

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ ГОРЕНИЯ ГАЗОВОГО РАЗРЯДА НА ВЕЛИЧИНУ РАБОЧЕГО ДАВЛЕНИЯ<sup>1</sup>

С.В. Богданов, А.И. Ляпин

Представлена методика определения влияния напряжения горения газового разряда на величину рабочего давления при имплантационной обработке материалов в газовом разряде. Установлено, что увеличение ускоряющего напряжения приводит к увеличению времени насыщения.

Ключевые слова: имплантационная обработка, напряжение горения газового разряда, рабочее давление

Наиболее простым способом модификации свойств материалов является их обработка в газовом разряде. В этом случае используются отдельные процессы или комбинации процессов, протекающих как в приэлектродной области разряда, так и в поверхностном слое электродов. Те или иные процессы реализуются выбором режима разряда, который определяется такими параметрами, как давление рабочего газа, межэлектродное расстояние, ускоряющее напряжение на обрабатываемой детали, плотность тока на обрабатываемую поверхность и температуру процесса. В случаях, когда обрабатываемая деталь вводится в тлеющий разряд либо в качестве основного, либо в качестве дополнительного катода, эксплуатационные свойства обрабатываемой детали определяются процессами прикатодной области, включая тлеющее свечение. В этом случае преобладающими являются имплантация атомов, бомбардирующих подложку, распыление атомов материала детали и предварительно имплантированных атомов и их последующая ионизация в разряде. В [1, 2] показано, что указанные процессы приводят к изменению исходных параметров разряда. Эти параметры определяют эксплуатационные свойства обрабатываемой детали. Поэтому исследование процессов прикатодной области имеет практическую ценность и является актуальным.

В данной работе приводятся и обсуждаются результаты моделирования процессов, протекающих в прикатодной области тлеющего разряда. Соотношения, использованные для расчетов взяты из [3, 4].

Учитывались следующие процессы:

- имплантация атомов в приповерхностный слой катода (в матрицу);
- распыление, как атомов материала катода, так и имплантированных атомов газа; обратная диффузия атомов газа не учитывалась;
- ионизация распыляемых атомов в прикатодной области.

В основу модельных расчетов положены следующие предпосылки:

- 1) распыление обеспечивает приток частиц в разряд, тогда как имплантация обеспечивает отток частиц из разряда;
- 2) распылению подвергаются как атомы материала катода, так и имплантированные атомы примеси, причем распыленные атомы покидают поверхность в виде нейтралей;

<sup>1</sup> Статья подготовлена в ходе выполнения научно-исследовательской работы студентов на кафедре «Физика»

- 3) часть распыленных атомов ионизируется и возвращается на катод;
- 4) режим разряда исключает ионизацию и перезарядку частиц в темном катодном пространстве, ионизация распыленных частиц происходит в области тлеющего свечения;
- 5) степень ионизации газа достаточно велика, чтобы обеспечить превышение скорости распыления над скоростью осаждения.

На рис. 1 и 2 показаны результаты расчетов вероятности распыления предварительно имплантированных атомов газа (N) и изменение давления в рабочей камере

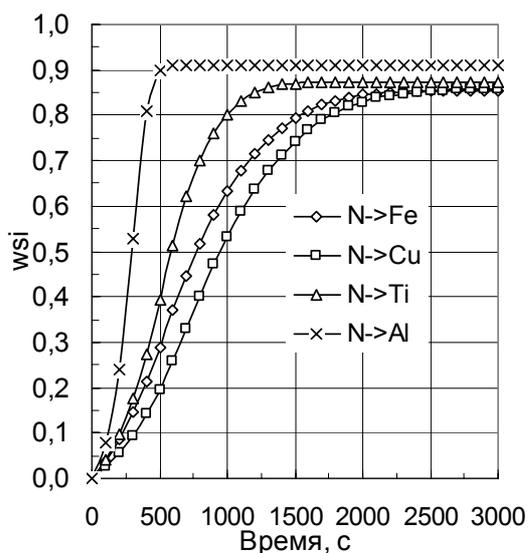


Рис. 1. Изменение доли имплантированных атомов, подвергающихся распылению при ускоряющем напряжении  $E=1\text{кВ}$

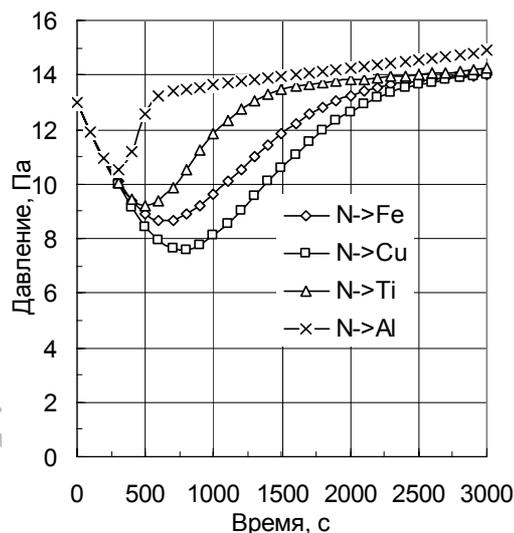


Рис. 2. Изменение давления рабочего газа для различных катодов при ускоряющем напряжении  $E=1\text{кВ}$

Поведение кривых на рис. 2. имеет простое объяснение. Уменьшение давления с момента зажигания разряда обусловлено превалированием скорости имплантации над скоростью распыления. По мере роста доли имплантированных атомов, подвергающихся последующему распылению, значение давления практически восстанавливается. Это восстановление происходит в течение первых 2000с. Из рис. 1 видно, что в течение этого промежутка времени доля распыленных атомов достигают насыщения. То есть устанавливается динамическое равновесие между внедряющимися и распыляющимися атомами.

На рис. 3 и 4 приведены данные, аналогичные рассмотренным выше, но полученные при большем ускоряющем напряжении на катоде.

Сравнивая данные рис. 1 и 2 с данными рис. 3 и 4 нетрудно видеть, что характер поведения аналогичных кривых схож. Вместе с тем увеличение ускоряющего напряжения приводит к тому, что кривые оказываются «более разнесены во времени». В этом случае для достижения насыщения требуется гораздо большее время. Такая трансформация кривых может быть объяснена изменением параметров пространственного распределения имплантированных атомов в сторону увеличения.

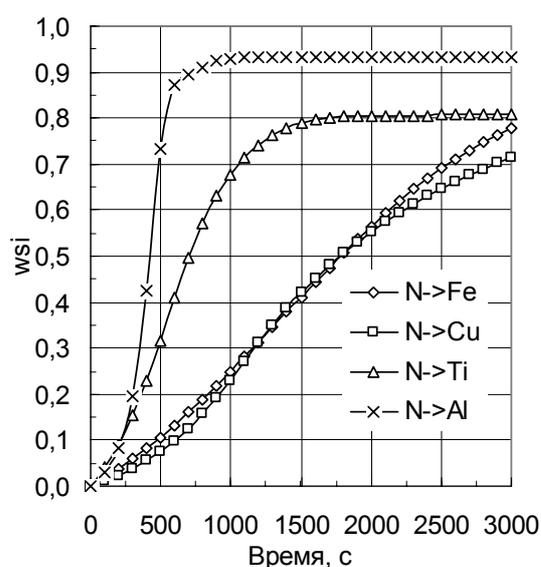


Рис. 3. Изменение доли имплантированных атомов, подвергающихся распылению при ускоряющем напряжении  $E=3\text{кВ}$

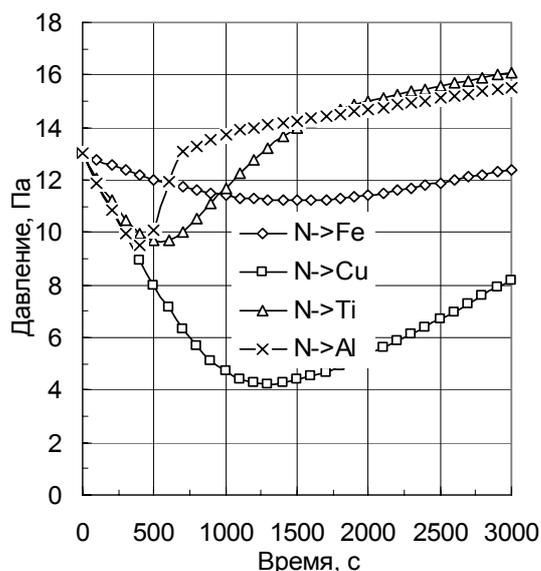


Рис. 4. Изменение давления рабочего газа для различных катодов при ускоряющем напряжении  $E=3\text{кВ}$

#### Литература

1. Ляпин А.И, Богданов С.В. Исследование процессов в катодной области газового разряда: влияние распыления катода на вероятность ионизации атомов рабочего газа // *Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии: Материалы международной науч. техн. конф. Часть 1* - Могилев: Бел.-Рос. ун-т, 2004. - С.195.
2. Ляпин А.И, Богданов С.В. Исследование влияния процессов распыления и ионизации в катодной области газового разряда на плотность ионной составляющей разрядного тока // *41-я студенческая научно-техническая конференция: Материалы конф.* – Могилев: Бел.-Рос. ун-т, 2005. С. 21-23.
3. Lyapin A.I. XXVI International Conference on Phenomena in Ionized Gases, Contributed Papers, Greifswald, Germany, 15-20 July 2003
4. Lyapin A.I. Plasma Physics and Plasma Technology (PPPT-4), IV International Conference, Contributed Papers, Volume II, P552, Minsk, 2003/

#### Богданов Сергей Викторович

Студент машиностроительного факультета  
Белорусско-Российский университет, г. Могилев  
Тел.: +375(222) 22-92-49  
E-mail: [lab\\_tis@tut.by](mailto:lab_tis@tut.by)

#### Ляпин Али Ибрагимович

Доцент кафедры физики, канд. физ.-матем. наук  
Белорусско-Российский университет, г. Могилев  
Тел.: +375(222) 22-99-87  
E-mail: [ali\\_lyapin@tut.by](mailto:ali_lyapin@tut.by)