

Письма в ЖЭТФ, том 15, вып. 8, стр. 467 - 471. 20 апреля 1972 г.

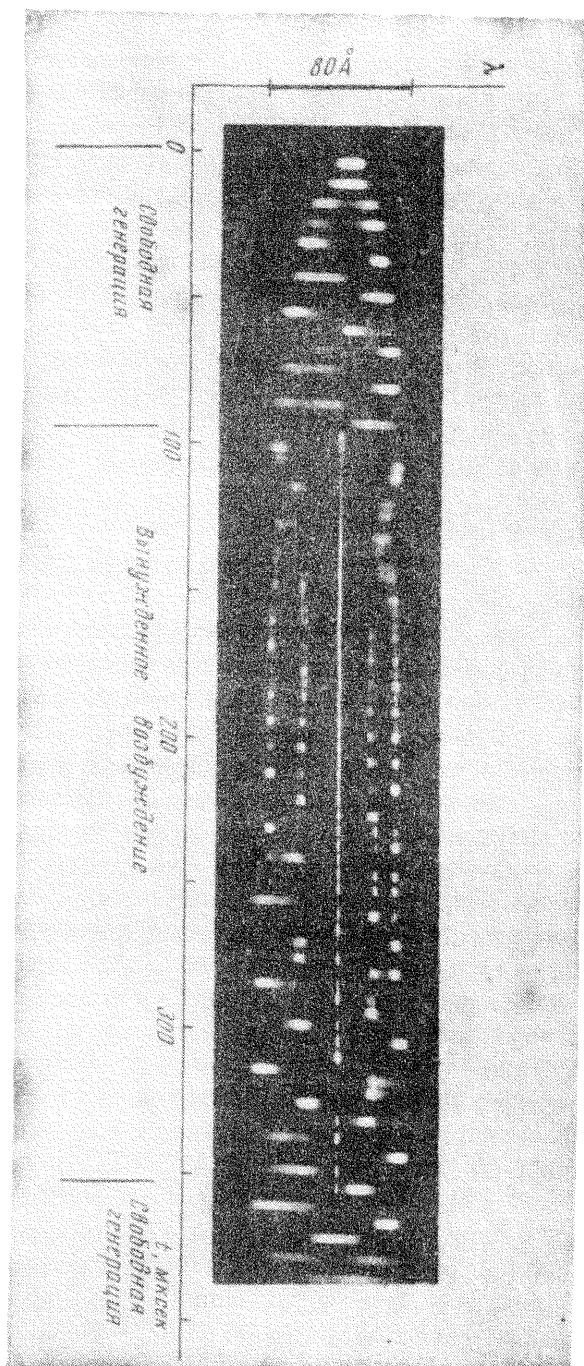
К ВОПРОСУ О СТРУКТУРЕ СПЕКТРОВ ИЗЛУЧЕНИЯ ОКГ НА СТЕКЛЕ АКТИВИРОВАННОМ НЕОДИМОМ

С. Е. Попов.

1. Обычно неоднородно уширенная полоса люминесценции Nd^{3+} в стекле представляется в виде совокупности однородно уширенных линий лоренцевой формы, отвечающих спектрам излучения отдельных ионов, между которыми возможен безызлучательный обмен (миграция) энергии возбуждения. Такая идеализация удобна, однако не адекватна действительности. В настоящей работе показано, что при монохроматическом стимулированном излучении полоса усиления обедняется не только в пределах однородного уширения вблизи частоты излучения, но и на ряде других частот. Такая частотно-селективная связь частей люминесценции обусловлена, по-видимому, многокомпонентностью структуры рабочего перехода ${}^4F_{3/2} \rightarrow {}^4I_{11/2}$, скрытой неоднородным уширением. Можно полагать, что самопроизвольное структурирование спектров излучения при немонахроматической квазистационарной генерации, в значительной мере, обусловлено этим эффектом,

2. Наблюдение взаимосвязи различных частей полосы усиления активной среды производилось следующим образом. В свободно генерирующем ОКГ, в течение некоторого времени, вынужденно возбуждалась преимущественная квазистационарная генерация на выделенной частоте ν_0 ; структурирование полосы усиления регистрировалось по появлению (или изменению) линейчатой структуры в спектре генерации, возбуждающейся вдали от частоты ν_0 . Вынужденное возбуждение производилось посредством согласованного ввода в резонатор исследуемого ОКГ пучка излучения от вспомогательного ОКГ [1]. Квазистационарность генерации вспомогательного ОКГ обеспечивалась за счет использования в качестве одного из зеркал резонатора нелинейного ртутного зеркала [2]. Сужение ширины спектра до 1 Å и плавная перестройка длины волны излучения вспомогательного ОКГ в диапазоне $\pm 50 \text{ Å}$ осуществлялась с помощью интерферометра Фабри — Перо с базой $5 \cdot 10^{-3} \text{ см}$. Конфигурация элементов резонатора обоих ОКГ (зеркала с радиусами кривизны 2 м на расстоянии 1 м, на клиновидных подложках, активные элементы со скошенными торцами) выбирались так, чтобы исключить влияние на ход генерации неоднородностей распределения полей и частотной селекции типов колебаний. Благодаря этому и наличию в активной среде (стекло КГСС -3 диаметр 20 мм и длина 260 мм) слабого насыщающегося поглощения, [3] свободная многомодовая генерация исследуемого ОКГ происходила в режиме регулярных незатухающих пичков. При этом, в пределах разрешения дифракционных спектрографов, в спектрах генерации, как правило, не наблюдается линейчатой структуры и они имеют вид сплошь размытых широких полос — см. начальные и конечные участки развертки спектра на рисунке.

3. При вынужденном возбуждении в интервале между пичками излучения исследуемого ОКГ возникает непрерывная составляющая интенсивности, отвечающая возбуждению, а спектр претерпевает следующие изменения. Сначала, прекращается генерация в области, непосредственно примыкающей к частоте вынужденного возбуждения; в этом месте в спектре образуется провал — см. центральный участок развертки спектра на рисунке. Затем, в областях спектра, удаленных от области вынужденного возбуждения возникает структура, отвечающая структурированию полосы усиления. Эта структура проявляется тем отчетливее, чем выше интенсивность возбуждения; характер структуры в целом не зависит от изменений частоты возбуждения в пределах ширины области генерации. Зависимости структуры от интенсивности внешнего возбуждения можно проследить в затухающей части импульса возбуждения. В этот период видно, что сначала выравниваются широкие провалы в далеких областях полосы и на их месте в течение некоторого времени остается мелкая структура. Резкость этой структуры и ширина областей, где она проявляется, уменьшается с уменьшением интенсивности вынужденного возбуждения. Структура перестает быть заметной, когда возбуждение становится настолько слабым, что в спектре генерации исчезает центральный провал, а в ходе интенсивности — непрерывная составляющая, отвечающая воз-



буждению. После этого вновь восстанавливается режим чисто пиково-вой генерации.

4. В качестве одной из причин обнаруженного явления, как уже отмечалось, можно предполагать многокомпонентность структуры рабочего перехода иона Nd^{3+} . Действительно, люминесценция Nd^{3+} в стекле отвечает переходу с двух подуровней штарковского расщепления уровня ${}^4F_{3/2}$ на шесть подуровней расщепленного мультиплета ${}^4I_{11/2}$. Таким образом, спектр люминесценции состоит из 12 однородно уширенных линий, и максимумам полосы в областях 1,06 и 1,09 мкм отвечают переходы на соответственно 4 и 2 подуровня штарковского расщепления уровня ${}^4I_{11/2}$ [4]. При этом вследствие вариаций локального окружения ионов Nd в стекле (неоднородное уширение) спектры излучения каждого иона хаотически различаются по величине расщепления и по положению линий на шкале частот. Поэтому при излучении ансамбля ионов, одной частоте могут отвечать переходы между различными подуровнями различных ионов. Кроме того, можно полагать (по аналогии с кристаллами), что в связи с вариациями окружения, различна и величина однородного уширения линий излучения каждого иона.

При воздействии на активную среду монохроматическим излучением с частотой ν_0 (или при самовозбуждении квазистационарной генерации на этой частоте) с определенными вероятностями дезактивируются все возбужденные ионы, в спектрах излучения которых имеются линии, совпадающие в пределах их однородного уширения с частотой ν_0 . При этом полоса усиления обедняется в окрестности среднего значения однородного уширения вблизи частоты ν_0 и на частотах всех остальных возможных переходов центров, излучающих на частоте ν_0 . Возникающему таким образом структурированию полосы отвечает структурирование спектров генерируемого излучения.

Характерно, что наблюдаемая структура нерегулярна по периоду. При этом структура с относительно малым периодом и узкими линиями проявляется на фоне более грубой структуры преимущественно в областях, примыкающих в области вынужденного возбуждения. Это указывает на значительный разброс величины расщепления рабочих подуровней и подтверждает предположение о зависимости величины однородного уширения от локальных вариаций окружения ионов Nd .

Можно полагать, что учет явления, обнаруженного в настоящей работе, позволит (наряду с учетом пространственной конкуренции, селективности, самосинхронизации типов колебаний) дать более полное, чем имеется сейчас описание [5] механизма возникновения и развития структуры спектров квазистационарного излучения ОКГ на активных средах и неоднородным уширением полосы люминесценции.

Автор считает приятным долгом благодарить А.М.Бонч-Бруевича и В.В.Овсянкина за полезные обсуждения, стимулировавшие постановку и выполнение настоящей работы.

Государственный
оптический институт
им. С.И.Вавилова

Поступила в редакцию
6 марта 1972 г.

Литература

- [1] H. Kogelnik, T. Li. Proc IEEE, **54**, 10, 1312, 1966.
 - [2] А.М.Бонч-Бруевич, С.Е.Потапов, Я.А.Имас. ЖТФ, **38**, 670, 1968.
 - [3] А.М.Бонч-Бруевич, С.Е.Потапов, Я.И.Хавин. Оптика и спектроскопия, **28**, 203, 1970.
 - [4] M.M.Mann, L.G.de Shazer. Appl. Phys., **47**, 2951, 1970.
 - [5] В.С.Машкевич. ЖЭТФ, **53**, 9, 1003, 1967.
-