

## ОДНОЧАСТОТНЫЙ ЛАЗЕР БЕГУЩЕЙ ВОЛНЫ НА НЕОДИМОВОМ СТЕКЛЕ С АКТИВНОЙ МОДУЛЯЦИЕЙ ДОБРОТНОСТИ

*В.А.Бахорин, Ю.В.Коробкин, А.С.Маркин,  
А.В.Прохиндеев*

Предлагается метод сужения спектра излучения в твердотельных лазерах бегущей волны с активной модуляцией добротности. Применение метода в лазере на неодимовом стекле позволило получить устойчивый одночастотный режим. Обсуждается перспективность метода для стабилизации частоты одночастотных лазеров высокой мощности.

Для уменьшения числа генерирующих мод в твердотельных лазерах с активной модуляцией добротности используют замедление скорости включения добротности [1], введение в резонатор в момент включения добротности "затравочного" излучения с узким спектром [2], включение максимальной добротности в момент развития в резонаторе первой пика свободной генерации [3]. Получение одночастотного режима с помощью указанных методов связано при этом с уменьшением КПД лазера [1], усложнением схемы синхронизации момента включения затвора [2, 3], а также с необходимостью использования различных схем селекции мод в резонаторе.

В настоящей работе рассматривается метод уменьшения числа генерирующих мод в твердотельных лазерах с активной модуляцией добротности, основанный на применении кольцевого неселективного резонатора бегущей волны. В момент, предшествующий включению добротности, в резонаторе создаются условия возбуждения свободной генерации, спектр которой при малом превышении порога генерации быстро сужается от пика к пику вплоть до ширины одной аксиальной моды [4]. По достижении необходимого сужения спектра производится быстрое включение добротности. При этом спектр высвечивающегося гигантского импульса определяется спектром свободной генерации в момент включения. Предлагаемый метод в принципе не требует введения схем селекции в резонатор, а также жесткой временной синхронизации момента включения.

Для экспериментальной проверки эффективности метода был выбран лазер на неодимовом стекле, получение одночастотного режима в котором затруднено большим значением ширины линии усиления активной среды ( $\sim 250 \text{ см}^{-1}$ ). Схема кольцевого резонатора была трехзеркальной с поворотными призмами полного внутреннего отражения в качестве зеркал. В одном плече резонатора помещался активный элемент размером  $10 \times 240 \text{ мм}^2$  с брестеровскими торцами, в другом — фарадеевский вентиль и в третьем — электрооптический полуволновый затвор на основе кристалла KDP. Коэффициент пропускания выходного зеркала составлял 20%. Оптическая длина резонатора  $L = 240 \text{ см}$ . Для

исключения эффектов, связанных с возбуждением поперечных мод, внутри резонатора устанавливалась диафрагма  $\phi$  2,5 мм. Все плоскопараллельные элементы резонатора (за исключением кристалла KDP) либо имели грани, срезанные под углом Брюстера к оси резонатора, либо устанавливались таким образом, чтобы исключить возможность селекции мод на них. Исследование спектра излучения проводилось с помощью интерферометра Фабри – Перо. Временные зависимости исследовались элементом типа ФЭК и осциллографом С1-17.

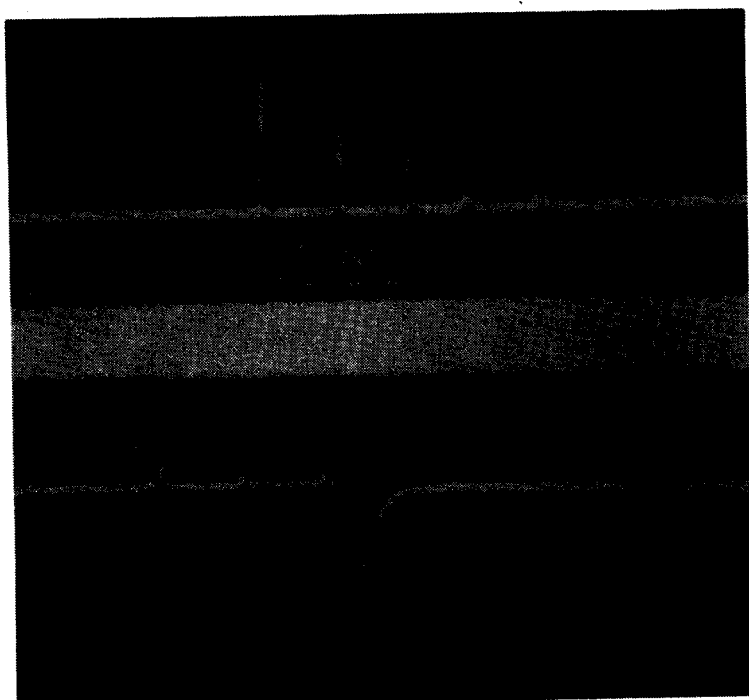


Рис. 1. Осциллограммы излучения лазера в режиме свободной генерации (а) и при включении добротности в момент существования в резонаторе свободной генерации (б). На осциллограмме (б) из-за сильного различия интенсивности пиков свободной генерации и гигантского импульса последний вызвал отрицательный выброс

Начальное пропускание затвора выбиралось таким, чтобы при максимально возможном уровне накачки был несколько превышен ( $\sim 10\%$ ) порог свободной генерации. При этом возбуждалось несколько пиков свободной генерации (рис. 1, а), общая энергия и число которых, зависели от превышения порога. Спектр излучения свободной генерации оказался одночастотным, начиная с первого же пика. При этом смещение частоты излучения от пика к пичку не превышало ширины наблюдаемой интегральной линии излучения на интерферограмме (рис. 2, а), т. е. было не более  $5 \cdot 10^{-3} \text{ см}^{-1}$ . Причиной установления одночастотного режима в первом пичке свободной генерации явился единственный селективный элемент в резонаторе – кристалл KDP с плоскопараллельными торцами длиной 27 мм. Стабильность частоты от пичка к пичку также оказалась следствием наличия селективного элемента.

При включении оптического затвора в момент существования в резонаторе свободной генерации излучался гигантский импульс (рис. 1, б), спектр которого был также одночастотным (рис. 2, б), а выходная энергия в несколько раз превышала энергию свободной генерации. Для надежной идентификации получаемых интегральных интерферограмм со спектром гигантского импульса излучение лазера пропускалось через кювету с просветляющимся раствором, ослаблявшим интенсивность свободной генерации в 30 раз и почти не изменявшим интенсивность гигантского импульса.

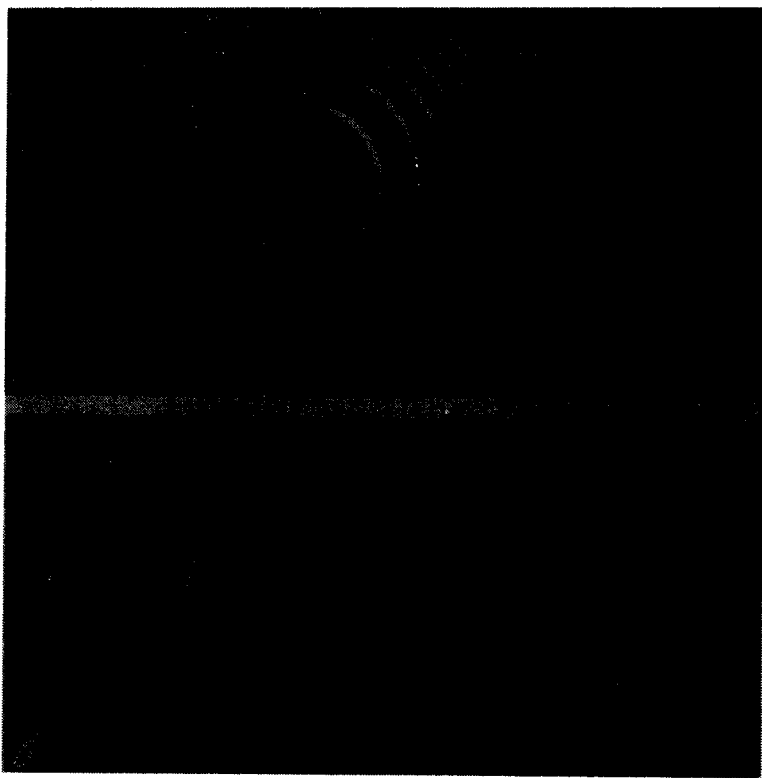


Рис. 2. Интерферограммы излучения лазера в режиме свободной генерации (а) и при включении добротности в момент существования в резонаторе свободной генерации (б). База интерферометра — 2,5 см

Если включение затвора производилось в момент, предшествующий свободной генерации, то спектр гигантского импульса был безструктурным с общей шириной около  $20 \text{ см}^{-1}$ .

Выходная энергия гигантского импульса практически не зависела от того, имела место или нет предварительная свободная генерация в момент включения затвора, что объясняется малым превышением порога свободной генерации. Таким образом, данный метод позволил увеличить спектральную плотность излучения лазера в режиме активной модуляции добротности почти на четыре порядка.

Сильное влияние плоскопараллельного элемента на спектр свободной генерации при малом превышении порога, приведшее к установлению од-

ночастотного режима в первом пичке и стабилизации частоты в последующих пичках, позволяет надеяться на то, что при оптимизации параметров подобного селектора настоящий метод может быть использован для создания одночастотных твердотельных лазеров высокой мощности со стабилизированной частотой излучения.

Авторы выражают благодарность П.П.Пашину за обсуждение результатов.

Московский институт радиотехники,  
электроники и автоматики

Физический институт  
им. П.Н.Лебедева  
Академии наук СССР

Поступила в редакцию  
8 мая 1974 г.

### Литература

- [1] J.M. Mc Mahon. IEEE J.QE, 5, 489, 1969.
  - [2] А.Н.Бондаренко, Г.В.Кривошеков, В.А.Смирнов. Письма в ЖЭТФ, 9, 100, 1969.
  - [3] E.O.Amman, J.M.Yarborough. Appl. Phys. Lett., 20, 117, 1972.
  - [4] В.И.Малышев, А.С.Маркин, А.А.Сычев. Письма в ЖЭТФ, 9, 3, 1969.
-