

Восьмой Международный Уральский Семинар

РАДИАЦИОННАЯ ФИЗИКА МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ

Тезисы докладов

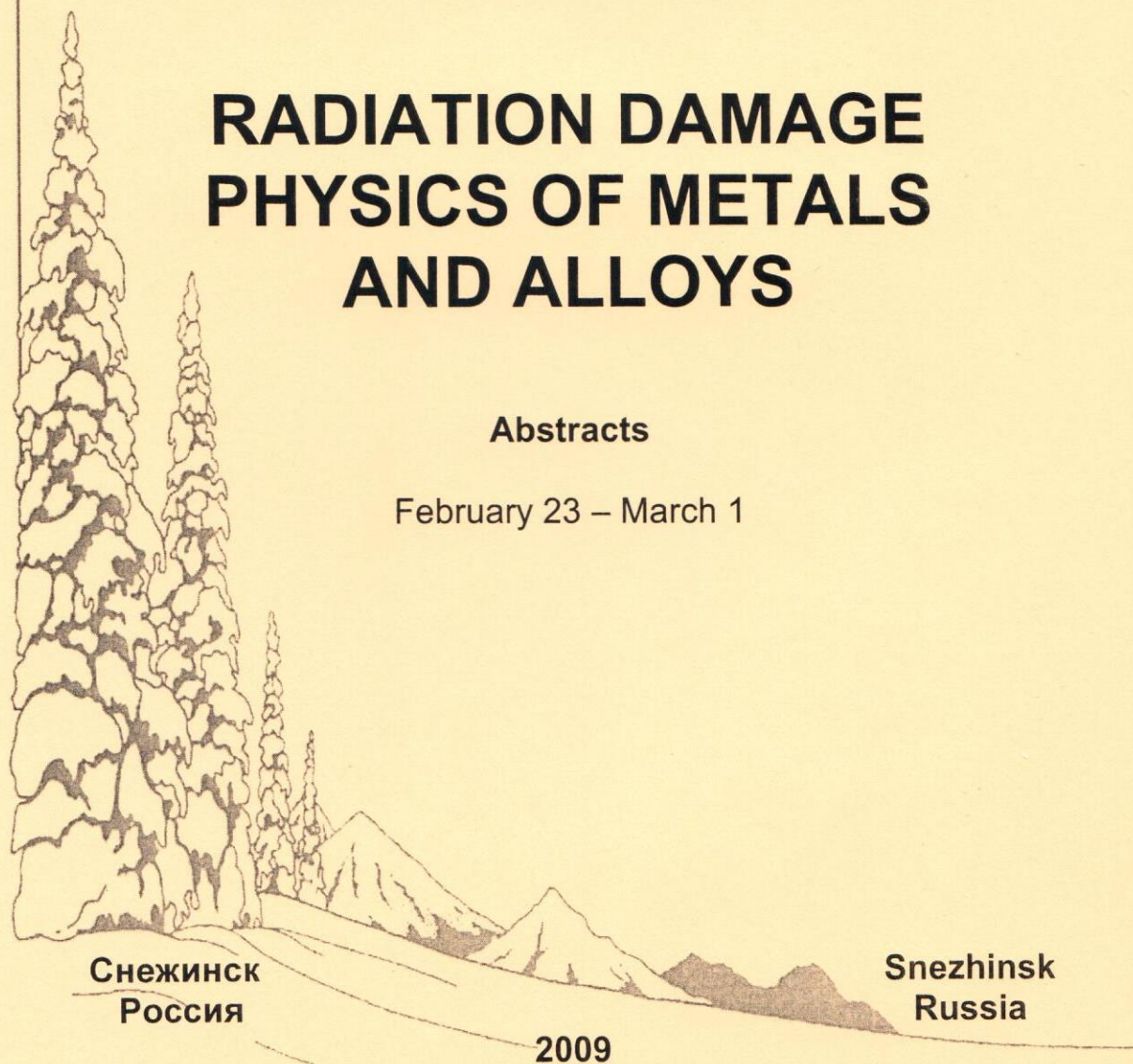
23 февраля – 1 марта

The Eighth International Ural Seminar

RADIATION DAMAGE PHYSICS OF METALS AND ALLOYS

Abstracts

February 23 – March 1



Снежинск
Россия

Snezhinsk
Russia

2009

Облучение игольчатых образцов (с радиусом кривизны вершины 10–30 нм), предварительно аттестованных в полевом ионном микроскопе, проводилось ионами Ag^+ с энергией 30 кэВ до флюенсов $F=10^{16} - 10^{18} \text{ см}^{-2}$ и плотностью ионного тока $j=150-200 \text{ мкА/см}^2$. Бомбардировка производилась в направлении, параллельном оси образца-острия.

В результате проведенных методом полевой ионной микроскопии исследований в ионно-имплантированной платине обнаружен эффект наноструктурирования, как поверхности, так и приповерхностного объема материала. Это явление наблюдается на расстояниях не менее, чем 60 нм от облученной поверхности металла (при $F=10^{18} \text{ см}^{-2}$). Определены размеры блоков-нанозерен как на облученной поверхности Pt, так и в

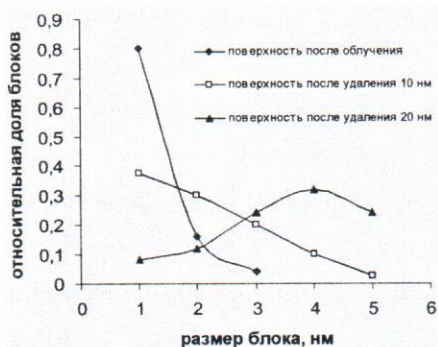


Рис. 1. Изменение размеров блоков по глубине сечения от облученной поверхности Pt, облученной Ag^+ ($E=30 \text{ кэВ}$, $F=10^{17} \text{ см}^{-2}$)

приповерхностном объеме материала. Приведенные гистограммы (рис. 1), отражают распределение блоков по размерам в зависимости от расстояния от облученной поверхности в модифицированном объеме платины, облученной до $F=10^{18} \text{ см}^{-2}$. Средний размер блоков варьируется в пределах 1-5 нм при изменении расстояния до 20 нм по глубине. Получение таких наноструктур может оказаться перспективным для создания высоких поверхностных свойств материалов.

В процессе изучения наноструктурированных состояний в платине при различных режимах облучения был обнаружен порог порообразования.

Работа выполнялась при поддержке Российского Фонда Фундаментальных Исследований (грант № 07-02-00722-а), Программы ОФН-5 «Новые материалы и структуры», а также Уральского отделения РАН (грант молодых ученых и аспирантов).

Нейтроногенерирующая мишень ускорительного источника эпитепловых нейтронов

С.Ю. Таскаев¹, Б.Ф. Баянов¹, В.П. Белов¹, А. Н. Макаров², Г. Н. Малышкин³

¹Институт ядерной физики им. Г.И.Будкера СО РАН, Новосибирск, Россия (taskaev@inp.nsk.su)

²Новосибирский государственный университет, Новосибирск

³Всероссийский Научно-Исследовательский Институт Технической Физики, Снежинск

В настоящее время в Институте ядерной физики СО РАН завершается сооружение пилотного варианта ускорительного источника эпитепловых нейтронов [1] для обеспечения возможности широкого внедрения в клиническую практику бор-нейтронозахватной терапии (БНЗТ) злокачественных опухолей [2]. Перспективность БНЗТ в лечении глиобластомы мозга и метастаз меланомы была продемонстрирована в клинических испытаниях, проведенных на ядерных реакторах [3, 4].

Для БНЗТ требуются пучки эпитепловых нейтронов с плотностью потока $\sim 10^9 \text{ см}^{-2} \text{ с}^{-1}$. Для генерации эпитепловых нейтронов рассматриваются четыре реакции [5]:

${}^7\text{Li}(p,n)$, ${}^9\text{Be}(p,n)$, ${}^9\text{Be}(d,n)$ и ${}^{13}\text{C}(d,n)$. Наилучшей реакцией является ${}^7\text{Li}(p,n)$: поток нейтронов большой и энергетический спектр сравнительно мягкий, однако литиевая мишень значительно сложнее в изготовлении, чем бериллиевая или углеродная. Реакция ${}^7\text{Li}(p,n){}^7\text{Be}$ характеризуется необычайно быстрым ростом сечения реакции вблизи порога, поэтому помимо стандартного режима генерации при энергии протонов 2,5 МэВ, предложено реализовать припороговый режим. В этом случае кинематически коллимированный вперед нейтронный пучок со средней энергией 40 кэВ может быть использован для нейтронозахватной терапии.

Нейтроногенерирующая мишень разрабатываемого источника представляет собой тонкий металлический диск, на который со стороны протонного пучка напыляется тонкий слой чистого лития, а обратная сторона диска охлаждается водой. Тонкий слой лития необходим для уменьшения потока сопутствующего гамма-излучения в результате взаимодействия протонов с ядрами лития. Для измерения радиального распределения напыленного слоя лития была предложена и реализована методика [6]. Важным свойством слоя является то, что остаточный газ не изменяет состав литиевого слоя с тем, чтобы заметно уменьшить выход нейтронов [7]. Для предотвращения нежелательного распространения неизменно образующегося радиоактивного изотопа ${}^7\text{Be}$ требуется эффективный теплосъем. Способность эффективного теплосъема данной мишени была экспериментально продемонстрирована [8].

Для выяснения приемлемости данной мишени для формирования требуемого спектра нейтронов проведены численные расчеты методом Монте-Карло.

Расчеты, проведенные Т.Кобаяси и Ж.Бенгуа по методике, описанной в [9], показали, что в конструкции мишени желательнее нержавеющую сталь заменить на вольфрам, вместо обычной воды для охлаждения применить тяжелую, уменьшить объем металла в конструкции мишени и использовать замедлитель.

После стабильного получения на ускорителе протонного пучка током до 3 мА была осуществлена генерация нейтронов при сбросе протонного пучка энергией 1,92 МэВ на литиевую мишень. Для оставления возможности исследования мишени после генерации нейтронов ток протонного пучка в этих экспериментах был ограничен величиной порядка 100 мА.

Высокая чувствительность детектора NaI к нейтронам позволила использовать его и в качестве активационного детектора. Из скорости счета и времени генерации нейтронов была определена скорость активации детектора, а с помощью расчета, выполненного методом Монте-Карло, – ток протонного пучка.

По остаточной активности литиевой мишени был определен полный выход нейтронов.

Таким образом, создан компактный ускоритель-тандем с вакуумной изоляцией, получен протонный пучок с рекордным для электростатических ускорителей током и успешно осуществлена генерация нейтронов с использованием разработанной литиевой мишени.

Литература

1. Bayanov B., Belov V., Bender E., et al. *Nucl. Instr. and Meth. in Phys. Res. A.* **413**, 397 (1998)

2. Locher G. *Am. J. Roentgenol. Radium Ther.* **36**, 1 (1936)
3. Hatanaka H. *Basic Life Sci.* **54**, 15 (1990)
4. Hatanaka H., Nakagawa Y. *Int. J. Radiat. Oncol. Biol. Phys.* **28**, 1061 (1994)
5. Blue T. and Yanch J. *Journal of Neuro-oncology* **62**, 19 (2003)
6. Баянов Б.Ф., Журов Е.В., Таскаев С.Ю. *Приборы и техника эксперимента* **1**, 160 (2008)
7. Баянов Б.Ф., Таскаев С.Ю., Ободников В.И., Тишковский Е.Г. *Приборы и техника эксперимента* **3**, 119 (2008)
8. Bayanov B., Belov V., Kindyuk V., Oparin E., Taskaev S. *Applied Radiation and Isotopes* **61**, 817 (2004)
9. Bengua G., Kobayashi T., Tanaka K., Nakagawa Y., Unesaki H. *Advanced in Neutron Capture Therapy*, Y. Nakagawa et al., Eds., 288 (2006)

Радиационно-индуцированное структурирование в сплавах на основе никеля

В.С. Хмелевская, Н.Ю. Богданов

Обнинский государственный технический университет атомной энергии (ИАТЭ), 249040 Обнинск, Калужской обл., Студгородок, 1

Было обнаружено, что при воздействии на металлические материалы ионных пучков с высоким значением ионного тока в некоторой области радиационных параметров – доз, температур мишени и плотностей ионного потока – формируется особое состояние вещества, обладающее необычными структурой и свойствами. Дальнейшие эксперименты позволили установить, что данное радиационно-индуцированное состояние имеет нанокластерную морфологию и характеризуется аномально сильным изменением свойств материала. Формирование нанокластерной морфологии сопровождается существенными изменениями формы рентгendifракционных линий.

Исследованы никелевые сплавы двух типов – твердорастворные системы Ni-Cr-Mo с различными концентрациями хрома, а также дисперсионно твердеющий сплав типа нимоник (Ni-15Cr-10Fe-2Ti-3Al-3Mo). После ионного облучения при различных температурах мишени обнаружены радиационно-индуцированные состояния, для которых характерны специфические изменения формы рентгеновских линий (раздвоение дифракционных пиков) и необычная морфология (модулированные структуры). Данные эффекты сопровождаются аномально сильным упрочнением. Описанные изменения структуры и свойств материалов происходят в узком интервале температур и исчезают в процессе пострadiационных отжигов.

Данные превращения зарегистрированы как для твердорастворных, так и для стареющих сплавов. Однако обнаружено, что дисперсионные включения, образующиеся при распаде твердого раствора, частично подавляют данное превращение.

Литература

1. Хмелевская В.С., Соловьев С.П., Малышкин В.Г. Новое структурное состояние в металлических системах, индуцированное ионным облучением. Итоги науки и техники. Сер. Пучки зар. част. и тв. тело. 1990. Т.2. С.151-193.
2. В.С.Хмелевская, Н.Ю.Богданов, М.Н.Кордо. Радиационно-индуцированное структурирование в сплавах на основе никеля.// Физика и химия обработки материалов. 2008, № 2, с.14-18.