

10; 12

© 1991

ШИРОКОАПЕРТУРНЫЙ РЕНТГЕНОВСКИЙ ЭЛЕКТРОННО-ОПТИЧЕСКИЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ С ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ЭЛЕКТРОННОЙ ОПТИКОЙ

В.А. Подвизников, А.М. Прохоров,
В.К. Чевочкин

Электронно-оптическая диагностика рентгеновского излучения лазерной плазмы является очень информативным методом исследования в экспериментах по взаимодействию мощного лазерного излучения с веществом. В большинстве таких экспериментов необходимо за одну лазерную вспышку получить максимум информации о параметрах плазмы. При этом очевидно, что интенсивности излучения лазерной плазмы должно быть достаточно, чтобы проводить как интегральные измерения, так и разного рода спектроскопические исследования, связанные с временными измерениями различных линий в спектре рентгеновского излучения лазерной плазмы.

Для повышения светосилы нами предложена светосильная электронно-оптическая система, использующая широкоапертурный фотокатод. Принцип работы такой системы основан на сжатии широкого фотокатода в узкую щель с последующей ее временной разверткой по экрану ЭОП. Это осуществляется методом электронной оптики. Эффективность регистрации рентгеновского излучения с помощью такой электронно-оптической системы значительно выше, чем с помощью обычных рентгеновских электронно-оптических преобразователей.

Широкоапертурный рентгеновский ЭОП представляет собой двухэлектродную электронно-оптическую систему с цилиндрической оптикой, показанную на рис. 1. Конструктивно она выполнена в виде приставки к малогабаритному рентгеновскому ЭОП [1] и снабжена входным и выходным фланцами для стыковки с вакуумной камерой взаимодействия и с рентгеновским ЭОП.

Во входной части ЭОП помещается съемный фотокатод, в качестве которого нами была использована МКП, и все измерения были проведены именно с ней. Однако конструкция фотокатодного блока позволяет производить установку Au- или CsI-фотокатодов с соответствующими размерами. Электростатическое фокусирующее поле создается двумя плоскопараллельными пластинами конденсаторного типа, находящимися под потенциалом фотокатода. Наличие

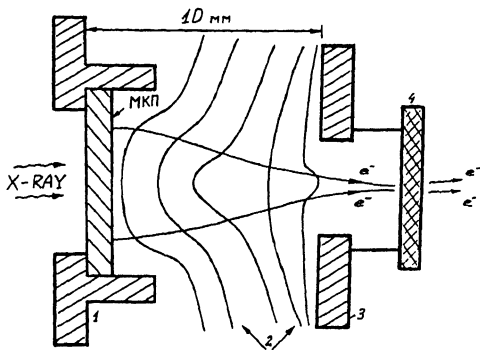


Рис. 1. Схема 2-х электродной электронно-оптической системы с цилиндрической оптикой. 1 - катод, 2 - эквипотенциалы, 3 - анод, 4 - фотокатод рентгеновского ЭОП.

пластин искривляет эквипотенциалы в промежутке между фотокатодом широкоапертурного ЭОП и катодом рентгеновского ЭОП, что приводит к фокусировке электронов, эмиттированных МКП. Облучение МКП осуществлялось излучением миниатюрного искрового разрядника, установленного в вакуумной камере. Ширина входной щели широкоапертурного ЭОП составляет 5 мм, а длина 10 мм. Размеры электронно-оптической системы показаны на рис. 1.

При измерении фокусирующих свойств широкоапертурного ЭОП широкая входная щель широкоапертурного ЭОП с МКП-фотокатодом устанавливалась перпендикулярно щели шириной 100 мкм катода малогабаритного рентгеновского ЭОП.

Особое внимание нами было обращено на выбор оптимального катода для малогабаритного рентгеновского ЭОП. Прикладываемый потенциал к фотокатоду широкоапертурного ЭОП относительно малогабаритного рентгеновского ЭОП составляет 10 кВ. Это означает, что фотокатод рентгеновского ЭОП бомбардируется моноэнергетическими электронами с энергией 10 кэВ.

При облучении рентгеновским излучением первичный акт фотоэффекта обусловлен массовым коэффициентом поглощения вещества фотокатода. В дальнейшем первичные электроны, рожденные в результате фотоэффекта, претерпевают эффективное размножение в толще катода. В результате этого в общем спектре всегда имеется значительная доля медленных, истинно-вторичных электронов, количество которых может достигать величины 50 %, а также первичные, быстрые электроны. Как показано в работе [2], вклад в изображение в рентгеновских ЭОП вносят только медленные, истинно вторичные электроны с полушириной энергетического распределения 5 эВ для металлических фотокатодов и 2 эВ для диэлектрических фотокатодов.

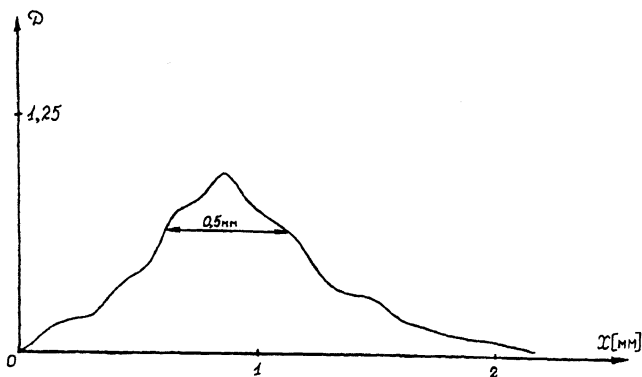


Рис. 2. Микрофотограмма изображения шелевого фотокатода для малогабаритного ЭОП, сочлененного с широкоапертурным ЭОП с цилиндрической оптикой.

Электрон с энергией 10 кэВ, попадая в катод, претерпевает только вторичное размножение, и толщина катода в этом случае определяется только так называемой максимальной глубиной d выхода неупруго отраженных электронов. Согласно [3], d — глубина того слоя вещества, в котором происходят процессы рассеяния и торможения выходящих наружу электронов с энергиями $E > 50$ эВ. Это относится к катоду, работающему в режиме „на отражение“. В этом случае электрон, попадая в более глубокие слои, уже не может выйти из мишени. У нас катод работает „на прострел“, тогда его толщина, оптимальная с точки зрения достижения максимального квантового выхода, дается выражением [3]: $d_{opt} = 2 \cdot K \cdot E_p^{1,5}$ [Å], где $K = 103, 82, 45$ и $27,4$ для Al, Ag, Cu и Au соответственно. E_p — энергия падающих на катод электронов в кэВ. Формула дает удовлетворительное совпадение с экспериментом в диапазоне энергий $E_p = 5-15$ кэВ. В качестве материала фотокатодов для малогабаритного рентгеновского ЭОП было выбрано золото толщиной 1000 Å , напыленное на нитроцеллюлозную подложку толщиной 400 Å , прозрачную для электронов с энергией 10 кэВ. В качестве эффективного вторичного размножителя на золото методом вакуумного напыления нанесен слой CsI толщиной 1000 Å . Измерения показали, что эта толщина является оптимальной для достижения максимального квантового выхода.

Изображение сфокусированного широкоапертурного фотокатода регистрировалось с экрана малогабаритного ЭОП на пленку контактным способом. На рис. 2 показана микрофотограмма зарегистрированного изображения. Видно, что его ширина на полувысоте составляет величину порядка $0,5 \text{ мм}$, т.е. достигается десятикратное уменьшение размера входной щели. Наличие „крыльев“ у распределения на рис. 2 можно объяснить эмиттированием из МКП высоко-

энергетических фотоэлектронов. Значительная их часть имеет энергию более 10 эВ, тогда как расчет электронной оптики проводился для энергии 5 эВ.

Сравнительные измерения эффективности регистрации излучения на малогабаритном ЭОП, сочлененном с широкоапертурным ЭОП и без него, показали, что использование широкоапертурного ЭОП с цилиндрической электронной оптикой приводит к увеличению эффективности регистрации примерно на два порядка.

В заключение укажем, что при потенциале фотокатода широкоапертурного ЭОП 10 кВ напряженность электрического поля составляет величину ~ 1 кВ/мм. При такой напряженности поля для CsI -фотокатода временная дисперсия электронов не превышает величины единиц пикосекунд, т.е. использование широкоапертурного ЭОП с цилиндрической электронной оптикой не ухудшает временных характеристик малогабаритного рентгеновского ЭОП (~ 20 пс), однако позволяет увеличить эффективность регистрации излучения примерно на два порядка.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] Д а ш е в с к и й Б.Е., П о д в я з н и к о в В.А., П р о х о р о в А.М. и др. // Оптико-механическая промышленность. 1988. № 8. С. 18.
- [2] П р о х о р о в А.М., Ч е в о к и н В.К., Ш е м е л е в В.Н. Труды ФИАН М.: Наука, 1985. Т. 155. С. 212.
- [3] Б р о н ш т е й н И.М., Ф р а й м а н Б.С. Вторичная электронная эмиссия. М.: Наука. 1969.

Поступило в Редакцию
5 марта 1991 г.

Письма в ЖТФ, том 17, вып. 7

12 апреля 1991г.

01; 06.1

© 1991

ТУННЕЛИРОВАНИЕ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ
В ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ПОЛЕ В КРИСТАЛЛАХ
С УЗКИМИ ЗОНАМИ ПРОВОДИМОСТИ

В.И. С у г а к о в, С.А. Я ц к е в и ч

При чрезвычайно богатом потоке научных работ по теоретическому изучению туннелирования электронов через гетеропереход [1] отсутствуют работы, выходящие за рамки метода эффективной массы (хотя иногда довольно детально учитывающие сложную структуру зон).