

Оптический параметрический генератор на кристалле HgGa_2S_4

В.В.Бадиков, А.К.Дон, К.В.Митин, А.М.Серегин, В.В.Синайский, Н.И.Щебетова

Впервые получена и исследована параметрическая генерация на кристалле HgGa_2S_4 с накачкой излучением наносекундного Nd:YAG-лазера. Проведенные эксперименты показали перспективность использования кристаллов HgGa_2S_4 для создания эффективных оптических параметрических генераторов в среднем ИК диапазоне.

Ключевые слова: оптический параметрический генератор, нелинейные кристаллы.

Важным направлением развития квантовой электроники является создание перестраиваемых источников когерентного излучения в среднем ИК диапазоне (2.5–11 мкм). Одно из возможных решений этой проблемы состоит в разработке и создании оптических параметрических генераторов (ОПГ). В настоящее время известно сравнительно небольшое число нелинейных кристаллов, пригодных для создания ОПГ в указанном спектральном диапазоне. Среди них следует отметить ZnGeP_2 , AgGaSe_2 , AgGaS_2 [1–5]. Однако эти кристаллы имеют различные недостатки, ограничивающие возможности их использования в ОПГ, в связи с чем ведутся постоянные поиски новых нелинейно-оптических сред и совершенствуются технологии синтеза уже известных кристаллов.

Практически важной задачей является получение эффективной параметрической генерации света при накачке излучением широко используемых неодимовых лазеров. К сожалению, лучшие (по нелинейно-оптическим и технологическим параметрам) кристаллы ZnGeP_2 и AgGaSe_2 не имеют синхронизма при накачке излучением с $\lambda \sim 1$ мкм. В настоящее время в ОПГ среднего ИК диапазона с накачкой одномикронным излучением наиболее часто используется кристалл AgGaS_2 [5]. По нелинейно-оптическим характеристикам (в частности по коэффициенту качества) он значительно уступает упомянутым выше кристаллам. Поэтому исследуемый в настоящей работе кристалл HgGa_2S_4 , обладающий более высокой нелинейностью по сравнению с AgGaS_2 , представляется весьма перспективным для создания ОПГ инфракрасного диапазона при накачке микрометровым излучением, а также может составить конкуренцию ZnGeP_2 и AgGaSe_2 при создании ОПГ с накачкой более длинноволновым ($\lambda > 1.5$ мкм) излучением.

Как перспективный нелинейно-оптический материал

В.В.Бадиков. Кубанский государственный университет, Лаборатория новейших технологий, Россия, 350058 Краснодар, ул.Ставропольская, 149; тел (8612) 658 549, факс: (8612) 658 549, e-mail: ntlab@mail.kubsu.ru

А.К.Дон, К.В.Митин, А.М.Серегин, В.В.Синайский, Н.И.Щебетова. Государственное унитарное предприятие «НПО Астрофизика», Россия, 125424 Москва, Волоколамское ш. 95; тел. 490 91 79, факс: 491 21 21, e-mail: aphysica@aha.ru

Поступила в редакцию 25 марта 2003 г.

тиогаллат ртути известен давно [6–10], однако низкое оптическое качество кристаллов до сих пор позволяло использовать его только для генерации второй гармоники CO_2 -лазера, для смешения частот и для получения пико- и фемтосекундной параметрической суперлюминесценции.

В последнее время благодаря развитию технологии выращивания монокристаллов HgGa_2S_4 в Лаборатории новейших технологий Кубанского государственного университета удалось получить кристаллы высокого оптического качества, пригодные для создания однорезонаторного ОПГ.

В настоящей работе впервые получена и исследована параметрическая генерация на кристалле тиогаллата ртути с накачкой излучением неодимового лазера с модуляцией добротности.

В качестве источника накачки использовался импульсно-периодический Nd:YAG-лазер ($\lambda = 1.064$ мкм) с электрооптическим затвором, обеспечивающим модуляцию добротности. Максимальная энергия в импульсе излучения достигала 15 мДж при длительности импульса 30 нс. Диафрагма диаметром 2 мм, помещенная внутри резонатора лазера, обеспечивала генерацию на основной поперечной моде TEM_{00} .

Резонатор ОПГ был образован двумя плоскими зеркалами. Коэффициент отражения входного и выходного зеркал составлял 90 % – 99 % в диапазоне длин волн 1.4–1.9 мкм. Это обеспечивало получение максимальной добротности резонатора для сигнальной волны. Холостая волна выводилась из резонатора с минимальными потерями (~10 %). При этом коэффициент пропускания входного зеркала на длине волны накачки составлял 90 %, а коэффициент отражения выходного – 30 %. Расстояние между зеркалами резонатора было равно 2 см.

Кристалл HgGa_2S_4 был вырезан под углом 52° к оси, его азимутальный угол составлял 45° . Длина кристалла равнялась 6 мм, а поперечное сечение – 6.5×6 мм. На оптические поверхности кристалла были нанесены просветляющие покрытия; коэффициент отражения от каждой поверхности составлял 0.2 % – 0.8 % в спектральном диапазоне 1–2 мкм.

ОПГ располагался в фокальной плоскости фокусирующего зеркала радиусом 3 м, при этом диаметр перетяжки пучка накачки в области взаимодействия соста-

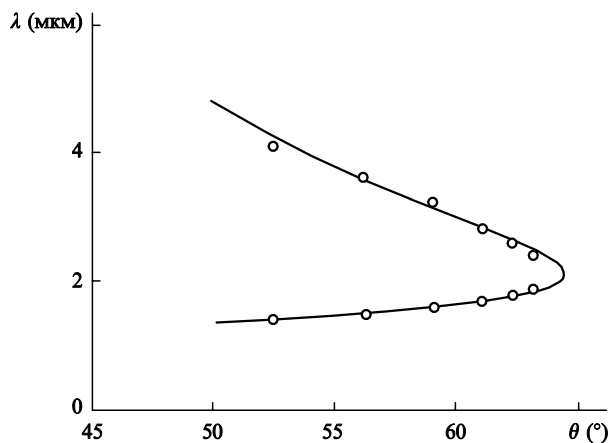


Рис.1. Зависимость длины волны генерации ОПГ на кристалле HgGa_2S_4 от угла синхронизма.

влял 2 мм. Кристалл был ориентирован под I тип синхронизма (oo-e).

В процессе исследований была получена параметрическая генерация в диапазонах длин волн 1.4–2.0 и 2.3–4.4 мкм; диапазон перестройки ограничивался спектральной областью отражения зеркал резонатора. Замена зеркал резонатора ОПГ позволяла проводить исследования и в более длинноволновой области спектра. Перестройка частоты генерации осуществлялась поворотом кристалла в плоскости синхронизма. На рис.1 представлена перестроечная зависимость длины волны излучения от угла синхронизма. Наблюдается удовлетворительное согласие экспериментальных и расчетных данных. Теоретическая зависимость построена с использованием уравнений Зельмейера [9].

На основании измерений энергии импульсов излучения ОПГ определены значения пороговой энергии накачки для разных длин волн и построены зависимости выходной энергии импульсов ОПГ от энергии импульсов накачки. Пороговая энергия накачки составила 5–8 мДж, что хорошо согласуется с расчетами, проведенными по методике, аналогичной используемой в [11]. Расчеты показали, что для достижения указанной пороговой энергии накачки в случае замены HgGa_2S_4 на AgGaS_2 необходим кристалл длиной не менее 1.5 см, что наглядно подтверждает преимущества титогаллата ртути.

Экспериментально полученные зависимости выходной энергии импульса ОПГ от энергии импульса накачки имеют характер, близкий к линейному. Типичная зависимость для энергий сигнальной ($\lambda_1 = 1.93$ мкм) и холостой ($\lambda_2 = 2.37$ мкм) волн представлена на рис.2. Максимальные значения энергии импульсов генерации ОПГ достигались при $\lambda_1 = 1.93$ мкм, суммарная энергия в импульсе для сигнальной и холостой волн составила 0.8 мДж, что соответствует эффективности преобразования по энергии 6.7%.

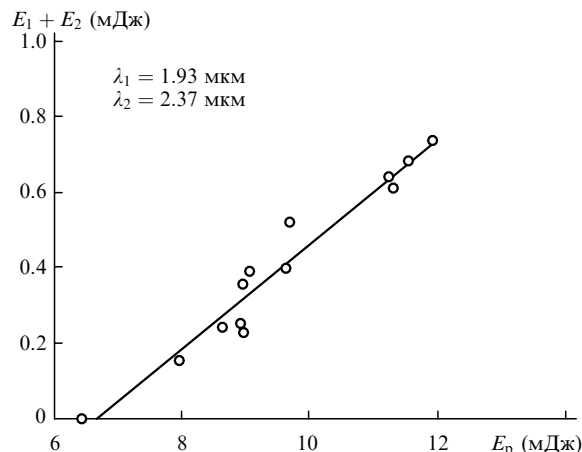


Рис.2. Зависимость выходной энергии импульса ОПГ от энергии импульса накачки.

На основании полученных данных можно сделать вывод о том, что HgGa_2S_4 является перспективным нелинейно-оптическим материалом для создания ОПГ среднего ИК диапазона. Особенно важной представляется возможность получения на нем эффективной параметрической генерации с накачкой излучением неодимового лазера.

В настоящее время ведутся интенсивные работы как по исследованию ОПГ на кристаллах HgGa_2S_4 , так и по совершенствованию технологии их выращивания; кроме того, исследуются характеристики самих кристаллов [12].

Работа проведена в рамках проекта МНТЦ № 1897 при финансовой поддержке Европейской комиссии.

Авторы выражают благодарность С.Н.Багаеву за полезные обсуждения.

1. Budni P.A., Ezzo K., Schunemann P.G., Minnigh S., McCarthy J.C., Pollak T.M. *OSA Proc. Adv. Solid-State Lasers*, **10**, 335 (1992).
2. Budni P.A., Pomeranz L.A., Lemons M.L., Schunemann P.G., Pollak T.M., Chicklis E.P. *Adv. Solid-State Lasers Tech. Digest* (Washington, DC: OSA, 1998, p 90).
3. Eckardt R.C., Fan Y.X., Byer R.L., Marquardt C.L., Storm M.E., Esterowitz L. *Appl. Phys. Lett.*, **49**, 608 (1986).
4. Budni P.A., Knights M.G., Chicklis E.P., Shepler K.L. *Opt. Lett.*, **18**, 1068 (1993).
5. Vodopyanov K.L., Maffetone J.P., Zwieback I., Ruderman W. *Appl. Phys. Lett.*, **75**, 1204 (1999).
6. Levine B.F. et al. *IEEE J. Quantum Electron.*, **12**, 367 (1976).
7. Бадиков В.В., Матвеев И.Н., Панютин В.Л. и др. *Квантовая электроника*, **6**, 1807 (1979).
8. Бадиков В.В., Матвеев И.Н., Пшеничников С.Н. и др. *Квантовая электроника*, **7**, 2235 (1980).
9. Андреев С.А., Андреева Н.П., Бадиков В.В. и др. *Квантовая электроника*, **7**, 2003 (1980).
10. Rotermund F., Petrov V. *Opt. Lett.*, **25**, 1 (2000).
11. Brosnan S.J., Byer R.L. *IEEE J. Quantum Electron.*, **15**, 415 (1979).
12. Badikov V.V., Laptov V.B., Malinovsky A.L., et al. *Proc. SPIE Int. Soc. Opt. Eng.*, **4972**, 131 (2003).