

- [1] A u s t o n D.H. - Appl. Phys. Lett., 1985, v. 26, N 3, p. 101-103.
- [2] Picosecond optoelectronic devices, ed. C.H. Lee, Acad. Press, Orlando, 1984.
- [3] А л ф е р о в Ж.И., Ж у р а в л е в А.Б., П о р т н о й Е.Л., С т е л ь м а х Н.М. - Письма в ЖТФ, 1986, т. 12, 18, 1093-1098.
- [4] L e o n b e r g e r F.J., M o u l t o n P.F. - Appl. Phys. Lett., 1979, v. 35, N 1, p. 712-714.
- [5] S c h m i d P., M e l c h i o r H. - Electronics Lett., 1984, v. 20, N 17, p. 684-685.
- [6] В а с и л ь е в Г.П., Г о л д о б и н И.С. - Квантовая электроника, 1987, т. 14, № 7, с. 1317-1318.

Институт физики  
полупроводников  
АН ЛитССР, Вильнюс

Поступило в Редакцию  
11 февраля 1988 г.  
В окончательной редакции  
24 мая 1988 г.

Письма в ЖТФ, том 14, вып. 16      26 августа 1988 г.

## ИОННЫЙ ЭЛЕКТРОННО-ОПТИЧЕСКИЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ

Б.Е. Д а ш е в с к и й, В.А. П о д в я з н и к о в,  
А.В. П р о х и н д е е в, А.М. П р о х о р о в,  
В.К. Ч е в о к и н

Для целей диагностики излучения лазерной плазмы разработан времяанализирующий специализированный электронно-оптический преобразователь (ЭОП). Особенностью ЭОП является наличие самоподдерживающегося фотокатода, конструктивно выполненного в виде щели шириной 100 мкм и высотой 8 мм. Предварительно на щель наносилась нитроцеллюлозная подложка толщиной 500 Å, на которую в качестве фотокатодов напылялись слои Au или CsI, толщиной 300 и 1000 Å соответственно. Затем методом термической обработки подложка удалялась, и работа ЭОП производилась со свободно-висячим фотокатодом. Именно наличие самоподдерживающегося на щели фотокатода и дало возможность регистрировать ионное излучение из лазерной плазмы, т.к. известно [1], что ионы средних энергий 5-10 кэВ полностью поглощаются пленкой вещества толщиной не более 150 Å.

Базовой моделью для времяанализирующего ионного ЭОП послужил рентгеновский электронно-оптический преобразователь со сменными фотокатодами [2], в котором использована электронно-оптическая система, создающая фокусирующее поле квазисферического

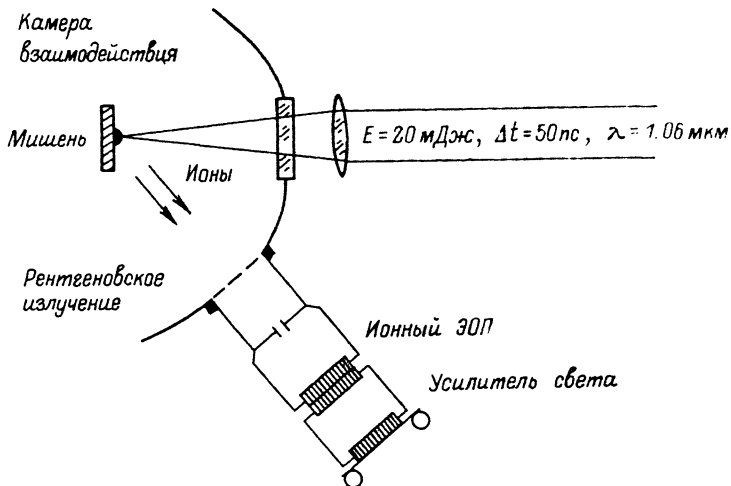


Рис. 1.

конденсатора [3]. Для усиления света ионный ЭОП был состыкован через волоконно-оптический диск с усилителем света на основе МКП. Через уплотняющий изолирующий фланец ионный ЭОП стыковался с вакуумной камерой взаимодействия. Вакуум во всем объеме поддерживался не хуже  $10^{-5}$  торр. Схема эксперимента показана на рис. 1. Плазма создавалась фокусированием излучения лазера на иттриево-алюминиевом гранате ( $\lambda = 1.06$  мкм), работающем в режиме самосинхронизации мод со следующими параметрами: длительность одиночного выделенного импульса 50 пс, энергия 20 мДж, плотность мощности на поверхности мишени до  $10^{12}$  Вт/см<sup>2</sup>. В эксперименте использовались мишени из Ni, Cu, (CH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>, Al и другие.

На рис. 2 в качестве примера показана фотография временного хода ионного импульса никелевой плазмы и ее микрофотограмма. Репером для временных измерений является рентгеновский импульс. Внутри камеры взаимодействия от мишени до стенки камеры ионы находятся в поле дрейфа (мишень и камера находится под нулевым потенциалом), а затем от стенки камеры взаимодействия до фотокатода ЭОП ионы летят в ускоряющем электрическом поле, т.к. потенциал фотокатода составляет -5 кВ. По стандартной времяпролетной методике в предположении мгновенного нагрева тонкого слоя вещества мишени и последующего ее разлета в вакуум нами развита теория, позволяющая определить ионную температуру плазмы. В частности, для никелевой плазмы при плотности мощности  $P = 10^{12}$  Вт/см<sup>2</sup>  $T_i = 120$  эВ, что хорошо согласуется с известными данными [4].

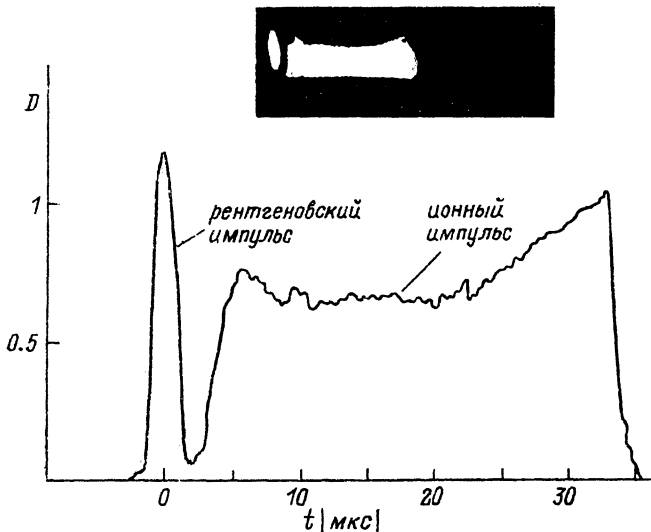


Рис. 2.

Обсудим некоторые особенности регистрации ионов на ЭОПе. Специфика регистрации ионов в нашем случае состоит в том, что ионы разных элементов имеют одинаковую энергию 5 кэВ, определяемую потенциалом фотокатода, но разную скорость в зависимости от массы ионов. В частности, если создавать лазерную плазму на поверхности мишени, состоящей из нескольких элементов, то разлетающиеся ионы будут достигать фотокатода в разные моменты времени, что позволяет в режиме линейной развертки создать электронно-оптический масс-спектрометр. На рис. 3 показана микрофотограмма временного хода ионного импульса  $(CH_2)_n$ -плазмы. В качестве точного репера служит рентгеновский импульс, который регистрируется как статическая подсветка щели, смещенной на край экрана ЭОПа.

Другой особенностью регистрации ионов на ЭОПе является высокий квантовый выход. Например, согласно [5], он может достигать сотен процентов, что значительно больше, чем при регистрации видимого или рентгеновского излучения.

Еще одной особенностью регистрации ионов на ЭОПе служит независимость квантового выхода от заряда ионов. Это объясняется тем, что при приближении к металлическому фотокатоду многозарядный ион с энергией 5 кэВ, согласно [6], быстро нейтрализуется до заряда 1 и взаимодействует с металлическим фотокатодом уже в виде однозарядного иона.

В нашем случае (в отличие от регистрации ионов на металлическом коллекторе) происходит счет числа ионов, а не их заряда.

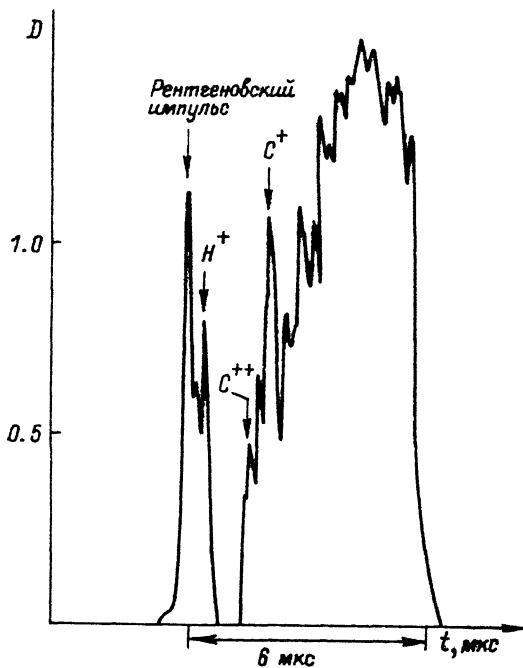


Рис. 3.

Поэтому абсолютные измерения числа ионов затруднены. Однако, благодаря тому, что ширина энергетического спектра вторичных электронов составляет величину не более 5 эВ [6], в принципе возможно осуществлять регистрацию ионов с временным разрешением в единицы пикосекунд [7], что никакими другими методами достичь невозможно.

Авторы надеются, что предложенный метод электронно-оптической регистрации ионов найдет широкое применение в исследованиях лазерной плазмы.

### Л и т е р а т у р а

- [1] Буренков А.Ф., Комаров Ф.Ф., Кумаков М.А., Тёмкин М.М. Пространственные распределения энергии, выделенной в каскаде атомных столкновений в твердых телах. М.: Энергоатомиздат, 1985. 244 с.
- [2] Chevokin V.K., Dachevsky B.E., Podvuznikov V.A., Prokhorov A.M., Prohindeev A.V. - X-Ray Image-Converter Camera „Almaz-R” based on an ICT with Demountable Photocathodes. Book of Abstracts of ECLIM-87, Prague, 1987, p. 177.

- [3] Д а ш е в с к и й Б.Е., И г н а т ь е в А.Н., И в а н о в В.Я., К у л и к о в Ю.В. - ОМП, 1979, № 11, с. 41-42.
- [4] Б ы к о в с к и й Ю.А., Н е в о л и н В.Н. Лазерная масс-спектрокопия. М.: Энергоатомиздат, 1985. 127 с.
- [5] К а м и н с к и й. Атомные и ионные столкновения на поверхности металла. М.: Мир, 1967. 425 с.
- [6] А р и ф о в У.А. Взаимодействие атомных частиц с поверхностью металла. Ташкент: АН УзССР, 1961. 397 с.
- [7] Пикосекундная электронно-оптическая диагностика в лазерных исследованиях. Труды ФИАН, том № 155. М.: Наука, 1985. 240 с.

Институт общей физики  
АН СССР, Москва

Поступило в Редакцию  
16 мая 1988 г.

Письма в ЖТФ, том 14, вып. 16

26 августа 1988 г.

## ПЛАСТИЧЕСКАЯ НАНОДЕФОРМАЦИЯ ОБРАЗЦОВ В ТУННЕЛЬНОМ МИКРОСКОПЕ

В.К. Н е в о л и н

Сканирующие туннельные микроскопы (СТМ) привлекают внимание не только уникальными возможностями по разрешению атомной структуры поверхностей материалов [1-3], но и одновременно с этим возможностью локального (в нанометровых областях) изменения поверхностной области образцов. В частности, на поверхности образцов возможно осаждение атомов с игольчатого электрода [4-6], с помощью которого и осуществляется визуализация поверхности. Возможны химические реакции в зазоре между образцом и игольчатым электродом, стимулированные электрическим полем [6]. В работе [7] игольчатый электрод использован в качестве микро-механического инструмента для прорезания углублений на поверхности образца, покрытого диэлектрической пленкой.

Еще одной возможностью изменения нанорельефа поверхности образцов является бесконтактная пластическая деформация поверхностной области с помощью игольчатого электрода СТМ.

Электрическое поле  $F$ , созданное у поверхности образца игольчатым электродом, может вызвать локальную деформацию за счет растягивающего напряжения  $\sigma$ , величина которого определяется выражением

$$\sigma = F^2 / 8\pi. \quad (1)$$

Пластическая деформация поверхностной области образца возможна, если