

ИЗЛУЧЕНИЕ РУБИНОВОГО ЛАЗЕРА ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ГАММА-ИЗЛУЧЕНИЯ Co^{60}

М. Р. Бедилов и К. Хайдаров

Работа посвящена комплексному исследованию временных, энергетических, спектральных свойств стимулированного излучения и распределения пучка по сечению до и после облучения γ -лучами. Рубиновый стержень имел длину 75 и диаметр 7.5 мм с содержанием Cr^{3+} 0.05%. Резонаторами служили зеркала с коэффициентом отражения 100 и 70%. Экспериментально установлено, что заметное влияние гамма-излучения Co^{60} наблюдается начиная с 10^4 рентген, а при $10^4 \div 10^6$ рентген ухудшаются генерационные свойства лазера. Для дозы 10^7 рентген характеристики лазера остаются такими же, как и при дозе 10^6 рентген. Приводятся возможные причины изменения характеристик лазера под действием гамма-лучей.

Настоящая работа посвящена комплексному исследованию временных, энергетических и спектральных свойств стимулированного излучения рубинового лазера и распределения пучка по сечению до и после облучения гамма-лучами. В опытах был использован рубиновый стержень длиной 75 и диаметром 7.5 мм с примесью Cr^{3+} 0.05%. Резонаторами служили диэлектрические зеркала с отражением 100 и 70%. Образец и импульсная лампа ИФП-5000 располагались в одноламповом эллиптическом осветителе. Облучение производилось гамма-лучами Co^{60} при мощности потока 100 р/сек. дозой от $0 \div 10^7$ рентген. Свойства излучения лазера до и после облучения изучались одновременно калориметрическим, фотоэлектрическим, спектральным и фотографическим методами, которые описаны ранее [1].

Временные характеристики лазера в зависимости от степени облученности и при энергии накачки 4.3 кдж приведены на рис. 1. Из осциллограмм видно, что влияние гамма-лучей на временную характеристику лазера становится заметным при дозе 10^4 рентген, а характер генерации остается постоянным, т. е. пиковым. Облучение приводит к увеличению времени задержки начала генерации относительно начала накачки и уменьшению длительности импульса. После облучения дозами 10^4 , 10^5 , 10^6 , 10^7 рентген соответственно время задержки изменяется примерно от 260 до 290, 323, 415, 427 мксек., а длительность генерации уменьшается с 690 до 616, 538, 353, 338 мксек.

Изменения энергетических свойств излучения рубинового лазера в зависимости от степени облучения гамма-лучами приведены на рис. 2. Из рисунка видно, как изменяется вид кривой зависимости энергии лазера в исследуемом интервале энергии накачки при различных дозах облучения: увеличивается пороговая энергия накачки, уменьшается энергия вынужденного излучения. Энергия излучения лазера до и после облучения дозами 10^4 , 10^5 , 10^6 , 10^7 рентген составляет собственно 1.8, 1.6, 1.4, 0.9, 0.8 дж при электрической энергии накачки 4.3 кдж, а порог возбуждения лазера увеличился от 1.45 до 1.8, 3, 3.75 кдж.

Спектроскопические исследования излучения рубинового лазера до и после облучения гамма-лучами показали, что во всех случаях наблюдается одна линия генерации $\lambda = 6943 \text{ \AA}$. Заметное уменьшение интенсивности спектра излучения лазера наблюдается начиная с дозы 10^4 рентген, а наи-

меньшая интенсивность линии генерации имеет место при наибольшей дозе облучения (10^7 рентген).

Изучение распределения пучка по сечению показывает, что начиная с 10^4 рентген уменьшается размер, интенсивность и изменяется структура пятна. Особенно существенное изменение пучка по сечению наблюдается при дозах 10^7 рентген. Например, круглое интенсивное однородное пятно диаметром 0.8 см до облучения переходит к менее интенсивному пятну диаметром 0.6 см при дозе 10^7 рентген.

На рис. 3 показана зависимость энергии лазера от дозы облучения гамма-лучами при энергии накачки 4.3 кдж, имеющая нелинейный характер.

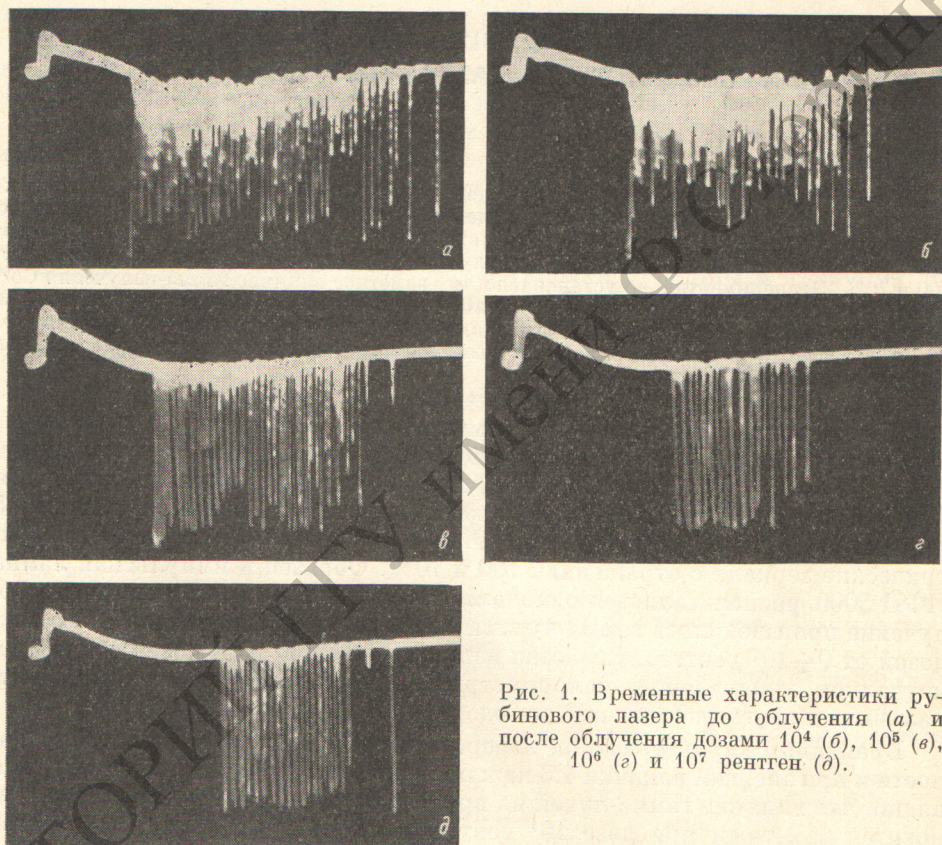


Рис. 1. Временные характеристики рубинового лазера до облучения (а) и после облучения дозами 10^4 (б), 10^5 (в), 10^6 (г) и 10^7 рентген (д).

Существенное уменьшение выхода лазера установлено в пределах доз $10^3 \div 10^6$ рентген для данной концентрации 0.05% в рубине. В интервале доз $0 \div 10^3$ и $10^6 \div 10^7$ рентген энергия излучения лазера остается почти постоянной.

Экспериментально установленные изменения излучения рубинового лазера при воздействии гамма-лучей Co^{60} можно объяснить некоторыми физическими процессами в рубине. К ним относятся такие процессы, как увеличение поглощения кристалла, энергообмен между центрами окраски и ионами активатора в рубине и т. д. Эти процессы в основном обусловлены появлением центров окраски, т. е. уменьшением концентрации ионов активатора за счет перехода некоторого количества ионов Cr^{3+} в Cr^{2+} и Cr^{4+} и действием паразитного излучения источника накачки на активное тело лазера.

На рис. 4 приведены спектры пропускания исследуемого рубина в области $4000 \div 7000 \text{ \AA}$, полученные с помощью визуально-фотоэлектрического фотометра ФМ-58, до и после облучения γ -лучами. Как видно из рис. 4, после облучения γ -лучами поглощение увеличивается во всей исследуемой

области спектра, но сильнее в области $4000 \div 5200 \text{ \AA}$. Полосы поглощения Cr^{4+} намного уже, чем у иона Cr^{3+} , и охватывают области спектра $3700 \div 4600$, $2600 \div 3300 \text{ \AA}$ [2, 3], а для Cr^{2+} область спектра 5500 , $3800 \text{ \AA}$ [3], что хорошо заметно и в спектре пропускания рис. 4.

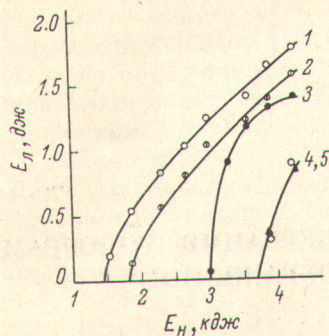


Рис. 2. Энергетические характеристики лазера до облучения (1) и после облучения дозами 10^4 (2), 10^5 (3), 10^6 (4) и 10^7 рентген (5).

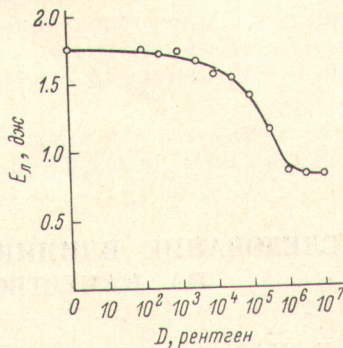


Рис. 3. Зависимость энергии лазера от дозы облучения.

Надо отметить, что заметное изменение свойств стимулированного излучения рубинового лазера наблюдается с дозы облучения 10^4 рентген, так как при дозах, меньших 10^4 рентген, образованные малочисленные центры окраски в кристалле, по-видимому, полностью отжигаются видимым излучением, испускаемым лампой накачки в течение одной вспышки. В пределах доз $10^4 \div 10^7$ рентген все исследованные характеристики излучения лазера за время одной вспышки ухудшаются, но генерационные свойства почти полностью восстанавливаются после десяти вспышек лампы накачки. Такое легкое восстановление большей части дефектов при воздействии видимого излучения лампы накачки можно объяснить тем, что эти дефекты действительно связаны с переходом некоторого количества ионов Cr^{3+} под действием γ -лучей в Cr^{2+} , а также в Cr^{4+} .

Наконец, при дозе облучения 10^7 рентген все характеристики излучения лазера почти не изменяются, т. е. остаются такими же, как и при дозе 10^6 рентген. Такой эффект насыщения при данной концентрации Cr^{3+} 0.05%, по-видимому, связан с насыщением плотности центров окраски в рубине, что было установлено при исследовании люминесценции рубина [4]. Из полученных экспериментальных результатов видно, что под действием видимого излучения лампы накачки почти полностью исчезают образованные γ -лучами центры окраски Cr^{2+} и частично Cr^{4+} , которые полностью исчезают при термическом отжиге.

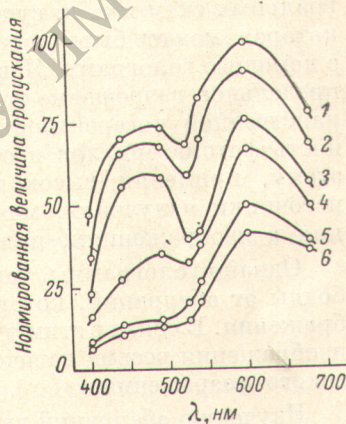


Рис. 4. Спектры пропускания рубинового стержня до облучения (1) и после облучения дозами 10^3 (2), 10^4 (3), 10^5 (4), 10^6 (5) и 10^7 рентген (6).

Литература

- [1] У. А. Арифов, М. Р. Бедиллов, К. Хайдаров. ДАН УзССР, 8, 21, 1970.
- [2] R. N. Hoskins, B. N. Soffer. Phys. Rev., 133, 2A, 490, 1964.
- [3] Г. Е. Архангельский, З. Л. Моргенштерн, В. Б. Неуструев. Спектроскопия кристаллов. Изд. «Наука», М., 1970.
- [4] С. В. Стародубцев, М. С. Юнусов. Изв. АН УзССР, сер. физ.-мат., 1, 92, 1964.