

УДК 535.14

ЗАВИСИМОСТЬ РАБОЧЕЙ ТЕМПЕРАТУРЫ АКТИВНОГО ЭЛЕМЕНТА ОТ КОНЦЕНТРАЦИИ ИОНОВ ИТТЕРБИЯ ДЛЯ ЭРБИЙ-ИТТЕРБИЕВОГО ЛАЗЕРА В РЕЖИМЕ САМООХЛАЖДЕНИЯ

Косинский И.В. (Университет ИТМО)

Научный руководитель – доцент факультета ФиОИ, Иванов А.В.
(Университет ИТМО)

В работе рассмотрена кристаллическая система с двумя редкоземельными ионами Er-Yb, которая выступает в роли активного элемента лазера, работающего в режиме самоохлаждения. Определены процессы, влияющие на температурную нагрузку активного элемента. Исследована зависимость рабочей температуры активного элемента от концентрации ионов иттербия и найдены отношения концентраций иттербия к эрбию, при которых рабочая температура активного элемента становится ниже комнатной температуры.

Введение. В настоящее время продолжается интенсивная разработка твердотельных лазеров, активными элементами которых являются кристаллы, легированные редкоземельными ионами. Из-за небольших интенсивностей генерируемого излучения проблема охлаждения активных элементов до сих пор ещё не становилась актуальной, но с ростом интенсивностей накачки и генерации оптимальное решение проблемы охлаждения, безусловно, окажется важным. Одним из направлений поиска такого решения является лазерное охлаждение в активных элементах твердотельных лазеров, реализация которого сделала бы их функционирование крайне благоприятным. Например, это исключило бы необходимость использовать в конструкции лазера неудобные внешние элементы охлаждения, которые заменяются внутренними – охлаждающими примесями. Идея лазера, работающего без выделения тепла, впервые была высказана в 1999 году С. Боуманом, где процессы лазерной генерации и антистоксового охлаждения протекают в одной и той же системе ионов. Такие лазеры были названы им радиационно-сбалансированными.

Основная часть. Использование твердотельных систем с двумя типами редкоземельных ионов открывает возможность для реализации самоохлаждения активного элемента лазера. При этом один из ионов (иттербий) можно использовать для охлаждения системы, а второй ион (эрбий) для получения генерации лазерного излучения. Особенностью рассматриваемой в настоящей работе системы является совмещение процесса накачки и охлаждения, что уменьшает тепловую нагрузку на кристаллическую систему и приводит к её самоохлаждению.

Решение поставленной задачи выполнялось в два этапа. Во-первых, был произведен расчет населенностей штарковских подуровней иона иттербия с помощью формализма матрицы плотности. В тоже время, расчет населенностей уровней эрбия был осуществлен благодаря стационарным балансным уравнениям. Для определения эффективности предлагаемой схемы были определены процессы, приводящие к нагреву и охлаждению на ионах. Во-вторых, найдены мощности нагрева и охлаждения, а затем выполнены численные оценки результирующей тепловой нагрузки на кристаллическую матрицу.

Выводы. Проведено исследование временной зависимости рабочей температуры активного элемента при различных концентрациях ионов иттербия и эрбия. Было определено пороговое отношение концентрации иттербия к эрбию, при котором осуществляется не только накачка, но и самоохлаждение лазера. Предложенный в работе теоретический подход позволяет подробно изучить тепловую нагрузку активного элемента.