

НЕПРЕРЫВНОЕ РЕНТГЕНОВСКОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ ПЛАЗМЫ,
СОЗДАВАЕМОЙ РУБИНОВЫМ ЛАЗЕРОМ ПИКОСЕКУНДНОЙ ДЛИТЕЛЬНОСТИ

*В.В.Блаженков, А.Н.Киркин, Л.П.Котенко
А.М.Леонтович, Г.И.Мерзон, А.М.Можаровский
А.Н.Чузо*

Измерен энергетический спектр и угловое распределение непрерывного рентгеновского излучения плазмы, создаваемой пикосекундными импульсами рубинового лазера при плотности потока у поверхности мишени $\sim 10^{14}$ Вт/см². Эффективная температура надтепловых электронов достигала 5 кэВ для массивных мишеней из различных металлов.

При взаимодействии лазерного излучения с массивными мишенями при плотности потока излучения $\gtrsim 10^{12}$ Вт/см² (для длины волны ~ 1 мкм) проявляются так называемые аномальные механизмы поглощения – резонансное поглощение и параметрические неустойчивости плазмы. Они приводят к отклонению функции распределения электронов от максвелловской (возникновению надтепловых электронов) и соответствующему возрастанию интенсивности тормозного излучения в области $h\nu \gg kT_e$. Исследование спектра и углового распределения этого излучения может дать информацию как о параметрах плазмы, так и о механизмах поглощения ею лазерного излучения. Спектр непрерывного рентгеновского излучения исследовался в работах [1 – 4] с использованием неодимовых и СО₂-лазеров.

Нами исследован спектр и угловое распределение непрерывного рентгеновского излучения лазерной плазмы в области энергий отсечки 12 – 42 кэВ для массивных мишеней из Al, Fe, Cu, W. Использовался рубиновый лазер с самосинхронизацией мод, работавший при низкой (100 К) температуре [5]. Излучение представляло собой короткий цуг, состоявший из 1 – 3 импульсов, имевших длительность 10 – 20 псек, с общей энергией 0,5 Дж. Лазерный пучок фокусировался линзой с $f = 60$ мм в пятно диаметром 70 мкм (на половине интенсивности) [6]. Плотность потока у поверхности мишени достигала величины $\sim 10^{14}$ Вт/см². Лазерное излучение было линейно поляризовано. Мишени располагались в тонкостенной (0,15 мм) алюминиевой вакуумной камере.

Измерения выполнялись с помощью многоканальной автоматизированной установки, созданной на основе мини-ЭВМ PDP-11/05 и системы КАМАК [7]. В качестве детекторов рентгеновского излучения использовались 16 сцинтилляционных спектрометров NaI(Tl) с ФЭУ-85. Детекторы располагались вокруг мишени в два ряда в плоскостях, перпендикулярных оптической оси. При этом восемь спектрометров одного ряда имели поглощающие фильтры различной толщины и использовались для измерения спектра, а восемь других (с одинаковыми фильтрами) – для регистрации углового распределения и полной энергии рентгеновского излучения. Использовались Al фильтры толщиной от 300 мкм до 8,6 мм.

Результаты измерения энергии рентгеновского излучения в зависимости от энергии отсечки для медной мишени (нормальное падение) приведены на рис.1. Температура надтепловых электронов T_H , определенная методом поглотителей [8], равнялась 5 кэВ. Величина энергии, приведенная на рисунке, пересчитана в полный телесный угол 4π . В пределах точности измерений не обнаружено отличия в температуре T_H для мишеней из других материалов.

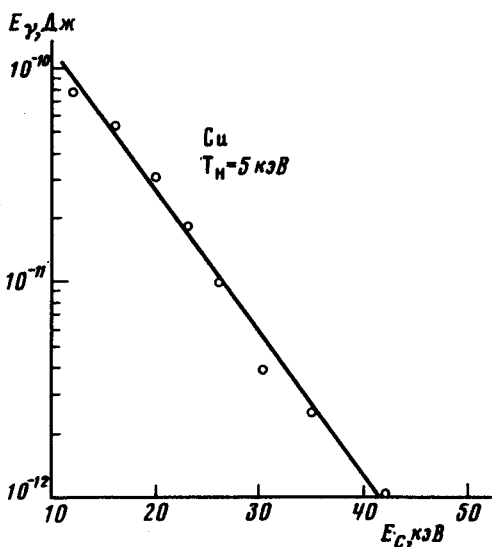


Рис. 1. Зависимость энергии рентгеновского излучения от энергии отсечки для медной мишени

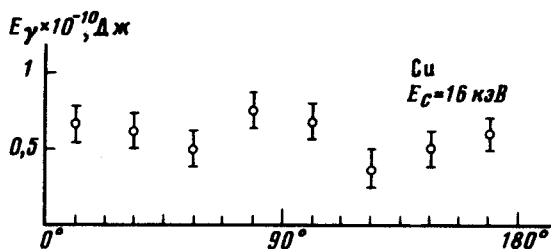


Рис. 2. Угловое распределение рентгеновского излучения для медной мишени

Угловое распределение рентгеновского излучения измерялось для различных энергий отсечки. На рис.2 приведены результаты измерений для Cu мишени при энергии отсечки 16 кэВ. Направление вектора поляризации соответствует углу 90° на рисунке. Полученные распределения возможно указывают на небольшое (до 30%) отклонение от изотропности, превышающее статистическую ошибку измерений.

Измерялось также излучение, отраженное от плазмы в апертуру фокусирующей линзы. Относительные значения коэффициента отражения при нормальном падении для мишеней из Cu , Al , Fe , W составляли соответственно 1,0; 0,8; 0,6; 0,4. Измерялась также зависимость коэффициента отражения от угла падения лазерного пучка на мишень. Относительные значения коэффициента отражения в случае медной мишени равнялись 1,0; 0,9; 0,65; 0,4; 0,35 для углов падения 0 ; 10 ; 30 ; 45 ; 70° .

Эти значения получены для лазерного пучка, поляризованного в плоскости падения.

Авторы благодарят Л.С.Первова и Г.Ш.Китошвили за помощь в работе.

Физический институт им. П.Н.Лебедева
Академии наук СССР

Поступила в редакцию
23 февраля 1979 г.

Литература

- [1] Н.Г.Басов, В.А.Бойко, С.М.Захаров, О.Н.Крохин, Г.В.Склизков. Письма в ЖЭТФ, 13, 691, 1971.
 - [2] J.F.Kerphart, R.P.Godwin, G.H.McCall. Appl. Phys. Lett., 25, 108, 1974.
 - [3] О.Н.Крохин, Ю.А.Михайлов, В.В.Пустовалов, А.А.Рупасов, В.П.Силин, Г.В.Склизков, А.С.Шиканов. ЖЭТФ, 69, 206, 1975.
 - [4] В.Н.Ripin, P.G.Burkhalter, F.C.Young, J.M.McMahon, D.G.Colombant, S.E.Bodner, R.R.Whitlock, D.J.Nagel, D.J.Johnson, N.K.Winsor, C.M.Dozier, R.D.Bleach, J.A.Stamper, E.A.McLean. Phys. Rev.Lett., 34, 1313, 1975.
 - [5] А.Н.Киркин, А.М.Леонтович, А.М.Можаровский. Квантовая электроника, 5, 2640, 1978.
 - [6] В.В.Блаженков, А.Н.Киркин, С.Ф.Козлов, Л.П.Котенко, А.М.Леонтович, Г.И.Мерзон, А.М.Можаровский, А.Н.Чузо. Препринт ФИАН СССР, №69, 1978.
 - [7] В.В.Блаженков, С.Ф.Козлов, Л.П.Котенко, Г.И.Мерзон, А.Н.Чузо. Препринт ФИАН СССР, №202, 1977.
 - [8] R.C.Elton. NRL Report 6738, Washington, 1968.
-