

выраженные нелинейные свойства. Экспериментальное исследование резонансного туннельного тока в согласованной конечной сверхрешетке даст сведения о плотности состояний, времени рассеяния, диэлектрической проницаемости и ряде других важных физических характеристик системы.

Л и т е р а т у р а

- [1] Алферов Ж.И., Жиляев Ю.В., Шмарцев Ю.В. - ФТП, 1971, т. 5, № 1, с. 196-198.
- [2] Иогансен Л.В. - Письма в ЖТФ, 1987, т. 13, № 18, с. 1143-1146.
- [3] Иогансен Л.В. - ЖЭТФ, 1963, т. 45, № 2, с. 207-213.
- [4] Иогансен Л.В. - ЖЭТФ, 1964, т. 47, № 1, с. 270-277.
- [5] Иогансен Л.В. - УФН, 1965, т. 86, № 1, с. 175-179.
- [6] Малов В.В., Иогансен Л.В. - ЖТФ, 1978, т. 48, № 11, с. 2235-2251.
- [7] Малов В.В., Иогансен Л.В. - Опт. и спектр., 1980, т. 48, № 1, с. 146-154.
- [8] Иогансен Л.В. - ЖЭТФ, 1966, т. 50, № 3, с. 709-716.

Поступило в Редакцию
2 февраля 1988 г.

Письма в ЖТФ, том 14, вып. 11 12 июня 1988 г.

ПОРОГОВОЕ ВОЗБУЖДЕНИЕ СВЕРХЗВУКОВЫХ ВОЛН ДЕФОРМАЦИИ ПРИ ОСВЕЩЕНИИ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ФОЛЫГ ДЛИННЫМИ ИМПУЛЬСАМИ СВЕТА МАЛОЙ МОШНОСТИ

Л.Н. Григоров, А.П. Колосов

1. Недавно обнаружено [1, 2], что с теневой стороны титановой фольги, облучаемой импульсом неодимового лазера с большой длительностью $\tau \approx 10^{-3}$ с, при плотности мощности W выше пороговой $W_p \approx 10^4$ Вт/см² эмиттируются сверхтяжелые ионы адсорбированных полимерных молекул с $M \approx 10^6$ а. е. м. Хотя считается, что основная доля поглощаемой энергии (~ 1 Дж/см² при коэффициенте отражения $R \approx 0.9$) должна переходить в тепло, механизм тепловой десорбции в данном случае можно считать исключением из-за термолабильности макромолекул [3]. Альтернативной гипотезой является их „страхивание“ гиперзвуковой

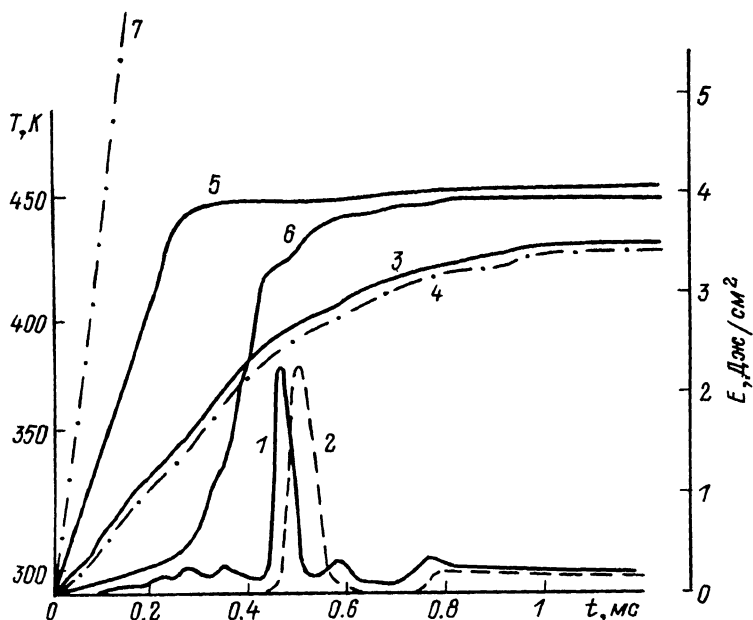


Рис. 2. Эмиссионные и тепловые процессы в ходе импульса облучения: нормированные токи 1-й сетки (1) и прямопролетного коллектора (2, пунктир) при $W > W_0$; $T(t)$ фольги (3) и интеграл от мощности облучения $E(t)$ (4, штрих-пунктир) при $W = 3.4 \text{ кВт/см}^2$; $T(t)$ в различных импульсах (5, 6) при $W \approx 20 \text{ кВт/см}^2$. Соответствующая (5, 6) кривая $E(t)$ подобна (4), а ее начальный участок показан штрих-пунктиром (7).

σ и энергией \mathcal{E}_0 , проходят сквозь сетку измерения эмиссии (потенциал -400 В), энергоанализирующую сетку (потенциал до $+4 \text{ кВ}$) и заземленную сетку, а затем со скоростью V пролетают 60 см до прямопролетного коллектора, который регистрирует лишь ионы с $\mathcal{E}_0 > 80 \text{ эВ}$, а остальные отражает на рефлекторный коллектор. Токи первой сетки и обоих коллекторов, а также интеграл фототока приемника лазерного излучения оцифровываются с периодом 10 мкс и записываются в ОЗУ.

Перед облучением на теньевую поверхность фольги напыляли аэрозоль полистирола (ПС) с $M = 3 \cdot 10^6 \text{ а. е. м.}$, растворенного в циклогенсане. Варьируя концентрацию раствора и время напыления, на фольгу осаждали как изолированные молекулы ПС ($\sim 10^{11} \text{ см}^{-2}$), так и пленки ПС толщиной до 1 мкм .

3. При облучении с $W < W_0 = 1.4 \cdot 10^4 \text{ Вт/см}^2$ эмиттируются положительные ионы с $M^+ \sim 100 \text{ а. е. м.}$ и $\mathcal{E}_0 < 80 \text{ эВ}$, реги-

стрируемые только рефлекторным коллектором в течение τ . При $W > W_0$ характер эмиссии скачком меняется: 1) ионы регистрируются только прямопролетным коллектором (рис. 1); 2) ионный ток, продолжающийся и после окончания τ , не запирается максимальным потенциалом 2-й сетки, т. е. $\mathcal{E}_0 \gg 4 \text{ КэВ}$; 3) определенная по сдвигу максимумов токов коллектора и 1-й сетки (рис. 2) средняя скорость ионов $v \approx 2 \cdot 10^6$ см/с, а их минимальная масса $M^+ \gg 2 \cdot 10^3$ а. е. м. Эти ионы очевидно относятся к ПС, а не к $\text{мин } \bar{T}_i$, т. к. облучение фольг без ПС не вызывает их эмиссии во всем диапазоне W . Анализ облученных фольг на вторично-ионном масс-спектрометре показал, что при любой толщине слоя ПС однократное облучение с $W > W_0$ полностью очищает участок $\sim 0.5 \text{ см}^2$, резко отграниченный от оставшегося на фольге нетронутого слоя ПС.

Аномально высокие v и \mathcal{E}_0 макроионов указывают на нетепловой характер эмиссии, в том числе на сверхзвуковую ($s_{\text{г}} \approx 5 \cdot 10^5$ см/с) скорость поверхности фольги в момент десорбции. О значительных механических напряжениях в металле при $W > W_0$ говорит видимая невооруженным глазом остаточная деформация в виде выступов, впадин и складок размером 1–5 мм, которая составляет не менее 3% на площади $\sim 1 \text{ см}^2$.

4. Для измерения температуры фольги с ее теневой стороны в центре пятна облучения приваривалась нихромовая нить диаметром 10 мкм, которая образует с фольгой термопару с постоянной времени $\sim 10^{-5}$ с. Каоибровка термопары показала удовлетворительную линейность в области 300–900 К. Динамическая погрешность измерения скачка температуры фольги $T(t)$ в ходе облучения, вызванная оттоком части тепла в нихром, не превышает 25% к концу импульса облучения, когда эта погрешность максимальна.

При $W < W_0$, как видно из рис. 2, $T(t)$ строго воспроизводит интеграл $E(t)$ от мощности облучения, т. е. поглощенная энергия полностью переходит в тепло. Однако при $W > W_0$ уже в начале облучения $T(t)$ заметно отстает от $E(t)$, претерпевает излом и задолго до окончания τ выходит на сравнительно низкий уровень ~ 450 К, соответствующий переходу в тепло лишь $\sim 20\%$ поглощенной энергии света. Столь необычная кинетика $T(t)$ была в дальнейшем подтверждена контрольными экспериментами, где измерение проводилось одновременно термопарой и быстродействующим пирометром.

Отметим, что эмиссия ионов с $\mathcal{E}_0 \gg 4 \text{ КэВ}$ начинается на изотермическом участке, где энергия света переходит в какую-то нетепловую форму. Иногда эта энергия, запасаемая в фольге, переходит в тепло с выделением большой мощности (s -образная кривая на рис. 2), причем в отдельных случаях – через $\sim 10^{-2}$ с после облучения, сопровождаясь вспышкой ионной эмиссии.

5. В исследованном диапазоне W обе стороны тонкой фольги имеют низкую T , исключая появление заметного импульса

отдачи вследствие испарения титана, а также плазменную экранировку лазерного излучения. При низкой T не удается объяснить остаточную деформацию термонапряжением.

По нашему мнению, объяснение всей совокупности наблюдаемых эффектов состоит в том, что при $W > W_0$ энергия света начинает переходить в интенсивное волновое движение металла, „стряхивающее“ полимер с сверхзвуковой скоростью. Предсказанная в [7, 8] экспоненциальная самораскачка гиперзвуковых волн ограничивается лишь пластическим течением, приводящим к остаточной деформации фольги. Неизбежный в этом случае ангармонизм делает весьма вероятным рождение солитонов, которыми обусловлены как большое время жизни, так и сверхзвуковая скорость колебаний фольги.

Из величины остаточной деформации и предела текучести титана (160 МПа) можно оценить минимальную механическую энергию $\sim 7 \cdot 10^{-3}$ Дж. Грубую оценку дает также кинетическая энергия „стряхиваемого“ ПС, если принять, что весь полимер из очищаемого пятна движется со скоростью U . При толщине слоя ~ 1 мкм это дает энергию ~ 2.5 Дж, что сопоставимо с энергией поглощенного света и приводит к оценке коэффициента преобразования $\eta \sim 1$. В этом случае становится также понятно, почему на нагрев идет лишь небольшая доля энергии, поглощенной при $W > W_0$.

Для выяснения степени общности явления облучались также алюминиевые фольги с ПС на поверхности. Для фольги толщиной 20 мкм эффект „стряхивания“ полимера был получен при $W > W_0 \approx 5 \cdot 10^4$ Вт/см². В то же время при толщине 35 мкм этот эффект отсутствовал во всем доступном нам диапазоне W , вплоть до $8 \cdot 10^4$ Вт/см², что указывает на зависимость W_0 от толщины фольги, в соответствии с выводами работы [8].

В заключение следует отметить, что полученные экспериментально значения пороговой плотности мощности, выше которой наблюдается „стряхивание“ полимерных молекул и эмиссия ионов высокой энергии, по порядку величины оказываются близкими к расчетным значениям, полученным в работах [7, 8].

Л и т е р а т у р а

- [1] Г р и г о р о в Л.Н. В сб.: Масс-спектрометрия и химическая кинетика / Под ред. В.Л. Тальрозе, М.: Наука, 1985, с. 180.
- [2] Г р и г о р о в Л.Н., Ч в а н о в Д.В. - Докл. АН СССР, 1986, т. 288, № 3, с. 654.
- [3] Р е г е л ь В.В., А м е л и н А.В. В сб.: Энциклопедия полимеров / Под ред. В.А. Каргина, М.: Сов. энциклопедия, 1974, т. 2, с. 149.
- [4] Г р и г о р о в Л.Н. - Докл. АН СССР, 1986, т. 288, № 6, с. 1393.

- [5] Л я м ш е в Л.М. - Успехи физ. наук., 1981, т. 135, № 4, с. 637.
- [6] К а г а н о в М.И., Ф и к с В.Б. - Успехи физ. наук, 1986, т. 150, № 1, с. 159.
- [7] Г р и г о р о в Л.Н. - Деп. в ВИНТИ 5.08.87, № 5633-В 87.
- [8] Г р и г о р о в Л.Н. - Деп. в ВИНТИ 5.08.87, № 5634-В 87.

Институт синтетических
полимерных материалов
АН СССР

Поступило в Редакцию
17 марта 1988 г.

Письма в ЖТФ, том 14, вып. 11 12 июня 1988 г.

НОВЫЙ МЕХАНИЗМ ОПТИЧЕСКОЙ ЗАПИСИ В АМОΡФНЫХ ФЕРРОМАГНИТНЫХ ПЛЕНКАХ

Г.П. Б е р м а н, В.А. С е р е д к и н,
Г.И. Ф р о л о в, В.Ю. Я к о в ч у к

Пленки РЗМ-ПМ в настоящее время рассматриваются как перспективный материал для магнитооптической памяти [1-2]. В этих устройствах для записи и считывания информации используется лазерный луч. Принято считать, что запись производится термомагнитным способом: нагрев при постоянном подмагничивающем поле (H_0) локальных участков среды до пороговых температур, когда H_0 превышает значение коэрцитивной силы нагретых участков. Наиболее подробно описана в литературе и широко применяется на практике запись при температуре Кюри (T_c) [2-3].

Нами были проведены исследования по регистрации на пленках $R-Fe(R-Tb, Dy)$ световых импульсных излучений в широком диапазоне длин волн ($\lambda=0.34-10.6$ мкм) при изменении длительности излучений от 10^{-11} до 10^{-3} с. Были получены результаты, трудно объяснимые с позиций термомагнитного принципа записи (ТМЗ). Во-первых, при ТМЗ динамический диапазон регистрируемых энергий $U_{max}/U_{min} \lesssim 3$ (U_{min} - минимальная энергия, которая может быть зарегистрирована в данных условиях; U_{max} - энергия, при которой наблюдаются необратимые изменения параметров материала) в нашем случае > 10 . В качестве примера на рис. 1 приведен вид структуры пучка излучения импульсного лазера CO_2 при различных уровнях энергии излучения. Регистрация осуществлялась на пленке $DyFe$. При изменении энергии излучения от $U_{min}=0.15 \cdot 10^{-3}$ Дж до $U_{max}=10^{-2}$ плотность энергии в центре записанного участка возрастает более, чем в 10 раз. Если бы реализовался механизм ТМЗ, температура в центре участка должна была превы-