

8th International Scientific Conference
Science and Society 2015

PHYSICS

Kasumova R. J., Mamedov H.M., Shamilova Sh.A.,
Mamedova V.C.

ANGULAR DISPERSION COEFFICIENT FOR $\text{GaS}_{0.4}\text{Se}_{0.6}$ AT 6.45 MCM

R.J. Kasumova, H.M. Mamedov, Sh.A. Shamilova,
V.C.Mamedova
Physics Department, Baku State University, Baku,
Azerbaijan

Abstract

In the present work, the results of investigations of the parametric interaction for $\text{GaS}_x\text{Se}_{1-x}$ crystals is reported. The values of refractive indices, angle of phase matching and angular dispersion coefficient of the first order have been calculated for $\text{GaS}_{0.4}\text{Se}_{0.6}$ crystal. It was shown that $\text{GaS}_{0.4}\text{Se}_{0.6}$ compound could be used for nanosecond/picoseconds pumping of optical parametric converters at 1.064 mcm (Nd:YAG laser systems).

Keywords: parametric interaction, mid-IR region, constant-intensity approximation.

PACS: 42.65.-k; 42.65.Yj; 42.70.Mp; 42.79.Nv

Перспективные $\text{GaS}_x\text{Se}_{1-x}$ соединения интенсивно изучаются исследователями, занимающимися разработкой параметрических преобразователей среднего ИК диапазона спектра [1-4].

В настоящей работе докладываются результаты теоретического исследования оптимального режима работы частотного преобразователя, в роли которого используется кристалл смешанного типа $\text{GaS}_x\text{Se}_{1-x}$. В качестве метода исследований применяется приближение заданной интенсивности [5], с помощью которого удается учесть

**8th International Scientific Conference
Science and Society 2015**

изменения фаз как сигнальной и холостой волн, так и волны накачки.

Рассмотрено $e_0 \rightarrow e$ скалярное взаимодействие второго типа. Рассчитаны эффективность преобразования в параметрическую волну, угловые дисперсионные коэффициенты и угол синхронизма для $\text{GaS}_{0.4}\text{Se}_{0.6}$ кристалла на длине волны 6.45 мкм. Проанализирован оптимальный режим работы параметрического преобразователя.

Определим возможное отклонение от угла синхронизма $\Delta\theta$ для отрицательного одноосного кристалла смешанного типа $\text{GaS}_{0.4}\text{Se}_{0.6}$. В этом случае параметрическое усиление имеет место на длине волны 6.45 мкм при фазовом синхронизме второго типа для $e_0 \rightarrow e$ скалярного взаимодействия. Для проведения расчетов были использованы значения коэффициентов Сельмейера для показателей преломления на требуемых длинах волн [3]. Как известно, точность определения угла синхронизма связана с шириной фазового согласования. Для расчета угловой ширины синхронизма были вычислены угловые дисперсионные коэффициенты согласно [6]. В таблице приведены результаты расчетов для показателей преломления, угла фазового синхронизма и углового дисперсионного коэффициента первого порядка.

Как известно, в реальных частотных преобразователях частоты в эксперименте невозможно осуществить выполнение точного условия фазового синхронизма, т.е. $\Delta = 0$. Это связано с конечной шириной угла синхронизма. В данную ширину синхронизма дают вклад следующие эффекты:

- спектральная ширина линии излучения волны накачки,
- отклонение от угла синхронизма из-за нестабильности температуры кристалла-преобразователя,
- отклонение от угла синхронизма из-за конечной расходимости лазерного луча.

Полученная информация по угловой ширине фазового согласования позволит рассчитать максимальную возможную расходимость для лазерного луча накачки.

В результате численного счета выражения для эффективности преобразования, полученного в приближении заданной интенсивности, следует, что угловая ширина фазового синхронизма зависит от интенсивности волны накачки. Получено, что зависимость эффективности преобразования от направления синхронизма более пологая

**8th International Scientific Conference
Science and Society 2015**

при малых значениях интенсивности волны накачки ($I_{so} / I_{po} = 4.5 \cdot 10^{-8}$) [7].

Table. Расчет угла синхронизма и углового дисперсионного коэффициента первого порядка для $\text{GaS}_{0.4}\text{Se}_{0.6}$ при параметрическом усилении холостой волны в среднем ИК диапазоне спектра.

Crystal	λ , mcm	n_o	n_e	Phase match ing type	θ_s , degree	Angular dispersion coefficient of the first order, cm^{-1} $^{\circ}\text{ang. min.}^{-1}$
$\text{GaS}_{0.4}\text{Se}_{0.6}$ (pump)	1.0642	2.678731	2.365492	eo-e	49.95 49.80 [4]	-0.21081
$\text{GaS}_{0.4}\text{Se}_{0.6}$ (signal)	1.274479	2.661997	2.349479	eo-e		
$\text{GaS}_{0.4}\text{Se}_{0.6}$ (idler)	6.45	2.610797	2.301594	eo-e		

Таким образом, в результате изучения параметрического взаимодействия оптических волн в GaSSe соединениях с учетом фазовых изменений для всех рассматриваемых волн можно установить оптимальный режим выбором оптимальных значений параметров: интенсивности волны накачки I_{po} , начального значения интенсивности холостой I_{io} и сигнальной I_{so} / I_{po} волн. Определить условие максимальной степени некритичного фазового синхронизма. Показано, что малые изменения эффективности преобразования при отклонениях от направления фазового синхронизма, другими словами режим некритичный к выполнению фазового синхронизма для данного класса кристаллов, реализуется при малых уровнях интенсивности накачки. Данные кристаллы смешанного типа перспективны для разработки параметрических преобразователей среднего ИК диапазона спектра на базе технологически развитых Nd:YAG лазеров.

References:

**8th International Scientific Conference
Science and Society 2015**

- [1] V. Petrov, V.L. Panyutin, A. Tyazhev, G. Marchev, A.I. Zagumennyi, F. Rotermund, F. Noack, K. Miyata, L.D. Iskhakova, and A.F. Zerrouk. GaS_{0.4}Se_{0.6}: Relevant properties and potential for 1064 nm pumped mid-IR OPOs and OPGs operating above 5 μm. *Laser Physics*, **21**, 774-781 (2011).
- [2] K. Miyata, G. Marchev, A. Tyazhev, V. Panyutin, and V. Petrov. Picosecond mid-IR optical parametric amplifier based on the wide-bandgap GaS_{0.4}Se_{0.6} pumped by a Nd:YAG laser system at 1064 nm. *Optics Letters*, **36**, 1785-1787 (2011).
- [3] G. Marchev, A. Tyazhev, V. Panyutin, V. Petrov, F. Noack, K. Miyata. Some properties of the mixed GaS_{0.4}Se_{0.6} nonlinear crystal in comparison to GaSe. *Nonlinear Frequency Generation and Conversion: Materials, Devices, and Applications X*, edited by Konstantin L. Vodopyanov, Proc. of SPIE Vol. 7917, 79171G (2011). doi: 10.1117/12.874452.
- [4] V. Petrov. Parametric down-conversion: The coverage of the mid-infrared spectral range by solid-state laser sources. *Optical Materials*. **34** 536-554, (2012).
- [5] Z.H. Tagiev, and A.S. Chirkin, Fixed intensity approximation in the theory of nonlinear waves, *Zh. Eksp. Teor. Fiz.* **73** 1271-1282, (1977); Z. H. Tagiev, R. J. Kasumova, R. A. Salmanova, and N. V. Kerimova, Constant-intensity approximation in a nonlinear wave theory, *J. Opt. B: Quantum Semiclas. Opt.* **3** 84-87 (2001).
- [6] V.G. Dmitriev, and L.V. Tarasov, *Prikladnaya Nelineynaya Optika [Applied Nonlinear Optics]* (Radio I Svyaz, Moscow, 1982).
- [7] R.J. Kasumova, Sh.A. Shamilova. Optical parametric amplification at 6.45 μm for GaS_xSe_{1-x}. *IJSTR* **3** 189-192 (2014).