

ТОКИ, СОЗДАВАЕМЫЕ СВЕТОВЫМ ДАВЛЕНИЕМ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ЛУЧА ЛАЗЕРА НА ВЕЩЕСТВО

Г.А.Аскарьян, М.С.Рабинович, А.Д.Смирнова, В.Б.Студенов

Поглощение света в проводящей среде может вызвать токи проводимости под действием светового давления. Напряженность поля $E_{\text{ЭКВ}}$, эквивалентная действию светового давления $E_{\text{ЭКВ}} \approx (k_1) / (c n_e e) \approx (e E_0^2 \nu) / [m(\omega^2 + \nu^2) c]$, где e и m — заряд и масса электрона, E_0 и ω — амплитуда и частота светового поля, ν — частота столкновения электронов, k_1 — линейный коэффициент поглощения света, I — плотность потока световой радиации. Поле $E_{\text{ЭКВ}}$ — непотенциально, и его действие эквивалентно действию электродвижущей силы, перекачивающей электроны через объем локализации светового давления и создающей систему замкнутых токов.

В данной работе были зарегистрированы токи, создаваемые световым давлением на поверхности металла и в плазме факела, возникающего при воздействии луча лазера на поверхность.

Использовался обычный лазер на рубине с добротностью, модулированную вращением призмы. Луч лазера подфокусировался на поверхности небольшой мишени, которая могла быть повернута под любым углом к оси луча. У края мишени была прикреплена индукционная катушка, регистрирующая поле токов. Ось катушки совпадала с осью поворота мишени. При некоторых измерениях использовался такой режим работы лазера, при котором лазер давал последовательно два импульса света, что позволяло исследовать эффекты от воздействия света на плазму или газ факела, созданного светом первого импульса.

1. Поверхностные токи, возникающие при падении света на поглощающую поверхность

Если на поверхность проводника падает световой поток мощностью W под углом θ к нормали, то действующая на электроны тангенциальная сила $F_T = 1/c \alpha W \sin \theta \approx 1/c W_{\text{ПОГЛ}} \sin \theta$ и эквивалентная ей напряженность поля $E_{\text{ЭКВ}} \approx F_T / S \delta n_e e$, где α — коэффициент поглощения и δ — глубина проникания света, S — площадь пятна светового луча. Величины α и δ могут очень сильно зависеть от плотности потока, угла падения и динамики процесса нагрева поверхности лучом. (В частности, при достаточно большой плотности потока луча может быть $\alpha \approx 1$).

Возникновение токов вдоль поверхности вызовет индукционную экранировку их поля — противоположно направленные токи — внутри проводника. Спротивление среды приводит к увеличению площади сечения обтекаемого тока, изменению магнитного момента токов, а затем и к затуханию токов. Поле магнитного момента этих токов регистрировалось индукционной катушкой, расположенной у торца мишени.

Параметры катушки были таковы, что сигнал с нее был пропорционален производной от магнитного потока.

На рис.1 (а и б) показаны сигналы с катушки (верхние лучи) в сопоставлении с сигналом от регистратора мощности луча лазера (нижний луч)

на развертке $0,5 \text{ мксек}$. Снимок 1 (а) сделан при наклоне мишени относительно луча света на угол 45° , снимок 1 (б) — при изменении угла на 90° . При таком повороте меняется полярность сигнала, так как меняется направление закручивания токов и, следовательно, направление магнитного момента.

2. Токи, создаваемые лучом лазера в плазме факела

Если плазма создается самим лучом лазера, то в ней могут циркулировать токи, созданные давлением света при поглощении в плазме.

Для усиления эффекта и разделения во времени процесса создания плазмы и процесса возбуждения в ней токов лазер использовался в режи-

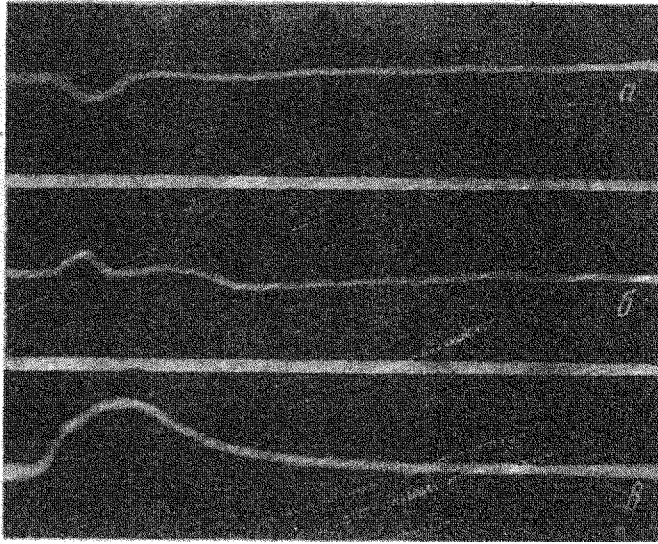


Рис.1

ме, при котором получались два световых импульса примерно равной энергии с интервалом 240 нсек . Первый импульс создавал факел на мишени (в этот момент времени токовый сигнал был мал), а второй импульс рождал в факеле токи, регистрируемые близко расположенной индукционной катушкой. Токовый сигнал от второго импульса был гораздо больше (примерно на порядок), чем от первого, что, по-видимому, связано с большими объемами, обтекаемыми токами.

Оказалось, что магнитный момент таких токов меняет знак при изменении направления вращения призмы, модулирующей добротность лазера. Это можно объяснить, по-видимому, разным наклоном луча (генерация вспыхивает тогда, когда призма еще не встала строго перпендикулярно к оси лазера) и попаданием луча на разные стороны факела. На рис.2 (а и б) на развертке 1 мксек показан сигнал, регистрирующий момент токов (верхние лучи) в сравнении с регистрацией вспышки лазера (нижний луч) для двух направлений вращений призмы модулятора.

Появление токов в плазме при воздействии света аналогично наблюдаемому недавно В.Коробкиным с сотрудниками [1] появлению магнитного момента искры в фокусе лазера (так называемый "эффект Коробкина"). В на-

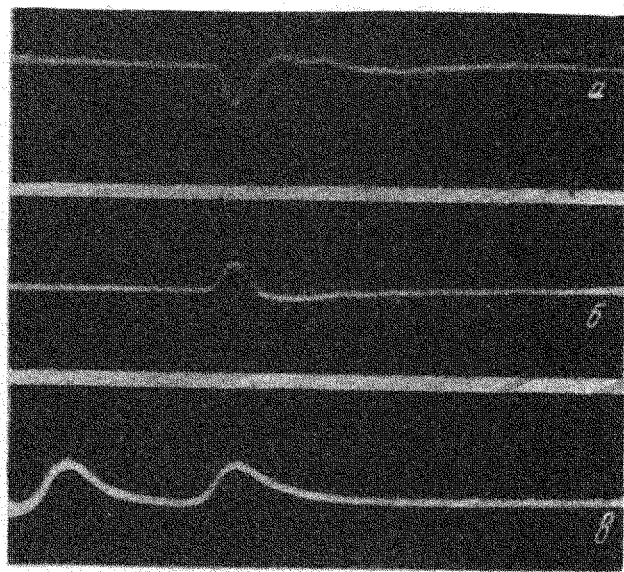


Рис.2

шем случае плазма создавалась факелом от мишени, и может быть поэтому не было замечено сильного изменения направления момента от сдвига луча от оси линзы.

Эффект возникновения тока под действием давления электромагнитной радиации может проявляться в самых различных условиях. Например, мощные радиолучи в ионосфере или лабораторной плазме могут вызвать циркуляцию токов, неравномерная освещенность проводящей среды светом большой интенсивности может вызвать появление токов, магнитных моментов, электрической поляризации и т.п. Аналогичные эффекты можно ожидать и в полупроводниках, например, в инжекционных лазерах, в полупроводниковых лазерах с интенсивной световой накачкой и т.п.

В заключение выражаем благодарность В.В.Коробкину за обсуждение статьи и студентке-дипломнице И.И.Короткевич, принимавшей участие в измерениях.

Поступило в редакцию
22 ноября 1966 г.

Литература

[1] В.В.Коробкин, Р.В.Серов. Письма ЖЭТФ, 4, 103, 1966.