

8. Р.С. Третьяков, В.П. Кривобоков, С.Н. Янин Эрозия жидкофазной мишени в плазме магнетронного разряда // Известия ВУЗов. Физика. – 2007. – Т.50 №9. – с. 487-490
9. Магнетронные распылительные системы / Кузьмичёв А. И.. Кн. 1. Введение в физику и технику магнетронного распыления. – Киев: Аверс, 2008. – 244 с.

Взаимодействие мощных ионных пучков с металлическими поглотителями

Пименов Э.Ю., Лисов В.И.
pimenov-eduard@mail.ru

Научный руководитель: канд. физ. -мат. наук, доцент, Данейкин Ю.В., Томский политехнический университет

Введение. Пучково-плазменные (аддитивные) технологии в настоящее время, являются наиболее перспективными и эффективными методами получения поверхностных слоёв материалов с заданными свойствами. При обработке поверхности металлов мощными ионными пучками (МИП) добиваются улучшения твердости, износо- и коррозионной стойкости. С точки зрения прогнозирования свойств поверхностных слоев облучаемых материалов, исследование результатов облучения в зависимости от параметров МИП является актуальной задачей. В натурном эксперименте не всегда удается определить причинно-следственные связи между процессами взаимообусловлено протекающими в системе «МИП-металл». Математическое моделирование является мощным инструментом позволяющим в непрерывном режиме рассматривать всю совокупность протекающих процессов.

Описание системы «МИП-металл»

Описание параметров металлов, испытывающих мощное энергетическое воздействие проводилось с использованием авторских гидродинамических кодов реализующих обобщенную модель упруго-пластической среды испытывающей мощное импульсное воздействие [1]. Для описания поведения материального континуума в основу модели положен Лагранжев формализм. Элементы модели подробно описаны в работе [2].

Рассмотрим закономерности формирования ударно-волнового возмущения, генерируемого в результате взаимодействия МИП [3] (протонно-углеродный пучком (60% – протоны, 40% – ионы углерода) плотностью мощности $1,1 \cdot 10^9$ Вт/см², длительность пучка $\tau = 120$ нс) с металлической мишенью. Амплитудно-временная развертка импульсов ускоряющего напряжения и плотности тока представлена на рисунке 1. В качестве мишени рассмотрен алюминиевый поглотитель.

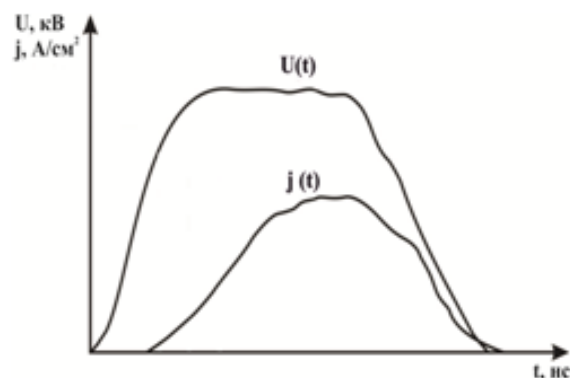


Рисунок 1. Амплитудно-временная развёртка импульса ускоряющего напряжения и плотности ионного тока на выходе из узла генерации [3].

Результаты и обсуждения

Исследована динамика физических полей и характеристик алюминиевого поглотителя в диапазоне параметров пучка $j=100\text{--}3000\text{ А/см}^2$ и $U=100\text{--}3000\text{ кВ}$ с шагом в 100 единиц.

На рисунке 2 представлены зависимости соответственно максимумов и минимумов полного давления.

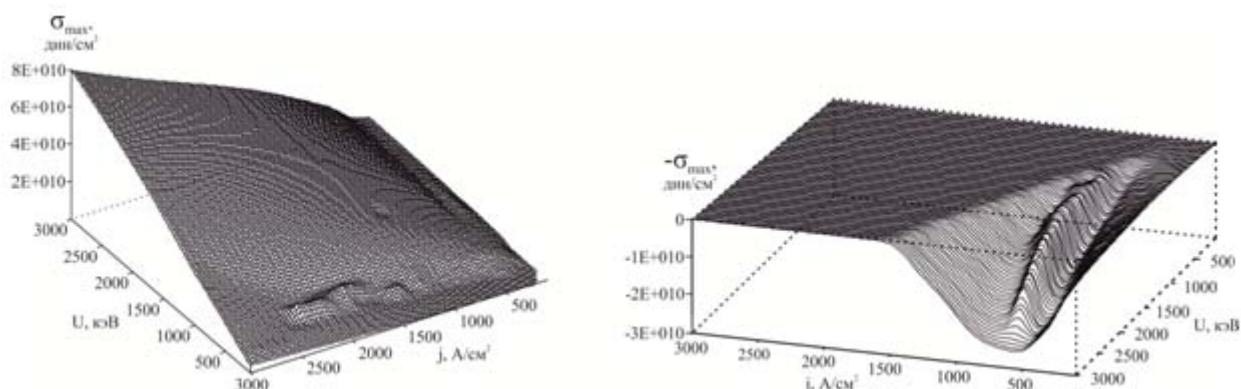


Рисунок 2. Поверхности полного максимального (слева) и минимального (справа) давлений при заданных параметрах пучка $j=100\text{--}3000\text{ А/см}^2$ и $U=100\text{--}3000\text{ кВ}$.

На рисунке 3 представлены области параметров ионного пучка при которых реализуются различные механизмы формирования ударно-волнового возмущения.

Область 1. Основной механизм формирования импульсов механической нагрузки - термоупругость. Формирующееся возмущение является биполярным. В первом полупериоде импульса реализуется сжатие, во втором полупериоде – разрежение. Амплитуда импульсов в данной области не превышают пределов упругости. Таким образом, термоупруго сформированные механические напряжения не приводят к существенным модификациям поверхностных слоев и изменение свойств металлов определяется процессами высокоскоростной закалки при релаксации сформированного МИП температурного поля.

Область 2. Реализуется абляционный механизм генерации. Формирующееся возмущение однополярное. Максимальная амплитуда формирующегося импульса механической нагрузки на момент окончания импульса ионного тока превышает динамический предел текучести алюминия ($\sigma_{\max} > \sigma_g = 2 \cdot 10^{10}$ дин/см²). В данной области возможно формирование модифицированных слоев материала за пределами области воздействия пучка (глубинное упрочнение), которое обусловлено перераспределением плотности дислокаций и изменениями во фронте пластической части упруго-пластического импульса.

При постепенном увеличении параметров воздействия (j, U) в данной области линии равной амплитуды формируемых возмущений стремятся к линиям равного энерговклада. Амплитуда формирующегося упруго-пластического не чувствительна к конкретным значениям плотности ионного тока или энергии ионов и определяется только значением полного энерговклада. Наблюдается постепенное уменьшение скорости роста амплитудных параметров импульса при последовательном увеличении параметров пучка.

Область 3. Реализуется абляционный механизм генерации. Профиль формирующегося импульса механической нагрузки является биполярным. В фазе разряжения амплитуда импульса по модулю превышает предел текучести. Данный факт обуславливает возможность реализации откольных механизмов разрушения на облучаемой поверхности. Формируется откольный слой материала, с достаточно высоко плотностью двигающийся навстречу пучку.

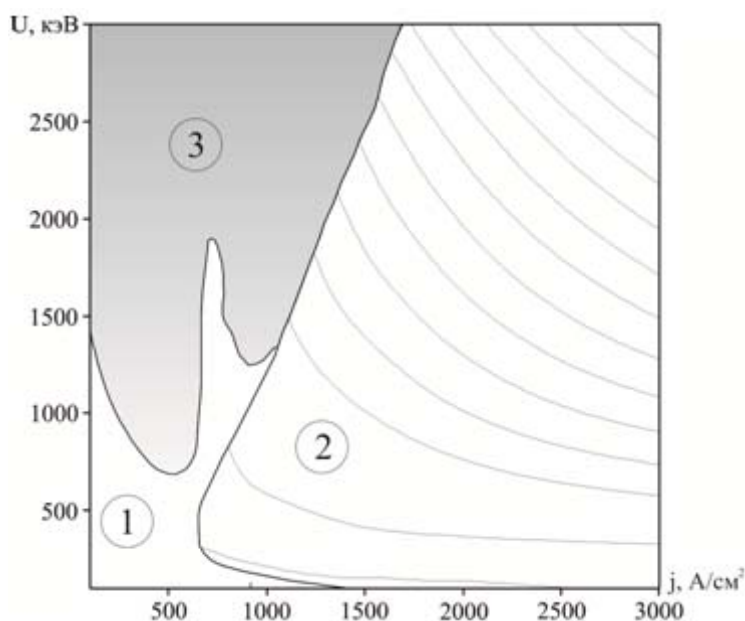


Рисунок 3. Контурный график полного давления при заданных параметрах пучка $j = 100-3000$ А/см² и $U = 100-3000$ кэВ.

Наличие или отсутствие биполярной структуры в импульсе механических напряжений определяет также возможность протекания откольных явлений на тыльной поверхности поглотителя. При выходе биполярного импульса (сжатие - разряжение) на тыльную поверхность происходит интерференция встречных волн

разряжения. Суммарная амплитуда импульса при этом может превысить предел текучести, что приведет к отслаиванию слоев материала на тыльной поверхности.

Выводы:

1. Определены характерные области в пространстве (j, U) реализации термоупругих и абляционных механизмов формирования импульсных механических напряжений.
2. Установлено что при абляционном механизме генерации возможно формирование как однополярной, так и биполярной структуры импульсного возмущения.
3. Обнаружена область параметров пучка, при которых формирующееся биполярное возмущение в фазе «разрежение» имеет амплитуду по модулю превосходящую предел текучести. В этой области возможна реализация откольных явлений на облучаемой поверхности.
4. При постепенном увеличении параметров пучка происходит насыщение в амплитудных параметрах импульсного возмущения, при этом амплитуда начинает не зависеть от конкретных значений плотности тока и энергии ионов, а определяется интегральным энерговыделением.

Список литературы:

1. В.И.Бойко, Ю.В.Данейкин, К.В.Юшицин. // Вопросы атомной науки и техники, серия «Физика радиационных повреждений и радиационное материаловедение», №3, с.133–137, (2003).
2. V.I.Boyko, Yu.V.Daneykin, A.V.Khadkevich, K.V.Yushitsin. // Mathematics and mechanics. Physics, v. 310, № 2, p. 82–87, (2006).
3. В.И.Бойко, В.М.Быстрицкий, С.Н.Волков и др. // т. 15, №11, с. 1337-1341, (1989).

Адсорбция глицина на поверхности наночастиц TiO_2 и ZrO_2

Ракина А.А.
aar37@tpu.ru

Научный руководитель: к.т.н. А.Ю. Годымчук, Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Россия, г.Томск, пр. Ленина, 30, 634050

Развитие порошковых нанотехнологий позволит расширить поле применений неорганических наночастиц при их введении *in vivo* [1]. При этом принципиально важным является создание условий для контролирования поверхности и размера частиц в сложных биологических средах. В силу своей термодинамической неустойчивости, дисперсные системы на основе наночастиц склонны к коагуляции, для предотвращения которой используют адсорбцию поверхностно-активных веществ на поверхности частиц.

Целью настоящей работы было разработать методику изучения процессов адсорбции низкомолекулярного ПАВа на поверхности неорганических наночастиц. Объектами исследования были выбраны плазмохимические нанопорошки оксидов титана (TiO_2 , 22,4 м²/г), и циркония (ZrO_2 , 8,1 м²/г). В качестве ПАВ использовали глицин (аминоуксусная кислота $C_2H_5NO_2$, ГОСТ 5860-75, Производитель ВОАО «Химпром», Волгоград), являющийся эффективным стабилизатором частиц Fe_3O_4