

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/см<sup>2</sup>.

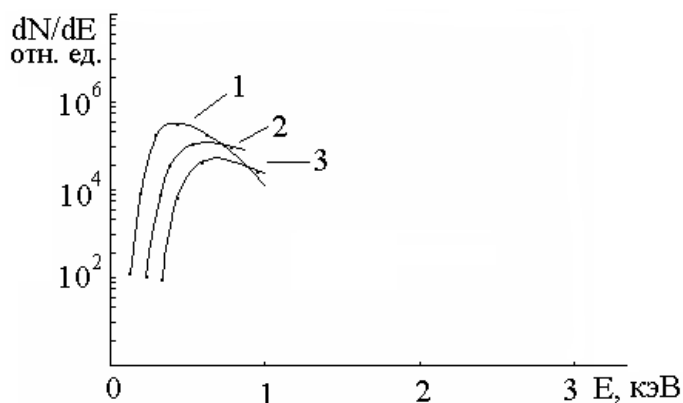


Рисунок 1. Энергетические спектры ионов W, образованные при скользящем падении излучения лазера на поверхность W с  $q = 10^{11}$  Вт/см<sup>2</sup>. Цифры 1–3 соответствуют кратностям заряда Z

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/см<sup>2</sup>. 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 скольльзящем 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.

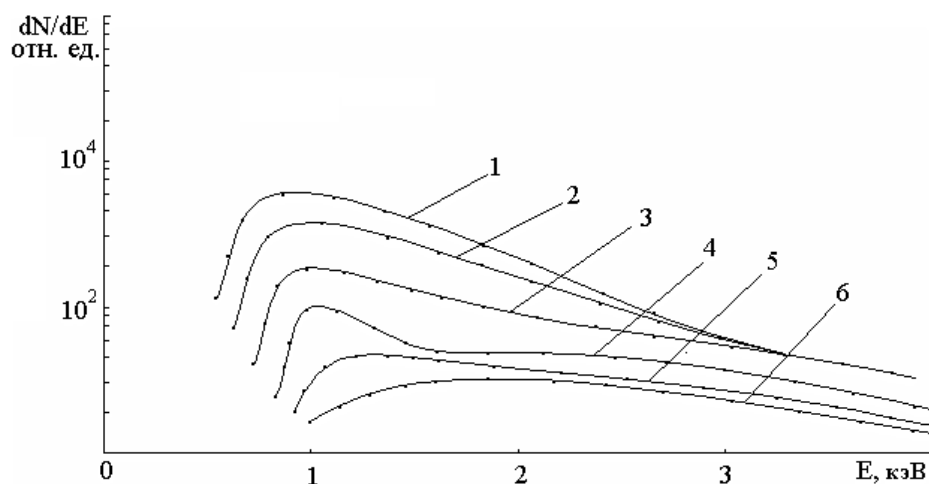


Рисунок 2. Энергетические спектры ионов W, образованные при острой ( $\alpha=18^\circ$ ) фокусировке излучения лазера на поверхность мишени с  $q = 10^{11}$  Вт/см<sup>2</sup>. Цифры 1–6 соответствуют кратностям заряда Z

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 скольльзящем падении излучения. На Рисунке 3 приведены энергетические спектры примесных ионов, содержащихся на поверхности W, при скольльзящем падении излучения лазера с  $q = 10^{11}$  Вт/см<sup>2</sup>. 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.

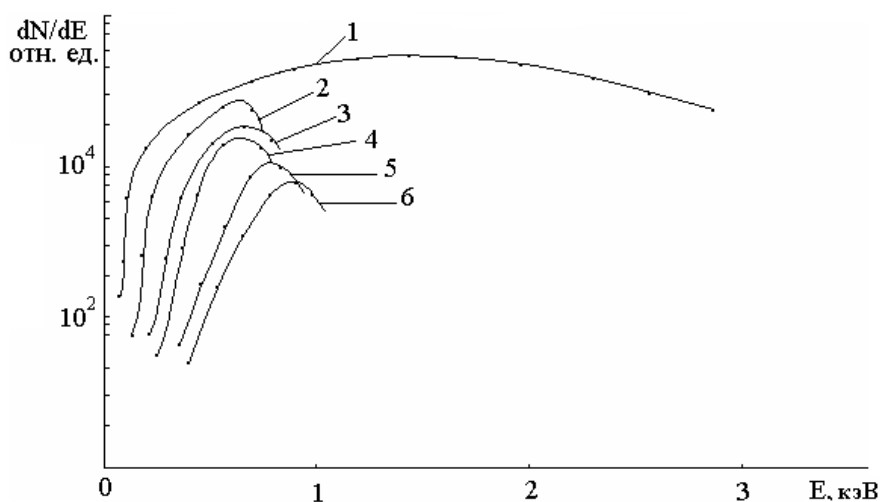


Рисунок 3. Энергетические спектры ионов примесей, содержащихся на поверхности W, образованные при скользящем падении излучения лазера с  $q=10^{11}$  Вт/см<sup>2</sup>

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  $18^\circ$ .

#### 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  $\gamma$ -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  $\gamma$ -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 острым и скользящим излучением 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>