

ТЕМПЕРАТУРНЫЕ ПУЛЬСАЦИИ И МНОГОЧАСТОТНАЯ ГЕНЕРАЦИЯ $YAlO_3 - Nd^{3+}$

А. А. Каминский

1. Спектральный состав и поляризация стимулированного излучения (СИ) ОКГ на основе анизотропных активированных кристаллов определяются поляризацией излучения ансамбля элементарных излучателей-примесных ионов, кристаллооптическими свойствами матрицы-основы и температурой. На этом основано несколько весьма эффективных и широко применяющихся в настоящее время температурных методов спектроскопии СИ, позволяющих извлекать обширную информацию об электрон-фононном взаимодействии, о процессах происходящих в возбужденном состоянии в условиях генерации, а также получать наиболее точные сведения о положении энергетических уровней активаторных ионов. Для этих задач до настоящего времени применялись лазерные среды²⁾ исключительно простыми кристаллооптическими свойствами¹⁾.

Цель данного сообщения показать на примере результатов исследования обнаруженных температурных пульсаций и многочастотной генерации лазера на основе наиболее перспективных в настоящее время [1] ромбических кристаллов $YAlO_3 - Nd^{3+} (D_2^{16} - Pbnm)$ новые воз-

¹⁾ Подразумевается постоянство ориентации по всей длине лазерной среды индикатрисы показателей преломления.

²⁾ Проф. М. Вебер с сотрудниками получили при 300°К выходную мощность ~ 100 см (КПД = 2,7%). Применялся $YAlO_3 - Nd^{3+} (F || b - \ell = 75$ мм, $\phi = 6$ мм) и две Кг лампы в позолоченном двойном эллиптическом осветителе. Автор благодарит проф. М. Вебера за сообщение этих результатов до опубликования (см. также G.A. Massey, J.M. Yarborough. Appl. Phys. Lett., 18, 576, 1971).

мощности температурных методов спектроскопии СИ, которые открываются при изучении лазерных сред, обладающих сложными кристаллооптическими свойствами.

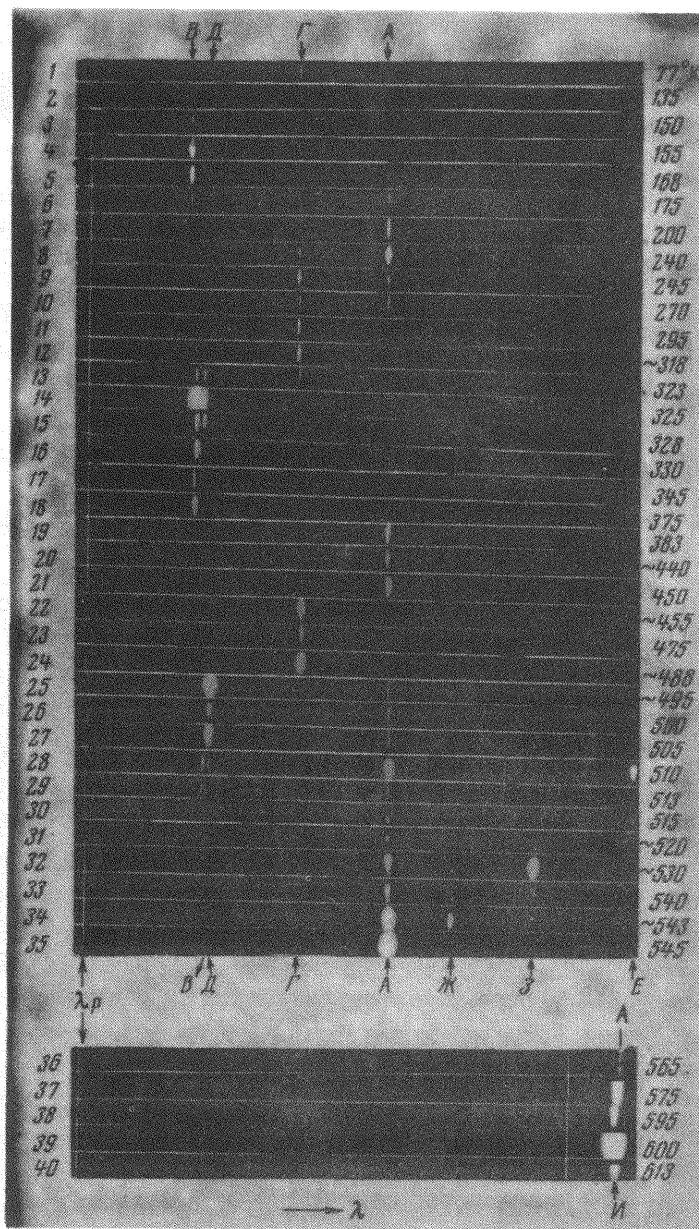


Рис. 1. Спектры СИ ОКГ на основе кристалла $YAlO_3-Nd^{3+}$ ($\angle Fa \cong 60^\circ$ и $\angle Fc \cong 50^\circ$) со сложными кристаллооптическими свойствами, переход ${}^4F_{3/2} \rightarrow {}^4I_{11/2}$. Стрелкой отмечена реперная линия с $\lambda_p = 10561,5\text{Å}$

Исследования показали, что эти эффекты наблюдаются, когда активная среда образована из нескольких соосно установленных в оптическом резонаторе кристаллов $YAlO_3 - Nd^{3+}$ различной ориентировки или когда используется один неоднородный кристалл, состоящий из нескольких разориентированных участков.

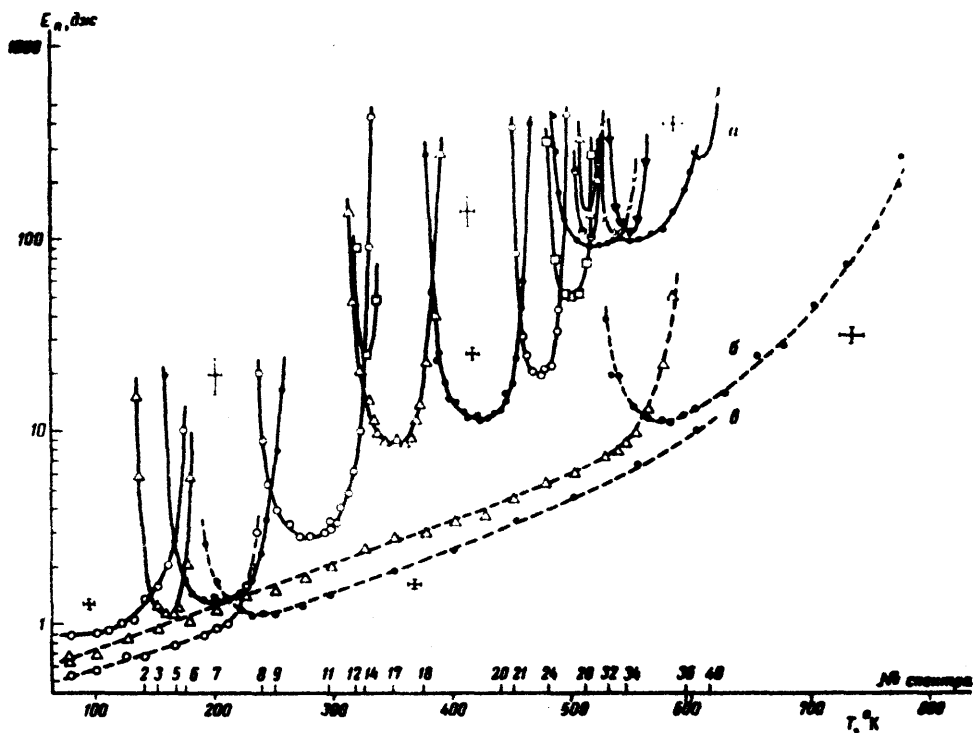


Рис. 2. Зависимости $E_{II}(T)$ ОКГ на основе $YAlO_3 - Nd^{3+}$ со сложными (а) и простыми кристаллооптическими свойствами (б и в) для линий: ● — А, Δ — В, ○ — Г, □ — Д, ⊙ — Е, ▼ — Ж, × — З, ◇ — И

2. Рисунки 1 и 2 иллюстрируют эффекты для одного из таких кристаллов. Видно, что при изменении температуры от 77 до $600^\circ K$ генерация на линиях А (переход $11421 \text{ см}^{-1} {}^4F_{3/2} \rightarrow {}^4I_{11/2} 2158 \text{ см}^{-1}$), Е ($11421 \text{ см}^{-1} {}^4F_{3/2} \rightarrow {}^4I_{11/2} 2023 \text{ см}^{-1}$) и Г ($11421 \text{ см}^{-1} {}^4F_{3/2} \rightarrow {}^4I_{11/2} 2097 \text{ см}^{-1}$) возникает трижды, а на линии Д ($11537 \text{ см}^{-1} {}^4F_{3/2} \rightarrow {}^4I_{11/2} 2156 \text{ см}^{-1}$) дважды (см. рис. 3). Для сравнения на рис. 2 приведены зависимости порога возбуждения E_{II} ОКГ на основе двух бездефектных кристаллов $YAlO_3 - Nd^{3+}$ различной ориентировки (штриховые кривые). Эти зависимости не имеют "пульсаций" и ведут себя обычным образом для переходов между термами ${}^4F_{3/2}$ и ${}^4I_{11/2}$ неодимовых сред [2], т. е. до $T \approx 500^\circ K$ изменение E_{II} следует за изменением ширины линии люминесценции, связанной с данным индуцированным переходом, а при более высоких на ход $E_{II}(T)$ начинает влиять температурное изменение населенности состояния ${}^4I_{11/2}$ и ${}^4F_{3/2}$ ¹⁾. Предварительные результаты изучения пульсаций СИ пока-

¹⁾ Переключение СИ при ~ 210 и $\sim 550^\circ K$ на линию А (рис. 2) связано, главным образом, с резонансами переходов.

зывают, что оно в первую очередь обусловлено температурным изменением поляризационных свойств разориентированных участков $YAlO_3$ относительно слабозависящей от температуры поляризации электронных переходов ионов Nd^{3+} . Увеличение пульсации также в значительной степени способствует наличие резких переходных границ между разориентированными участками.

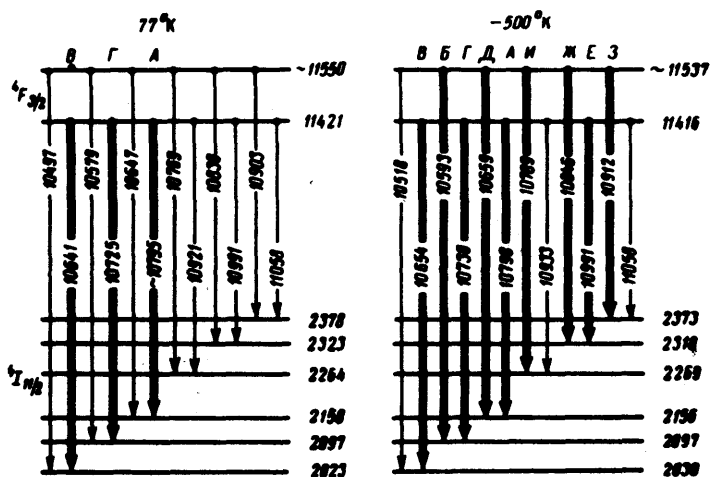


Рис. 3. Схемы кристаллического расщепления термов ${}^4F_{3/2}$ и ${}^4I_{11/2}$ ионов Nd^{3+} в $YAlO_3$ для 77 и $\sim 500^\circ K$. Положение уровней указано в cm^{-1} , а переходов между ними в Å . Жирными стрелками обозначены индуцированные переходы (схема для $77^\circ K$), зарегистрированные ниже $300^\circ K$ и (для $500^\circ K$) выше $300^\circ K$. СИ на линии В получено в ОКГ с КАС ($YAlO_3 - Nd^{3+} + SrF_2 - LaF_2 - Nd^{3+}$) [1]

3. Проведенные исследования выявили новые возможности активированных кристаллов, которые позволяют создавать ОКГ с управляемыми температурой спектральными и поляризационными характеристиками. Результаты данной работы также свидетельствуют, что анализ лазерных сред со сложными кристаллооптическими свойствами значительно расширит возможности спектроскопии СИ [3], особенно в изучении температурного сдвига и уширения линий генерации, дающих ценную информацию о взаимодействии активаторных ионов с динамикой матрицы. Так для приведенного примера, только с использованием одного образца $YAlO_3 - Nd^{3+}$ и обычной схемы ОКГ, не имеющей в оптическом резонаторе специальных дисперсионных элементов, изменением температуры ($77 - \sim 600^\circ K$), удалось обнаружить и проанализировать поведение более половины переходов между термами ${}^4F_{3/2}$ и ${}^4I_{11/2}$ ¹⁾. Некоторые спектроскопические параметры описанного выше ОКГ на основе $YAlO_3 - Nd^{3+}$ можно воспроизвести в темпе-

¹⁾ Результаты будут опубликованы в специальной работе.

ратурных опытах при помощи одного бездефектного кристалла и вращающегося поляроида¹⁾.

4. Экспериментальная техника и методы исследования были аналогичны использованным в [1, 2, 4]. Приведенные спектры СИ получены с кристаллом $YAlO_3 - Nd^{3+}$ (~1 вес.%) длиной ~14 мм и диаметром ~4 мм с плоскопараллельными торцами (~3'').²⁾ Для удобства сравнения данных, представленных на рис. 1 и 2, проведена нумерация спектров СИ, которая связана со шкалой температур рис. 2. Спектры 36 – 40 (рис. 1) показаны в увеличенном (по λ) масштабе, чтобы пояснить переключение СИ при $T \geq 600^\circ K$ на переход II ($11533 \text{ см}^{-1} {}^4F_{3/2} \rightarrow {}^4I_{11/2} 2271 \text{ см}^{-1}$) с $\lambda_r = 10796 \text{ \AA}$. При этих температурах $\lambda_r(A) = 10801 \text{ \AA}$ (рис. 2, а и 2, б). Возгорание высокотемпературных линий E , $Ж$, $З$ и $И$ обусловлено, с одной стороны, изменением поляризационных свойств кристалла, с другой, температурным возрастанием населенности верхнего уровня терма ${}^4F_{3/2}$, а также резонансами (для некоторых линий).

В заключение автор благодарит член.-корр. АН СССР Б.К.Ваинштейна и В.Я.Хаимова-Малькова за обсуждение результатов работы, Г.А.Богомолу, Б.Н.Гречуцникова, И.Р.Иванова и З.Б.Перикалину за помощь, ценные советы и критические замечания, а также Х.С.Багдасарова под руководством которого были синтезированы кристаллы $YAlO_3 - Nd^{3+}$.

Институт кристаллографии
Академии наук СССР

Поступила в редакцию
3 августа 1971 г.

Литература

- [1] Х.С.Багдасаров, А.А.Каминский. Письма в ЖЭТФ, 8, 501, 1969.
- [2] А.А.Каминский, D.N.Vylegzhanin IEEE J.Quant. Electr., QE-7, 329, 1971.
- [3] А.А.Каминский. Opto-Electron., 3, 19, 1971.
- [4] А.А.Каминский. ЖЭТФ, 58, 407, 1970.
- [5] M.J.Weber, M.Bass, K.Andringa, R.R.Monchamp, E.Comperchio. Appl. Phys. Lett., 15, 342, 1969.

¹⁾ Применение поляроида и кристалла $YAlO_3 - Nd^{3+}$ с $F \parallel b$ (где b – кристаллографическая и F – геометрическая оси лазерного элемента) позволило авторам работы [5] получить СИ на линиях A и B ($300^\circ K$).

²⁾ Из-за наличия границ между разориентированными участками данного образца проходящее через него излучение He – Ne-лазера (6328 \AA) образует систему симметричных с взаимно перпендикулярной поляризацией резко убывающих по интенсивности пучков с расходимостью ~1,2° и т. д., лежащих в одной плоскости.