

- [1] Кириленко А. А., Сенкевич С. Л. // Письма в ЖТФ. 1986. Т. 12. Вып. 14. С. 876—879.  
 [2] Шестопалов В. П., Кириленко А. А., Масалов С. А. Матричные уравнения типа свертки в теории дифракции. Киев: Наукова думка, 1984. 293 с.  
 [3] Штейншлейгер В. Б. Явление взаимодействия волн в электромагнитных резонаторах. М.: Оборониздат, 1965. 114 с.  
 [4] Маттей Д. Л., Янг Л., Джонс Е. М. Т. Фильтры СВЧ, согласующие цепи и цепи связи. М.: Связь, 1971. 440 с.

Институт радиофизики и электроники  
АН УССР  
Харьков

Поступило в Редакцию  
12 декабря 1987 г.  
В окончательной редакции  
18 августа 1988 г.

07; 12

Журнал технической физики, т. 59, в. 4, 1989

## ПИКОСЕКУНДНЫЙ ЛАЗЕР НА КОНЦЕНТРИРОВАННОМ НЕОДИМОВОМ ФОСФАТНОМ СТЕКЛЕ, ПЕРЕСТРАИВАЕМЫЙ В ШИРОКОЙ ОБЛАСТИ ДЛИН ВОЛН

П. В. Горбунов, Б. И. Денкер, Д. Г. Саркисян

В работах [1, 2] было продемонстрировано, что путем вынужденного комбинационного рассеяния и четырехволнового параметрического взаимодействия в нелинейных газообразных средах возможна генерация УКИ света в ИК, видимой, УФ и ВУФ областях спектра с высокой эффективностью. Однако генерируемые при этом УКИ света имеют фиксированную частоту, если частота излучения накачки фиксирована. Поэтому важной является задача гене-

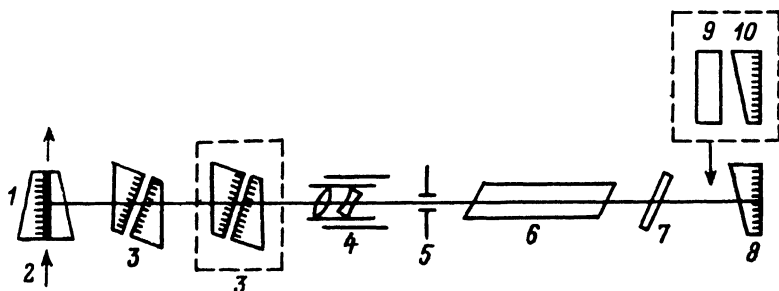


Рис. 1. Схема узлов лазера.

1, 8 — зеркала на клиновидных стеклянных подложках; 2 — прокачиваемый краситель; 3 — атланты Фабри-Перо; 4 — телескоп; 5 — диафрагма; 6 — активный элемент КНФС; 7 — стеклянная пластина под углом Брюстера; 9 — нелинейный кристалл  $\text{LiIO}_3$ ; 10 — зеркало с  $R_{1.00} > 99\%$  и  $R_{0.00} < 10\%$ .

рации перестраиваемых УКИ в возможно более широкой области длин волн самим задающим генератором, частота излучения которого преобразовывается в газообразной нелинейной среде.

В настоящем сообщении описан перестраиваемый пикосекундный лазер на стекле КНФС [3, 4], с помощью которого осуществлена генерация перестраиваемых УКИ света в диапазоне 1.045—1.079 мкм. При этом происходит также изменение спектральной ширины (длительности) генерируемых импульсов.

Схема узлов лазера приведена на рис. 1. Резонатор генератора образован плоскими зеркалами на клиновидных подложках с коэффициентами отражения 100 и 50%. Кювета с насыщающимся поглотителем толщиной 0.2 мм находилась в контакте с «глухим» зеркалом. В качестве поглотителя использовались красители 3274 и 3955 в нитробензоле. Чтобы получить стабильную генерацию пуга УКИ света в резонатор помещался телескоп с увеличением  $\times 1.4$  при использовании красителя 3274 или  $\times 1.9$  для красителя 3955. Небольшой разъюстировкой телескопа резонатор вводился в область неустойчивости, что в сочетании с диафрагмой диаметром 1.5 мм обеспечивало стабильное выделение низшей поперечной моды. Использо-

вался элемент из стекла КНФС размером  $5 \times 100$  мм. Производился небольшой скос боковых торцов ( $87^\circ$  к оптической оси) с последующим просветлением на  $1.06$  мкм (такая предосторожность обусловлена тем, что на краях области перестройки пороговая энергия накачки на лампу велика и существует опасность генерации на основной длине волны между торцами активного элемента). Элемент помещался в моноблочный цилиндрический отражатель из кварцевого стекла и накачивался лампой ИФП-800 (накачиваемая длина КНФС  $8$  см). Плотность ионов неодима в КНФС  $8 \cdot 10^{20}$  см $^{-3}$ .

Плавная перестройка частоты генерируемых УКИ света и управление спектральной шириной (длительностью) импульсов осуществлялись эталонами Фабри—Перо (Ф—П),

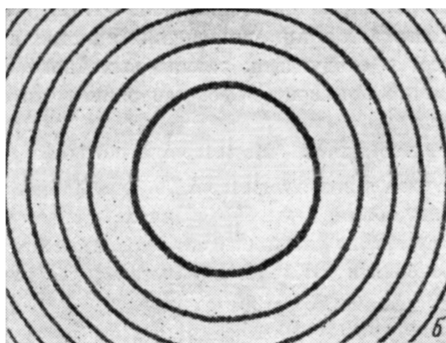
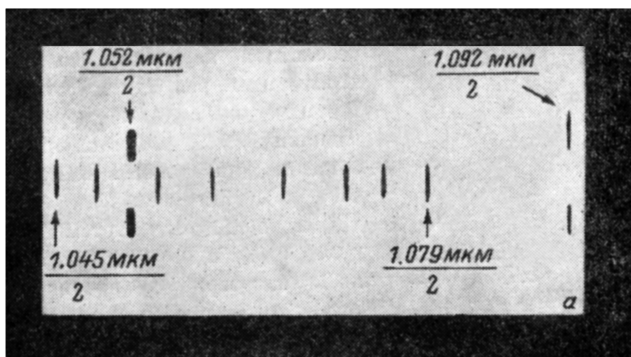


Рис. 2. Область перестройки длины волны генерируемых импульсов (а) и интерферограмма излучения УКИ света, накопленная за шесть вспышек лампы накачки (б).

Реперные линии:  $1.052/2$  мкм генерировалась без эталона Ф—П в резонаторе;  $1.092/2$  мкм — линия ртутной лампы. Расстояние между порядками эталона Ф—П  $1.6$  см $^{-1}$ .

помещенных в резонатор генератора [5, 6]. Эталон Ф—П составлен из клиновидных кварцевых пластин с воздушным промежутком (5, 10, 40, 300 мкм), на две поверхности которого нанесены диэлектрические покрытия с коэффициентами отражения 90 % (фактор резкости  $F=30$ ), а две другие поверхности просветлены на  $1.06$  мкм.

Длина волны и спектральная ширина генерируемых УКИ регистрировались после удвоения частоты в нелинейном кристалле на спектрографе ДФС-13 с дисперсией  $0.4$  нм/мм и с помощью эталона Ф—П с областью свободной дисперсии (ОСД)  $1.6$  см $^{-1}$ . Временные характеристики одиночного УКИ света, выделенного (с помощью затвора Поккельса) из начальной части дуга УКИ, исследовались с помощью кросс-коррелятора, описанного в [2, 7].

Без эталона Ф—П генерация происходила на  $\lambda=1.052$  мкм. Порог по электрической энергии накачки составлял  $25$  Дж. Длительность УКИ была  $5-6$  пс при спектральной ширине  $8-10$  см $^{-1}$ . Энергия дуга УКИ составляла  $\sim 4$  мДж при частоте следования импульсов  $\sim 1$  Гц. Начальное пропускание используемых красителей поддерживалось на уровне  $60-70$  %.

Полная область перестройки длины волны в интервале  $1.045-1.079$  мкм, осуществленная с помощью эталона Ф—П с зазором  $10$  мкм, приведена на рис. 2, а. Спектральная ширина ге-

генерируемых импульсов составляла  $1 \text{ см}^{-1}$  при длительности 30—40 пс. На рис. 2, б приведена интерферограмма спектра генерируемых импульсов света, когда в резонатор помещались два эталона Ф—П с зазором 40 и 300 мкм. Генерируемые УКИ имели длительность 200—250 пс и спектральную ширину  $0.15\text{—}0.2 \text{ см}^{-1}$ . Также как и в работе [6], помещая один или два эталона Ф—П в резонатор генератора с различными воздушными зазорами, удается генерировать УКИ света, длительность которых может варьироваться в диапазоне 6—250 пс, а спектральная ширина изменяется при этом в интервале  $10\text{—}0.15 \text{ см}^{-1}$ . Генерируемые УКИ света близки к спектрально ограниченным.

На рис. 3 приведена зависимость обратной величины пороговой мощности  $P_n^{-1}$ , подводимой на лампу, в зависимости от длины волны генерируемых УКИ. Величина пороговой мощ-

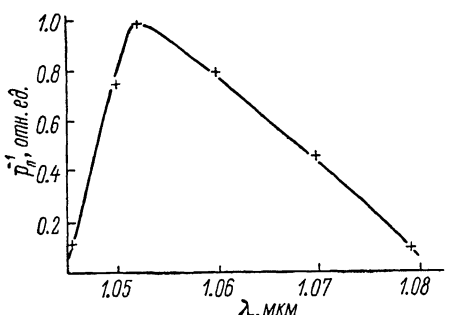


Рис. 3. Обратная пороговая кривая в зависимости от длины волны генерируемого импульса.

ности  $P_n$  накачки нормировалась на ее минимальное значение, соответствующее настройке резонатора на длину волны 1.052 мкм. Конденсатор в разрядном контуре имел емкость 100 мкФ при малых энергиях накачки и доводился до 300 мкФ в случае больших энергий накачек (длительность импульса накачки 150—250 мкс). Для увеличения области перестройки длины волны на частоте ВГ было сделано следующее. Выходное зеркало резонатора заменялось на зеркало, имеющее  $R_{1.06} > 99\%$  и  $R_{0.53} < 10\%$  (рис. 1), и в резонатор вводился элемент  $\text{LiIO}_3$ , просветленный на 1.06 мкм (толщина кристалла 10 мм). При энергии внутри резонатора 6 мДж (последняя регистрировалась по отраженному от первой поверхности клиновидной подложки 10) энергия второй гармоники составляла  $\sim 1.5$  мДж. Примерно такой же коэффициент преобразования достигается при помещении кристалла вне резонатора. Однако в первом случае преимущество следующее: замена выходного зеркала с  $R_{1.06} = 50\%$  на зеркало с  $R_{1.06} > 99\%$  заметно понижает порог генерации, что особенно важно на краях области перестройки.

В заключение отметим, что описанный выше перестраиваемый пикосекундный лазер на КНФС успешно используется в настоящее время в следующей задаче: после устроения частоты генерируемых УКИ в нелинейных кристаллах осуществляется электронное ВКР в парах атомов бария [2] (эффективность достигает нескольких десятков процентов) и перестраиваемая стоксовая компонента ВКР используется для спектроскопии паров атомов натрия.

### Литература

- [1] Арзипкин В. Г., Попов А. К. Нелинейное преобразование света в газах. Новосибирск: Наука, 1987.
- [2] Сапонджян С. О., Саркисян Д. Г., Торосян Г. А. // Квант. электр. 1985. Т. 12. № 5. С. 963—971.
- [3] Денкер Б. И., Осико В. В., Пашинин П. П., Прохоров А. М. // Квант. электр. 1981. Т. 8. № 3. С. 469—483.
- [4] Вицакас Ю., Гульбинас В., Кабелка В., Сырус В. // Письма в ЖТФ. 1982. Т. 8. Вып. 8. С. 465—468.
- [5] Анохов С. П., Марусий Т. Я., Соскин М. С. Перестраиваемые лазеры. М.: Радио и связь, 1982. 193 с.
- [6] Бадалян А. А., Саркисян Д. Г., Торосян Г. А. // Квант. электр. 1987. Т. 14. № 11. С. 2195—2197.
- [7] Бадалян А. А., Сапонджян С. О., Саркисян Д. Г., Торосян Г. А. // Письма в ЖТФ. 1985. Т. 11. Вып. 11. С. 1241—1245.

Институт физических исследований  
АН АрмССР  
Институт общей физики АН СССР  
Москва

Поступило в Редакцию  
11 августа 1987 г.