

ДИСКРЕТНАЯ САМОПЕРЕСТРОЙКА ЛИНИИ ГЕНЕРАЦИИ ИМПУЛЬСНОГО ЛАЗЕРА НА КРАСИТЕЛЕ С ФОТОРЕФРАКТИВНЫМ КРИСТАЛЛОМ

С.Ф.Люксютов, О.И.Ющук

*Институт физики АН УССР
252650, Киев*

Поступила в редакцию 19 октября 1990 г.

После переработки 20 ноября 1990 г.

Обнаружен эффект дискретной самоперестройки линии генерации импульсного лазера на красителе при помещении фоторефрактивного кристалла внутрь резонатора лазера. Эффект обусловлен взаимодействием записанных в двулучепреломляющем кристалле решеток с волнами различных поляризаций.

В середине 80-х годов от ряда групп поступили сообщения об эффекте свипирования длины волны генерации в лазере на красителе с фоторефрактивным кристаллом, используемым для создания в резонаторе положительной обратной связи¹⁻⁵. Этот эффект объяснялся пространственным рассогласованием решетки показателя преломления относительно ее стационарного положения, что обуславливало движение решетки и приводило к свипированию частоты генерации вследствие усиленного за счет многократных отражений эффекта Доплера.

В настоящей статье сообщается об эффекте дискретной самоперестройки частоты генерации импульсного лазера на красителе с внутрирезонаторным ФРК, механизм которой принципиально отличается от упомянутого выше свипирования частоты генерации и обусловлен взаимодействием записанных в кристалле решеток и дифрагирующих на них волн различных поляризаций.

Схема экспериментальной установки показана на рис.1. Использовался короткоимпульсный лазер на красителе с переключаемым резонатором, состоящим из двух плеч. Селективное плечо содержало глухое зеркало 7, расположенное в первом порядке дифракции нарезной дифракционной решетки 4 (1200 мм^{-1}), а неселективное - зеркало 6 в нулевом порядке. В общем участке резонатора находились кювета 3 со спиртовым раствором красителя родамина-6G и фоторефрактивный кристалл 2 $\text{LiNbO}_3 : \text{Fe}$ (0,03 вес% железа) толщиной 5 мм. Оптическая ось кристалла была перпендикулярна граням и направлена внутрь резонатора. Кристалл поворачивался в плоскости рисунка на угол α к оси резонатора. Краситель возбуждался излучением второй гармоники лазера

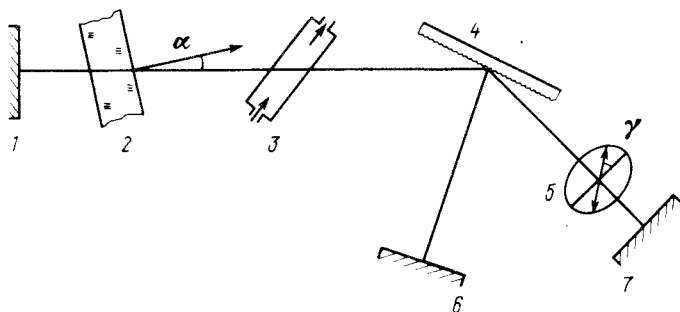


Рис. 1. Схема экспериментальной установки

на алюмоиттриевом гранате с длительностью импульса 20нс, энергией генерации 7мДж и частотой следования импульсов 10Гц. Спектры генерации регистрировались на фотопленку спектрографом ДФС-8, для визуального наблюдения спектра устанавливалась телекамера.

Вначале работало селективное плечо резонатора, формирующее узкую ($\approx 15\text{пм}$) линию генерации, которая записывала в ФРК объемную голографическую решетку отражательного типа с дифракционной эффективностью 40 - 50%. Затем селективное плечо перекрывалось и включалось неселективное. Было обнаружено, что спектр генерации состоит из двух линий перпендикулярных поляризаций: одна из них совпадала по длине волны с записывающей, а расстояние между ними зависело от угла α . Это связано с тем, что кристалл LiNbO_3 - двулучепреломляющий, и показатели преломления для обыкновенной n_0 и необыкновенной волны $n_e(\alpha)$ отличаются. Отметим, что решетка в ФРК эффективнее записывалась излучением e -поляризации, и именно такое излучение (обозначим

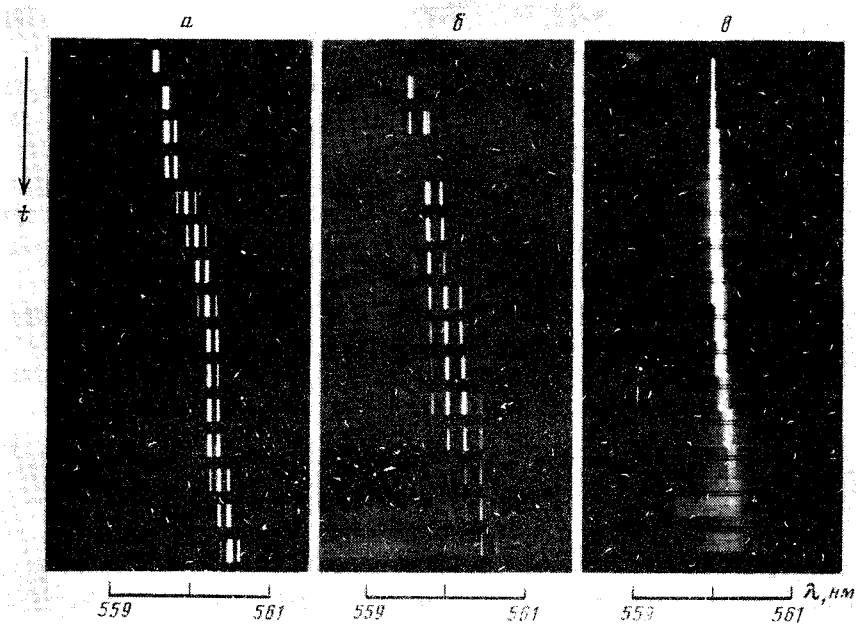


Рис. 2. Спектры генерации лазера с ФРК, сделанные через 30-секундные интервалы с поляризатором, повернутым под углами 45° (а) и 60° (б), и с поворотом плоскости поляризации вследствие отражения от наклонных поверхностей (а). ФРК наклонен к оси резонатора на угол 10° (а), 13° (б) и 6° (а)

его длину волны λ_0) формировалось при данной геометрии резонатора, записывая решетку с периодом $d_0 = \lambda_0 / (2n_0(\alpha))$. В неселективном резонаторе потери для волн обеих поляризаций были приблизительно равными, и на решетке внутри ФРК возникала генерация не только e -, но и o -компоненты с другой

длиной волны из-за отличия показателя преломления: $\lambda\alpha_1 = 2n_0d_0 = \lambda_0n_0/n_e(\alpha)$. Поскольку $n_0 - n_e(\alpha) \sim \alpha^2$, то и расстояние между компонентами $\lambda_1 - \lambda_0 \sim \alpha^2$, что подтверждается экспериментально.

Затем в неселективное плечо резонатора вносился поляризатор 5. После прохождения сквозь поляризатор и отражения от зеркала в резонатор возвращается только составляющая падающей волны в направлении пропускания поляризатора. Если это o -волна, то обратно вернется волна, имеющая по отношению к кристаллу как o -, так и e -компоненты. Так как e -компоненте волны λ_1 внутри ФРК соответствует решетка с периодом $d_1 = \lambda_1/2n_e(\alpha) = d_0n_0/n_e(\alpha)$, то после ее записи на ней может возникнуть генерация o -волны с $\lambda_2 = \lambda_1n_0/n_e(\alpha)$ и т.д. Для кристалла ниобата лития $n_0 > n_e$, что означает, что $\lambda_2 > \lambda_1$, т.е. линия генерации будет смещаться в длинноволновую область.

Результаты эксперимента представлены на рис. 2. На спектрограммах, сделанных через 30-секундные интервалы, хорошо видно, что одновременно могут сосуществовать не более двух (рис. 2а) или трех (2б) решеток. Их количество зависит от угла поворота поляризатора γ , другими словами - от соотношения интенсивностей o - и e -компонент. При малых углах разворота поляризатора эффект самоперестройки не наблюдался. С увеличением γ в каждый момент времени в ФРК сосуществует не более двух решеток, затем их число увеличивается до трех: при $\gamma \geq 60^\circ$ линии быстро затухают и возникает сплошной спектр. Визуально наблюдалось 15 и более шагов перестройки, их число ограничивалось полем зрения видеокамеры. Скорость перестройки максимальна при $\gamma \approx 45^\circ$.

Для разворота плоскости поляризации не обязателен явный поляризационный фильтр. Его роль с успехом могут играть, например, грани самого фоторефрактивного кристалла, если его наклонить одновременно по двум осям. Небольшая разница коэффициентов отражения, усиленная многократным прохождением излучения по резонатору за время импульса генерации, приводит к существенному повороту плоскости поляризации (рис. 2в). Это и есть одна из причин размножения и смещения линии генерации, полученных в ⁶.

Авторы выражают благодарность В.И.Кравченко и С.Г.Одулову за полезные замечания.

Литература

1. *McFarlane R.F., Steel D.G.* Opt. Lett., 1983, 8, 208.
2. *Feinberg J., Bacher G.D.* Opt. Lett., 1984, 9, 420.
3. *Rajbenbach M., Huignard J.P.* Opt. Lett., 1985, 10, 137.
4. *Whitten W.B., Ramsey J.M.* Opt. Lett., 1987, 12, 117.
5. *Ramsey J.M., Whitten W.B.* Opt. Lett., 1987, 12, 915.
6. *Люксютов С.Ф., Юцук О.И.* Квантовая электроника, 1990, 17, 273.