

## ЛИНЕЙЧАТАЯ СТРУКТУРА СПЕКТРОВ ГЕНЕРАЦИИ ОКГ С НЕОДНОРОДНЫМ УШИРЕНИЕМ ЛИНИИ УСИЛЕНИЯ

Л.А.Назомичева, Э.А.Свириденков, А.Ф.Сучков, П.В.Тимова,  
С.С.Чурилов

Известно, что спектр генерации ОКГ на стекле с  $Nd^{3+}$  обладает линейчатой структурой. Для объяснения этой структуры выдвигались различные гипотезы. Такие, например, как аналитические свойства функции коэффициента усиления [1] или флуктуационный характер излучения [2]. По нашему мнению, линейчатая структура спектра генерации ОКГ с неоднородно уширенной линией усиления обусловлена высокой чувствительностью спектра генерации к наличию частотно-зависимых потерь в резонаторе. Можно показать, что введение в резонатор ОКГ частотно-зависимых потерь вида

$$\frac{1}{T(\omega)} = \frac{1}{T_0} - \Delta \left( \frac{1}{T} \right) \cos \frac{\gamma \pi \omega}{\Delta \omega} \quad (1)$$

приводит к появлению в спектре излучения ОКГ провалов с относительной интенсивностью

$$\frac{\Delta I}{I_0} = \frac{\Delta(1/T)}{1/T_0} \left( \frac{S T_0}{I_0} + \frac{I_0}{P T_0} e^{-\frac{2\pi\gamma}{\Delta\omega}} \right)^{-1} \quad (2)$$

где  $S T_0$ ,  $I_0$  и  $P$  есть соответственно мощность спонтанного шума, усредненная по частоте мощность генерации и мощность накачки в единичном интервале частот. Формула (2) получена в предположении, что неоднородная ширина бесконечна, а однородное уширение характеризуется дисперсионным контуром с шириной  $\gamma$ .

Частотно-зависимые потери вида (1) можно создать, вводя в резонатор плоскопараллельный слой вещества с оптической толщиной  $\ell$ . Интерференция света, отраженного от его поверхностей, приводит к тому, что пропускание его будет зависеть от частоты по формуле 1, где величина  $\Delta\omega = 1/2\ell$ .

В кюветальный резонатор со сферическими зеркалами ( $R = 1 \text{ м}$ ) помещалась кювета, образованная двумя клиновидными стеклянными пластинами, внутренние поверхности которых были строго параллельны.

Из формулы (2) следует, что чувствительность спектра генерации к наличию потерь зависит от отношения  $2\pi\gamma/\Delta\omega$ .

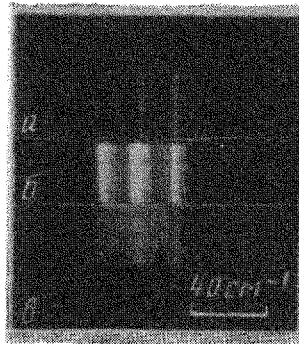


Рис. 1. Спектр генерации ОКГ на стекле с  $\text{Nd}^{3+}$  при различных температурах (в резонатор помещена кювета с ацетоном, с оптической толщиной

$\ell = 0,025 \text{ см}$ ) а)  $T = 290^\circ\text{К}$ ,  
б)  $T = 260^\circ\text{К}$ , в)  $T = 240^\circ\text{К}$ .

Мы использовали две кюветы разной толщины,  $\ell_1 = 0,45 \text{ см}$  ( $\Delta\omega = 1,1 \text{ см}^{-1} \ll \gamma$ ) и  $\ell_2 = 0,025 \text{ см}$  ( $\Delta\omega = 20 \text{ см}^{-1} \sim \gamma$ ). Глубина модуляции потерь  $\Delta(T^{-1})/T_0^{-1}$  зависела от коэффициента отражения от границы стекло – слой вещества в кювете. Используемое вещество представляло смесь бензола и хлорбензола, подобранную так, чтобы коэффициент отражения был минимальным.

Была получена зависимость глубины модуляции спектра излучения генерации от коэффициента отражения.

Даже при минимальном коэффициенте отражения  $2 \cdot 10^{-7}$  (измеренном независимым образом) в спектре генерации была заметна модуляция с периодом  $\Delta\omega = 1,1 \text{ см}^{-1}$ . В тонкой кювете, с  $\Delta\omega \sim \gamma$  глубина модуляции сильно зависела от соотношения  $\gamma/\Delta\omega$ . Однородная ширина  $\gamma$  изменялась с температурой активной среды.

На рис. 1 приведены спектры генерации ОКГ на стекле с неодимом с введенной в резонатор тонкой кюветой при различных температурах. Отчетливо видно, что с понижением температуры и уменьшением однородной ширины спектр становится более гладким, модуляция с периодом  $\Delta\omega = 20 \text{ см}^{-1}$  заметно уменьшается. Очевидно, этим объясняется непрерывность спектра генерации при гелиевых температурах в [3].

Эта зависимость структуры спектра от величины однородного уширения, возможно, позволит определить ширину однородной линии  $\text{Nd}^{3+}$  в стекле и ее зависимость от температуры.

Настоящая работа экспериментально подтверждает высокую чувствительность спектра генерации ОКГ с неоднородно уширенной линией усиления к частотно-зависимым потерям в резонаторе, поэтому любое слабое дискриминирующее воздействие приводит к линейчатой структуре, если его влияние превышает влияние спонтанного излучения. Может быть, структура спектра в [2] объясняется плохим устранением селективных потерь. Даже внесение в резонатор за счет дифракции энергии, отраженной от скошенной обратной стороны подложки зеркала, приводит к структуре спектра генерации. (В наших экспериментах угол скоса составлял  $10^\circ$  и толщина подложки 3 см).

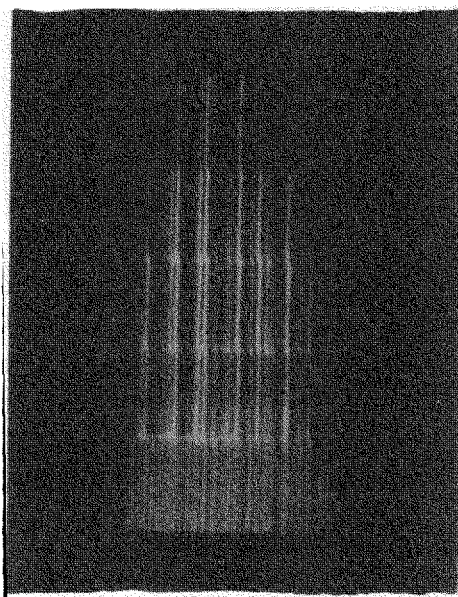


Рис. 2. Спектр генерации с аммиаком внутри резонатора  
 $l = 18 \text{ см}$

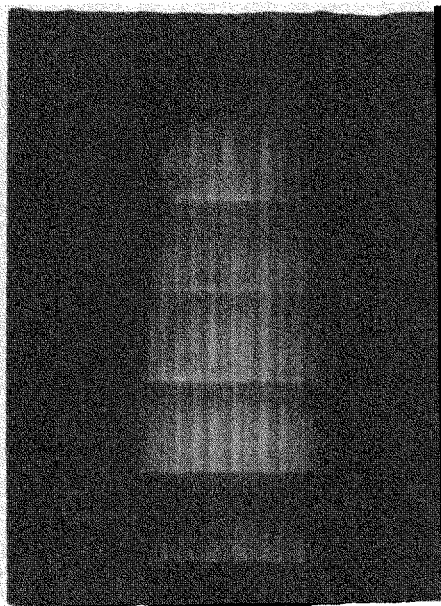


Рис. 3. Спектр генерации с метаном внутри резонатора  
 $l = 18 \text{ см}$

Такая чувствительность спектра генерации к потерям позволяет использовать ОКГ с неоднородно уширенной линией усиления в качестве высокочувствительного спектрографа. В резонатор вместо кюветы с жидкостью была введена трубка, через которую продувался газ. Мы выбрали аммиак  $\text{NH}_3$  и метан  $\text{CH}_4$ , которые в области  $1,06 \mu$  имеют окно прозрачности [4] и представляют большой интерес для астрофизики. На рис. 2 и 3 представлены спектры полученные при длине трубки 18 см. Сверху вниз увеличивается мощность накачки. На рис. 4 представлен спектр, полученный при толщине слоя аммиака 0,3 см. Внизу спектр в отсутствии аммиака, как видно спектр обнаруживает высокую воспроизводимость. Спектр на рис. 4 находится в полном соответствии с нижним спектром на рис. 2.

Полученные результаты показывают, что ОКГ с неоднородно уширенной полосой усиления могут быть использованы в качестве высоко чувствительного спектрографа. Действительно, для получения спектра поглощения третьей гармоники  $N$ -колебания, например, в  $\text{NH}_3$  [5] или в  $\text{HCN}$  [4] используются

кюветы длиной порядка нескольких метров при атмосферном давлении, а спектр на рис. 4 обнаруживает линии поглощения в краю вращательной структуры третьей гармоники полно-симметричного колебания аммиака  $\nu_1 = 3137 \text{ см}^{-1}$  при толщине слоя  $0,3 \text{ см}$ . Такой спектрограф обладает также большим быстродействием и удобен для исследования быстрых процессов.

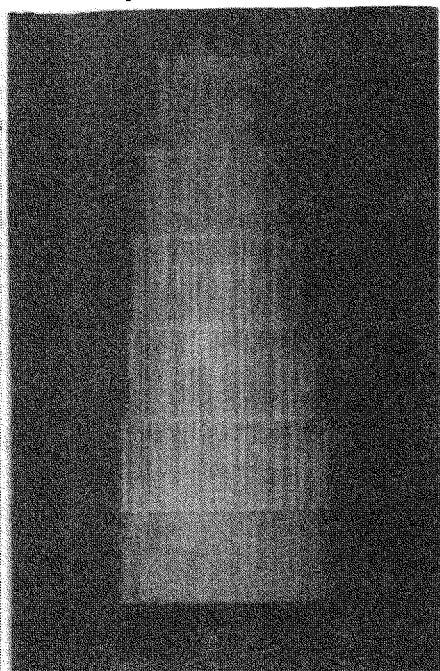


Рис. 4. Спектр генерации с аммиаком внутри резонатора  $l = 0,3 \text{ см}$ . Внизу — спектр без аммиака

Если линия поглощения меняет потери в резонаторе на величину  $\Delta(1/T)$ , то для ее регистрации требуется время  $t_p$  такое, что  $\Delta(1/T) \cdot t_p \sim 1$ . Нелинейность спектрографа, по-видимому, не препятствует проведению количественных измерений. Чувствительность его можно целенаправленно менять, изменяя температуру и, следовательно, однородную ширину  $\gamma$  и геометрию резонатора, отношение  $ST_0/I_0$ . Для изменения рабочего диапазона в качестве активных сред могут быть использованы красители.

В заключение авторы приносят глубокую благодарность М.Д.Галанину за постоянное внимание и интерес к работе и Т.И.Беликовой за помощь в работе.

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

Поступила в редакцию  
3 июня 1970 г.  
После переработки  
16 июня 1970 г.

#### Литература

- [1] В.С.Машкович. ЖЭТФ, 53, 1003, 1967.
- [2] В.И.Малышев, А.В.Масалов, А.А.Сычов. Письма в ЖЭТФ, т.11, 324, 1970.
- [3] М.Н.Толстой, В.Н.Шаповалов. Опт. и спектроскопия. 23, 648, 1967.
- [4] Г.Герцберг. Колебательные и вращательные спектры многоатомных молекул. ИИЛ, М., 1949, стр. 320, 332, 485, 412.
- [5] Sin-Hung Chao. Phys. Rev., 59, 27, 1936.