

ГЕНЕРАЦИЯ УЛЬТРАКОРОТКИХ ИНФРАКРАСНЫХ ИМПУЛЬСОВ, ПЕРЕСТРАИВАЕМЫХ ПО ДЛИНЕ ВОЛНЫ.

З.А. ИБРАГИМОВ

Институт Фотозлектроники АН Азербайджана

3700602, Баку, ул. Ф. Агаева, 555 квартал

Инфракрасные импульсы с длинами волн между 4 и 18 мкм получались путем смешения в различных комбинациях на нелинейных кристаллах (AgGaS_2 и GaSe) излучения YAG:Nd^{3+} лазера и лазеров на красителях (краситель №5 и А9860). Энергия в импульсе имела величину порядка мкДж, эффективность фотопреобразования получалась $\leq 2\%$. Продолжительность ограниченных, фактически, шириной полосы пропускания, импульсов - была около 1пс. Система работала с частотой повторения 1 Гц.

В настоящее время имеются лазеры на основе твердых тел, позволяющие получать перестраиваемые по длине волны излучения в ближнем ИК-диапазоне (0,7-2,0 мкм) [1-3].

В данной статье описаны результаты впервые проведенных экспериментов по генерации разностной частоты в диапазоне 4,0-18 мкм импульсов длительностью 1пс в кристалле селенида галлия. Генерация осуществлялась путем смешения в кристалле излучения YAG:Nd^{3+} лазера и лазеров на красителях. Интерес к получению излучения пикосекундной длительности объясняется необходимостью изучения релаксации физических процессов в квантовых щелях на основе полупроводниковых соединений GaSe-AlAs . Дело в том, что энергии ряда переходов в зоне проводимости таких структур расположены в средней ИК-области спектра и наличие непрерывно перестраиваемого излучения в этой области позволит изучить не только энергетическую структуру таких щелей, но и релаксацию имеющих там место ультракоротких процессов.

Генерация ультракоротких перестраиваемых по частоте импульсов в более длинноволновой области спектра требует использование нелинейных процессов. Одним из таких доступных процессов является трехфотонный параметрический процесс, который основывается на наличии в кристалле восприимчивости второго порядка χ^2 [4-10]. Большинство рассматриваемых систем были однопроходными, но относительно недавно внимание исследователей было привлечено к параметрическим осцилляторам благодаря их способности генерировать фемтосекундные импульсы и возможности использования их в качестве накачки непрерывного излучения запертых по моде лазеров. В настоящее время имеется возможность генерации импульсов длительностью в 60 фс на фиксированной длине волны. Широкая перестройка получена для импульсов длительностью ≥ 2 пс. Более длинные волны генерируются однопроходными генераторами или апконверсией в таких кристаллах LiIO_3 [11], прустит [12], AgGaS_2 , [7].

Анализ существующих нелинейных кристаллов [13] и работ, опубликованных в последние годы, показывает, что наиболее предпочтительными для перестройки излучения в среднем ИК-диапазоне являются кристаллы AgGaS_2 и GaSe . Область возможной перестройки AgGaS_2 ограничена 12 мкм, в то время как у GaSe эта область доходит до 18 мкм.

Схема используемой экспериментальной установки приведена на рис. 1. Усиленные импульсы неодимового лазера (1) использовались одновременно и для накачки жидкостного ИК-лазера на кристалле (5), и для накачки кристалла GaSe . Области перестройки 1,1+1,15 мкм и 1,15+1,4 мкм получены использованием красителей № 9860 и № 5, соответственно. Часть импульсов неодимового лазера и перестраиваемое излучение лазера на красителе смешивались в кристалле селенида галлия, в котором генерировалась разностная частота. Фильтр (7) срезал излучение накачки и излучение жидкостного лазера. В качестве приемника излучения спектрометра (8) использовали охлаждаемый детектор на основе кристаллов CdHgTe .

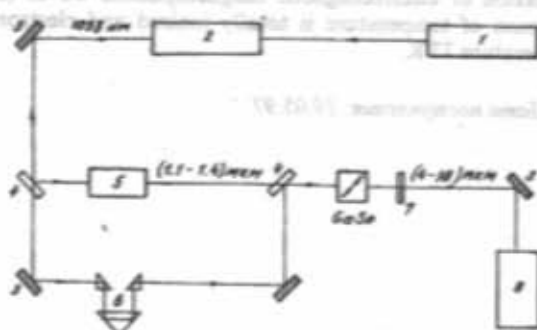


Рис. 1. Блок-схема установки непрерывной перестройки излучения в диапазоне 4,0-18,0 мкм. 1- YAG:Nd^{3+} лазер запертый по моде; 2 - усилитель; 3 - отражающие зеркала; 4 - полупрозрачная пластинка; 5 - лазер на кристалле; 6 - линия задержки; 7 - фильтр; 8 - спектрометр.

Рассмотрим используемый для смешения ИК-лазер на красителе. Краситель № 5 успешно использовался в последние годы для плавной перестройки излучения в области от 1,16 до 1,4 мкм, а при использовании этого красителя в кристалле генерируется разностная частота в диапазоне длин волн от 4 до 10 мкм.

Краситель А 9860 проявляет "голубой" сдвиг электронных переходов в сравнении с красителем № 5 [3]. Использование этого красителя позволило получить перестройку частоты в области 1,10+1,16 мкм. Смешение последних частот излучения с излучением неодимового лазера позволило осуществить перестройку ИК импульсов вплоть до 18 мкм. Энергия "холостых" импульсов сильно уменьшается с увеличением длины волны. Для

длин волн больше 7 мкм кристалл GaSe толщиной в 1 см генерирует энергию большую по сравнению с энергией, генерируемой кристаллом AgGaSe₂ такой же толщины. Этот экспериментальный факт можно объяснить, если принять во внимание, что нелинейный коэффициент у GaSe больше, чем у AgGaSe₂. Для длин волн более 12 мкм использование красителя А 9860 дает большее значение выходной энергии, что объясняется границей области чувствительности приемника на CdHgTe. Исследование зависимости выходной энергии генерируемых в кристал-

ле импульсов для трех различных толщин 1,7; 4 и 10 мм показало быстрый рост выходной энергии в функции плотности накачки в пределах нескольких порядков. При высоких плотностях явно наблюдается насыщение.

Спектральные свойства генерируемых в кристалле ИК- импульсов в большей степени определяются спектральной шириной импульсов, генерируемых лазером на красителе, которая, в свою очередь, определяется свойствами спектральной аппаратуры.

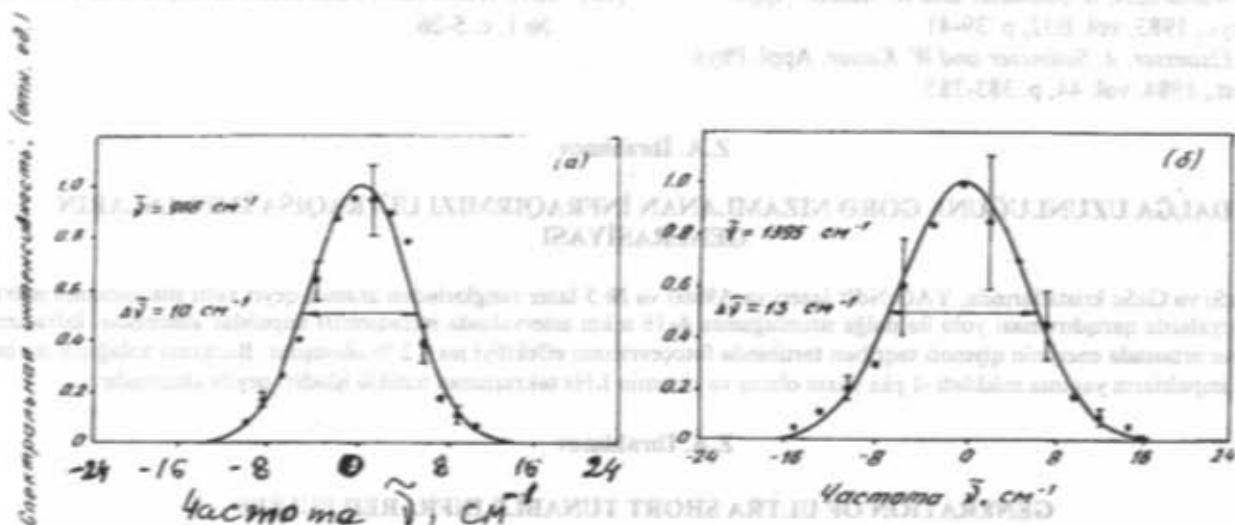


Рис.2. Спектральное распределение интенсивности выходных сигналов для двух значений частот: а) 988 см⁻¹; б) 1395 см⁻¹. Плотность генерируемых импульсов порядка одного ГВт/см². Длительность генерируемых импульсов порядка 1 пс

На рис.2 (а и б) приведено спектральное распределение интенсивности выходных импульсов для двух значений частот: а) $\nu=986\text{ см}^{-1}$ ($\lambda=10,1\text{ мкм}$) и б) $\nu=1395\text{ см}^{-1}$ ($\lambda=7,2\text{ мкм}$). Зависимости получены с использованием красителя № 5 и кристалла селенида галлия толщиной 4 мм. Спектральные ширины для приведенных зависимостей приблизительно равны 10 и 13 см⁻¹. Большой интерес представляло определение длительности генерируемых импульсов. Эти измерения проведены кросскорреляционным методом между ИК- импульсами и лазерными импульсами от лазера YLF: Nd. Суммарные частоты между этими двумя импульсами генерировались в кристалле LiO₂ толщиной в 1 мм. Длительность лазерных импульсов YLF : Nd определялась независимым экспериментом и получалась равной 2,0 пс.

В кристалле толщиной 4 мм длительность генерируемых импульсов в средней ИК- области равна 1 пс. Измерения длительности выходных импульсов в кристалле толщиной 10 мм показали значение - 1,9 пс. На рис.3 приведена форма импульса генерируемого в кристалле селенида галлия толщиной 4 мм.

Таким образом, исследования, описываемые в настоящей работе, позволяют прийти к выводу, что с помощью кристаллов селенида галлия возможно создание перестраиваемой в средней ИК-области спектра лазерной системы, выходная энергия которой зависит от длины волны и лежит в области от нескольких кДж до нескольких мкДж.

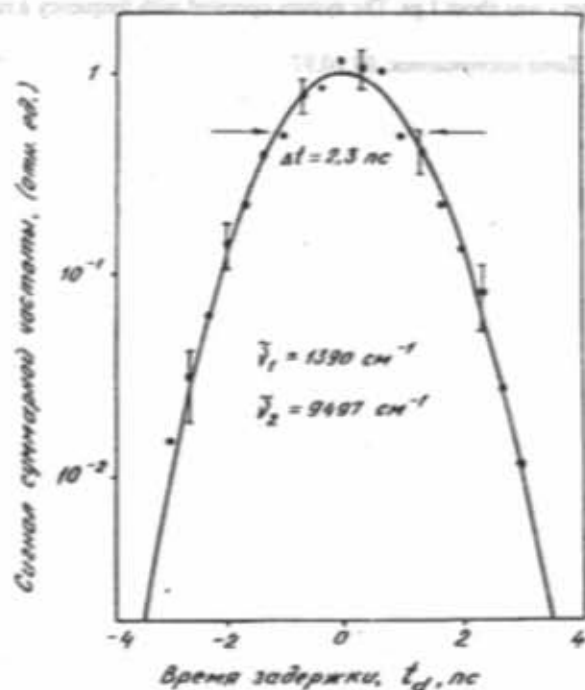


Рис.3. Длительность генерируемых в кристалле GaSe импульсов ($\lambda=7,2\text{ мкм}$). Кристалл толщиной 4 мм. Сплошная линия - расчет гауссовской формы распределения импульсов. Полуширина кросскорреляционной кривой 2,3 пс.

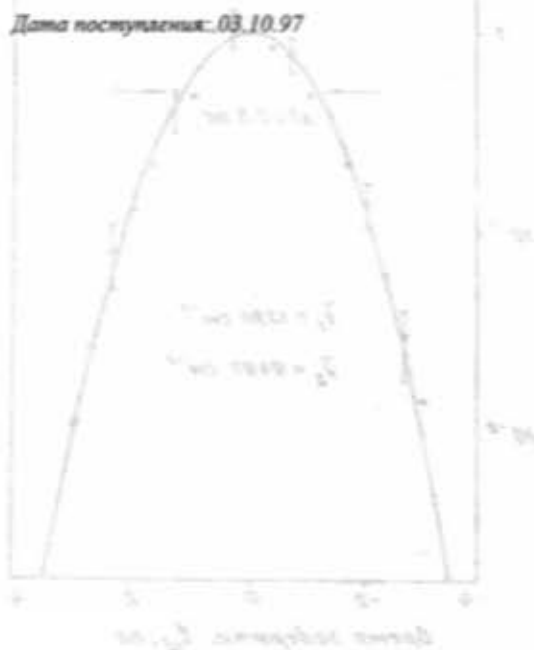
[1] S. Roskos, A. Seilmeier and W. Kaiser. IEEE J. Quant. Electron., 1986, vol. QE-22, p. 697-703.
 [2] P. Bland, B. Zysset, A.P. Schwarzenbach and H.P. Weber. Opt. Lett., 1986, vol. 11, p. 24-26.
 [3] T. Elsaesser, H.J. Polland and W. Kaiser. IEEE J. Quant. Electron., 1984, vol. QE-20, p.191-194.
 [4] K.P. Burneika, V.I. Kabelka, A.S. Piskarskas and A.Ya. Stabinis. JETP Letters, 1972, vol. 16, p.257-258.
 [5] A. Seilmeier and W. Kaiser. Appl. Phys., 1980, vol. 23, p. 113-116.
 [6] F. Wandrzek, A. Seilmeier and W. Kaiser. Appl. Phys., 1983, vol. B32, p. 39-41.
 [7] T. Elsaesser, A. Seilmeier and W. Kaiser. Appl. Phys. Lett., 1984, vol. 44, p. 383-385.
 [8] A.J. Campillo, R.C. Hyer and S.L. Shapiro. Opt.Lett. 1979, vol. 4, p. 325-329.
 [9] E.S. Wachman, D.C. Edelstein and C.L. Tang. Optics Lett., 1990, vol. 15, p. 136-138.
 [10] Q. Fu, G. Max and H.M. von Driel. Optics Lett., 1992, vol. 22, p. 523-525.
 [11] T. Elsaesser and M.S. Nuss. Optics Lett., 1991, vol. 16, p. 411-413.
 [12] T. Elsaesser, A. Seilmeier and W. Kaiser. Optics Commun., 1983, vol. 44, p. 293-296.
 [13] Д.Н. Никогосян. Квантовая электроника, 1977, т. 4, № 1, с. 5-26.



AgGaS₂ və GaSe kristallarında, YAG:Nd³⁺ lazeri və A9860 və № 5 lazer rənglərindən alınmış qeyri xətti şüalanmanın müxtəlif kombinasiyalarda qarşılıqlıması yolu ilə dalğa uzunluğunun 4-18 mkm intervalında infraqırmızı impulsalar alınmışdır. İnfraqırmızı impulsaların ortasında enerjinin qiyməti təqribən tərtibində fotoçevricinin effektivliyi isə ≤ 2 % olmuşdur. Buraxma zolağının isə məhdudlaşan impulsaların yaşama müddəti -1 pks yaxın olmuş və sistemin 1 Hz təkrarlanan tezliklə işlədiyi qeydə alınmışdır.

GENERATION OF ULTRA SHORT TUNABLE INFRARED PULSES

The infrared pulses were generated by frequency mixing of Nd: glass laser pulses and infrared dye laser pulses. Tuning between 4 and 18 μm were archived by various combinations of laser dyes (dye № 5 and A9860) and nonlinear crystals (AgGaS₂ and GaSe). The energy of mid infrared pulses had the order of a μJ; the efficiency of the photon conversion was received ≤ 2%. The duration of bandwidth limited pulses - was about 1 ps. The system operated with frequency a repetition rate of 1 Hz.



РЕДАКТОР: Ч.О. Каджар

ИРАБРАИМОВ З.А. ИРАБРАИМОВ З.А. ИРАБРАИМОВ З.А. ИРАБРАИМОВ З.А. ИРАБРАИМОВ З.А. ИРАБРАИМОВ З.А. ИРАБРАИМОВ З.А. ИРАБРАИМОВ З.А. ИРАБРАИМОВ З.А. ИРАБРАИМОВ З.А.