

**ИССЛЕДОВАНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СПЕКТРОВ
РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ИЗ ТВЕРДОТЕЛЬНОЙ СРЕДЫ КАТОДА
ВО ВРЕМЯ ГОРЕНИЯ СИЛЬНОТОЧНОГО ТЛЕЮЩЕГО РАЗРЯДА
И ПОСЛЕ ВЫКЛЮЧЕНИЯ ТОКА РАЗРЯДА**

А.Б. Карабут

ЗАО “Самар +”, Московская область, 140055, Россия.

Эксперименты проводились на установке сильноточного тлеющего разряда состоящей из водоохлаждаемой вакуумной камеры, водоохлаждаемых катода и анода. Разряд осуществлялся в He, N₂ и при давлении до 10 Torr, с использованием катодных образцов из Al, Sc, Ti, Ni, Nb, Zr, Mo, Pd, Ta, W при токе 100 – 200 mA и напряжении разряда 3900-4300 В. Использовался импульсно – периодический источник питания тлеющего разряда.

Спектры рентгеновского излучения регистрировались рентгеновским спектрометром на базе изогнутого цилиндрического кристалла слюда. Рентгеновские спектры регистрировались в виде полос, континуума с энергией 0,6 – 10, кэВ и темных и светлых пятен в результате эмиссии высокоинтенсивных моноэнергетических рентгеновских пучков с энергией 0,6 – 10, кэВ и малой угловой расходимостью. Спектры регистрируются во время горения разряда и отдельно после выключения тока разряда в период времени до 20 часов. Все экспериментальные результаты имеют 100% воспроизводимость. Полученные результаты являются прямым экспериментальным доказательством существования в твердом теле катодного образца возбужденных метастабильных энергетических уровней с энергией 0,6 – 10,0 кэВ.

1. Введение

Анализ возможности инициирования низкоэнергетических ядерных реакций в твердом теле (с позиций ортодоксальной физики) показывает, необходимость существования в твердом теле долгоживущих возбужденных энергетических состояний с энергией не меньше 1,5 – 2 кэВ. Существование таких состояний предположительно может подтвердиться регистрацией в эксперименте рентгеновского излучения в этой области энергий. Предполагается, что температура кристаллической решетки составляет 300 – 600 К, “характеристическая” температура отдельных возбужденных энергетических уровней достигает 0,6 – 10,0 кэВ и более. Релаксация этих уровней происходит путем эмиссии рентгеновского излучения. Здесь имеется полная аналогия с механизмом возбуждения и генерации излучения твердотельных лазеров, но энергия лежит в диапазоне нескольких кэВ. Ранее были проведены эксперименты по исследованию эмиссии рентгеновского излучения из твердотельной среды катода высоковольтного сильноточного тлеющего разряда [1,2]. Регистрация рентгеновского излучения осуществлялась с использованием следующих методов и детекторов: камера обскура с фиксацией на рентгеновскую пленку, термолюминесцентные детекторы на основе кристаллов Al₂O₃, сцинтиллятор – ФЭУ детекторы, метод регистрации вторичных быстрых электронов от первичного рентгеновского излучения на ядерную фотоэмульсию. Эти результаты позволили сделать оценку величины энергии рентгеновского излучения в области 1,0 – 30,0 кэВ. Регистрация энергетических спектров рентгеновского излучения дает более корректные данные.

2. Метод и экспериментальная установка

Эксперименты проводились на установке высоковольтного сильноточного тлеющего разряда (Рис.1). Катодные образцы размещались на водоохлаждаемом катододержателе, над которым располагалось окно для выхода проникающего излучения закрытое 15 мкм Ве фольгой для защиты детекторов от видимого и ультрафиолетового излучения. Водоохлаждаемый анод располагался сбоку от оси катода (принцип “плазменного анода”). Регистрация спектров рентгеновского излучения осуществлялась с использованием катодных образцов в виде фольги различной толщины от 0,05 до 0,5 мм. Использовались катоды из различных металлов от легких до тяжелых (Al, Sc, Ti, Ni, Nb, Zr, Mo, Pd, Ta, W). Большая часть экспериментов проводилась с использованием гелия в качестве плазмообразующего газа. Гелий имеет малое поглощение рентгеновского излучения и нейтрален по отношению к возможным химическим процессам. Часть экспериментов проводилась в H_2 , D_2 , Ar, Kr, Xe. Использовался импульсно – периодический источник питания тлеющего разряда с прямоугольной формой импульса тока. Источник состоял из пяти последовательно включенных транзисторных ключей общим напряжением до 7500 В. Длительность импульсов разрядного тока составляла 2.0 мс, период следования импульсов был 8.0 мс (Рис.2).

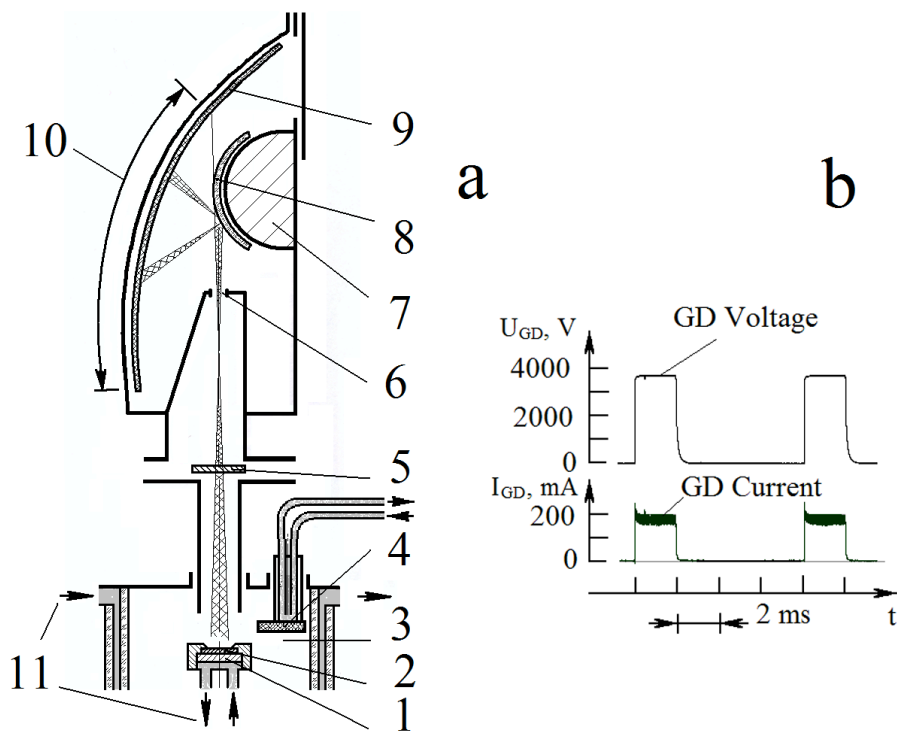


Рис.1. а – 1– катододержатель, 2– катодный образец, 3 – разрядная вакуумная камера, 4 – анод область разряда, 5 – 15 мкм Ве экран, 6 – входная щель спектрометра, 7 – держатель кристалла, 8 – изогнутый кристалл слюды, 9 – рентгеновская пленка, 10 – область спектра отражения, 11 – вход и выход воды охлаждения. б – осциллограммы напряжения (1) и тока (2) разряда

В области мягкого рентгеновского излучения используются спектрометры на основе изогнутых кристаллов различных веществ [3]. Использовался спектрометр на основе изогнутого кристалла слюды.

Длина волны рентгеновского излучения определялась по выражению

$$m \cdot \lambda = 2 \cdot d \cdot \sin \theta$$

где λ – длина волны излучения; d - расстояние между кристаллографическими плоскостями кристалла слюды, для слюды $2 \cdot d = 2$ нм, θ - угол Брэгга; m - порядок дифракции.

Методика эксперимента включала следующие операции. Экспонирование пленки в эксперименте с разрядом. После выключения разряда производилась разгерметизация камеры, устанавливалась новая пленка и производилось экспонирование пленки после выключения тока разряда в течении 17 – 20 часов. Пленки с полученным негативным изображением сканировалось с разрешением 4800 точек на дюйм на сканере, имеющим слайд адаптер с включенным цветовым режимом. При этом области пленки с более плотным почернением получали насыщение красным светом, а области с менее плотным почернением получали синий или зеленый цвет. Полученное негативное изображение обрабатывалось в редакторе “Photoshop” с коррекцией цветового баланса и баланса яркости и контрастности.

3. Экспериментальные результаты

Рентгеновские спектры регистрируются в виде континуума, отдельных полос и пятен (Рис.2 – Рис. 11). В предыдущих экспериментах [1] с использованием сцинтиллятор – ФЭУ детекторов было выявлено два режима эмиссии излучения: 1 – диффузное рентгеновское излучение наблюдается в виде отдельных рентгеновских вспышек (до 10^5 вспышек в секунду и до 10^6 рентгеновских квантов в одной вспышке).

2 – рентгеновское излучение в виде моноэнергетических микропучков с дискретной спектральной энергией (до 10^4 пучков в секунду и до 10^{11} рентгеновских квантов в одном пучке).

3.1. Рентгеновские спектры в виде континуума

Предположительно диффузная компонента рентгеновского излучения регистрируется на спектре в виде континуума. Спектры, полученные для катодных образцов из различных металлов, плазмообразующих газов и различных величинах напряжения разряда имеют похожую закономерность в распределении энергетической интенсивности излучения. В тоже время наблюдаются локальные различия для разных металлов и плазмообразующих газов. При большом увеличении выявляется структура континуума в виде отдельных точек почернения. Величина радиационной интенсивности рентгеновского излучения от катодов из металлов, расположенных в середине таблицы Менделеева (Nb, Zr, Mo, Pd) значительно превышает величину интенсивности рентгеновского излучения от катодов из легких и тяжелых металлов (Al, Ta, W). Наиболее сильное излучение регистрируется от катодов из Mo. Кривая распределения зависимости интенсивности излучения (плотность почернения) от энергии имеет одинаковый вид при различных напряжениях разряда (Рис.12) с максимумом излучения в области 1,0 – 1,3 кэВ. Абсолютная величина радиационной интенсивности рентгеновского излучения (регистрация с использованием термолюминесцентных детекторов) увеличением напряжения разряда увеличивается по экспоненте (Рис.13).

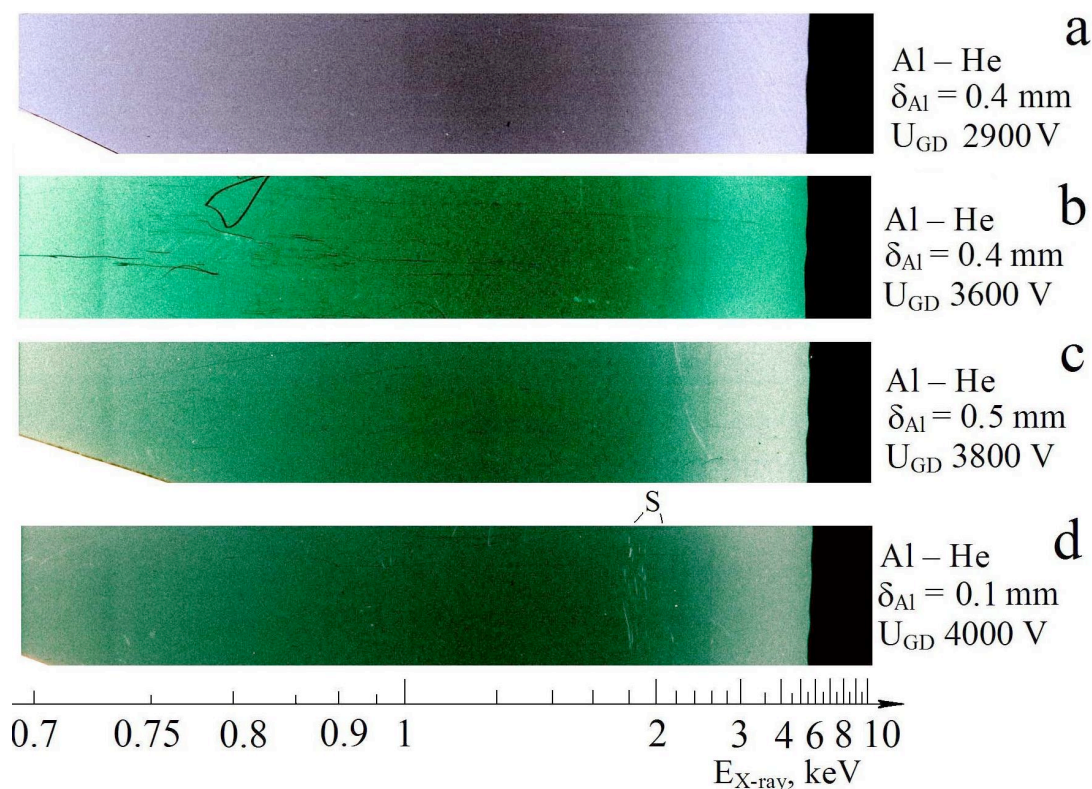


Рис.2. Спектры рентгеновского излучения от Al катодных образцов различной толщины (δ_{Al}) при различных напряжениях (U_{GD}) разряда в He. S – белые пятна соляризации фотоэмульсии от моноэнергетических пучков рентгеновского излучения.

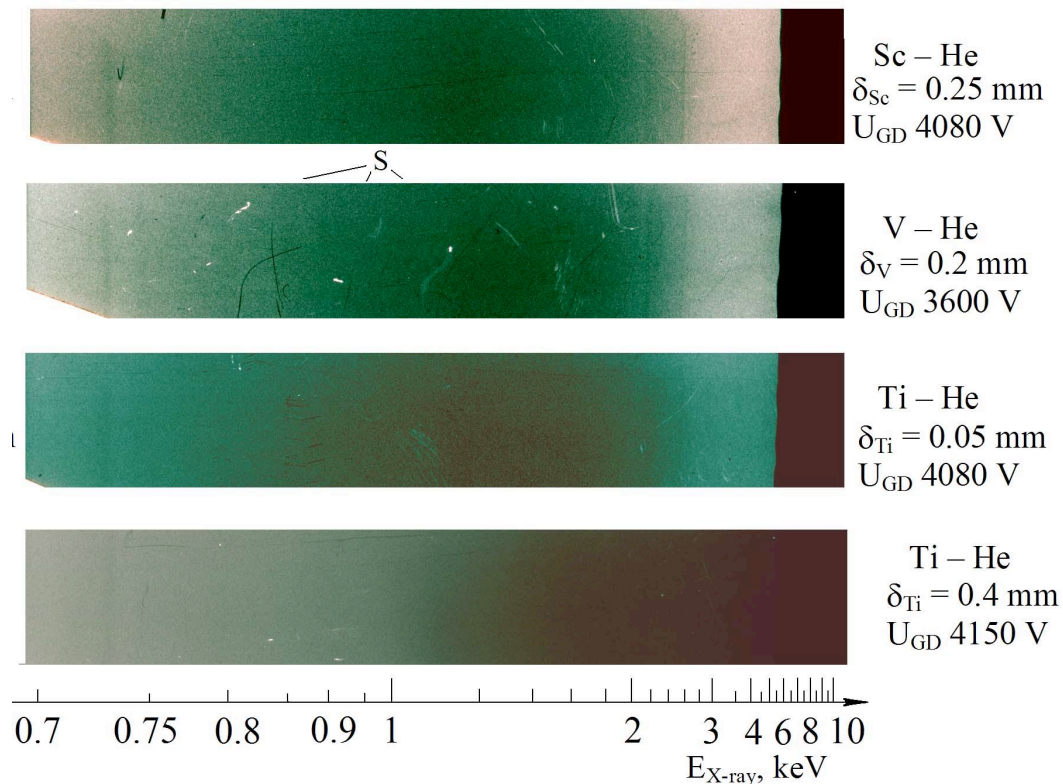


Рис.3. Спектры рентгеновского излучения от катодных образцов из Sc, V, Ti различной толщины (δ_{Me}) при различных напряжениях (U_{GD}) разряда в He. S – белые пятна соляризации фотоэмульсии от моноэнергетических пучков рентгеновского излучения.

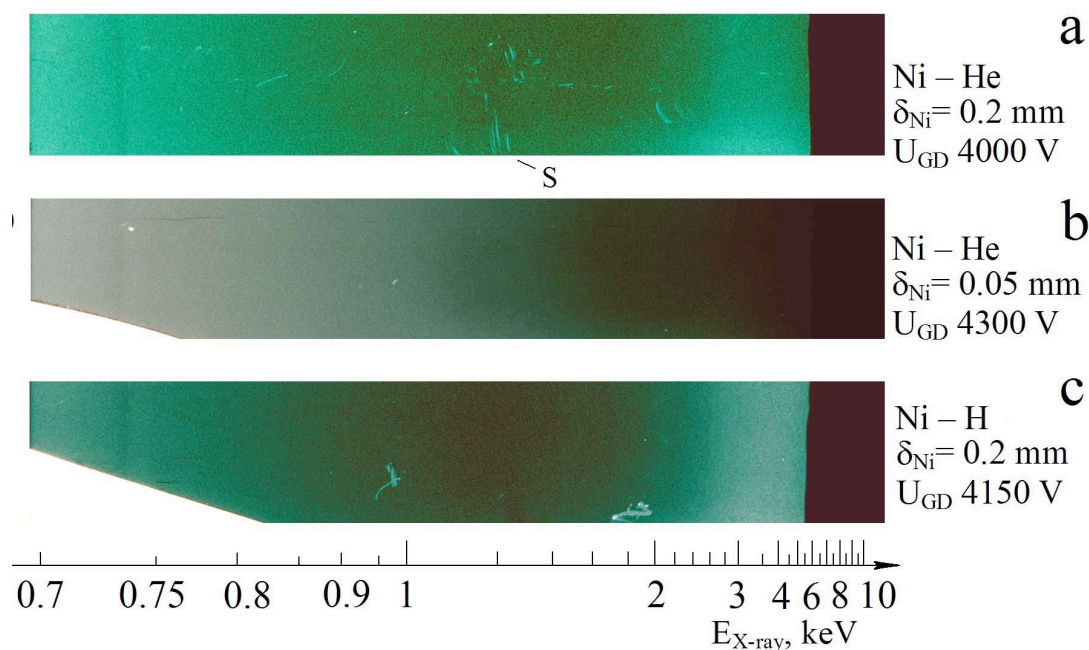


Рис.4. Спектры рентгеновского излучения от Ni катодных образцов различной толщины (δ_{Ni}) при различных напряжениях (U_{GD}) разряда в He. S – белые пятна соляризации фотоэмульсии от моноэнергетических пучков рентгеновского излучения.

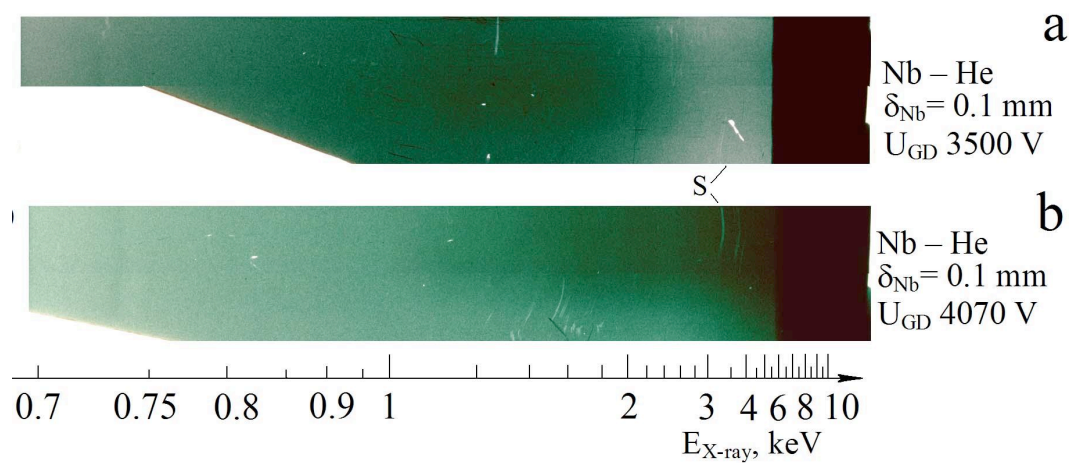


Рис.5. Спектры рентгеновского излучения от Nb катодов различной толщины (δ_{Nb}) при различных напряжениях (U_{GD}) разряда в He. S – белые пятна соляризации фотоэмульсии от моноэнергетических пучков рентгеновского излучения.

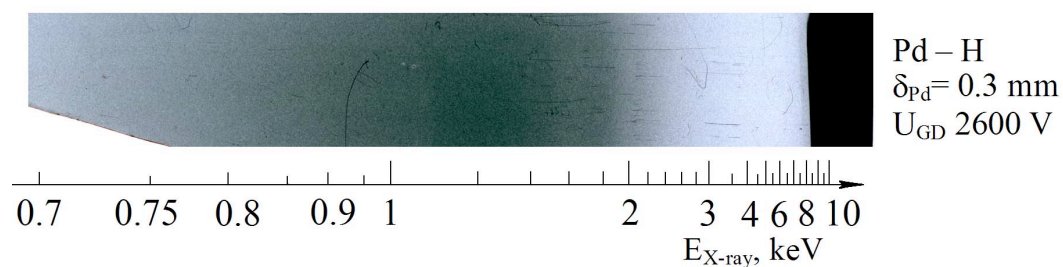


Рис.6. Спектры рентгеновского излучения от Pd катода в H_2 разряде.

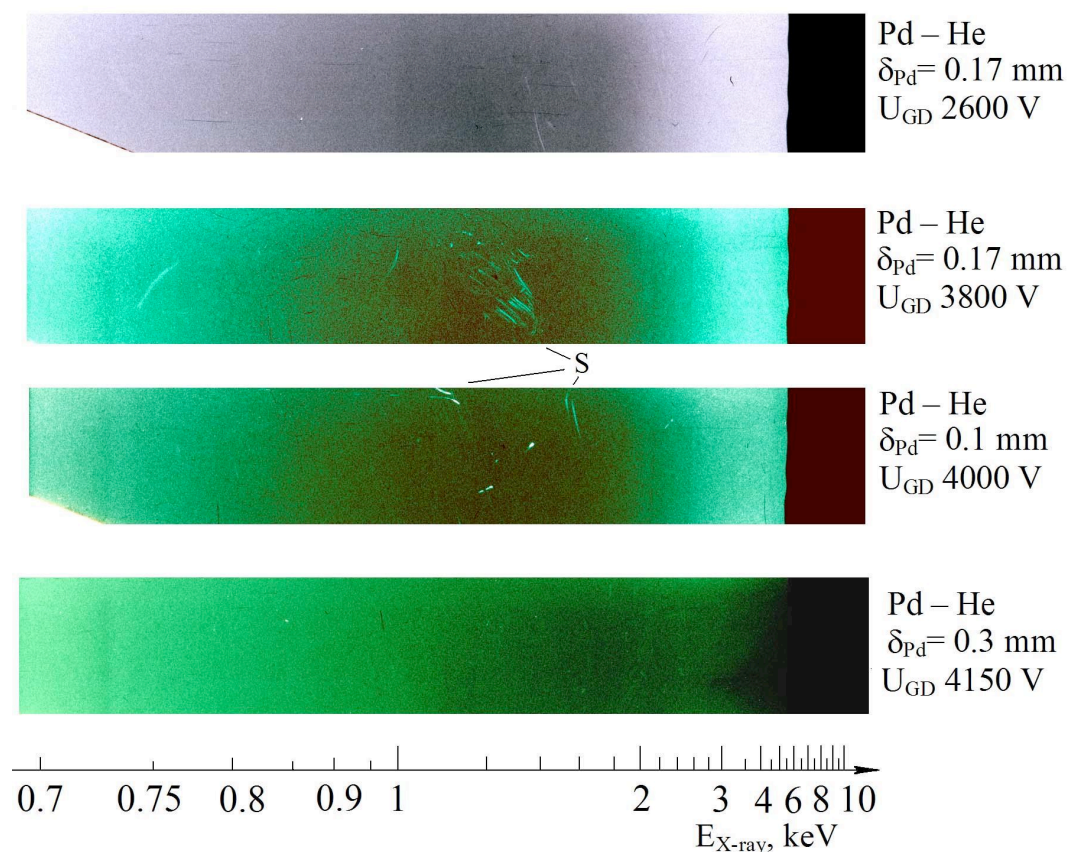


Рис.7. Спектры рентгеновского излучения от Pd катодных образцов различной толщины (δ_{Pd}) при различных напряжениях (U_{GD}) разряда в He. S – белые пятна соляризации фотоэмульсии от моноэнергетических пучков рентгеновского излучения.

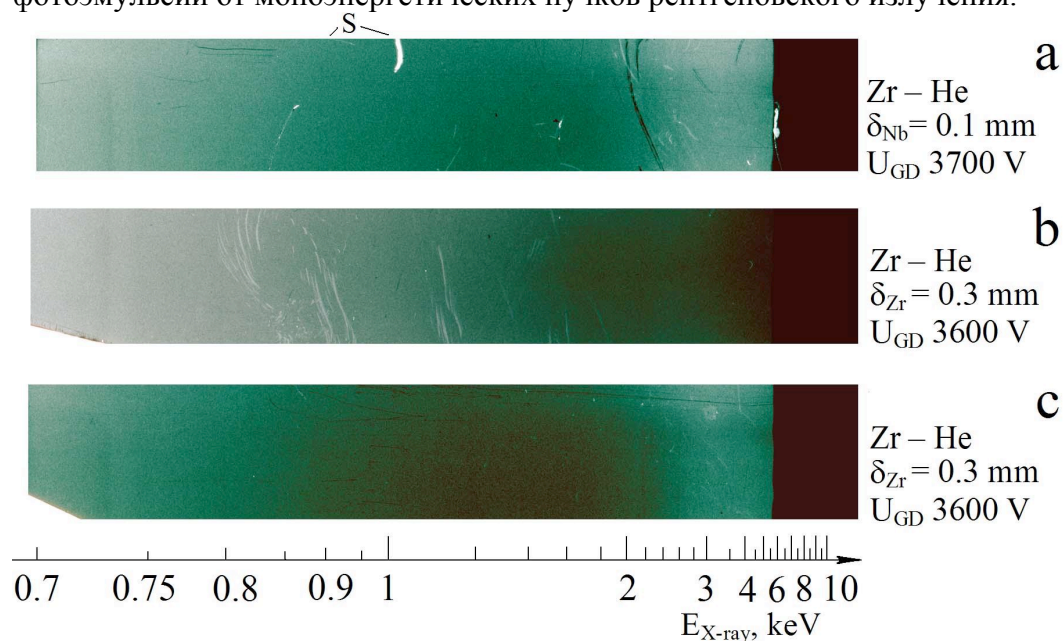


Рис.8. Спектры рентгеновского излучения от Zr катодных образцов различной толщины (δ_{Zr}) при различных напряжениях (U_{GD}) разряда в He. S – белые пятна соляризации фотоэмульсии от моноэнергетических пучков рентгеновского излучения.

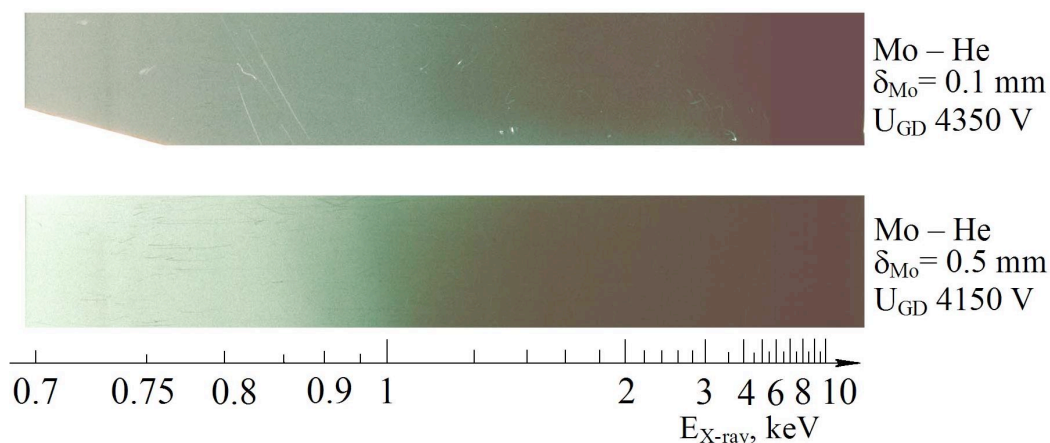


Рис.9. Спектры рентгеновского излучения от Mo катодных образцов различной толщины (δ_{Mo}) при различных напряжениях (U_{GD}) разряда в He.

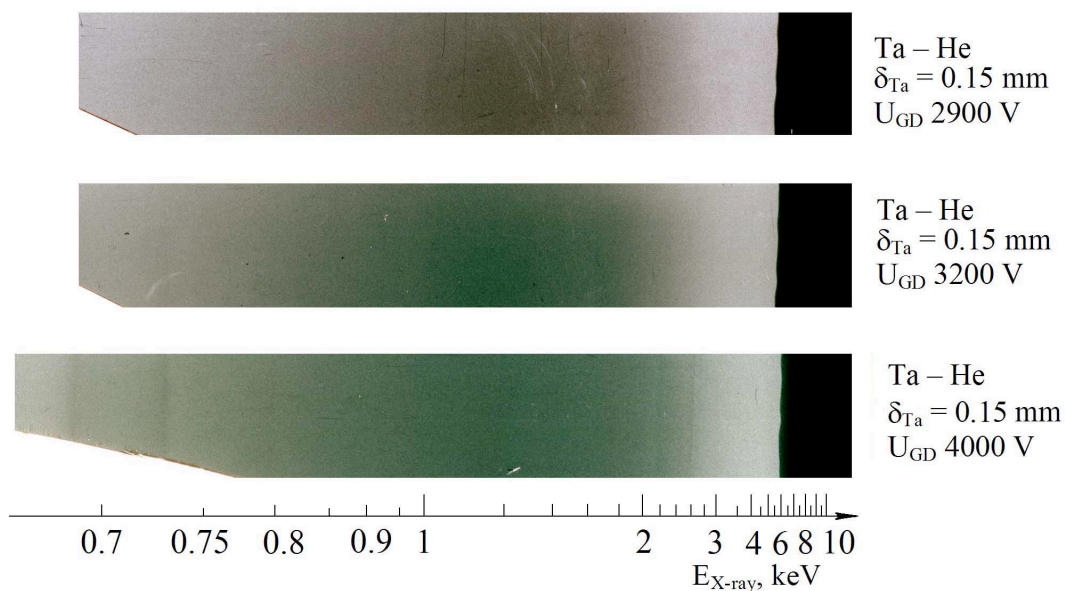


Рис.10. Спектры рентгеновского излучения от Ta катодных образцов различной толщины (δ_{Ta}) при различных напряжениях (U_{GD}) разряда в He.

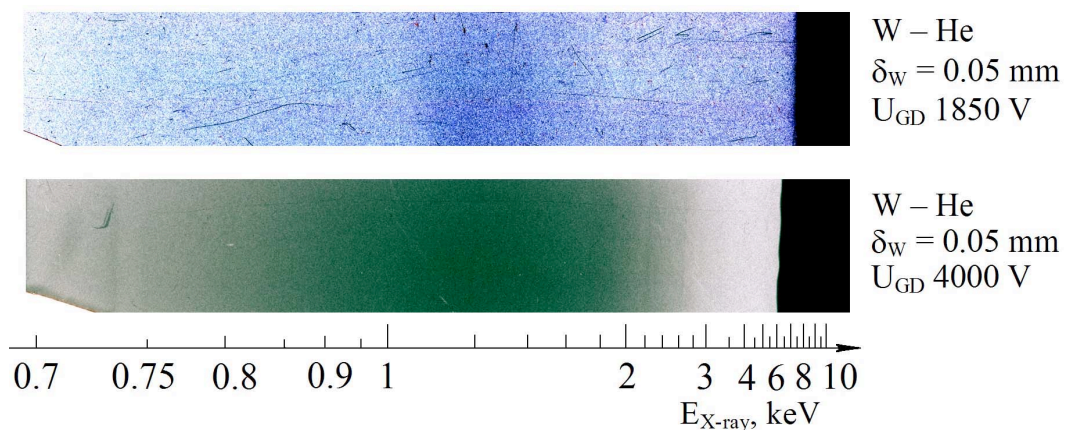


Рис.11. Спектры рентгеновского излучения от W катодов при различных напряжениях (U_{GD}) разряда в He.

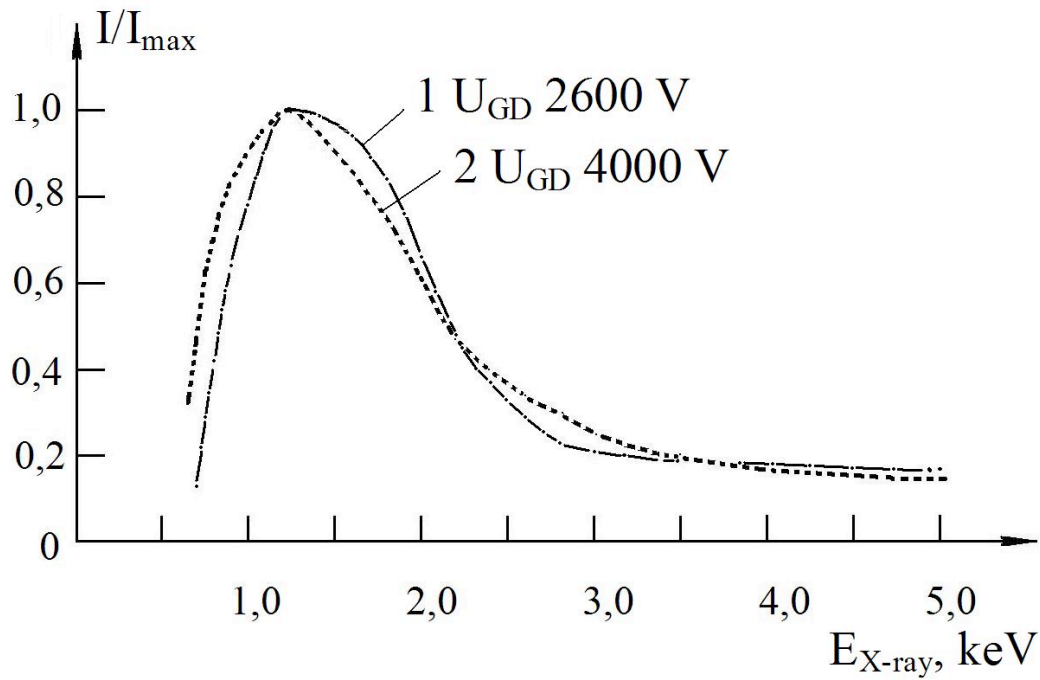


Рис. 12. Распределение относительной интенсивности рентгеновского излучения (плотности почернения фотопленки) в энергетическом спектре. Pd катод, разряд в D_2 . 1 – напряжение разряда 2600 В, 2 – 4000 В.

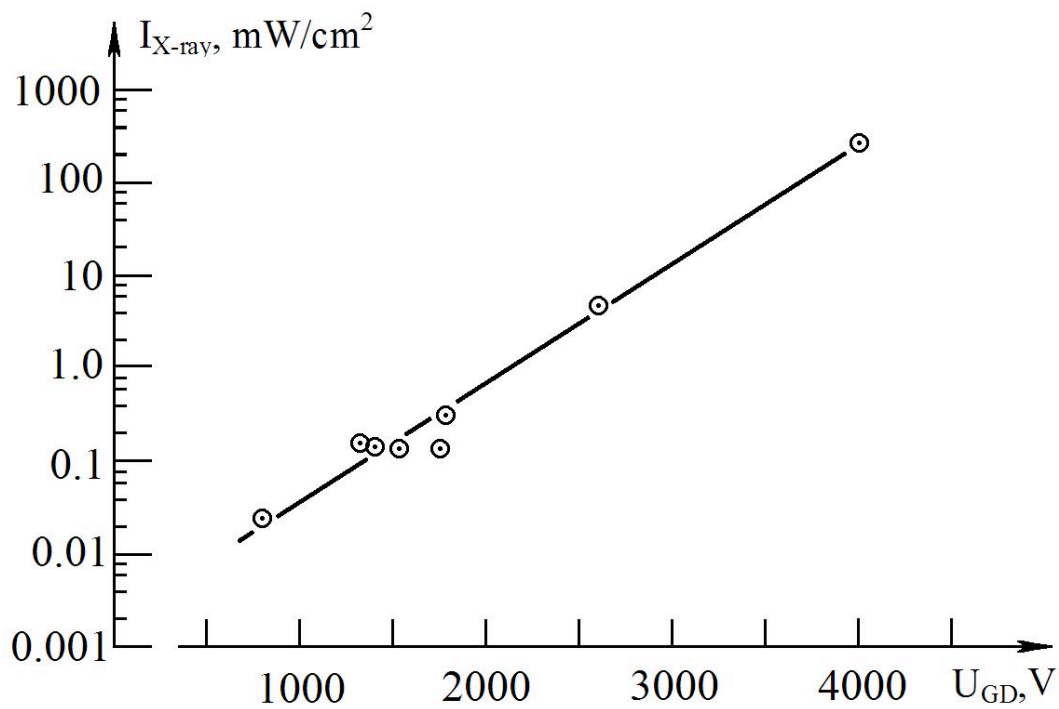


Рис.13. Зависимость радиационной интенсивности рентгеновского излучения из среды Pd катода от напряжения разряда в D_2 .

3.2. Рентгеновские спектры с регистрацией моноэнергетических пучков рентгеновского излучения во время горения разряда

Моноэнергетические пучки рентгеновского излучения регистрируются в виде темных пятен и при большой плотности излучения в пучке (соляризация фотоэмульсии) в виде белых пятен. Соляризация фотоэмульсии есть процесс, при котором при большой интенсивности излучения происходит полное восстановление йодистого серебра. Области с восстановленным йодистым серебром удаляются закрепителем, при обработке пленки и остается одна основа в виде прозрачных пятен на негативном изображении.

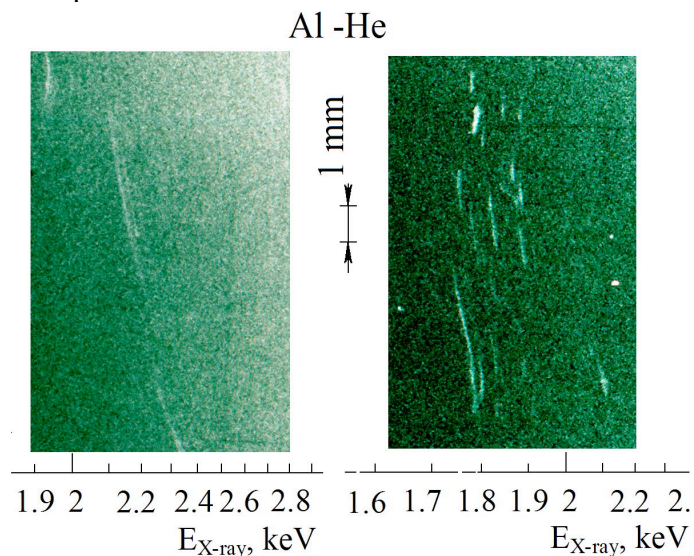


Рис.14. Фрагменты спектров рентгеновского излучения от Al катодов в He разряде с регистрацией моноэнергетических пучков излучения в виде белых пятен соляризации фотоэмульсии.

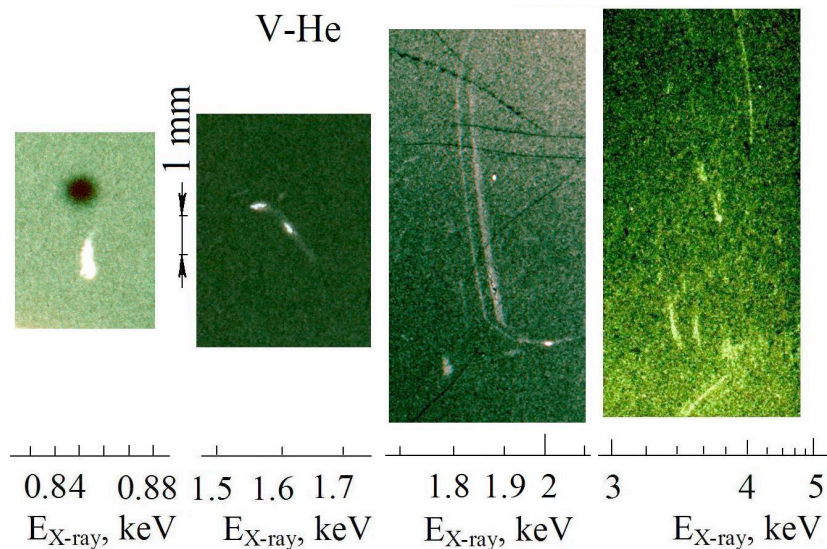


Рис.15. Фрагменты спектров рентгеновского излучения от V катодов в He разряде с регистрацией моноэнергетических пучков излучения в виде белых пятен соляризации фотоэмульсии.

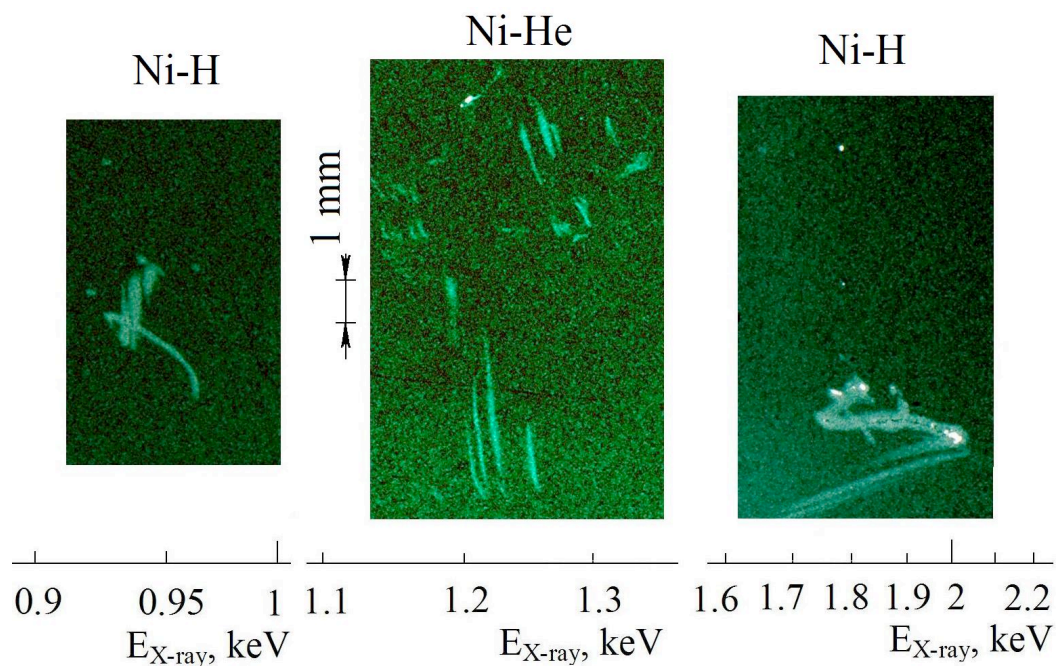


Рис.16. Фрагменты спектров рентгеновского излучения от Ni катодов в H₂ и He разрядах с регистрацией моноэнергетических пучков излучения в виде белых пятен соляризации фотоэмульсии.

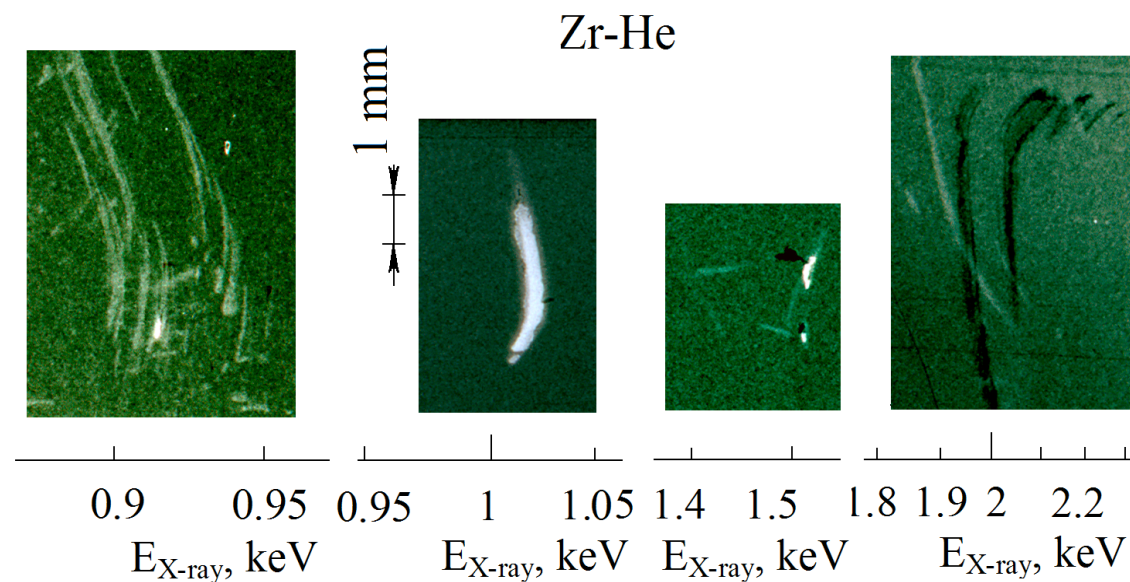


Рис.17. Фрагменты спектров рентгеновского излучения от Zr катодов в He разряде с регистрацией моноэнергетических пучков излучения в виде белых пятен соляризации фотоэмульсии.

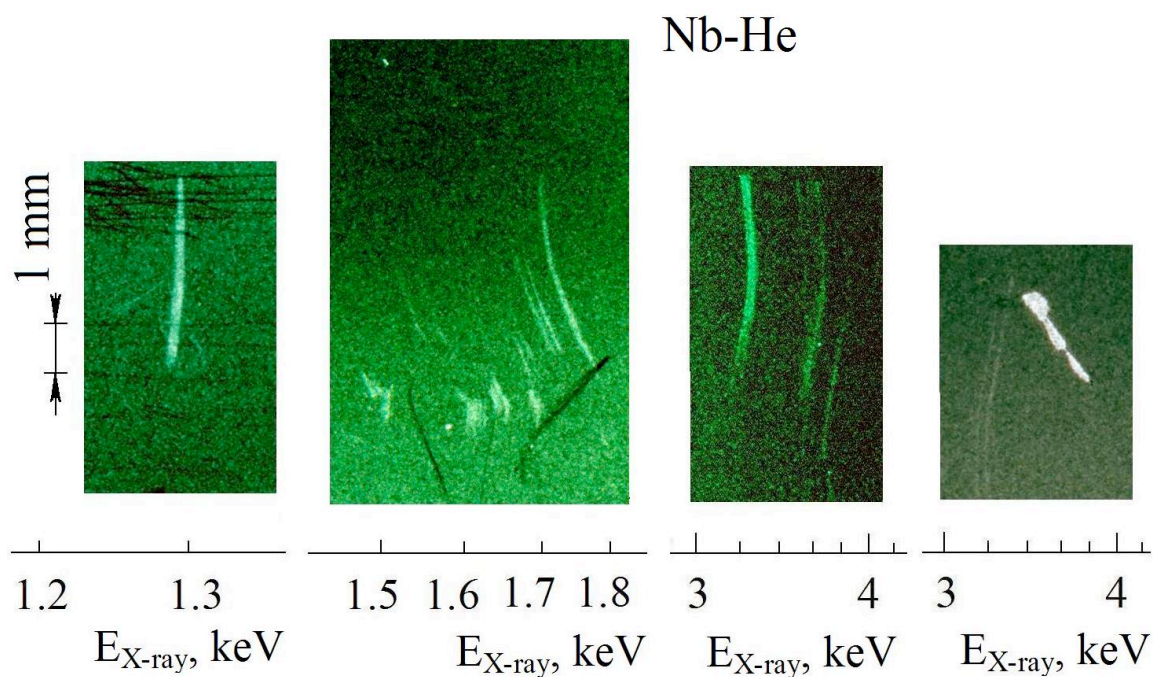


Рис.18. Фрагменты спектров рентгеновского излучения от Nb катодов в He разряде с регистрацией моноэнергетических пучков излучения в виде белых пятен соляризации фотоэмульсии.

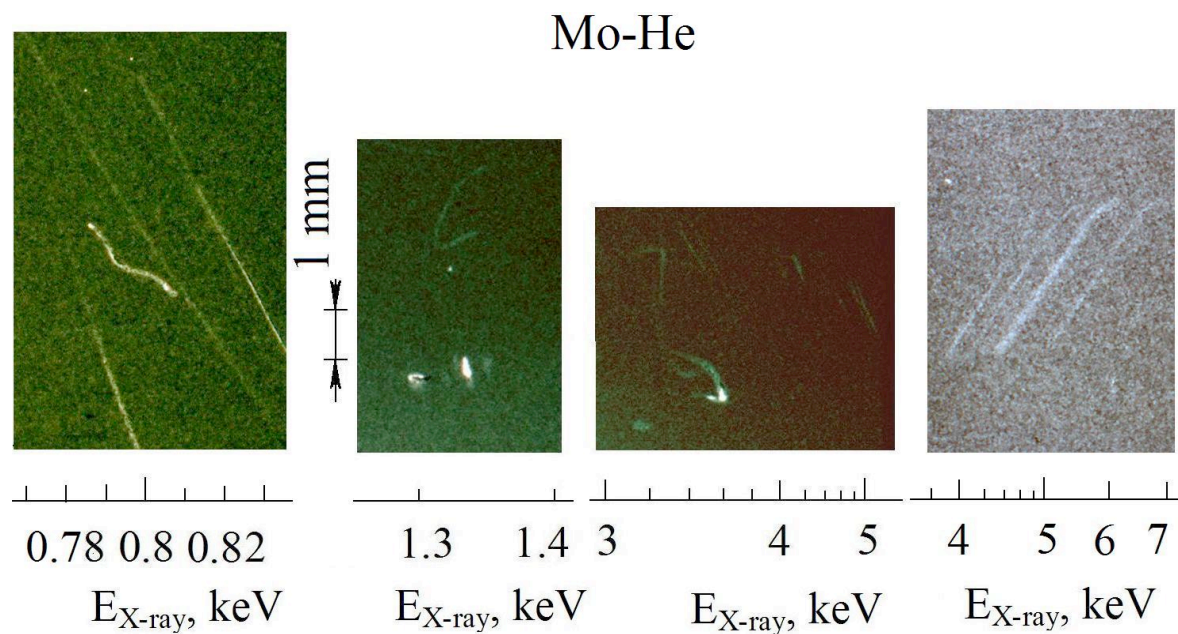


Рис.19. Фрагменты спектров рентгеновского излучения от Mo катодов в He разряде с регистрацией моноэнергетических пучков излучения в виде белых пятен соляризации фотоэмульсии.

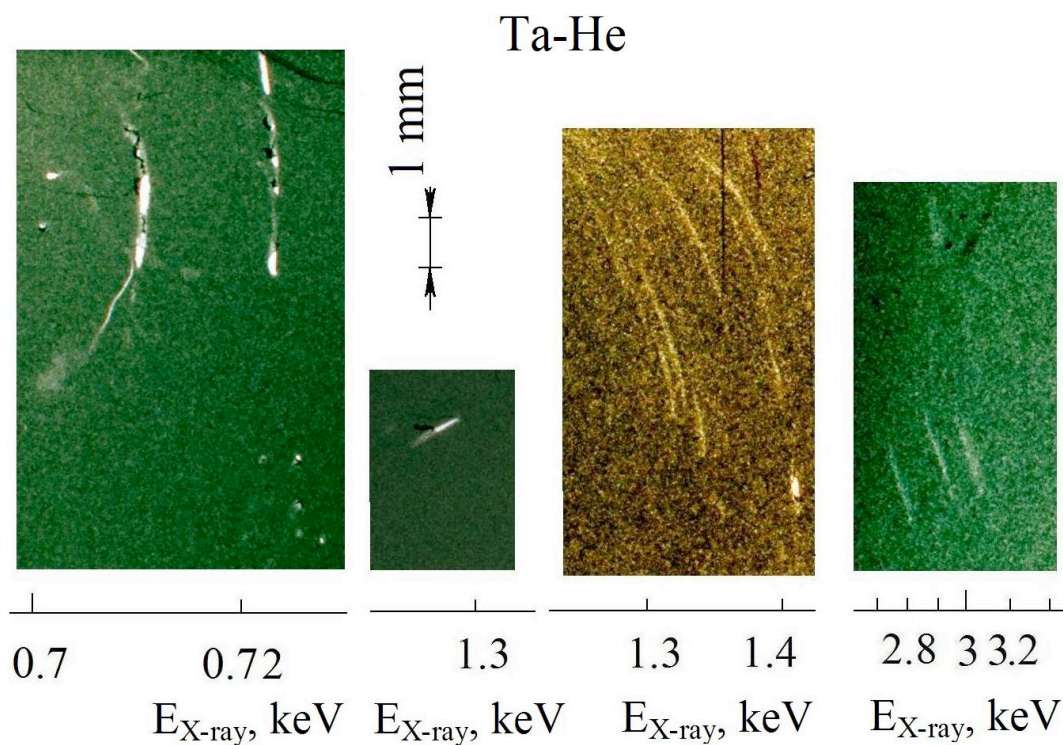


Рис.20. Фрагменты спектров рентгеновского излучения от Ta катодов в He разряде с регистрацией моноэнергетических пучков излучения в виде белых пятен соляризации фотоэмульсии.

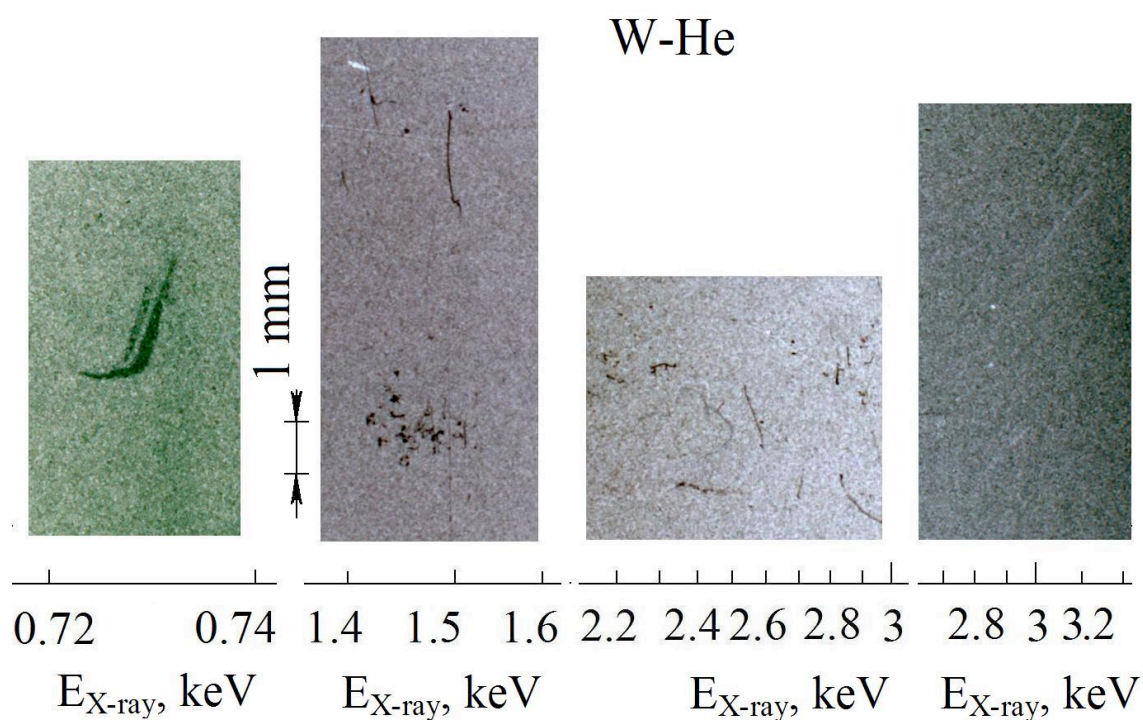


Рис.21. Фрагменты спектров рентгеновского излучения от W катодов в He разряде с регистрацией моноэнергетических пучков излучения в виде пятен почернения и белых пятен соляризации фотоэмульсии.

3.3. Спектры, содержащие полосы рентгеновского излучения

Рентгеновское излучение в виде полос регистрируется от катодов из различных металлов в разрядах с различными газами (Рис.22). Энергию излучения отдельных полос можно отождествить с энергией переходов между внутренними электронными уровнями металлов катодных образцов и плазмообразующих газов. При этом рентгеновское излучение регистрируется из твердотельной среды.

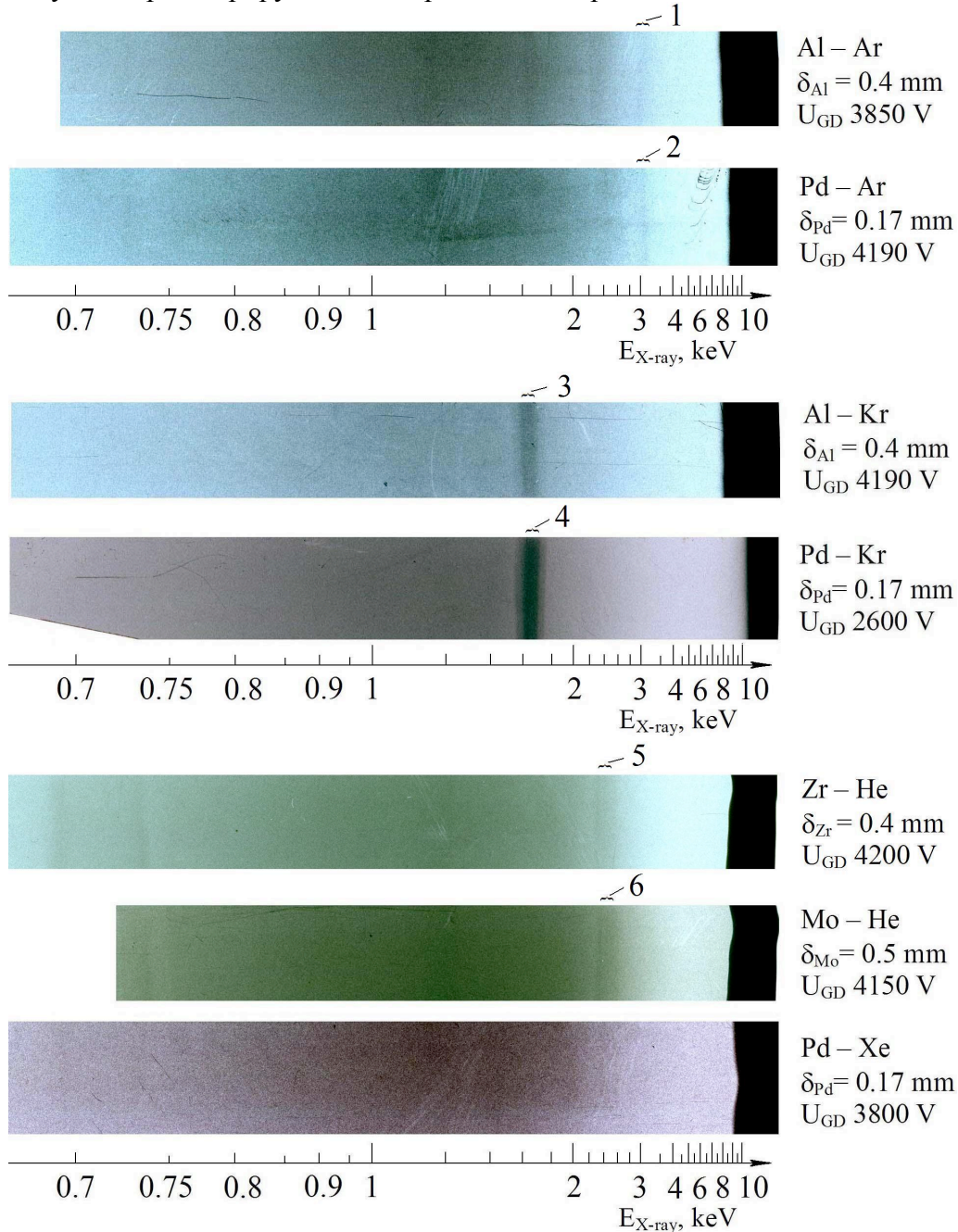


Рис.22. Спектры рентгеновского излучения, содержащие полосы. 1, 2 – полосы с энергией соответствующей энергии (3,190 кэВ) перехода рентгеновского излучения K – M₃ для Ar; 3, 4 – переход L₃ – M₁ (1,650 кэВ) для Kr; 5 – переход (2,503 кэВ) L₁ – N₃ для Zr; 6 – переходы (2,395 кэВ) L₂ – M₄ и L₂ – N₂ (2,623 кэВ) для Mo.

3.4. Рентгеновские спектры с регистрацией моноэнергетических пучков рентгеновского излучения после выключения тока разряда

Регистрация спектров рентгеновского излучения осуществлялась в экспериментах по двум различным методикам. В одной серии экспериментов использовался электромагнитный затвор, установленный между выходным окном разрядной камеры и спектрометром. Окно открывалось и закрывалось экраном из свинца толщиной 3 мм. Цикл эксперимента включал: горение разряда при закрытом затворе в течении 15 минут, выключение тока разряда, открытие затвора и экспонирование рентгеновской пленки в спектрометре в течении 15 минут, закрытие затвора. Осуществлялось 10 – 12 циклов. В этой серии экспериментов не были зарегистрированы рентгеновские спектры.

В другой серии экспериментов цикл эксперимента включал: горение разряда в течении 60 минут с регистрацией спектров рентгеновского излучения, выключение разряда, напуск газа до атмосферного давления, установка новой рентгеновской пленки, вакуумирование камеры, экспонирование пленки в течении 17 – 20 часов. Рентгеновские спектры в виде пятен и полос были зарегистрированы в этой серии экспериментов. Слабые следы континуума были зафиксированы только от Мо катода после разряда в He. Отношение интенсивности излучения отраженного от кристалла слюды к интенсивности излучения поступающего на кристалл для континуума имеет величину около 10^{-5} , для линий и пятен около 1,0. Предположительно интенсивность рентгеновского излучения от катода после выключения тока разряда значительно меньше и спектры, полученные после выключения разряда, содержат полосы и пятна от пучков рентгеновского излучения. Континуум не регистрируется.

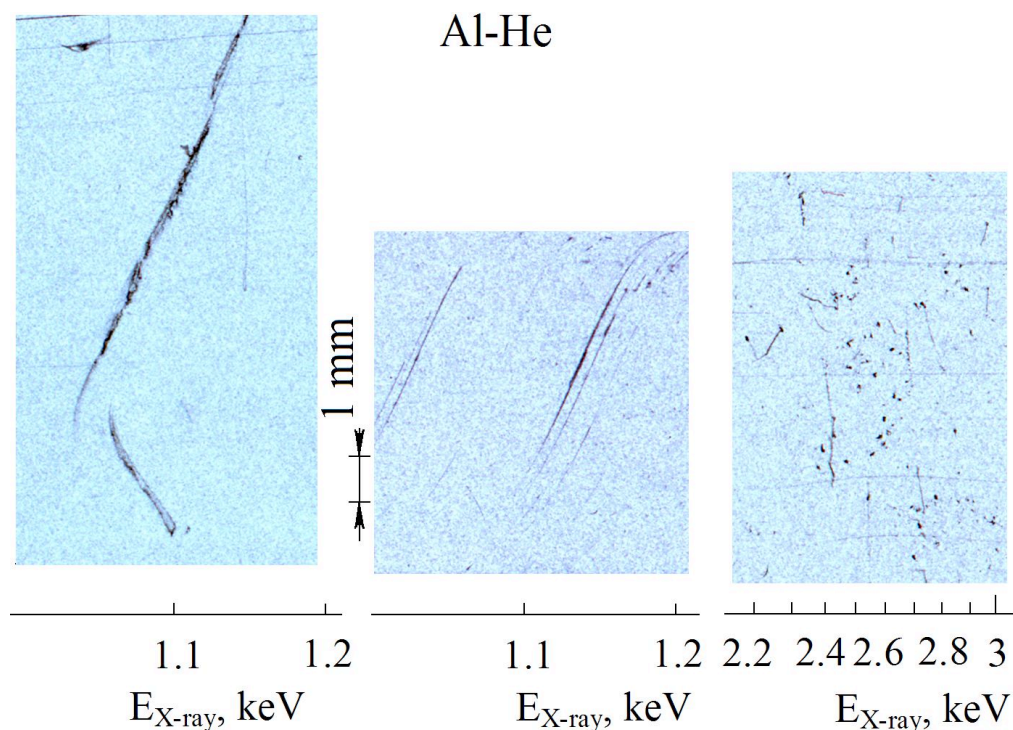


Рис.23. Фрагменты спектров рентгеновского излучения от Al катодов после разряда в He с регистрацией моноэнергетических пучков излучения в виде пятен и полос почернения фотоэмульсии.

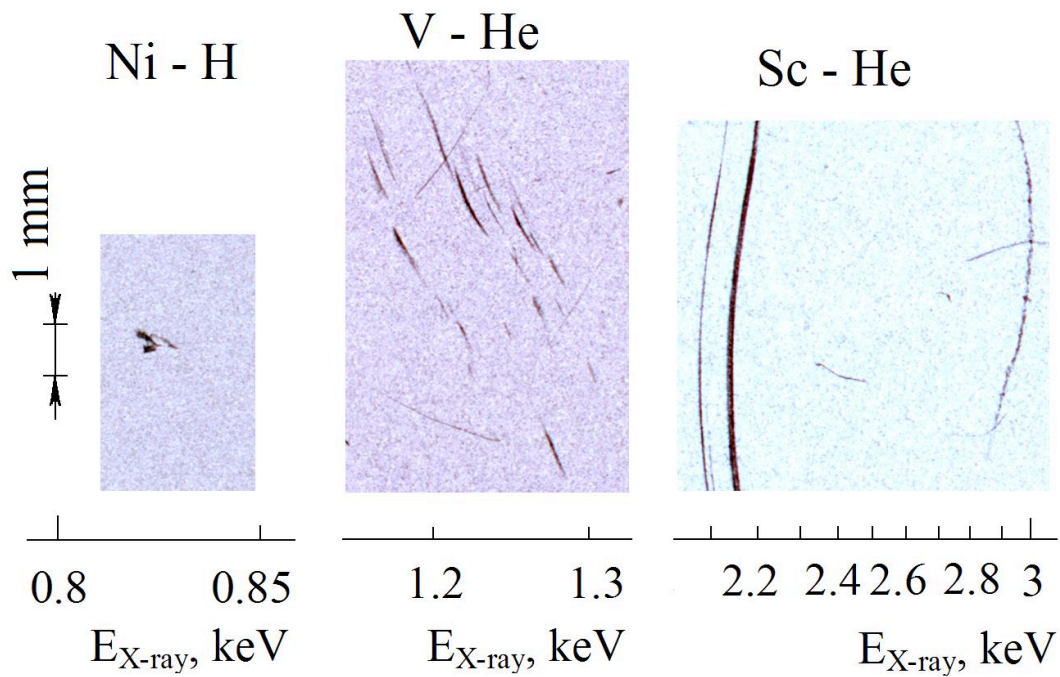


Рис.24. Фрагменты спектров рентгеновского излучения от Ni, V, и Sc катодов после разряда в He с регистрацией моноэнергетических пучков излучения в виде пятен и полос почернения фотоэмульсии.

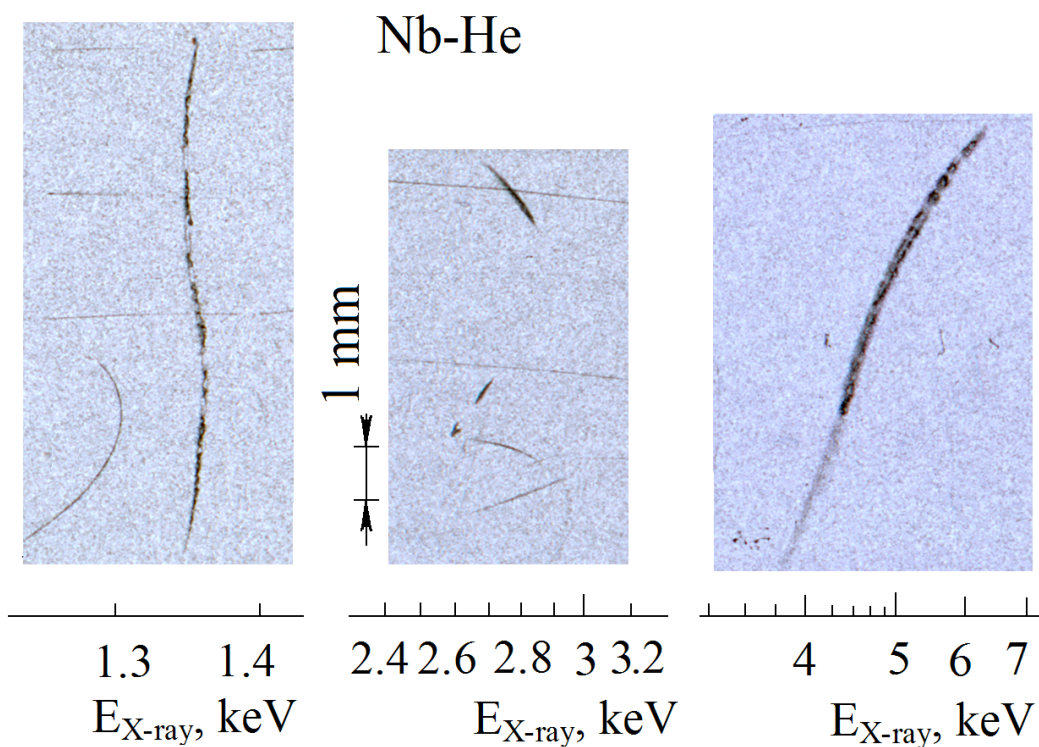


Рис.25. Фрагменты спектров рентгеновского излучения от Nb катодов после разряда в He с регистрацией моноэнергетических пучков излучения в виде пятен и полос почернения фотоэмульсии.

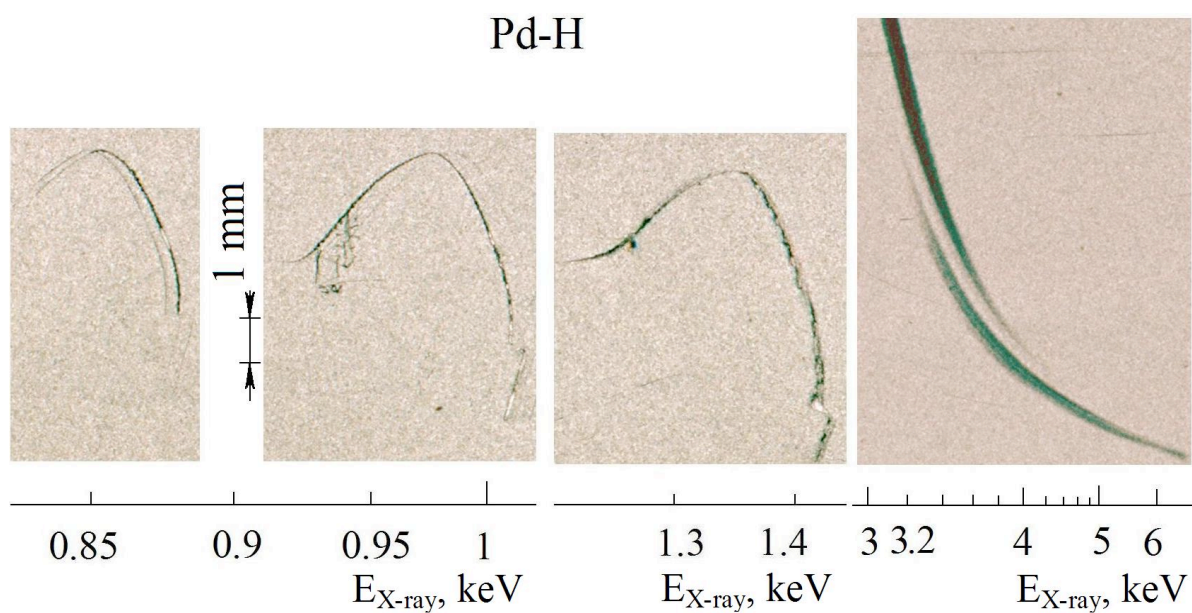


Рис.26. Фрагменты спектров рентгеновского излучения от Pd катодов после разряда в H с регистрацией моноэнергетических пучков излучения в виде пятен и полос почернения фотоэмульсии.

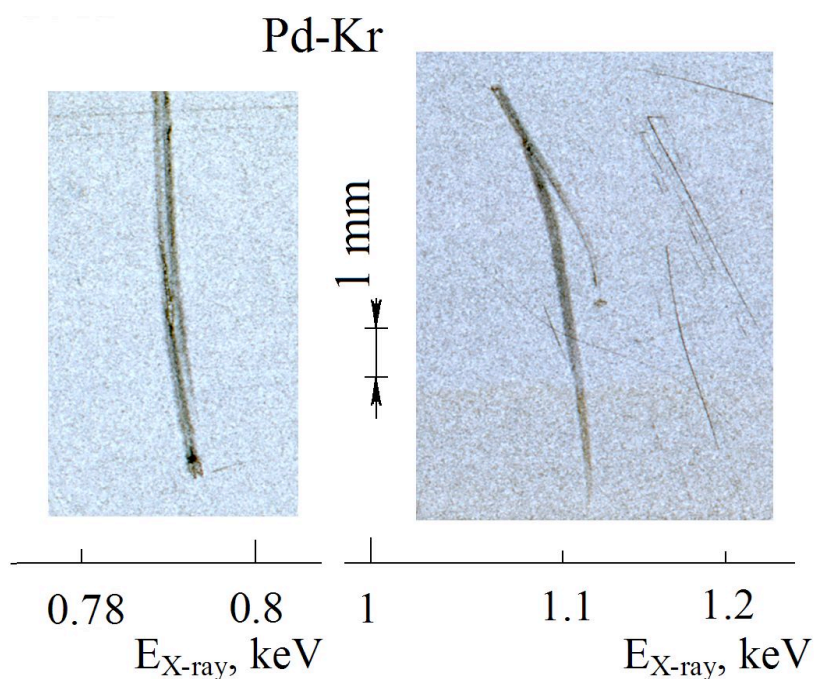


Рис.27. Фрагменты спектров рентгеновского излучения от Pd катодов после разряда в Kr с регистрацией моноэнергетических пучков излучения в виде пятен и полос почернения фотоэмульсии.

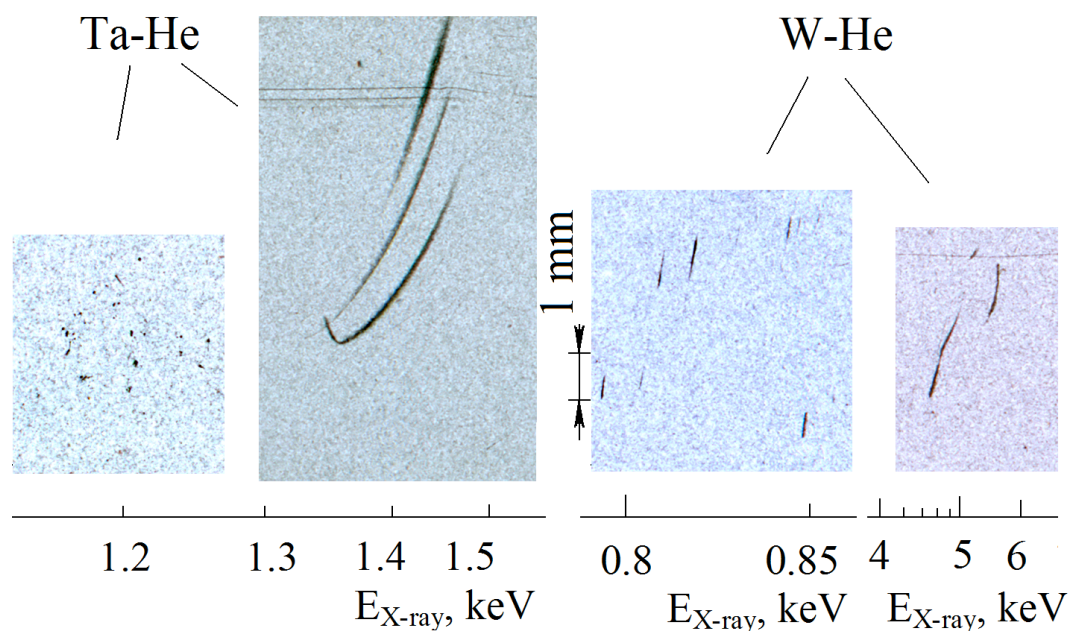


Рис.28. Фрагменты спектров рентгеновского излучения от Ta и W катодов после разряда в He с регистрацией моноэнергетических пучков излучения в виде пятен и полос почернения фотоэмульсии.

4.Обсуждение

Полученные результаты являются прямым экспериментальным доказательством существования в твердом теле катодного образца возбужденных метастабильных энергетических уровней с энергией до 10 кэВ и выше. Предположительно эти возбужденные метастабильные уровни образуются в объеме отдельных кристаллитов. Эти возбужденные метастабильные уровни существуют некоторое время $\Delta\tau_{mst}$. Далее происходит релаксационное опустошение этих уровней, сопровождающееся эмиссией рентгеновского излучения и быстрых электронов. Генерация этих пучков происходит из среды твердого тела катода предположительно за один проход в режиме сверхсветимости. В этом случае длительность пучков должна быть $10^{-11} - 10^{-13}$ с. Выяснения конкретного физического механизма образования этих уровней требует дополнительных исследований.

Предположительно можно рассматривать следующие физические явления: 1- Колебательная деформация электронно-ядерной системы ионов твердого тела при бомбардировке поверхности катода ионами разряда. Остов электронных оболочек смещается относительно ядра с образованием диполя (оптический полярный фонон). 2- возбуждение внутренних L,М электронных оболочек без ионизации внешних электронов при взаимодействии оптических полярных фононов с электронной оболочкой. 3 - Релаксация возбужденных энергетических уровней твердотельной среды происходит путем эмиссии рентгеновского излучения и возможно быстрых электронов. 4 - Предположительно релаксация возбужденных уровней происходит одновременно из объема микро монокристаллов составляющих твердотельную среду. То есть совокупность ионов с возбужденными электронными оболочками микро монокристалла релаксируют одновременно и дают вспышку рентгеновского излучения.

5. Заключение

Полученные результаты показывают, что в твердом теле возможно создание оптически активной среды с долгоживущими метастабильными уровнями с энергией до 10 кэВ и выше.

Литература

1. А. Б. Карабут. “ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ИЗ ТВЕРДОТЕЛЬНОЙ СРЕДЫ КАТОДА СИЛЬНОТОЧНОГО ТЛЕЮЩЕГО РАЗРЯДА”. Мат. 13-й Российской Конференции по холодной трансмутации ядер и шаровой молнии. (Дагомыс, Сочи, 11 – 18 сент. 2005 г.), Москва, 2006, с. 139 – 147.
2. A.B. Karabut, “ANALYSIS OF EXPERIMENTAL RESULTS ON EXCESS HEAT POWER PRODUCTION, IMPURITINUCLIDES YIELD IN THE CATHODE MATERIAL AND PENETRATION RADIATION IN EXPERIMENTS WITH HIGH CURRENT GLOW DISCHARGE”, Proceedings of the 8th International Conference on Cold Fusion, May 21 – 26, 2000, Italy, p.329 - 334.
3. С. А. Пикуз и др. “ИССЛЕДОВАНИЕ РАДИАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ПЛАЗМЕННЫХ ОБЪЕКТОВ МЕТОДАМИ РЕНТГЕНОВСКОЙ ИЗОБРАЖАЮЩЕЙ СПЕКТРОСКОПИИ”. ЖЭТФ, 1995, том 108, вып. 4(10), стр. 1263 – 1308.

RESEARCH into ENERGY SPECTRA of X-RAY EMISSION from SOLID CATHODE MEDIUM DURING the HIGH CURRENT GLOW DISCHARGE OPERATION and AFTER the GLOW DISCHARGE CURRENT SWITCH Off

A.B. KARABUT

FSUE “LUCH” 24 Zheleznodorozhnaya St, Podolsk, Moscow Region, 142100, Russia.
Tel. (495) 5508129; Fax (495) 5508129; E-mail karab.ab@mail.ru

The experiments were carried out using a device of high-current glow discharge, which consisted of a water-cooling vacuum chamber, water-cooling cathode and anode units. The discharge was realized in He, H₂ and D₂ at the pressure up to 10 Torr using the cathode samples made of Al, Sc, Ti, Ni, Mo, Pd, Ta, W, at current up to 200 mA and discharge voltage of 3900-4300 V. The pulse-periodical power supply of the glow discharge was used.

The X-ray spectra were registered in film using the curved mica crystal X-ray spectrometer. The X-ray spectrum were registered both as bands of the continuum with energies ranging 0.6 - 10.0 keV and as spots resulting from the emission of series of high-density monoenergetic X-ray beams (with energies of 0.6 - 10.0 keV) characterized by small angular divergence. The spectra were repeatedly recorded during the Glow Discharge operation and after the Glow Discharge current switch off (for up to 20 hours afterwards). All the experimental results have 100% reproducibility. The obtained results were the direct experimental evidence of existing the excited metastable energy levels with the energy of 0.6-10.0 keV in the solid of the cathode sample.