

приводят к искажению структуры голограммы или ее деградации вследствие диффузии светочувствительного вещества. Кроме того, существенным преимуществом светочувствительных систем такого типа является возможность при постэкспозиционной обработке устранить необходимое на стадии записи поглощение светочувствительного субстрата, т. е. без ущерба для уровня светочувствительности среды реализовать запись чисто фазовой голограммы с дифракционной эффективностью, приближающейся к теоретическому пределу.

## Л и т е р а т у р а

- [1] Роскова Г.П., Цехомская Т.С. - Физ. и химия стекла, 1981, т. 7, № 5, с. 513-534.
- [2] Chandross E.A., Tomlinson W.I., Amiller G.D. - Appl. Opt., 1978, v. 17, N 4, p. 566-573.
- [3] Денисюк Ю.Н., Суханов В.И., Шелехов Н.С., Хазова М.В., Бандюк О.В. - Письма в ЖТФ, 1985, т. 11, в. 21, с. 1330-1332.

Поступило в Редакцию  
1 марта 1988 г.

Письма в ЖТФ, том 14, вып. 12

26 июня 1988 г.

## ИССЛЕДОВАНИЕ НЕЛИНЕЙНОЙ И ПЕРЕХОДНОЙ СТАДИИ РАЗВИТИЯ НЕУСТОЙЧИВОСТИ РИХТМАЙЕРА-МЕШКОВА

А.Н. Алешин, Е.Г. Гамалий, С.Г. Зайцев,  
Е.В. Лазарева, И.Г. Лебо, В.Б. Розанов

Неустойчивость Рихтмайера-Мешкова развивается на границе раздела сред разной плотности под действием импульсного ускорения [1, 2]. Причина этого явления вызвана тем, что малые возмущения на исходной границе раздела приводят к тому, что после распада разрыва прошедшая и отраженная волны возмущены и появляются градиенты в возмущенном потоке.

Процесс развития возмущений под действием импульсного ускорения по аналогии с неустойчивостью Релея-Тейлора можно разделить на четыре этапа. Первый этап - линейный. Рост возмущений происходит в соответствии с соотношением [1]:

$$\frac{da}{dt} = a^*kAV$$

при условии  $a^*k \ll 1$ ,

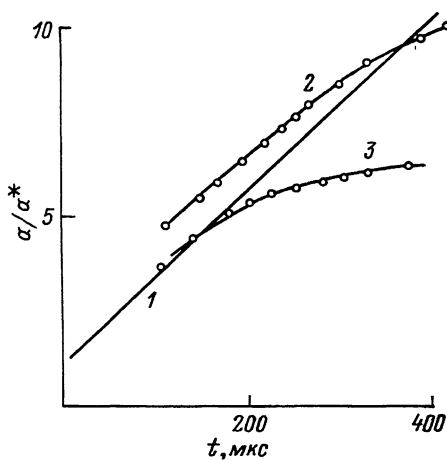


Рис. 1. Изменение амплитуды возмущения со временем.

$$a^* = a_0 \frac{V_s - V}{V_s} \quad \text{— амплитуда}$$

возмущения после прохождения через границу раздела ударной волны,  $V_s$  — скорость исходной ударной волны,  $V$  — скорость границы после действия ускорения  $k = \frac{2\pi}{\lambda}$  — волновое число,  $a_0$  и  $\lambda$  — исходная амплитуда и длина волны возмущения,  $A = \frac{\rho_2 - \rho_1}{\rho_2 + \rho_1}$  — число Атвуда,

$\rho_1$  и  $\rho_2$  — плотности справа и слева от границы раздела.

В работе [2] было экспериментально подтверждено, что рост возмущений на линейной стадии происходит в соответствии с формулой Рихтмайера. Показано, что граница неустойчива как в случае перехода ударной волны из легкого газа в тяжелый, так и наоборот.

Вторая стадия — изменяется начальная синусоидальная форма возмущений, тяжелый газ проникает в легкий в виде струй, а легкий в тяжелый в виде пузырей. Третий этап — переходный: в процесс включается механизм неустойчивости Кельвина–Гельмгольца; на острие струй формируются „грибы”. Последняя стадия — стадия развитой турбулентности: в слое, охваченном возмущениями, происходит турбулентное перемешивание. Следует отметить, что такое разделение условно. Экспериментальные данные по скорости роста области, достигшей стадии развитой турбулентности, приведены в [3].

В данной работе экспериментально исследуются нелинейная и переходная стадии развития неустойчивости, приводятся результаты по влиянию амплитуды и длины волны исходного возмущения.

Работа выполнена на ударной трубе квадратного сечения  $72 \times 72 \text{ мм}^2$ . Канал низкого давления разделялся на два объема с помощью лавсачовой пленки толщиной в 2 мк. В качестве рабочих газов использовались аргон и ксенон, начальное давление равнялось 0.5 атм; число Маха падающей ударной волны равнялось  $\sim 3.5$ . Визуализация процесса осуществлялась оптическим методом при помощи прибора ИАБ-451 с регистрацией на фотопленку прибора ЖФР-3. В качестве источника света использовался рубиновый лазер в режиме модулированной добротности. Начальное возмущение на исходной границе задавалось в виде  $y = a_s \sin kx$ . Пленка в 100 мм от центра зоны визуализации.

На рис. 1 приведены экспериментальные данные по росту амплитуды возмущения в зависимости от времени. В этих опытах

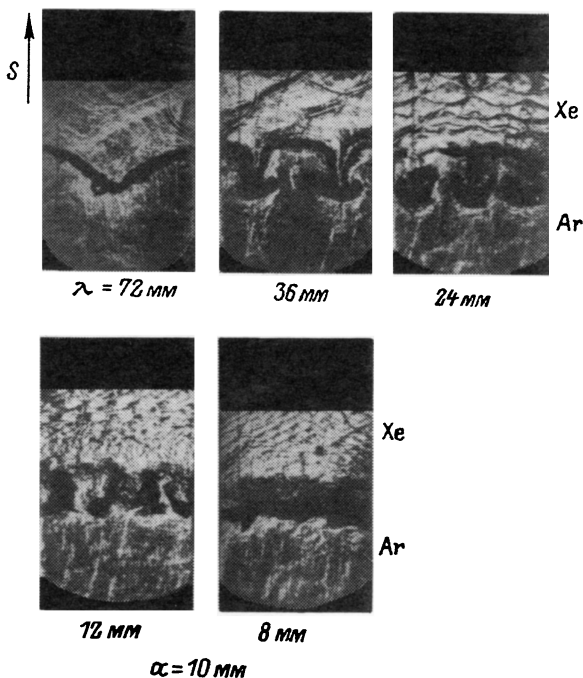


Рис. 2. Влияние длины волны начального возмущения на развитие процесса турбулизации.

параметр  $a^*k$  принимал значения 0.436 и 0.872 за счет изменения амплитуды (5 мм и 10 мм), при этом длина волны была постоянна и равнялась 72 мм. В работе за амплитуду возмущения принималось расстояние между точками максимального проникновения одного газа в другой. Линия 1 – расчетное значение амплитуды возмущения по соотношению Рихтмайера. Линия 2 проведена по экспериментальным данным, в которых  $a^*k = 0.436$ ; линия 3 –  $a^*k = 0.872$ . Видно, что на линейной стадии экспериментальные значения лежат несколько выше расчетных. Это связано с тем, что граница раздела из-за влияния пленки не является идеальной и представляет из себя некоторую область. Из приведенных графиков видно, что рост амплитуды возмущения в нелинейной и переходной стадиях замедляется. Это, по-видимому, связано с перераспределением энергии по спектру возмущений. Начинает развиваться мелкомасштабная турбулентность, приводящая к перемешиванию контактирующих газов, за счет энергии крупномасштабных возмущений, которые ответственны за рост амплитуды возмущения. В момент перехода  $a(t) \sim (0.3-0.4) \lambda$ . При изменении  $a^*k$  за

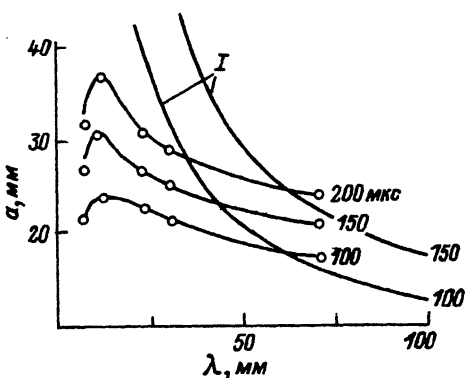


Рис. 3. Зависимость  $a(\lambda)$  для фиксированных моментов времени.

кружки - эксперимент; 1 - расчет по Рихтмайеру.

счет длины волны был получен тот же результат. Тогда время перехода линейной стадии в нелинейную можно оценивать с помощью соотношения

$$t_{\text{перех}} \sim \frac{1}{a^* k^2 A V}.$$

На рис. 2 приведены фотографии различных опытов, в которых амплитуда начального возмущения равнялась 10 мм, а длина волны менялась: 72 мм, 36 мм, 24 мм, 12 мм и 8 мм. Приведенные фотографии относятся к фиксированному моменту времени  $\sim (140 \pm 10)$  мкс, которое отсчитывается от момента взаимодействия падающей ударной волны с пленкой. Видно, что на всех снимках зарегистрированы разные стадии развития возмущения: на первом снимке ( $\lambda = 72$  мм) дан момент перехода линейной стадии в нелинейную (кривая 3 на рис. 1), а на последнем ( $\lambda = 8$  мм) - возмущение к тому же моменту времени достигло почти стадии развитой турбулентности.

На рис. 3 дан рост амплитуды возмущения в функции от длины волны исходного возмущения для фиксированных моментов времени. Из соотношения (1) следует, что на линейной стадии коротковолновые возмущения развиваются быстрее длинноволновых. В проведенной серии опытов линейная стадия наблюдалась только для начального возмущения с  $\lambda = 72$  мм. Из рис. 3 видно, что и в нелинейной стадии с уменьшением длины волны до некоторого значения  $\lambda^*$  амплитуда возмущения растет. При дальнейшем уменьшении длины волны наблюдается насыщение ее роста. С течением времени на кривой  $a(\lambda)$  появляется максимум.

## В ы в о д ы

1. Переход к нелинейной стадии сопровождается замедлением роста амплитуды возмущения. Время перехода можно оценивать с помощью соотношения

$$t_{\text{перех}} \sim \frac{1}{a^* k^2 A V}.$$

2. В нелинейной и переходной стадиях уменьшение длины волны начального возмущения приводит к насыщению роста амплитуды возмущения. На экспериментальной кривой  $a(\lambda)$  с течением времени появляется максимум.

- [1] R i c h t m y e r R.D. - *Communs. Pure and Appl. Math.*, 1960, XIII, N 2, p. 297-319.
- [2] М е ш к о в Е.Е. В сб.: Исследование гидродинамической устойчивости с помощью ЭВМ / Под ред. Бабенко К.И., ИМП им. М.В. Келдыша, 1981, с. 163-190.
- [3] З а й ц е в С.Г., Л а з а р е в а Е.В., Ч е р н у х а В.В., Б е л я е в В.М. - *ДАН СССР*, 1985, т. 283, № 1, с. 94-98.

Поступило в Редакцию  
12 февраля 1988 г.

Письма в ЖТФ, том 14, вып. 12

26 июня 1988 г.

### АКТИВАЦИОННЫЙ ХАРАКТЕР ОПТИЧЕСКОГО ВОССТАНОВЛЕНИЯ ЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ $EL_2$ ЦЕНТРОВ В АРСЕНИДЕ ГАЛЛИЯ

Е.И. О б о р и н а, С.С. О с т а п е н к о,  
М.К. Ш е й н к м а н

Дефекты, принадлежащие семейству  $EL_2$  в полуизолирующем  $GaAs$ , являются объектом интенсивных теоретических и экспериментальных исследований [1]. Это обусловлено не только их практически важной ролью компенсирующих центров, но и не выясненной до конца природой, отвечающей за довольно сложный энергетический спектр и ряд нетривиальных свойств. Среди последних - эффект „утомления“, состоящий в уменьшении во времени соответствующего сигнала емкости, фотопроводимости или фотолюминесценции (ФЛ) от начального значения до некоторого стационарного под действием света из энергетического интервала  $h\nu_{\text{IT}} = 1.0-1.3$  эВ при  $T < 120$  К. Данное явление связывается [1] с существованием метастабильного состояния ( $EL_2^*$ ), переход в которое из основного состояния ( $EL_2^0$ ) осуществляется путем фотовозбуждения электрона квантами с энергией  $h\nu_{\text{IT}}$  через возбужденное состояние ( $EL_2^B$ ) с последующей большой решеточной релаксацией (рис. 1, а). Обратный переход  $EL_2^* \rightarrow EL_2^0$  (восстановление) можно осуществить тремя путями: 1) чисто термически с преодолением барьера  $A = 0.34$  эВ; 2) также термически, но с преодолением пониженного барьера  $A_1 = 0.107$  эВ из-за наличия равновесных [2] или инжектированных [3] свободных электронов; 3) оптически при освещении кристалла зона-зонным или более длинноволновым „примесным“ светом. В последнем случае спектр восстановления лежит в энергетическом интервале  $h\nu_B = 0.7-1.0$  эВ при  $T = 77$  К [4] и имеет тонкую структуру [5, 6]. Известно, что  $EL_2$  дефекты обуславливают полосу ФЛ с максимумом  $h\nu_{\text{max}} = 0.65$  эВ, которая испытывает „утомление“. Однако