

УДК 539.121.72/75

ФИЗИКА

Академик АН УзССР У. А. АРИФОВ, М. Р. БЕДИЛОВ, У. ЭГАМОВ

ВЛИЯНИЕ ИОНИЗАЦИИ ИОНОВ ТРЕХВАЛЕНТНОГО ХРОМА НА КИНЕТИКУ ИЗЛУЧЕНИЯ РУБИНОВОГО ЛАЗЕРА

Известно, что центры окраски, образованные в рубине ($\text{Al}_2\text{O}_3:\text{Cr}^{3+}$) и лазерных стеклах посредством ионизирующего излучения, представляют собой электроны и дырки, локализованные на собственных или примесных дефектах решетки, которые значительно влияют на свойства стимулированного излучения лазеров (¹⁻³). В случае монокристалла рубина, активированного трехвалентным ионом хрома при воздействии гамма-лучами, могут образоваться центры окраски из примесных ионов как Cr^{2+} , так и Cr^{4+} (^{1, 3, 4}). Однако до сих пор степени преобразования активатора Cr^{3+} в Cr^{2+} и Cr^{4+} при воздействии ионизирующего излучения мало изучены и имеются противоречия (^{4, 5}), в частности, воздействие гамма-луча на рубин с Cr^{3+} дозой 10^6 и 10^5 р соответственно приводит к преобразованию на Cr^{2+} и Cr^{4+} ~2—6% (⁵) и ~52% (⁴), определенные методом э.п.р. Изучение генерации центров окраски в многокомпонентных стеклянных активных элементах ионизирующим излучением и влияние их на свойства стимулированного излучения находятся еще на начальном этапе (^{6, 7}).

Данная работа посвящена исследованию степени преобразования ионов Cr^{3+} на Cr^{2+} и Cr^{4+} лазерным методом в зависимости от дозы ионизирующего излучения и влияния их на кинетику излучения лазера.

Эксперимент проводился на лазерной установке, работающей в свободном режиме (²). Активными элементами лазера служили светло-розовый рубин с концентрацией хрома 0,05% и стекло с различными концентрациями Nd^{3+} . Центры окраски в активных элементах лазера создавались гамма-лучами с помощью 100 р/сек в пределах доз 10^2 — 10^8 р. Степени преобразования Cr^{3+} на Cr^{2+} и Cr^{4+} оценивались по изменению энергетического выхода и кинетики стимулированного излучения рубинового лазера. Энергетический выход лазера определялся калориметрическим и фотоэлектрическим методом (³), а кинетика излучения лазера исследовалась сверхскоростной фотографией на СФР-2М с целью (⁸).

Изучение энергетического выхода стимулированного излучения рубинового лазера, связанного с ионами Cr^{3+} , в зависимости от дозы облучения гамма-лучами позволило оценить степени уменьшения концентрации ионов Cr^{3+} . Установлено, что выход лазера, т. е. концентрация активатора

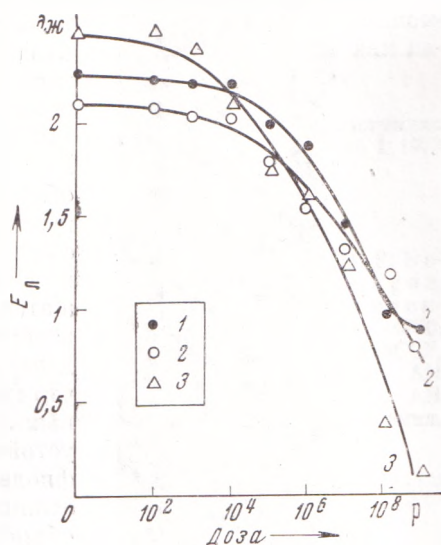


Рис. 1. Зависимость поглощательных свойств стеклянных элементов от дозы гамма-излучения: 1 — ГЛС-ЧП, 2 — ГЛС-28-2, 3 — ГЛС-1

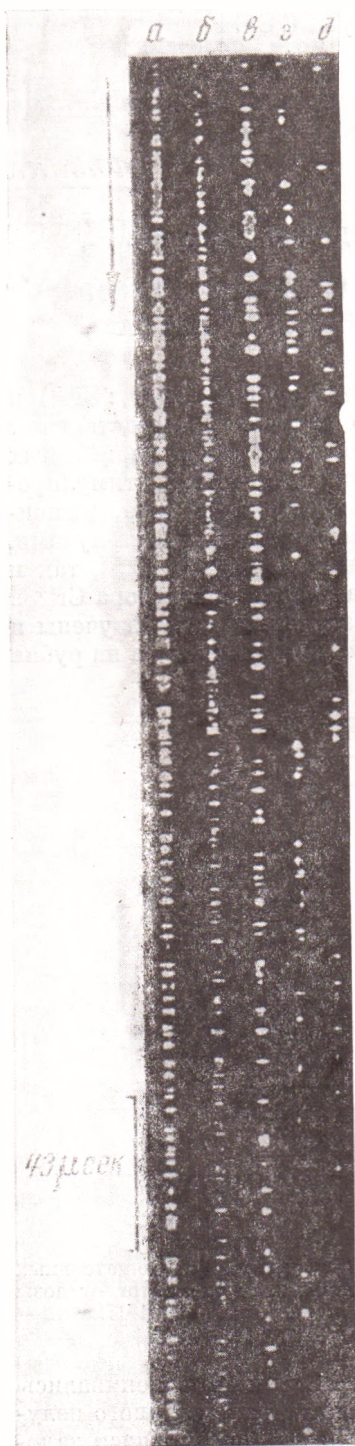


Рис. 2. Типичные СФР-граммы излучения рубинового лазера при различных дозах облучения: а — до облучения, б—г — соответственно при 10^4 , 10^5 , 10^6 , 10^7 р

с увеличением дозы облучения, особенно в интервале доз 10^3 — 10^6 р уменьшается. Например, при дозах 10^4 и 10^6 р уменьшение Cr^{3+} составляет соответственно 9 и 75%. Увеличение дозы гамма-луча до 10^6 р приводит к тому, что концентрация центров окрасок остается почти постоянной, как при дозе 10^6 р. Надо отметить, что если уменьшение концентрации Cr^{3+} за счет облучения гамма-лучами составляет не больше 5%, то световая энергия, испускаемая лампой-вспышкой в пределах 2000—6000 Å при величине ~ 150 дж, вполне достаточна для трансформации центров окрасок Cr^{2+} и Cr^{4+} на Cr^{3+} , что и сохраняет постоянный энергетический выход лазера до дозы 10^6 р. Значительное изменение концентрации активатора и появления центров окрасок Cr^{2+} и Cr^{4+} отражаются на спектрах поглощения рубина (⁶). Напротив, в уменьшении выхода лазера и в увеличении порога возбуждения стеклянных лазеров, активированных трехвалентным Nd^{3+} , в основном играют роль центры окраски, образованные переходом трехвалентного иона Fe^{3+} на Fe^{2+} , так как в состав лазерного стекла типа КГСС, ГЛС входит окись железа $\sim 10^{-4}\%$ (⁸). Полоса поглощения центра окраски Fe^{2+} находится в области генерации неодимового лазера (10 600 Å), а его поглощательные свойства Fe^{2+} значительно растут с увеличением дозы облучения. Эти данные были установлены исследованием временных, энергетических спектральных свойств и распределения пучка по сечению излучения лазера, а также поглощательных свойств стеклянных элементов в зависимости от дозы гамма-излучения в пределах доз 10^2 — 10^8 р (см. рис. 1). Характерно, что центры окраски, образованные в стеклянных лазерных элементах, относительно более устойчивы к воздействию видимого и ультрафиолетового излучения источника накачки, а отжигаются только термическим отжигом. Это объясняется тем, что центры окраски в стеклянных лазерах находятся в инфракрасной, а в рубиновых — видимой областях спектра, где интенсивности излучения источника накачки распределены по-разному.

Типичные СФР-граммы излучения рубинового лазера при различных дозах облучения приведены на рис. 2. Здесь не показаны задержки лазерного излучения относительно положения до облучения, но с увеличением дозы облучения задержка стимулированного излучения увеличивается. Например, при дозах 10^4 , 10^5 , 10^6 , 10^7 р лазерный импульс задерживается соответственно на 31, 76, 190, 247 мсек при энергии накачки 4 кдж. Из СФР-грамм также видно, что общая длитель-

ность излучения уменьшается с ростом дозы облучения, но сохраняется пиковый характер генерации лазера. Увеличение дозы, т. е. уменьшение концентрации активатора, с одновременным существованием центров окрасок приводит к значительному изменению кинетики излучения лазера. К нему можно отнести увеличение скважности между пиками, уничтожение отдельных типов колебаний и уменьшение интенсивности пиков. При максимальной степени концентрации центров окрасок, т. е. при дозе 10^6 р, исчезают почти все возможные типы колебаний, кроме осевых, которые имеют относительно слабую интенсивность. Необходимо отметить, что с увеличением дозы облучения частота следования отдельных типов колебаний становится реже, особенно в начале и в конце импульса излучения, а поперечные размеры пиков излучения уменьшаются. Структура пятна в интервале доз от 10^4 до $5 \cdot 10^5$ р остается сложной (многомодовой), а с дозы $5 \cdot 10^5$ р отдельные пиксы приобретают простую структуру. При дозе 10^6 р размер некоторых пятен относительно до облучения уменьшается примерно на порядок. Общая картина изменения кинетики излучения стеклянных лазеров в зависимости от дозы облучения такая же, как в рубиновых лазерах, однако в стеклянных лазерах насыщения плотности центров окрасок и стимулированного излучения с увеличением дозы не обнаружены.

Из результатов видно, что полученная концентрация центров окрасок в рубине при дозе 10^6 р существенно отличается от результатов работ ⁽⁵⁾, но почти совпадает с данными ⁽⁴⁾, что значительно влияет на кинетику излучения лазера, которая требует пересмотреть теорию излучения твердотельных лазеров с учетом центров окрасок. Результаты работ могут представлять ценный практический интерес, в частности, для создания радиационно-устойчивых лазеров, индикаторов ионизирующего излучения и как лазерный метод определения центров окрасок в лазерных материалах.

Институт электроники
Академии наук УзССР
Ташкент

Поступило
16 I 1973

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ У. А. Арифов, М. Р. Бедилов и др., ДАН, 203, № 1, 68 (1972). ² М. Р. Бедилов, К. Хайдаров, ЖТФ, 42, 2, 391 (1972). ³ М. Р. Бедилов, К. Хайдаров, Докл. АН УзССР, № 6, 20 (1972). ⁴ Г. Е. Архангельский, З. Л. Моргенштейн, В. Б. Неуструев, В сборн. Спектроскопия кристаллов, «Наука», 1970, стр. 273. ⁵ М. Р. Бедилов, К. Хайдаров, К. Хайтбаев, Докл. АН УзССР, № 8, 21 (1972). ⁶ У. А. Арифов, М. Р. Бедилов, К. Хайдаров, Докл. АН УзССР, № 8, 22 (1970). ⁷ У. А. Арифов, М. Р. Бедилов и др. Докл. АН УзССР, № 11, 22 (1972). ⁸ И. М. Бужинский, С. К. Мамонов, Журн. прикл. спектроскоп., 12, 5, 845 (1970).