

ПЕРСПЕКТИВА ПРИМЕНЕНИЯ КРИСТАЛЛОВ GaSe:S В ОПТИЧЕСКИХ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ УСТРОЙСТВАХ, РАБОТАЮЩИХ С ЧАСТОТАМИ МОДУЛЯЦИИ ВЫШЕ 100 ГГц

✉ О. Н. Шевченко^{1,2}, К. А. Кох³, С. Л. Микерин², Н. А. Николаев^{1,2}

¹Новосибирский государственный университет, Новосибирск, Россия

²Институт автоматики и электрометрии СО РАН, Новосибирск, Россия

³Институт геологии и минералогии СО РАН, Новосибирск, Россия

✉ o.shevchenko@nsu.ru

На сегодняшний день актуальным является определение перспектив GaSe в качестве нелинейного элемента, обеспечивающего взаимодействие оптических телекоммуникационных длин волн и терагерцевых частот. В данной работе это сделано на примере экспериментального исследования эффективности детектирования терагерцевых волн, несущих спектр частот 0–1,5 ТГц, фемтосекундными лазерными импульсами с длиной волны 1,55 мкм в кристаллах GaSe_(1-x)S_x с различной степенью легирования элементом серы ($x = 0, 0.03, 0.12, 0.16$ и 0.22).

Были измерены показатели преломления образцов в телекоммуникационном (1547 нм) и терагерцевом (0–2 ТГц) диапазонах и показано, что значение показателя преломления в обоих диапазонах уменьшается по мере увеличения содержания элементов серы в структуре кристалла. Полученные результаты были сопоставлены с результатами работ авторов для других длин волн лазерного излучения и показано качественное соответствие.

Также были рассчитаны длины когерентности нелинейного взаимодействия соответствующих длин волн в представленных образцах согласно формуле:

$$L_{\text{ког}}(\nu_{\text{ТГц}}) = \frac{c}{2\nu_{\text{ТГц}} \left(n_{\text{онм}} - \lambda \left. \frac{dn_{\text{онм}}}{d\lambda} \right|_{\lambda} - n_{\text{ТГц}}(\nu_{\text{ТГц}}) \right)},$$

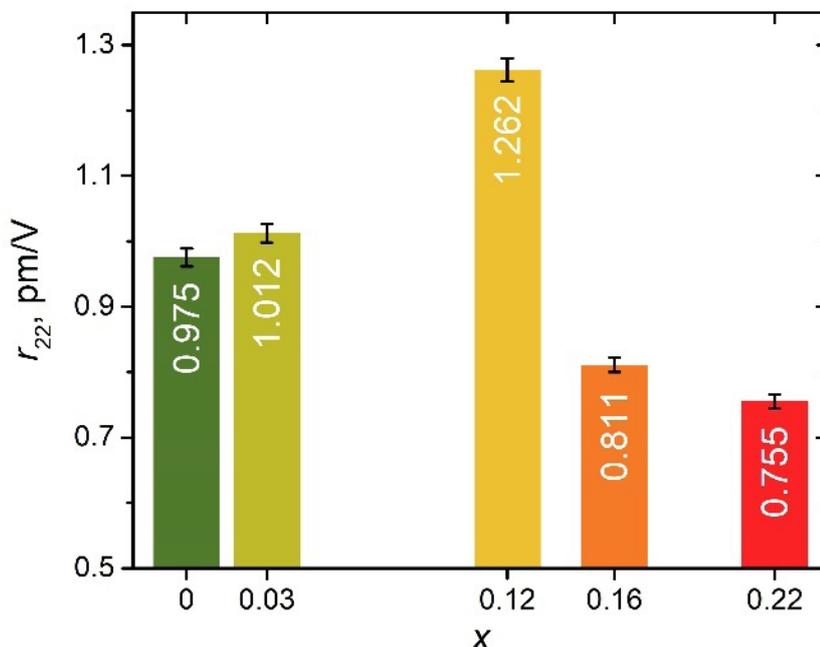
где $n_{\text{онм}}$ — показатель преломления на длине волны лазерного излучения ($\lambda = 1547$ нм); $n_{\text{ТГц}}(\nu)$ — терагерцевый показатель преломления; λ — длина волны лазерного излучения; $\nu_{\text{ТГц}}$ — частота терагерцевого излучения.

Было выявлено, что длина когерентности при взаимодействии оптического излучения на длине волны 1550 мкм и терагерцевого излучения в окрестности 1 ТГц находится в пределах 300 мкм.

Эффективность детектирования ТГц-излучения исследована в схеме импульсного терагерцевого спектрометра на базе фемтосекундного волоконного Er-лазера ($\lambda = 1550$ нм). В результате исследования показано, что наибольшая эффективность детектирования ТГц-волн наблюдается в кристалле GaSe_{0,88}S_{0,12}, что согласуется с результатами аналогичных исследований для других длин волн лазерной накачки.

Впервые произведена оценка электрооптического коэффициента кристаллов GaSe: S на длине волны, равной 1,55 мкм, значение которого составило $r_{\text{eff}} = 0,975$ пм/В для GaSe и r_{eff}

= 162 пм/В для $\text{GaSe}_{0,88}\text{S}_{0,12}$ (см. рисунок), что хорошо согласуется с результатами работ на других длинах волн [1, 2].



Значения оцененного электрооптического коэффициента r_{22} кристаллов GaSe:S

Результаты, представленные в данной работе, могут быть применены для точных расчетов эффективности оптико-терагерцового преобразования, для конструирования систем детектирования терагерцового излучения, основанных на применении электрооптического метода, а также для создания модуляторов для телекоммуникационных длин волн в окрестности 1,55 мкм и нелинейно-оптических устройств интегральной фотоники, основанных на кристаллах GaSe с легирующими добавками серы. Таким образом, продемонстрировано, что селенид галлия является перспективным материалом для конструирования телекоммуникационных оптических устройств с частотами модуляции в диапазоне 100–1000 ГГц.

Список литературы

1. Cingolani A., Ferrara M., Lugara M., Levy F. Pockels effect in gallium selenide // Solid State Commun. 1989. Vol. 29 (9). P. 677–679.
2. Qi Song, Lu Chai, Liu W. et al. Measuring effective electro-optic coefficient at 1040 nm by spectral intensity modulation with THz time-domain spectroscopy // Infrared Physics & Technology. 2018. Vol. 97. P. 54–57.