

УДК 533.951

https://doi.org/10.33619/2414-2948/81/01

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ СПЕКТРЫ ИОНОВ W, ОБРАЗОВАННЫЕ ПРИ ОСТРОМ И СКОЛЬЗЯЩИМ ИЗЛУЧЕНИИ ЛАЗЕРА

©*Матназаров А. Р.*, канд. физ.-мат. наук, Ургенчский государственный университет
г. Ургенч, Узбекистан, a_matnazarov@mail.ru

©*Артикова Р.*, Ургенчский государственный университет, г. Ургенч, Узбекистан

W IONS ENERGY SPECTRA OF FORMED BY SHARP AND GRAZING LASER RADIATION

©*Matnazarov A.*, Ph.D., Urgench State University, Urgench, Uzbekistan, a_matnazarov@mail.ru

©*Artikova R.*, Urgench State University, Urgench, Uzbekistan

Аннотация. В данной статье исследовали энергетические спектры ионов плазмы, построенные с использованием пакета масс-зарядовых распределений ионов с кратностью заряда от Z до Z_{\max} .

Abstract. In this article, we study the energy spectra of plasma ions constructed using a package of mass-charge distributions of ions with charge multiplicity from Z to Z_{\max} .

Ключевые слова: лазерное излучение, энергетический спектр, кратность заряда, скользящей излучения.

Keywords: laser radiation, energy spectrum, multiplicity of charge, grazing radiation.

Энергетические спектры ионов плазмы, построенные с использованием пакета масс-зарядовых распределений ионов с кратностью заряда от Z до Z_{\max} . На Рисунке 1 приведены типичные энергетические спектры ионов W, образованные при скользящем падении излучения лазера на поверхность W с $q = 10^{11}$ Вт/см².

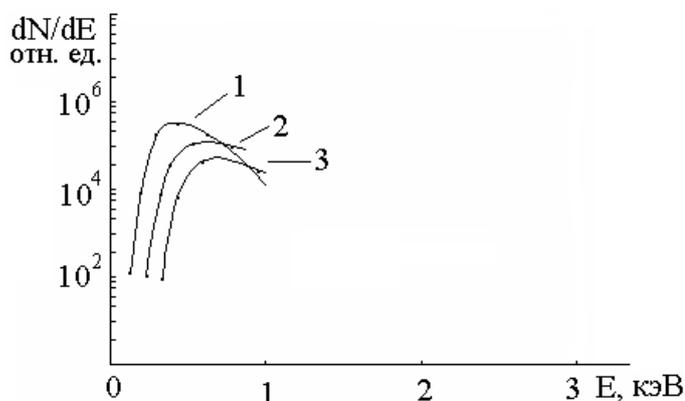


Рисунок 1. Энергетические спектры ионов W, образованные при скользящем падении излучения лазера на поверхность W с $q = 10^{11}$ Вт/см². Цифры 1–3 соответствуют кратностям заряда Z

Характерными особенностями энергетических спектров ионов с кратностью заряда $Z=1-3$ являются следующие: распределения ионов по энергиям имеют один максимум, который с ростом кратности заряда сдвигается в сторону больших энергий, а ширина энергетического спектра сужается; энергетические спектры ионов с $Z=1-3$ расположены в относительно низкоэнергетическом диапазоне ($10 \div 1000$ эВ) энергий. На Рисунке 2 приведены типичные энергетические спектры ионов W, образованные при острой ($\alpha=18^\circ$) фокусировке излучения лазера на поверхность мишени с $q = 10^{11}$ Вт/см². Отсюда видно, что энергетические спектры ионов W, полученные при $\alpha=18^\circ$ также имеют характерные особенности, которые были установлены при $\alpha=85^\circ$.

Однако, имеются отличительные стороны в энергетических распределениях ионов, наблюдаемые в зависимости от угла падения излучения лазера [1–5]. Энергетические распределения ионов с кратностью заряда от 1 до Z_{\max} зависят от угла воздействия излучения на мишень. При скользящем падении ($\alpha=85^\circ$) излучения диапазон энергетического распределения существенно меньше, чем при острых ($\alpha=18^\circ$) углах падения. Например, как видно из Рисунков 1, 2, энергия E_{\max} ионов W^{1+} и W^{4+} , образующихся при $\alpha=85^\circ$, не превышает 500 эВ и 1,0 кэВ соответственно, в то время как при $\alpha=18^\circ$ E_{\max} этих ионов достигает $\sim 4,0$ кэВ.

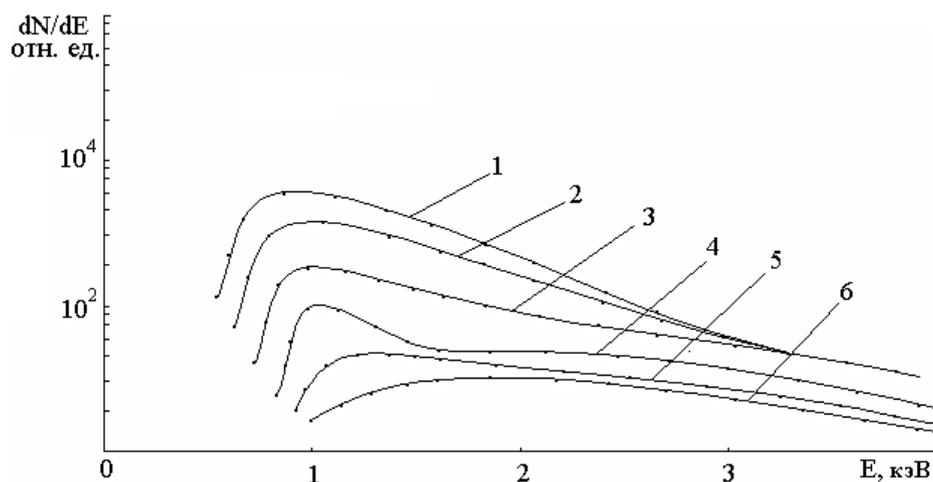


Рисунок 2. Энергетические спектры ионов W, образованные при острой ($\alpha=18^\circ$) фокусировке излучения лазера на поверхность мишени с $q = 10^{11}$ Вт/см². Цифры 1–6 соответствуют кратностям заряда Z

Из приведенных Рисунках 1 и 2 видны существенные изменения самих энергетических спектров при $\alpha=85^\circ$ спектр имеет лишь один максимум, а при малом $\alpha=18^\circ$ наблюдаются дополнительные рекомбинационные максимумы. Это свидетельствует о более высоком первоначальном зарядовом состоянии плазмы.

Наряду с энергетическими спектрами ионов W, определенный интерес представляют энергетические спектры ионов адсорбированных атомов на поверхность мишени при скользящем падении излучения. На Рисунке 3 приведены энергетические спектры примесных ионов, содержащихся на поверхности W, при скользящем падении излучения лазера с $q = 10^{11}$ Вт/см². Анализ полученных спектров дал возможность установить, что энергетические спектры примесных ионов (C^{1+} , O^{1+} , Na^{1+} , S^{1+} , K^{1+} , Co^{1+}) имеют узкий энергетический диапазон (кроме ионов S^{1+}), расположенный в области низких энергий, при чем спектры ионов имеют один максимум распределения и различаются значениями E_{\max} и максимальной

интенсивностью. Необходимо отметить, что энергетические спектры примесных двухзарядных ионов O^{2+} , S^{2+} , K^{2+} , Co^{2+} также имеют узкий энергетический спектр и расположены в низкоэнергетическом интервале. Максимальная энергия примесных ионов E_{max} , как однозарядных, так и двухзарядных, не превышает значения $\sim 1,0$ кэВ. Сравнение энергетических спектров ионов W и примесных ионов (Рисунки 1 и 3), полученных скользящим излучением лазера, с данными (Рисунок 2), полученными при острой фокусировке излучения, показало, что на энергетических спектрах цифры 1–6 соответствуют ионам C^{1+} , S^{1+} , O^{1+} , Na^{1+} , K^{1+} , Co^{1+} ионов плазмы, образованных при $\alpha=85^\circ$ отсутствует рекомбинационная часть спектра. Известно, что энергетические спектры ионов плазмы, образованные при острой фокусировке, в основном состоят из двух частей. Первая часть, когда dN/dE растет с ростом E ионов, обусловлена ионизационными процессами в плазме, и эта часть спектра образована в момент действия импульса излучения лазера.

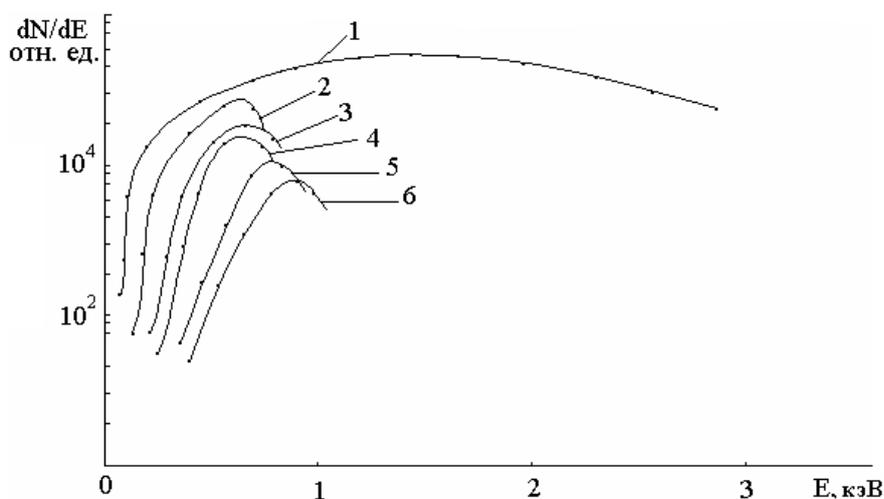


Рисунок 3. Энергетические спектры ионов примесей, содержащихся на поверхности W, образованные при скользящем падении излучения лазера с $q=10^{11}$ Вт/см²

А вторая часть, которая обусловлена рекомбинационными процессами с участием высокозарядных ионов, образуется после воздействия излучения лазера. Эти экспериментальные материалы, или еще одна особенность образования ионов при $\alpha=85^\circ$, свидетельствуют о более низком первоначальном зарядовом состоянии плазмы, образованной при скользящем падении излучения лазера на поверхность мишени. И это положение подтверждается исследованием масс-зарядового распределения ионов W при $\alpha=85^\circ$ и 18° .

Список литературы:

1. Колдунов М. Ф., Маненков А. А., Покотило И. Л. Механическое разрушение прозрачных твердых тел лазерными импульсами разной длительности // Квантовая электроника. 2002. Т. 32. №4. С. 335-340.
2. Колдунов М. Ф., Маненков А. А., Покотило И. Л. Теоретический анализ эффекта накопления в лазерном разрушении прозрачных диэлектриков при многократном облучении // Квантовая электроника. 1995. Т. 22. №7. С. 701-705.
3. Колдунов М. Ф., Маненков А. А., Покотило И. Л. Эффективность различных механизмов лазерного разрушения прозрачных твердых тел // Квантовая электроника. 2002. Т. 32. №7. С. 623-628.

4. Гуськов С. Ю., Бородзюк С., Калал М., Касперчик А., Краликова Б., Кроуски Е., Уллшмид Й. Генерация ударных волн и образование кратеров в твердом веществе при кратковременном воздействии лазерного импульса // Квантовая электроника. 2004. Т. 34. №11. С. 989-1003.

5. Бедиллов М. Р., Бейсембаева Х. Б., Давлетов И. Ю. Влияние γ -наведенных дефектов в стекле на процесс лазерного разрушения // Физика твердого тела. 2002. Т. 44. №6. С. 1048.

References:

1. Koldunov, M. F., Manenkov, A. A., & Pokotilo, I. L. (2002). Mekhanicheskoe razrushenie prozrachnykh tverdykh tel lazernymi impul'sami raznoi dlitel'nosti. *Kvantovaya elektronika*, 32(4), 335-340. (in Russian).

2. Koldunov, M. F., Manenkov, A. A., & Pokotilo, I. L. (1995). Teoreticheskii analiz effekta nakopleniya v lazernom razrushenii prozrachnykh dielektrikov pri mnogokratnom obluchenii. *Kvantovaya elektronika*, 22(7), 701-705. (in Russian).

3. Koldunov, M. F., Manenkov, A. A., & Pokotilo, I. L. (2002). Effektivnost' razlichnykh mekhanizmov lazernogo razrusheniya prozrachnykh tverdykh tel. *Kvantovaya elektronika*, 32(7), 623-628. (in Russian).

4. Guskov, S. Yu., Borodzyuk, S., Kalal, M., Kasperchik, A., Kralikova, B., Krouski, E., ... & Ullshmid, I. (2004). Generatsiya udarnykh voln i obrazovanie kraterov v tverdom veshchestve pri kratkovremennom vozdeistvii lazernogo impul'sa. *Kvantovaya elektronika*, 34(11), 989-1003. (in Russian).

5. Bedilov, M. R., Beisembaeva, Kh. B., & Davletov, I. Yu. (2002). Vliyanie γ -navedennykh defektov v stekle na protsess lazernogo razrusheniya. *Fizika tverdogo tela*, 44(6), 1048. (in Russian).

*Работа поступила
в редакцию 17.06.2022 г.*

*Принята к публикации
21.06.2022 г.*

Ссылка для цитирования:

Матназаров А. Р., Артикова Р. Энергетические спектры ионов W, образованные при остром и скользящим излучении лазера // Бюллетень науки и практики. 2022. Т. 8. №8. С. 10-13. <https://doi.org/10.33619/2414-2948/81/01>

Cite as (APA):

Matnazarov, A., & Artikova, R. (2022). W Ions Energy Spectra Formed by Sharp and Grazing Laser Radiation. *Bulletin of Science and Practice*, 8(8), 10-13. (in Russian). <https://doi.org/10.33619/2414-2948/81/01>