

[5] Клиот - Дашинская И.М. // ЖТФ. 1986. Т. 56. В. 12. С. 2346.

[6] Клиот - Дашинская И.М., Бруй Е.Б., Куртсакова А.М. // ЖТФ. 1990. Т. 60. В. 5.

Поступило в Редакцию
15 марта 1990 г.

Письма в ЖТФ, том 16, вып. 11

12 июня 1990 г.

11; 12

© 1990

ПИКОСЕКУНДНАЯ РЕНТГЕНОВСКАЯ ЭОК СО СМЕННЫМИ ФОТОКАТОДАМИ

В.А. Подвизников, А.М. Прохоров,
А.В. Прохиндеев, В.К. Чевокин

Методы рентгеновской электронно-оптической диагностики нашли очень широкое применение в исследованиях лазерной плазмы [1-5]. Все эти методы основаны на использовании рентгеновских электронно-оптических камер (ЭОК). К сожалению, в нашей стране все известные рентгеновские ЭОК были разработаны на базе электронно-оптических преобразователей (ЭОП) со слюдяными окнами, что ограничивало область их применения, т.к. не позволяло регистрировать мягкое рентгеновское излучение с энергиями квантов менее 1 кэВ. Единственным методом, позволяющим регистрировать мягкое рентгеновское излучение, является метод, основанный на использовании ЭОП со сменными фотокатодами. В отечественной литературе сообщалось о проведении динамических испытаний ЭОК на базе малогабаритного ЭОП со сменными фотокатодами [6], однако временное разрешение ЭОК составило величину несколько десятков пикосекунд. Нами разработана рентгеновская ЭОК, имеющая временное разрешение в единицы пикосекунд.

Основным элементом ЭОК является ЭОП, созданный путем модернизации преобразователя ПВ-006А. Модернизация заключалась в удалении входного окна вместе с манжетой и сочленение ЭОП со специальным фланцем, позволяющим производить стыковку ЭОП с вакуумной камерой взаимодействия. В центре фланца сделано отверстие, в которое устанавливается сменный держатель для подложки с нанесенным на нее фотокатодом. По периферии фланца предусмотрены отверстия для откачки объема ЭОП после его стыковки с камерой взаимодействия. Фотокатод выполнен в виде щели шириной 100 мкм и высотой 5 мм. Предварительно на эту щель в качестве подложки наносится пленка из нитроцеллюлозы толщиной не более 1000 Å. В качестве фотокатодов используются напыленные слои Au и $Cs I$ соответствующей толщины. В ряде экспериментов

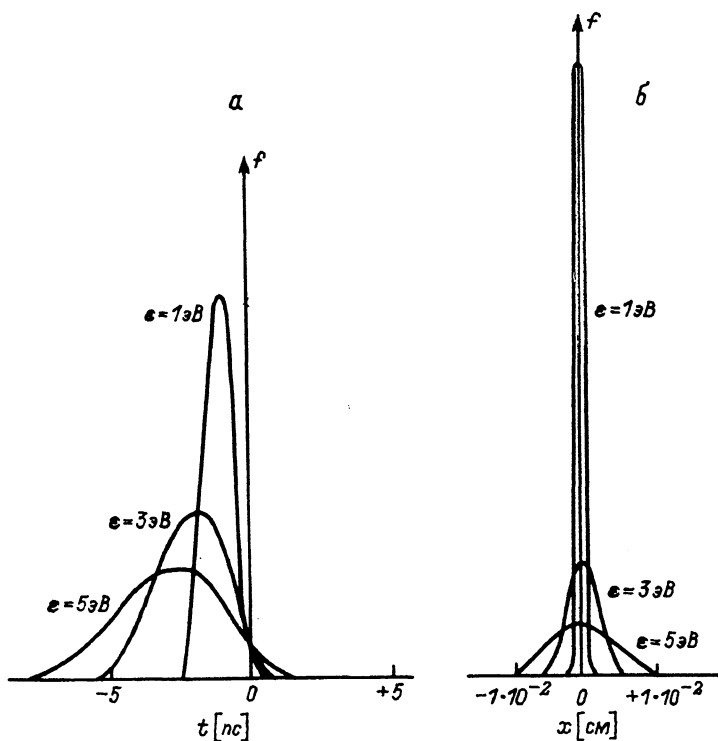


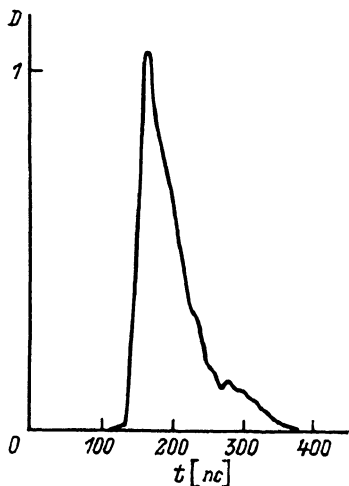
Рис. 1. а) Результаты расчета временной аппаратной функции ЭОП. б) Результаты расчета пространственной аппаратной функции ЭОП.

методом термической обработки нами производилось удаление нитроцеллюлозной подложки, и регистрация рентгеновского излучения производилась свободно висячим на щели фотокатодом, что позволило продвинуть область спектральной чувствительности прибора вплоть до области вакуумного ультрафиолета. Для нормальной работы ЭОП, т.е. отсутствия в нем электрических пробоев, вакуум внутри трубки должен поддерживаться не хуже 10^{-5} Тор.

Модернизированный ЭОП снабжен парой пластин развертки, имеющих 75-омные коаксиальные входы и выходы, а также пластинами затвора. На расстоянии ~ 2 мм от фотокатода установлена мелкоструктурная сетка, служащая для создания высокой напряженности поля фотокатода. Электронно-оптическое увеличение ЭОП составляет ~ 2 .

Нами на основе имеющихся данных об энергетическом распределении фотоэлектронов по энергии [7] проведен расчет временной аппаратной функции разработанного ЭОП с учетом аксиального распределения поля внутри трубки. Расчеты проводились при условии напряженности поля вблизи фотокатода 3 кВ/мм и полуширины энергетического распределения фотоэлектронов $E=1$ эВ, 3 эВ, 5 эВ.

Рис. 2. Микрофотограмма минимально зарегистрированного рентгеновского импульса.



Отметим, что для диэлектрических рентгеновских фотокатодов E составляет величину от 1 до 3 эВ, а для большинства металлических фотокатодов 5 эВ. На рис. 1, а показаны результаты расчета, из которых следует, что с помощью разработанного ЭОП возможна регистрация рентгеновского излучения с пикосекундным временным разрешением. Нами также проведены расчеты пространственной аппаратной функции рентгеновского ЭОП для слущая облучения фотокатода рентгеновским излучением. Результаты расчета показаны на рис. 1, б, из которого видно, что минимальный размер изображения на экране (при условии бесконечно малого размера изображения на фотокатоде) составляет 100 мкм при использовании металлических фотокатодов. При измерении пространственного разрешения ЭОП с золотым фотокатодом действительно оказалось, что оно составляет величину не лучше 10 пар/линий мм.

На база модернизированного ЭОП нами разработана ЭОК, состоящая из источников питания и схемы управления. Для регистрации слабых сигналов ЭОП состыкован с усилителем света на основе МКП. Фотографирование изображения с экрана осуществляется на пленку контактным способом. В камере предусмотрено импульсное питание МКП.

Схема управления ЭОК сделана на базе лавинных транзисторов и СВЧ-триода в металлокерамическом исполнении. Максимальная скорость развертки составляет $4 \cdot 10^9$ см/с, минимальная 10^9 см/с. Переключение разверток осуществляется ступенчато с помощью интеграторов.

Динамические испытания рентгеновской ЭОК проводились в экспериментах по регистрации рентгеновского излучения лазерной плазмы, образованной фокусировкой лазерных импульсов лазера длительностью 50 пс и энергией до 50 мДж на поверхность плоской никелевой мишени. В экспериментах использовались фотокатоды из Au и CsI с толщинами 300 и 1000 Å соответственно. На рис. 2 показана микрофотограмма минимального зарегистрированного рентгеновского импульса длительностью на полувысоте ~ 50 пс. При длительности греющего импульса 50 пс нам не удалось зарегистрировать более короткие рентгеновские импульсы, укорочение импульса можно осуществить только путем уменьшения длительности лазерного импульса [8].

Измерения динамического диапазона рентгеновской ЭОК проводились по методике, основанной на использовании щелевой диафраг-

мы переменной ширины с размерами каждого отрезка диафрагмы менее одного разрешаемого элемента ЭОП [9]. Измерения показали, что динамический диапазон ЭОК при скорости развертки $4 \cdot 10^9$ см/с составляет величину не менее 10. Облучение щелевой диафрагмы производилось рентгеновским излучением никелевой лазерной плазмы при работе ЭОК в режиме щелевой развертки. Фотометрирование зарегистрированного изображения производилось в направлении, перпендикулярном направлению развертки. В заключение отметим, что область спектральной чувствительности ЭОК определяется типом используемых *Au* и *CsI* - фотокатодов и простирается от области вакуумного ультрафиолета ($\lambda = 200$ нм) вплоть до жесткого рентгена ($\lambda = 0.1$ нм) [10].

Надеемся, что разработанная рентгеновская пикосекундная ЭОК найдет широкое применение в экспериментах по диагностике лазерной плазмы.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] Kaufman R.L., Matteus D.L., Ceglie N., Medeckki H. Diagnostics for an XUV/SOFT X-RAY Laser. Preprint LLNL-90335, 1984.
- [2] Richardson M., Majoribanks R., Leitzring S., Forsyth I., Villeneuve. // IEEE J. of Quant. Electron. 1983. V. QE-19. N 12. P. 1861-1869.
- [3] Kaufman R.; Stradling G., Medeckki H. // SPIE. 1982. V. 348. P. 752-759.
- [4] Strsdeing G., Attwood D., Kaufman R. // IEEE J. of Quant. Electron. 1983. V. QE-19. N 4. P. 604-615.
- [5] Kinoshita K., Inuzuka E., Takiguchi Y. // SPIE. 1983. V 427. P. 36-44.
- [6] Дашевский Б.Е., Прохоров А.М., Подвязников В.А., Прохиндеев А.В., Чевокин В.К. // ОМП. 1988. № 8. С. 18-20.
- [7] Прохоров А.М., Чевокин В.К., Шемелев В.Н. // Труды ФИАН. 1985. Т. 155. С. 212-228.
- [8] Murnare M.M., Kapteyn H.C., Falcone R.W. // Phys. Rev. Lett. 1989. V. 62. N 2. P. 155-158.
- [9] Дашевский Б.Е., Малютин А.А., Махмутов Р.Х., Подвязников В.А., Чевокин В.К., Якунин В.С. // Письма в ЖТФ. 1989. Т. 15. Вып. 8. С. 44-47.
- [10] Henke B.L., Knauer J.P., Premaratne K. // J. Appl. Phys. 1980. V. 52. N 3. P. 1509-1520.

Институт общей физики
АН СССР, Москва

Поступило в Редакцию
9 января 1990 г.