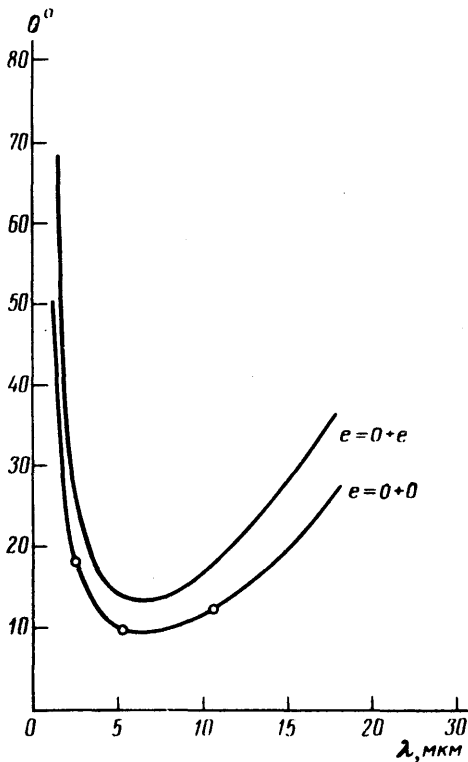


Рис. 2. Зависимость угла фазового синхронизма для второй гармоники от длины волны накачки

В эксперименте по генерации второй гармоники от CO_2 -лазера измерена величина нелинейного оптического коэффициента d_{22} для GaSe по отношению к известной величине коэффициента d_{31} для CdSe [1]. Измерения проводились в образцах GaSe толщиной $l = 0,3 \text{ мм}$ при выполнении условий фазового синхронизма и в образцах CdSe, выре-

занных в виде призмы, при отсутствии фазового синхронизма, методом, описанным в [2]. Плоскости граней призмы из CdSe были параллельны оптической оси кристалла, вектор поляризации лазерного излучения — перпендикулярен оптической оси. В результате измерений было получено отношение $d_{22}(\text{GaSe})/d_{31}(\text{CdSe}) = 3 \pm 0,6$, ($d_{31}(\text{CdSe}) = 0,68 \cdot 10^{-7} \text{CGSE l}$).

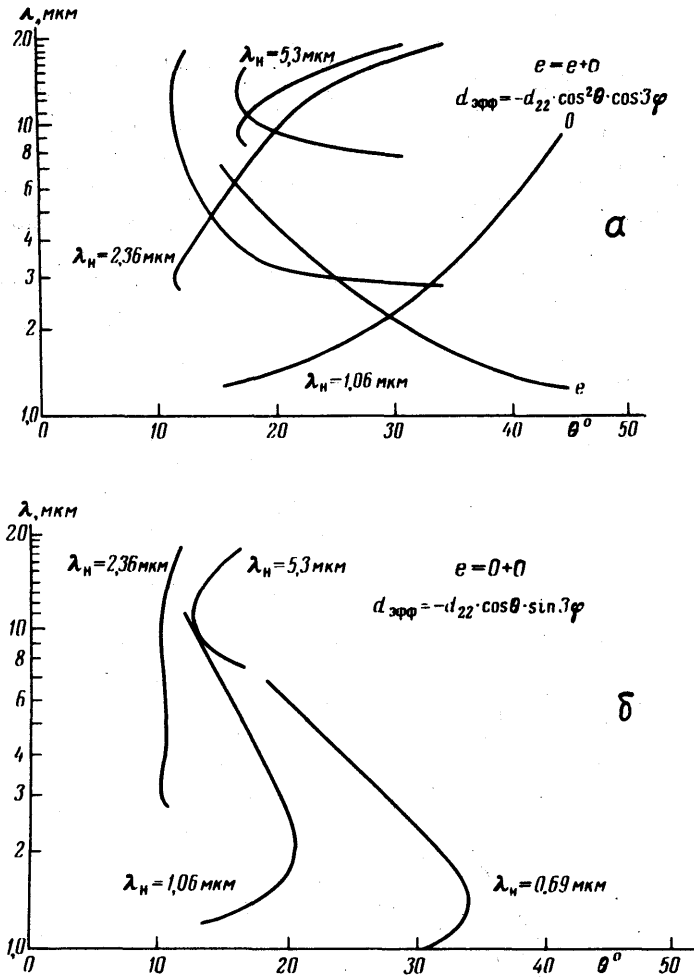


Рис. 3. Угловые перестроечные кривые параметрического излучения для различных длин волн накачки

Рассчитаны угловые перестроечные кривые для коллинеарного параметрического взаимодействия с длинами волн накачки 0,69; 1,06; 2,36 и 5,3 μm (рис. 3). При расчете использовались значения показателей преломления, вычисленные по формулам (1).

По измеренной величине d_{22} и с учетом угловой зависимости $d_{эфф}$ сделаны оценки плотности мощности накачки P_H , необходимой для получения 30% усиления на параметрических частотах для вырожденного случая в кристалле GaSe длиной 2 см. Результаты оценок приведены в таблице.

$\lambda_H, \text{мкм}$	$P_H, \text{квт./см}^2$	
	$e = o + o$	$e = e + o$
0,69	15	100
1,06	28	32
2,36	120	125
5,3	600	610

При облучении естественных граней кристалла GaSe гигантскими импульсами от лазера на $\text{GaF}_2:\text{Dy}^{2+}$ установлено, что разрушение поверхности образца GaSe происходит при плотностях мощности $> 5 \text{ Мвт/см}^2$.

Прозрачность в широком спектральном диапазоне, высокое значение нелинейной восприимчивости, выполнение условий фазового синхронизма для параметрической генерации в диапазоне длин волн от 1 до 18 мкм, возможность эффективного преобразования суммарных и разностных частот делают GaSe весьма интересным материалом для нелинейной оптики.

Физический институт
им. П.Н.Лебедева
Академии наук СССР

Поступила в редакцию
21 июня 1972 г.

Литература

- [1] С.К.Н. Patel. Phys. Rev. Lett., 16, 301, 1966.
- [2] J.J. Wynne, N. Bloembergen. Phys. Rev., 188, 1211, 1969.