

## ПАССИВНАЯ МОДУЛЯЦИЯ ДОБРОТНОСТИ И СТАБИЛИЗАЦИЯ ЧАСТОТЫ ЛАЗЕРА НА НЕОДИМОВОМ СТЕКЛЕ С ПОМОЩЬЮ ПАРОВ МОЛЕКУЛЯРНОГО ЦЕЗИЯ

*Н. Н. Костин, В. А. Ходовой и Н. А. Чигирь*

Получена генерация гигантского моноимпульса лазером на неодимовом стекле со стабильной частотой излучения.

В работе [1] нами сообщалось о получении одновременной пассивной модуляции добротности и стабилизации частоты излучения рубинового лазера при помещении в его резонатор кюветы с насыщенными парами молекулярного рубидия  $Rb_2$ . Наличие вращательной структуры в спектре поглощения  $Rb_2$  вблизи длины волны генерации лазера ( $\lambda=6943 \text{ \AA}$ ) приводило к тому, что генерация начиналась на частоте минимального поглощения. Дальнейшее просветление рубидиевого пара с увеличением

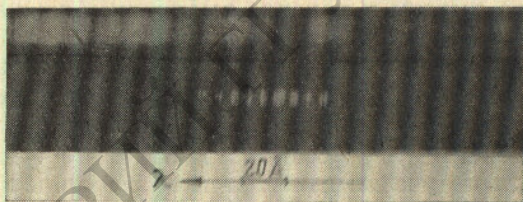


Рис. 1. Спектр поглощения паров молекулярного цезия в области  $1,06 \text{ мкм}$ .

Внизу — спектр свободной генерации лазера на неодимовом стекле.

мощности генерации приводило к возникновению гигантского импульса, ширина спектра и нестабильность частоты излучения от вспышки к вспышке не превышали  $\sim 10^8 \text{ гц}$ .

В настоящей работе мы сообщаем о наблюдении генерации гигантского моноимпульса лазером на неодимовом стекле со стабильной частотой излучения при помещении в его резонатор кюветы с насыщенными парами молекулярного цезия  $Cs_2$ .

Предварительно было установлено, что пары молекулярного цезия имеют структурированную полосу поглощения в области генерации лазера на неодимовом стекле (на рис. 1 приведен спектр поглощения  $Cs_2$ , полученный при спектральном разрешении  $0,4 \text{ \AA}$ ).

Схема экспериментальной установки для исследования генерации приведена на рис. 2. Стержень *I* из неодимового стекла КГСС-228 (длина прокачиваемой части  $80 \text{ мм}$ , диаметр  $10 \text{ мм}$ ) с торцами, срезанными под углом Брюстера, помещался в осветитель с двумя прямыми лампами

ИФП-1500 (максимальная используемая энергия накачки 4 кдж) и охлаждался проточной водой. В лазерный резонатор с зеркалами  $R_1$  и  $R_2$  (коэффициенты отражения 99 и 50% соответственно) помещалась кювета 2 с сапфировыми окнами с насыщенными парами цезия.

При фиксированной накачке, в два раза превышающей порог свободной генерации, наблюдалась генерация серии импульсов, число которых убывало, а мощность возрастала при постепенном увеличении температуры кюветы. Когда температура кюветы приближалась к критическому значению ( $\sim 400^\circ\text{C}$ ), наблюдалась генерация одного гигантского импульса треугольной формы с длительностью на половине высоты  $\sim 50$  нсек. и амплитудой, в  $100 \div 200$  раз превышающей среднюю амплитуду пиков свободной генерации. При этой температуре увеличение накачки приводило к появлению дополнительно нескольких серий импульсов со значительно меньшей амплитудой ( $\sim 30$  раз) и длительностью отдельной серии не более  $5 \cdot 10^{-6}$  сек.<sup>1</sup> При исследовании спектра генерируемого излу-

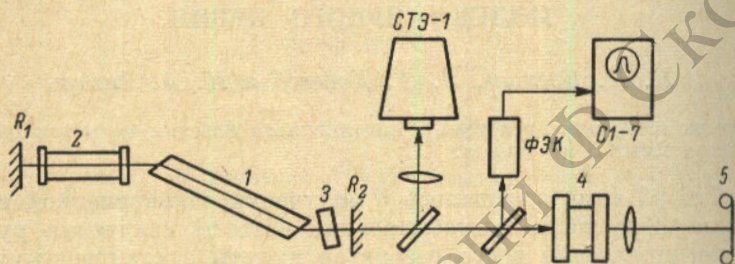


Рис. 2. Схема экспериментальной установки.

1 — стержень из неодимового стекла, 2 — кювета с насыщенными парами цезия, 3 — пластинка из кристаллического кварца, 4 — эталон Фабри—Перо, 5 — фотоаппарат.

чения температура кюветы и накачка выбирались таким образом, чтобы генерировался лишь один гигантский импульс.

В результате анализа спектра излучения гигантского моноимпульса с помощью спектрографа СТЭ-1 (дисперсия  $20 \text{ \AA}/\text{мм}$ ) было установлено следующее.

1. Каждому моноимпульсу соответствует только одна частота.
2. Если частота излучения изменяется от вспышки к вспышке, то это изменение составляет  $10 \div 20 \text{ см}^{-1}$ .
3. В спектре лазерного излучения проявляется вообще не более десятка фиксированных частот.
4. Значения этих фиксированных частот в спектре излучения не изменяются при замене и перестройке паразитных селектирующих элементов в резонаторе, изменяется только вероятность их появления.
5. В описанных экспериментальных условиях в 75% вспышек проявились всего две линии генерации с  $\lambda = 10\,622$  и  $10\,610 \text{ \AA}$ .

Типичная спектрограмма лазерного излучения (одиннадцать вспышек) приведена на рис. 3. Следует отметить, что в условиях превышения накачки над порогом цезиевого затвора при многоимпульсном режиме генерации в спектре излучения лазера наблюдались дополнительные слабые линии, не отвечающие описанным закономерностям.

Более тонкий спектроскопический анализ, проведенный с помощью интерферометра Фабри—Перо с базой 30 мм, при одновременной регистрации спектра лазерного излучения на СТЭ-1 (рис. 2) показал, что в каждой из наблюдаемых частот гигантского импульса нестабильность частоты и

<sup>1</sup> Наличие таких серий слабых импульсов мы связываем с остаточным просветлением паров  $\text{CS}_2$  и возможностью развития генерации одновременно на нескольких частотах в полосе люминесценции неодимового стекла.

ширина линии не превышает значения аппаратной ширины эталона ( $0.03 \text{ см}^{-1}$ ).

Для исключения грубых скачков частоты ( $10 \div 20 \text{ см}^{-1}$ ) в исследуемой схеме мы использовали дополнительный частотный селектор, аналогичный описанному в [2]. В лазерный резонатор около выходного зеркала помещалась пластинка из кристаллического кварца толщиной 5 мм, вырезанная параллельно оптической оси. Оптическая ось пластинки ориентировалась под углом  $45^\circ$  к направлению поляризации лазерного излучения (предварительно было установлено, что степень поляризации гигантского импульса и свободной генерации, обеспечиваемая брюстеровскими наконечниками лазерного стержня, была в наших условиях не менее 0.6). Было проверено, что внесение двупреломляющей пластинки в резонатор сужает спектр свободной генерации до  $5 \div 10 \text{ \AA}$ , а поворот пластинки на угол  $10^\circ$  обеспечивает плавную перестройку частоты свободной генерации в диапазоне  $100 \text{ \AA}$ .<sup>2</sup>

Выставив максимум пропускания используемого селектора на одну из генерируемых в гигантском импульсе частот ( $\lambda=10622 \text{ \AA}$ ), мы обеспечили стабильный режим частоты в ста вспышках генерации гигантского

Рис. 3. Изменения спектра лазерного излучения за одиннадцать вспышек ламп накачки.



импульса. Энергия гигантского импульса составляла в этих условиях  $0.25 \text{ дж}$  (энергия свободной генерации при вымороженных парах цезия при той же накачке равнялась  $0.7 \text{ дж}$ ), полуширина импульса —  $50 \text{ нсек}$ .

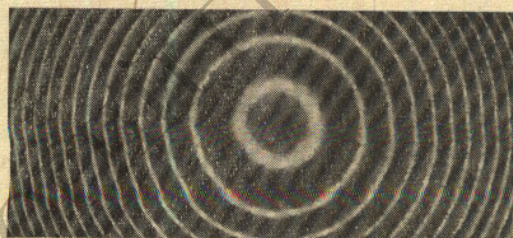


Рис. 4. Интерферограмма излучения гигантского импульса, накопленная за пять вспышек ламп накачки.

Расстояние между порядками эталона Фабри—Перо —  $0.17 \text{ см}^{-1}$ .

На рис. 4 приведена интерферограмма излучения гигантского импульса в описанном режиме, накопленная за пять вспышек ламп накачки. Расстояние между порядками эталона —  $0.17 \text{ см}^{-1}$ .

В заключение мы хотим подчеркнуть, что описанная схема лазера содержала паразитные селектирующие элементы: сапфировые окна це-

<sup>2</sup> Необходимо отметить, что тонкая стабилизация частоты лазерного излучения с помощью только двупреломляющих селекторов встречает дополнительные трудности, связанные с сильной температурной зависимостью величины  $n_o - n_e$ . Так, для кристаллов исландского шпата и кварца температурное смещение максимума характеристики пропускания селектора составляет  $\sim 1 \text{ \AA/град}$ , и не зависит от длины используемого кристалла.

зиевой кюветы, кварцевые окна системы ее воздушного обогрева, стеклянные подложки зеркал. В этих условиях, как показывают проведенные эксперименты, частота гигантского импульса тем не менее жестко определялась структурой полосы поглощения молекулярного пара. Мы полагаем, что в резонаторе, в котором полностью устранены паразитные селектирующие элементы, может быть получен гигантский импульс со стабильной частотой излучения и без введения дополнительного грубого частотного селектора.

Мы считаем своим приятным долгом выразить признательность В. В. Хромову за полезные обсуждения результатов данной работы.

#### Литература

- [1] А. М. Бонч-Бруевич, Н. Н. Костин, В. А. Ходовой, В. В. Хромов. Письма в ЖЭТФ, 12, 356, 1970.
- [2] L. Cirkovic, D. E. Evans, M. J. Forrest, I. Katzenstein. Appl. Optics, 7, 981, 1968.

Поступило в Редакцию 23 марта 1971 г.

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ имени Ф. Скоринны

Т  
О  
в т  
Пр  
ла  
ка  
де  
бл  
с  
в  
ве  
ск  
ли  
ср  
фа  
пр  
ко  
го  
ко  
ще  
од  
ни  
...  
пу  
да  
на  
из  
ло  
од  
пу  
фе  
П  
из  
ск  
ес  
дл  
бе  
в  
то