

И. А. Щербаков. Перенос энергии в твердых телах, новые активные среды твердотельных лазеров. Обсуждается современное состояние проблемы безызлучательного переноса энергии электронного возбуждения в диэлектрических кристаллах и стеклах. Продемонстрировано количественное согласие теории статического переноса и теории прыжкового тушения люминесценции с экспериментальными данными по взаимодействию ионов редкоземельных и переходных элементов в лазерных кристаллах. Экспериментально выявлен трехстадийный характер закона переноса энергии из донорной подсистемы в акцеп-

торную. Установлены общие закономерности, связывающие микроскопические механизмы межзонного взаимодействия с процессами релаксации энергии в коллективе взаимодействующих частиц. Показано, что отказ от « τ -приближения» и реализация экспериментальных методов измерения эволюций населенности возбужденных состояний в большом динамическом диапазоне дает возможность определять микроскопические константы взаимодействия и прогнозировать спектрально-люминесцентные свойства примесных кристаллов. Установлена количественная взаимосвязь между эволюциями населенности в донорной и акцепторной подсистемах. Предложены матрицы, в которых аномально слабо проявляется эффект концентрационного тушения люминесценции и, в частности, аномально слабы безызлучательные потери с верхних лазерных уровней, что позволило существенно увеличить концентрацию рабочих частиц.

Предложены и реализованы пути увеличения более чем на порядок плотности энергии, запасенной в активной среде лазера. Эффект достигается за счет разделения функций рабочих частиц: одни частицы, обладающие интенсивным широкополосным спектром, эффективно поглощают энергию и быстро

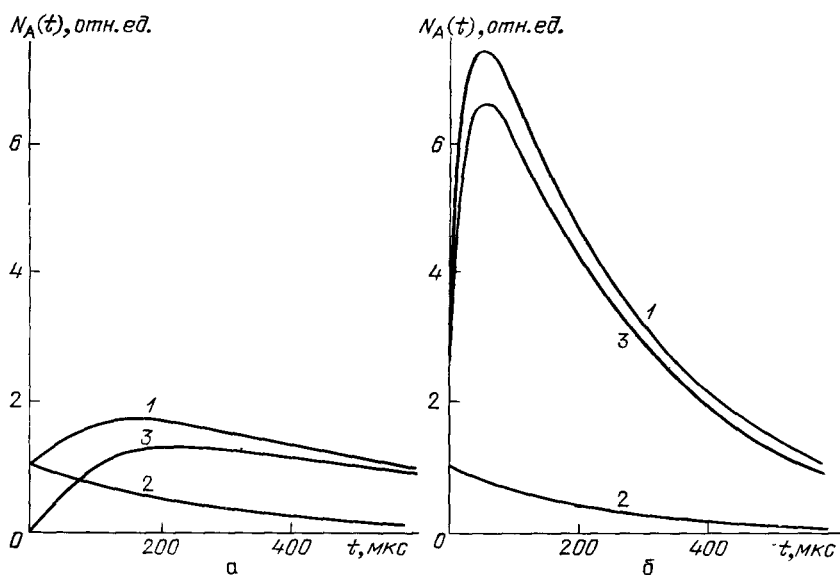


Рис. 1. Временные зависимости $N_A(t)$ населенности верхнего лазерного уровня ионов Nd^{3+} при $T = 300$ К в кристаллах, активированных ионами хрома, при возбуждении образца δ -импульсом света, спектральный состав которого соответствует спектральному составу лампы ИСП-1000.

а — Кристаллы ИАГ с концентрацией неодима $1 \cdot 10^{20} \text{ см}^{-3}$ и хрома $1,5 \cdot 10^{20} \text{ см}^{-3}$; б — кристалл ГСГГ с концентрацией неодима $2 \cdot 10^{20} \text{ см}^{-3}$ и хрома $3 \cdot 10^{20} \text{ см}^{-3}$ (1 — суммарная кривая; 2 — ионы неодима, возбужденные в собственные полосы поглощения; 3 — ионы неодима, получившие возбуждение от ионов хрома)

и полностью передают ее другому типу частиц, который эффективно накапливает энергию в метастабильном состоянии и когерентно излучает в узких спектральных линиях. При этом внутри каждой из подсистем удалось реализовать слабые межзонные взаимодействия, а между частицами различных подсистем — сильные.

На рис. 1 приведены примеры эволюции населенности метастабильного состояния неодима в известном кристалле иттрий-алюминиевого граната (ИАГ) и предложенном нами кристалле гадолиний-скандий-галлиевого граната (ГСГГ). В обоих случаях в качестве доноров энергии выступают ионы хрома, а рабочими частицами лазера являются ионы неодима. На рис. 2 приведены результаты генерационных исследований. Составы кристаллов

были оптимизированы с технологической точки зрения, а также по их радиационным свойствам. В результате новый класс кристаллов синтезируется на стандартном оборудовании, причем время технологического цикла сокращено в несколько раз. На основе разработанных кристаллов созданы лазеры с рекордными КПД, не изменяющие параметров генерации при γ -облучении активных элементов вплоть до доз $\sim 10^7$ рад. Высоким КПД, технологичностью и высокой радиационной стойкостью не исчерпываются

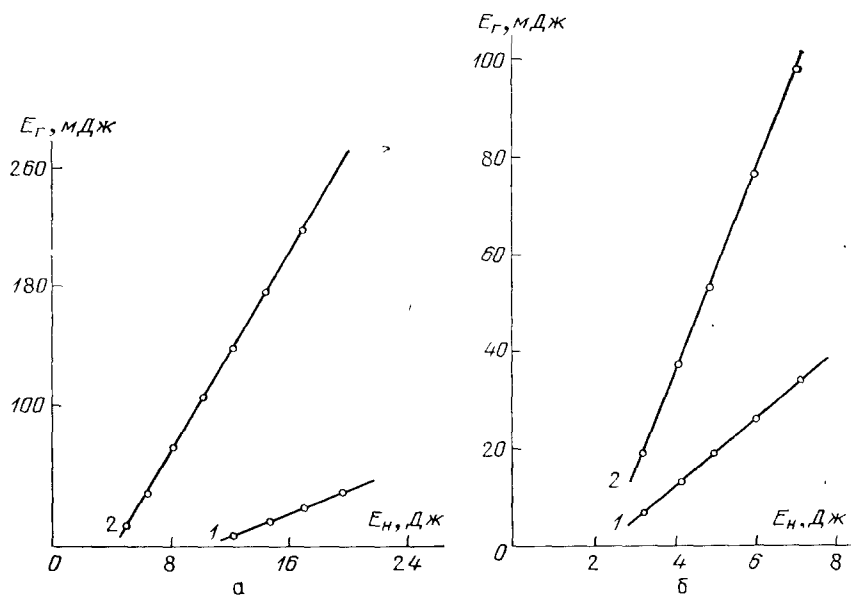


Рис. 2. Сравнительные генерационные характеристики ионов неодима в кристаллах ГСГГ и ИАГ.

Генерация на переходе неодима ${}^4F_{3/2} \rightarrow {}^4I_{11/2}$. Режим свободной генерации. а — Кристалл ГСГГ, активированный только ионами неодима (1), и кристалл ГСГГ, активированный ионами хрома и неодима (2); б — кристаллы ИАГ — Nd^{3+} (1) и ГСГГ — $Cr^{3+} - Nd^{3+}$ (2)

преимущества нового класса кристаллов. Изучение фундаментальных процессов переноса энергии электронного возбуждения позволяют также расширить частотный диапазон генерации, получить генерацию на новых переходах и, в частности, получать плавно перестраиваемую по длине волны генерацию в лазерах на твердом теле при комнатной температуре с использованием стандартных неселективных источников возбуждения. Это достигается за счет установления и реализации критериев быстрого и полного переноса энергии от ионов хрома ко всем редкоземельным ионам, представляющим практический интерес, реализации нужного распределения электронно-колебательной энергии по возбужденным состояниям хрома и возможности генерации на новых переходах.

Материалы доклада опубликованы в журналах «Квантовая электроника», «Журнал экспериментальной и теоретической физики», «Доклады Академии наук СССР», «Известия АН СССР. Серия физическая», «Applied Physics. Ser. B».