

УДК 539.121.72/75

ФИЗИКААкадемик АН УзССР У. А. АРИФОВ, М. Р. БЕДИЛОВ,
К. ХАЙДАРОВ, У. ЭГАМОВ**О СВОЙСТВАХ СТИМУЛИРОВАННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ РУБИНОВОГО
ЛАЗЕРА ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ γ -ИЗЛУЧЕНИЯ Co^{60}**

Известно, что воздействие γ -излучения ($\sim 10^6$ рад), мощного потока плазмы и пучка электронов на стеклянные лазеры приводит к сильному изменению генерирующих и оптических характеристик ОКГ (¹⁻³). Однако имеются сведения, что при действии γ -излучения относительно малых доз ($< 10^4$ рад) к.п.д. рубинового лазера увеличивается на 300% (⁴), которое требует дополнительного комплексного исследования этого явления. Настоящая работа посвящена изучению влияния γ -излучения Co^{60} при дозах 0— 10^4 рад на свойства стимулированного излучения рубинового лазера, используя комплексную методику.

Для этой цели была собрана лазерная установка, работающая в свободном релаксационном режиме. В опытах использован рубиновый стержень длиной 75 и диаметром 7,5 мм, с примесью 0,05% Cr^{3+} . Активный элемент (рубин) и импульсная лампа накачки ИФП-5000 располагались в одноламповом, эллиптическом осветителе. Рубин находился в стеклянной трубке и охлаждался проточной водой. Облучение активного элемента ОКГ производилось γ -лучами Co^{60} мощностью потока 100 р/сек дозой 10^2 , 10^3 и 10^4 рад. Резонаторами служили внешние плоские диэлектрические зеркала с отражением 100 и 70%. Для изучения свойства стимулированного излучения за одну вспышку рубинового лазера использованы фотоэлектрические, калориметрические, спектральные и фотографические методы, которые описаны в (⁴). Луч лазера отражался от поверхности трех плоско-параллельных пластин, установленных на пути луча, и одновременно падал на спектрограф, фотоэлектронный умножитель, калориметр, а часть луча регистрировалась фотоленкой.

На рис. 1 приведены типичные осциллограммы временной характеристики рубинового лазера до и после облучения γ -лучами в зависимости от дозы облучения при энергии накачки 3 кдж. Влияние γ -лучей на временную характеристику лазера становится заметным при дозе 10^3 рад, а характер генерации по времени до и после облучения остается постоянным, т. е. пиковым. Однако γ -лучи приводят к увеличению времени задержки начала генерации и уменьшению длительности импульса лазера, что особенно отчетливо наблюдается, начиная с дозы 10^4 рад. Например, из осциллограмм (рис. 1а, г) видно, что временная задержка увеличивается примерно на 90 мсек (от 355 до 445 мсек), а длительность генерации сокращается на 130 мсек (от 500 до 370 мсек).

Изучение энергетических свойств стимулированного излучения рубинового лазера до и после облучения γ -лучами показало, что не изменяется вид кривой зависимости энергии лазера от энергии накачки, но увеличивается пороговая энергия накачки, уменьшается энергия вынужденного излучения, а также все эти данные зависят от числа вспышек импульсной лампы. Энергетические характеристики лазера до и после облучения приведены на рис. 2. Из графика видно, что энергия излучения ОКГ до и после облучения дозой 10^4 рад составляет 1,7 и 1,45 дж соответственно при электрической энергии накачки 4,0 кдж, а порог возбуждения лазера увеличивается на 0,2 кдж.

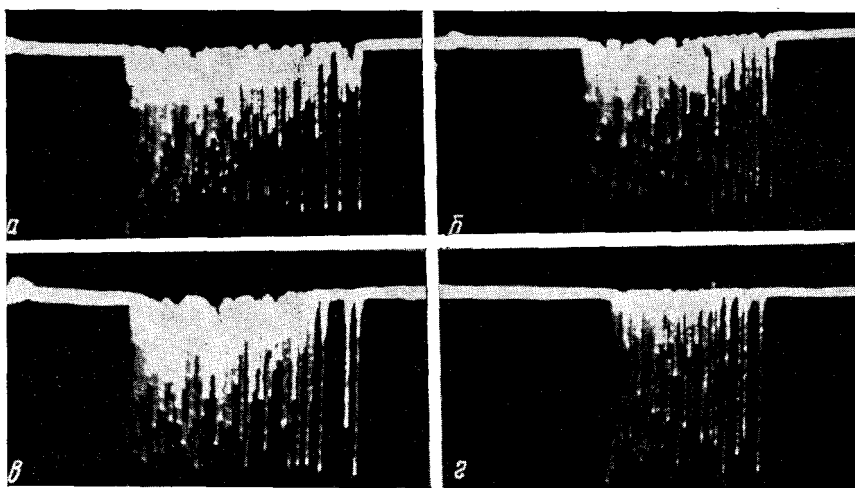


Рис. 1. Осциллограмма временных характеристик рубинового лазера: *а* — до облучения, *б* — *г* — после облучения γ -лучами при дозах 10^2 рад (*в*), 10^3 рад (*б*), 10^4 рад (*г*)

Надо отметить, что при дозе 10^2 рад не наблюдается, а при 10^3 рад начинается заметное уменьшение энергетических параметров вынужденного излучения лазера.

На рис. 3 показана зависимость энергии лазера от дозы облучения γ -лучами при энергии накачки 4.3 кдж. Зависимость имеет нелинейный характер. Существенное уменьшение выхода лазера установлено в пределах доз

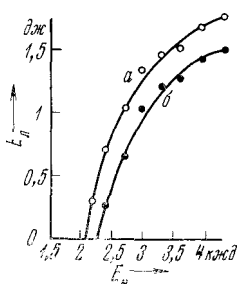


Рис. 2

Рис. 2. Энергетические характеристики лазера: *а* — до облучения, *б* — после облучения 10^4 рад

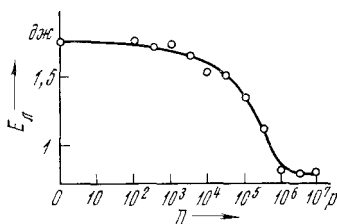


Рис. 3

Рис. 3. Зависимость энергии лазера от дозы облучения γ -лучами

$10^4 - 10^6$ р при данном содержании 0,05% Cr^{3+} в рубине. В интервале доз $0 - 10^3$ и $10^6 - 10^7$ р энергия излучения лазера остается почти постоянной.

Изучение распределения пучка по сечению до и после облучения показало, что, начиная с 10^4 р, наблюдается заметное уменьшение размера, интенсивности и изменение структуры пятна. Типичные пятна распределения излучения лазера по сечению в зависимости от числа вспышек лампы накачки при дозе 10^4 р приведены на рис. 4.

Спектры излучения рубинового лазера до и после облучения дозой от 0 до 10^4 р показали, что линия генерации в обоих случаях одна и та же: $\lambda = 6943 \text{ \AA}$. Заметное уменьшение интенсивности спектра излучения лазера наблюдается, начиная с дозы 10^4 р.

Для понимания механизма уменьшения выхода лазера нами также были исследованы спектры поглощения рубина до и после облучения. Спектр поглощения рубина до облучения в интервале 2200—7000 Å имеет три полосы с максимумами поглощения соответственно на длинах волн 2550, 4000 и 5500 Å. Облучение рубина γ -лучами в интервале 0—10⁶ р показало, что спектр поглощения, начиная с доз 10³ р, заметно увеличивается во всех полосах.

Таким образом, уменьшение выхода ОКГ, интенсивности линии генерации, распределения излучения по сечению и длительности импульса ла-

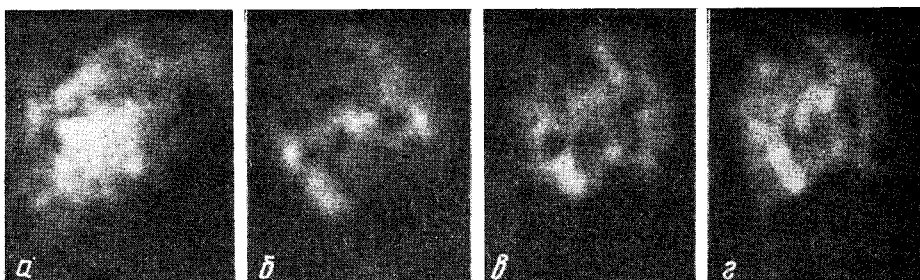


Рис. 4. Распределение излучения лазера по сечению в зависимости от числа вспышек. а — до облучения, б — в — после облучения при 1-й (б), 5-й (в), 10-й (г) вспышке лампы накачки

ра, а также увеличение поглощательной способности во всех полосах поглощения рубина после облучения, по-видимому, объясняется появлением центров окрасок в рубиновом кристалле. Центры окраски представляют в основном ионы Cr^{2+} и Cr^{4+} (⁵). Уменьшение концентрации Cr^{3+} в рубине и появление Cr^{2+} и Cr^{4+} после облучения может привести к увеличению поглощательной способности рубина. Так как полосы поглощения центров окрасок Cr^{2+} и Cr^{4+} лежат в спектральном интервале $\lambda < 2600$, 3500—4300 и 2600—3300 Å, $\lambda_{\text{max}} \approx 4700$ Å соответственно (⁵). Поэтому заметное изменение свойств стимулированного излучения рубинового лазера наблюдается с дозы 10⁴ р, так как при дозах, меньших 10⁴ р, образованные незначительные центры окраски в кристалле, по-видимому, полностью отжигаются видимым излучением в течение одной вспышки лампы накачки. Накачка рубинового лазера после облучения видимым и ультрафиолетовым излучением приводит к относительно быстрому восстановлению генерирующих свойств. Нами также установлено ухудшение генерирующих свойств неодимового лазера при тех же дозах γ -облучения, однако восстановление их видимым излучением не наблюдалось. Поэтому утверждение авторов (⁴) об увеличении выхода лазера на 300% при дозе $1,7 \cdot 10^3$ р, основанное на приведенных в работе (⁴) осциллограммах, нам кажется сомнительным, так как после облучения наблюдается отклонение луча осциллографа в обе стороны от горизонтальной линии, что свидетельствует, по-видимому, о неисправности измерительной аппаратуры.

Результаты наших исследований могут представлять практический интерес, поскольку установлено, что рубиновые и неодимовые лазеры радиационно устойчивы до дозы 10⁴ р, а также, что их можно использовать в интервале доз 10⁴ — 10⁶ р как дозиметр γ -лучей.

Институт ядерной физики
Академии наук УзССР
пос. Улутбек Ташкентск. обл.

Поступило
19 IV 1971

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ У. А. Арифов, М. Р. Бедилов, К. Хайдаров, Докл. АН УзССР, № 8, 22 (1970); № 8, 14 (1969). ² М. Р. Бедилов, Докл. АН УзССР, № 10, 18 (1968). ³ У. А. Арифов, М. Р. Бедилов и др., Докл. АН УзССР, № 6, 20 (1969). ⁴ W. R. Davis et al., J. Appl. Phys., 36, 670 (1965). ⁵ Г. Е. Архангельский, З. Л. Моргенштерн, В. Б. Неуструев, Спектроскопия кристаллов, «Наука», 1970, стр. 273.