

$$\frac{W_{\text{отр}}}{t_{\text{и}} P_{\text{г}}} = \left(\frac{\beta - 1}{\beta + 1} \right)^{\frac{1}{2}} \left[1 - \frac{1}{\gamma} (2n(1 - e^{-\gamma}) - \frac{n^2}{2}(1 - e^{-\frac{1}{2}\gamma})) \right], \quad (4)$$

где $n = 2\beta/(\beta - 1)$. Графики зависимостей $W_{\text{отр}}/(t_{\text{и}} P_{\text{г}})$ (кривая 1) и $W_{\text{п}}/(t_{\text{и}} P_{\text{г}})$ (кривая 2) при независимой переменной α приведены на рис. 2. Всем точкам на кривых соответствуют β , для которых эффективность накачки имеет максимально возможное значение. Из рисунка видно, что если потери на отражение остаются примерно одинаковыми в широком диапазоне изменения α , то потери в стенах резонатора быстро уменьшаются с уменьшением α . При $\alpha=0,04$ потери в стенах резонатора становятся на порядок меньше потерь на отражение. Возможность выбора режима работы с малыми тепловыми потерями электромагнитной энергии имеет большое значение, так как уменьшение этих потерь на 1 Вт приводит к уменьшению расходуемой на питание криогенного оборудования мощности на $1\frac{1}{2}$ кВт.

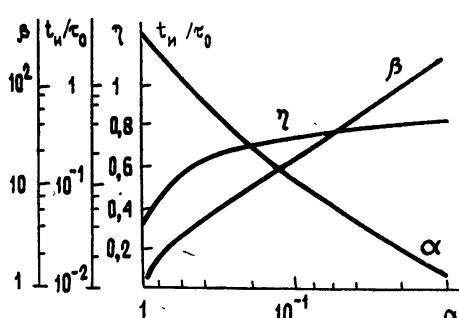


Рис. 1.

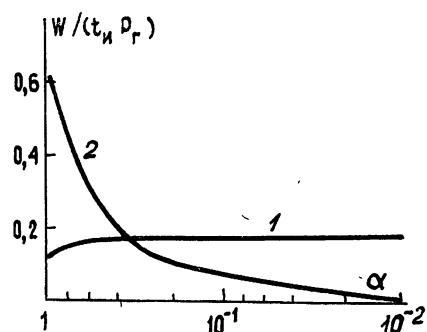


Рис. 2.

Малые значения α реализуются при больших $P_{\text{г}}$ или высокой собственной добротности Q_0 накопителя. Это означает, что при невысокой допустимой мощности теплоотвода в криостате требуемая энергия поля в резонаторе может быть достигнута увеличением $P_{\text{г}}$ или Q_0 . Графики рис. 2 относятся к оптимальным t_{i} и β , которые поэтому определяются из рис. 1 для тех же значений α . Уменьшение доли $W_{\text{п}}$ в общих энергетических потерях объясняется уменьшением t_{i} , достаточной для возбуждения в накопителе поля с энергией $W_{\text{п}}$.

Таким образом, результаты данной работы позволяют выбрать режим работы формирователя импульсов с максимальным общим кпд и заданными параметрами его выходных импульсов. Показана возможность увеличения общего кпд за счет снижения тепловых потерь при импульсном возбуждении резонатора.

ЛИТЕРАТУРА

- Диденко А. Н., Юшков Ю. Г. Мощные СВЧ импульсы наносекундной длительности. — М.: Энергоатомиздат, 1984
- Августинович В. А., Новиков С. А., Разин С. В., Юшков Ю. Г. — Изв. вузов — Радиофизика, 1985, 25, № 10, с. 1347.
- Бараев С. В., Коровин О. П. — ЖТФ, 1980, 50, № 11, с. 2465.

Томский политехнический
институт

Поступила в редакцию
11 июля 1986 г.

УДК [535:621.373.8].539

ОПТОТЕРМОДИНАМИЧЕСКОЕ ПЛАВЛЕНИЕ ВЕЩЕСТВА ПРИ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ С НЕФОКУСИРОВАННЫМ ЛАЗЕРНЫМ ИЗЛУЧЕНИЕМ

Н. Сакевич, Г. Рогачев, Э. Поляк, Г. Макеенко

Появление мощного лазерного излучения (ЛИ) не только преобразило многие области науки и техники, но и выявило различие между механизмами взаимодействия лазерного и обычного оптического излучения с веществом. Большинство исследований по изучению механизма взаимодействия ЛИ с веществом посвящено его действию на твердые тела. Что касается жидкостей [1] и особенно жидких сред, входящих в состав живого организма [2], то этот механизм изучен недостаточно. При этом большинство работ посвящено действию фокусированного ЛИ (ФЛИ) на вещество. У многих исследователей создается мнение о том, что нефокусированное лазерное излучение (НЛИ) не способно вызвать плавление веществ. Проведенные нами эксперименты показали, что НЛИ в зависимости от мощности способно разогреть и расплавить вещество, т. е. произвести оптотермодинамическое плавление (ОТП) за весь малый промежуток времени.

В данной работе приводится экспериментальный, иллюстративный материал действия импульсного НЛИ на жидкокристаллическую фазу (ЖКФ) парааоксианизола. ЖКФ взята потому, что она по некоторым физико-химическим свойствам и параметрам близка как к твердым телам и жидкостям, так и к тканям живых организмов [3].

Поскольку механизм взаимодействия НЛИ с ЖКФ протекает в динамике, то изучать его оказалось возможным методом киносъемки и проще всего в поляризованном свете. Установка, с помощью которой исследовался механизм действия НЛИ, показана на рис. 1, где введены следующие обозначения: 1 — неодимовый ОКГ, 2, 3 — выходное и глухое зеркала, 4 — поворотная призма полного внутреннего отражения, 5 — предметное стекло с препаратом, 6 — поляризационный микроскоп, 7 — зеркальная кинокамера, 8 и 9 — зеркало и осветительная лампочка. Наводка ЛИ на препарат диаметром 2 мм производилась с помощью гелий-неонового лазера так, чтобы оно охватывало всю поверхность препарата. Превращение препарата из твердокристаллической в ЖКФ производилось с помощью миниатюрного нагревателя, состоящего из проволочной спирали, азитой гипсовым раствором (на рис. 1 не показан). Для хода лучей в центре нагревателя сделано отверстие. Нагреватель питался стабилизованным источником тока, величина которого регулировалась с помощью реостата, позволяющего достичь в окрестности фазового перехода скорости изменения

Рис. 1.

температуры до 0,08 град/мин. После превращения твердой фазы в ЖКФ и стабилизации температуры в течение 3—5 минут вначале производилось включение зер-

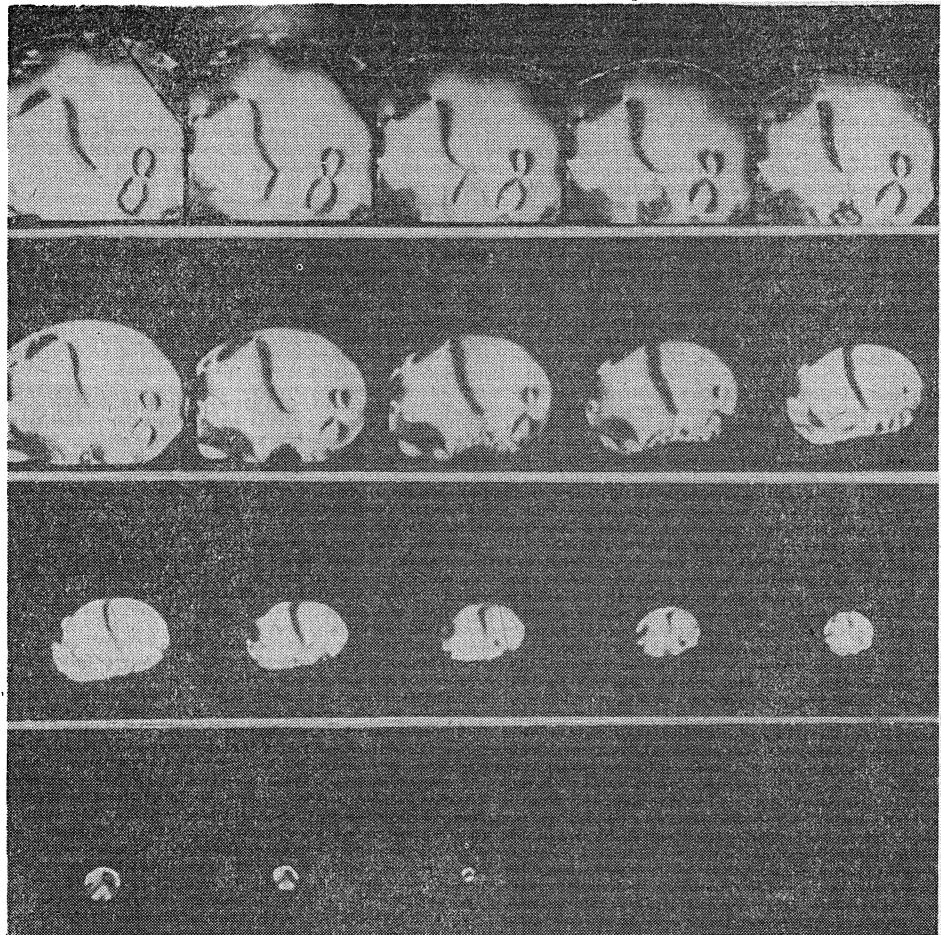


Рис. 2.

кальной кинокамеры со скоростью 24 кад/с, а затем через 0,5 с — включение импульсного НЛИ с энергией в импульсе 5 Дж и длительностью $4 \cdot 10^{-4}$ с.

На рис 2 представлен двадцатикадровый слайд, отражающий взаимодействие импульсного НЛИ с ЖКФ (николи скрещены). На первом кадре изображена текстура ЖКФ до действия НЛИ. Чтобы НЛИ не отражалось, а максимальным образом поглощалось поверхностью ЖКФ, препарат был взят без покровного стекла. На втором и последующих кадрах отображен процесс взаимодействия НЛИ с ЖКФ. Сопоставляя текстуры всех последующих кадров слайда, легко заметить, что импульсное НЛИ оказывает тепловое, т. е. оптотермодинамическое действие, которое за время $1/24$ с между кадрами заметным образом разрушает упорядоченную молекулярную структуру ЖКФ, превращая ее в изотропную жидкость.

Одной из характерных черт указанного механизма является аккумуляция энергии ОКГ в момент ее падения на вещество. Это хорошо заметно начиная с третьего кадра съемки, где плавление ЖКФ продолжается без подвода новой порции энергии. За время 0,75 с НЛИ указанной мощности способно полностью расплавить ЖКФ, процесс ОТП которой представлен на 18 кадрах слайда. При этом плавление ЖКФ под действием НЛИ начинается от периферии и распространяется в радиальном направлении к центру препарата в отличие от действия ФЛИ, где плавление распространяется от точки падения в радиальном направлении к периферии препарата [4].

Начиная с третьего кадра слайда нами проведено исследование изменения площади S ЖКФ при ОТП в зависимости от времени t , отсчитываемого по кадрам съемки. На рис 3 представлена ее графическая зависимость. Анализируя эту зависимость, легко установить, что отклик плавящейся ЖКФ на ее взаимодействие с НЛИ начиная с 3-го по 10-й кадры носит линейный, а с 11-го по 19-й — нелинейный характер. Это указывает на существование в данном случае двух механизмов взаимодействия НЛИ с ЖКФ.

Хотя неодимовый лазер дает невидимое глазу излучение, однако в момент падения НЛИ на ЖКФ заметен небольшой ореол (см. небольшое свечение вверху второго кадра), возникающий за счет люминесценции ЖКФ, вызванной многофотонным возбуждением в момент попадания НЛИ.

Таким образом, методом киносъемки получен иллюстративный материал в виде двадцатикадрового слайда, отражающего кинетику механизма ОТП вещества при действии НЛИ. По кадрам слайда установлено: а) в механизме взаимодействия НЛИ с ЖКФ можно выделить линейный и нелинейный эффекты, б) при взаимодействии НЛИ с ЖКФ наблюдается люминесценция и аккумуляция энергии НЛИ, в) ОТП, вызванное НЛИ, способно разрушить кристаллическую структуру ЖКФ за более короткий промежуток времени, чем при обычном плавлении.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бункин В. Ф., Трибельский М. И. — УФН, 1980, 130, вып. 2, с. 193.
2. Стельмах М. Ф., Малышев Б. Н. — Изв. АН СССР. Сер. Физика, 1984, 48, № 12, с. 2304.
3. Сонин А. С. Кентавры природы. — М.: Атомиздат, 1980. — 190 с.
4. Маленькая энциклопедия. Квантовая электроника. — М.: Сов. энциклопедия, 1969, с. 287.

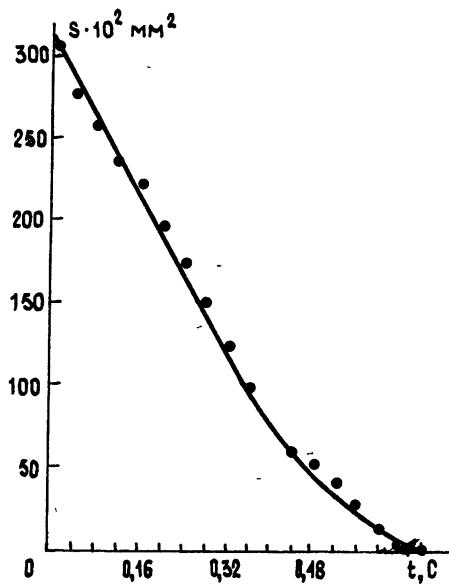


Рис. 3.