

жиги в качестве геттера быстро диффундирующих примесей ( $Fe$ ,  $Mn$ ,  $Ag$ ). Отметим при этом, что сами редкоземельные элементы обладают весьма малой скоростью диффузии в кремнии,  $D=10^{-12}$ – $10^{-13}$  см<sup>2</sup>·с<sup>-1</sup> при температуре геттерирования [2], вследствие чего они не проникают за время отжига за пределы приповерхностного слоя.

Авторы благодарят А.Р. Регеля за внимание и поддержку работы и Г.С. Куликова за полезные обсуждения.

#### С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] Р е й в и К. Дефекты и примеси в полупроводниковом кремнии. М., 1984. 475 с.
- [2] Н а з ы р о в Д.Э., Р е г е л ь А.Р., К у л и к о в Г.С. Препринт ФТИ им. А.Ф. Иоффе АН СССР, № 1122, 1987. 56 с.

Физико-технический институт  
им. А.Ф. Иоффе  
АН СССР, Ленинград

Поступило в Редакцию  
25 ноября 1988 г.

Письма в ЖТФ, том 15, вып. 4  
03; 07; 12

26 февраля 1989 г.

#### КОРРЕКЦИЯ ЗЕРКАЛОМ ОВФ ИСКАЖЕНИЙ СВЕТОВОГО ПУЧКА В ВОДНОМ АЭРОЗОЛЕ

О.И. В а с и л ь е в, С.С. Л е б е д е в,  
Л.П. С е м е н о в

Для уменьшения нежелательных искажений лазерных пучков, вызванных рассеянием излучения на неоднородностях атмосферы, в настоящее время весьма перспективно использовать ОВФ [1–3]. Этот вопрос исследовался лишь для оптического излучения, распространяющегося в турбулентной незамутненной аэрозолем среде и практически не обсуждался для случая прохождения пучков в аэродисперсных средах (туманах, облаках и т.д.). Экспериментальному исследованию возможностей компенсации ОВФ–ВРМБ зеркалом искажений светового пучка в искусственном тумане и посвящена настоящая работа.

Одномодовый пучок второй гармоники неодимового лазера (длина волны 0,53 мкм, энергия 0,2 Дж, длительность импульса по полувысоте 40 нс, диаметр пучка 5 мм) проходил через капельную аэрозольную среду 2 протяженностью 90 см и фокусировался линзой 3 диаметром 8 см с фокусным расстоянием 12 см, находящейся на расстоянии 5 см от границы среды, в кювету с четырехлористым углеродом 4, где возбуждалось ВРМБ (рис. 1). Длина кю-

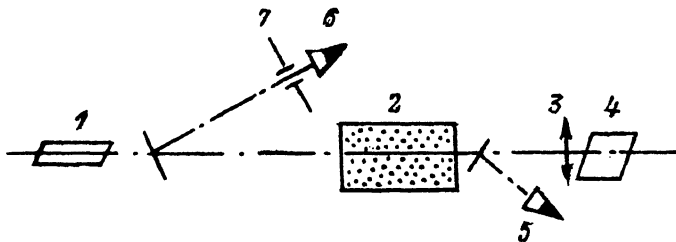


Рис. 1. Схема экспериментальной установки.

веты 15 см. Капельная среда создавалась распылением воды сжатым воздухом в камере  $90 \times 50 \times 50 \text{ см}^3$ .

Распределение капель по размерам в камере измерялось фотоэлектрическим счетчиком аэрозольных частиц „Дельта“ [4]. Оптическая толщина дисперсной среды определялась по ранее разработанной методике [3]. Полная энергия пучка  $E_1$  после его отражения от зеркала ВРМБ измерялась калориметром 5 в угле  $5 \times 10^{-1}$  рад. Калориметром 6 в сочетании с диафрагмой 7 измерялась энергия  $E_2$  в угле, близком к дифракционному, отраженного от ВРМБ-зеркала и прошедшего через дисперсную среду излучения. Мерой точности коррекции искажений излучения ВРМБ-зеркалом является отношение энергий  $E_2/E_1$ .

В отдельных вспышках в фокальной плоскости линзы фотографически регистрировались пятна, соответствующие угловым распределениям в дальней зоне лазерного, искаженного средой и отраженного от ВРМБ-зеркала излучения. Угловое распределение отраженного от „бриллиантового“ зеркала излучения восстанавливалось практически до дифракционного в результате прохождения через рассеивающую среду.

На рис. 2 приведены результаты измерений параметра  $E_2/E_1$  в зависимости от  $\tau$  дисперсной среды (кривая 1). Хорошо видно, что параметр обращения практически не меняется с увеличением  $\tau$  и составляет величину  $\sim 0.7$ .

Для того, чтобы убедиться в надежности полученного результата и выяснить картину происходящих процессов, были проведены дополнительные эксперименты. В первой серии экспериментов аэрозольная среда заменялась поглощающими светофильтрами с различными значениями  $\tau$ . Зависимость параметра  $E_2/E_1$  от оптической толщины светофильтров дана на рис. 2 (кривая 2). Из рис. 2 видно, что для случая светофильтров этот параметр быстро падает с увеличением  $\tau$  в отличие от случая дисперсной среды. Во второй серии экспериментов при фиксированной оптической толщине дисперсной среды исследовались зависимости энергии отраженного от ВРМБ-зеркала излучения и параметра обращения от размеров зеркала. Размер зеркала варьировался при помощи апертурной диафрагмы, помещенной перед линзой 3. Было выяснено, что если размер зеркала больше когерентной составляющей падающего на него пучка,

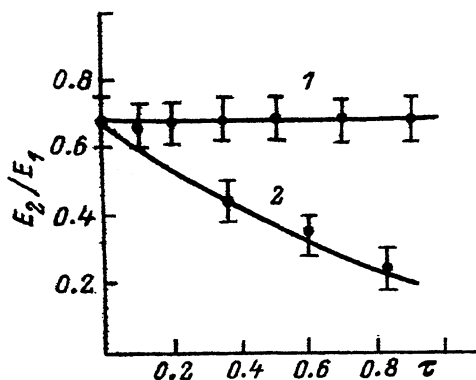


Рис. 2. Зависимость параметра коррекции  $E_2/E_1$  от оптической толщины  $\tau$  дисперсной среды (кривая 1) и светофильтра (кривая 2).

то энергия отраженного излучения  $E_1$  и параметр обращения  $E_2/E_1$  практически не зависят от размеров ВРМБ-зеркала.

Полученные результаты можно интерпретировать следующим образом. Размер частиц  $\alpha$  значительно больше длины волны  $\lambda$ , оптическая толщина среды  $\tau \ll 1$ , поэтому излучение рассеивалось частицами в основном по направлению распространения пучка. Прошедший через дисперсную среду пучок содержит две составляющие — когерентную и некогерентную. Угловая расходимость некогерентной составляющей  $\sim \frac{\lambda}{\alpha}$  и почти на три порядка больше расходимости когерентной составляющей. Поэтому при фокусировке излучения в четыреххлористый углерод его некогерентная составляющая не возбуждает ВРМБ, и ОВФ происходит только для когерентной составляющей [1]. Это косвенно подтверждается тем, что отсекание диафрагмой некогерентной составляющей падающего на зеркало излучения не приводит к сколько-нибудь заметному изменению энергии отраженного от него пучка и параметра обращения при фиксированном  $\tau$ . Отраженное от ВРМБ зеркала излучение содержит две компоненты: с волновым фронтом, в точности обращенным к фронту когерентной части прошедшего через аэрозольную среду излучения и энергий  $E_2$ , а также необращенную с энергией  $E_1 - E_2$ . Точно обращенная компонента в результате прохождения через рассеивающую среду не искажается ею. Поэтому ее энергия в дифракционном угле после прохождения через среду остается равной  $E_2$ . Параметр  $E_2/E_1$  не изменяется с увеличением  $\tau$ , он такой же, как и в случае, если бы среда отсутствовала, и на ВРМБ зеркало падал исходный когерентный пучок. При замене дисперсной среды на фильтр отраженное от ВРМБ-зеркала излучение испытывает поглощение при прохождении через фильтр, энергия  $E_2$  уменьшается и параметр  $E_2/E_1$  падает с увеличением оптической толщины фильтра.

Таким образом, в настоящей работе впервые показано, что использование ВРМБ-зеркала при определенных условиях позволяет получить высокое качество компенсации искажений лазерного пучка в капельной среде.

В заключение авторы выражают благодарность Б.Я. Зельдовичу, В.В. Рагульскому и В.В. Шкунову за плодотворные дискуссии.

- [1] З е л ь д о в и ч Б.Я., П и л и п е ц к и й Н.Ф., Ш к у н о в В.В. Обращение волнового фронта. М.: Наука, 1985. 240 с.
- [2] Л у к и н В.П. Атмосферная адаптивная оптика. Новосибирск: Наука, 1986. 248 с.
- [3] В а с и л ь е в О.И., Л е б е д е в С.С., С е м е н о в Л.П. // Квантовая электроника. 1987. Т. 14. № 11. С. 2347-2348.
- [4] К о л о м и е ц С.М. В кн.: Тез. докл. Ш Всес. сов. по распространению лазерного излучения в дисперсной среде, ч. Ш. Обнинск: ИЭМ, 1985, с. 92-95.

Поступило в Редакцию  
6 июня 1988 г.

Письма в ЖТФ, том 15, вып. 4                      26 февраля 1989 г.  
05.1

### О КОРРЕЛЯЦИИ МЕЖДУ СКОРОСТЬЮ ПОЛЗУЧЕСТИ И КРИТИЧЕСКИМ НАПРЯЖЕНИЕМ СДВИГА ОБЛУЧАЕМЫХ МЕТАЛЛОВ

Ш.Ш. И б р а г и м о в, Д.В. К а м ш и л и н,  
Ю.С. П я т и л е т о в, О.Г. Т ю п к и н а

В металлических образцах под воздействием облучения высокоэнергетичными частицами создаются радиационные дефекты (кластеры, вакансионные и межузельные петли, вакансионные поры). Они служат барьерами для движущихся дислокаций и определяют величину критического напряжения сдвига  $\tau_{кр}$  и скорости ползучести  $\dot{\epsilon}$  [1]. Изменение мощности и концентрации барьеров в результате облучения является общей причиной, совместно влияющей на  $\dot{\epsilon}$  и  $\tau_{кр}$ , поэтому  $\dot{\epsilon}$  и  $\tau_{кр}$  — коррелированные величины [2]. Установление вида корреляционной зависимости  $\dot{\epsilon}$  от  $\tau_{кр}$  и определение степени тесноты связи<sup>1</sup> этих величин составляет предмет настоящей работы.

В качестве объекта исследования выбран модельный металлический материал с кубической решеткой, содержащий прямолинейные краевые дислокации плотностью  $\rho_n$ , ориентированные вдоль координатных осей  $x_\beta$  ( $\beta=1, 2, 3$ ) и имеющие векторы Бюргерса, на-

<sup>1</sup> Термин „степень тесноты связи“ является общепринятым в математической статистике. Он характеризует, насколько сильно связаны друг с другом исследуемые случайные величины.