



## UvA-DARE (Digital Academic Repository)

### Моделирование аргоновой плазмы в установке плазмохимического осаждения с помощью пакета ESI CFD-ACE+

Kiseleva, I.S.; Krzhizhanovskaya, V.V.

**Publication date**

2011

**Document Version**

Final published version

**Published in**

XL Неделя науки СПбГПУ

[Link to publication](#)

**Citation for published version (APA):**

Kiseleva, I. S., & Krzhizhanovskaya, V. V. (2011). Моделирование аргоновой плазмы в установке плазмохимического осаждения с помощью пакета ESI CFD-ACE+. In E. V. Vochagina (Ed.), *XL Неделя науки СПбГПУ: материалы международной научно-практической конференции* (Vol. 6, pp. 126-128). Sankt-Peterburgskii gosudarstvennyi politekhnicheskii universitet. <https://docplayer.ru/41761987-XI-nedelya-nauki-spbgpu-materialy-mezhdunarodnoy-nauchno-prakticheskoy-konferencii-ch-vi-spb-izd-vo-politehn-un-ta-s.html>

**General rights**

It is not permitted to download or to forward/distribute the text or part of it without the consent of the author(s) and/or copyright holder(s), other than for strictly personal, individual use, unless the work is under an open content license (like Creative Commons).

**Disclaimer/Complaints regulations**

If you believe that digital publication of certain material infringes any of your rights or (privacy) interests, please let the Library know, stating your reasons. In case of a legitimate complaint, the Library will make the material inaccessible and/or remove it from the website. Please Ask the Library: <https://uba.uva.nl/en/contact>, or a letter to: Library of the University of Amsterdam, Secretariat, Singel 425, 1012 WP Amsterdam, The Netherlands. You will be contacted as soon as possible.

XL Неделя науки СПбГПУ : материалы международной научно-практической конференции. Ч. VI. – СПб. : Изд-во Политехн. ун-та, 2011. – 144 с.

В сборнике публикуются материалы докладов студентов, аспирантов, молодых ученых и сотрудников Политехнического университета, вузов Санкт-Петербурга, России, СНГ, а также учреждений РАН, представленные на научно-практическую конференцию, проводимую в рамках ежегодной XL Недели науки Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Доклады отражают современный уровень научно-исследовательской работы участников конференции в области фундаментальных, технических, экономических, социальных и гуманитарных наук.

Представляет интерес для специалистов в различных областях знаний, учащихся и работников системы высшего образования и Российской академии наук.

Печатается по решению редакционно-издательского совета  
Санкт-Петербургского государственного политехнического университета.

Редакционная коллегия факультета технологии и исследования материалов:

*Г.А. Туричин (декан ФТИМ), Е.В. Бочагина (отв. ред.),  
П.В. Ковалев, В.М. Голод, С.И. Выступов,  
Е.В. Богомолова, А.А. Григорьев, С.А. Ермаков, А.Ф. Липаев*

© Санкт-Петербургский государственный  
политехнический университет, 2011

УДК 66.086.2

И.С. Киселева (6 курс, каф. ФХМНТ), В.В. Кржижановская (доц., каф. ФХМНТ)

## МОДЕЛИРОВАНИЕ АРГОНОВОЙ ПЛАЗМЫ В УСТАНОВКЕ ПЛАЗМОХИМИЧЕСКОГО ОСАЖДЕНИЯ С ПОМОЩЬЮ ПАКЕТА ESI CFD-ACE+.

Цель работы – моделирование аргоновой плазмы в установке RPECVD.

На первом этапе была создана физико-математическая модель роста пленки нитрида кремния в PECVD реакторе с удаленной плазмой [1], а также рассмотрена «тестовая» задача по осесимметричному осаждению оксида кремния из смеси «аргон – кислород – силан» в

установке с индукционным методом возбуждения ВЧ разряда. Результаты «тестовой» задачи позволили оценить возможность использования пакета ESI CFD-ACE+ в качестве «инструмента» моделирования.

Следующим этапом работы является моделирование удаленной плазмы с индукционным методом возбуждения ВЧ разряда. Это позволит оценить, какое количество ионов  $Ag^+$  долетит до подложки.

Низкотемпературная неравновесная плазма, образованная в разряде при низком давлении 0,5–100 Па, состоит из атомов, радикалов, молекул, ионов различного сорта и электронов. Ее можно рассматривать как смесь идеальных газов, каждый из которых имеет свою собственную температуру. При повышении плотности среды расстояние между частицами уменьшается и необходимо рассматривать взаимодействие отдельных систем.

Среди заряженных частиц, присутствующих в неравновесных плазмохимических системах, прежде всего, следует выделить электроны, которые благодаря высокой подвижности принимают на себя практически всю энергию поля и далее расходуют ее на возбуждение, ионизацию или разогрев нейтральных частиц [2].

Аргон был выбран по причине своей химической неактивности. Для описания модели плазмы используются уравнения неразрывности, баланса массы всех химических компонент, импульса и энергии. Система замыкается уравнением состояния идеального газа. Кроме того, решаются уравнения электронного баланса и уравнение Пуассона для электрического потенциала [3].

Среди всех программных пакетов был сделан выбор в пользу ESI CFD-ACE+ [4], в связи с тем, что он позволяет задавать геометрию сложной формы, обладает продвинутой интерфейсом и является одним из первых пакетов, который внедрил модуль плазмы в свой состав.

Генерация сетки производилась в модуле ESI CFD-GEOM, плазменный разряд моделировался в пакете ESI CFD-PLASMA.

На рис.1 представлена двумерная геометрическая модель плазмохимического реактора.

Условия проведения численного эксперимента: ток на обмотке катушки – 15 А, частота – 13,56 МГц. Граничные условия: температура вдува – 300 К, давление газа на входе – 1,33 Па, скорость вдува газа – 1 м/с. На рис. 2 представлено распределение плотности плазмы.

Процесс образования плазмы сводится к продуванию холодного газа через область поддержания разряда, где его холодные массы, ионизуясь, преобразовываются в плазменную струю, в центре которой наблюдается наибольшая концентрация ионов  $Ag^+$ .

У поверхности подложки построено сечение, в котором показано распределение плотности ионов  $Ag^+$  вдоль подложки (рис.3). Проанализировав данную зависимость, мы можем видеть, что количество ионов  $Ag^+$ , долетевших до подложки, составляет  $4,8 \cdot 10^{13} \text{ м}^{-3}$  в центре подложки ( $Y=0$ ) и  $3,7 \cdot 10^{13} \text{ м}^{-3}$  на краю подложки ( $Y=0.05$ ). Распределение плазмы у подложки непосредственно влияет на распределение скорости осаждения и состава растущей пленки, таким образом, можно предварительно сделать вывод о существенной неоднородности осаждения в данной конфигурации камеры при заданных параметрах.

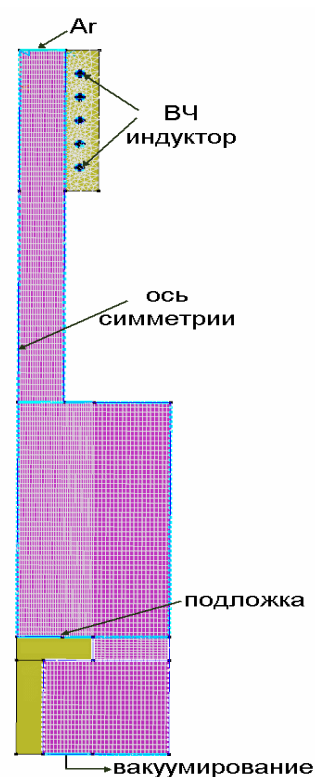


Рис. 1. Двумерная геометрическая модель плазмохимического реактора

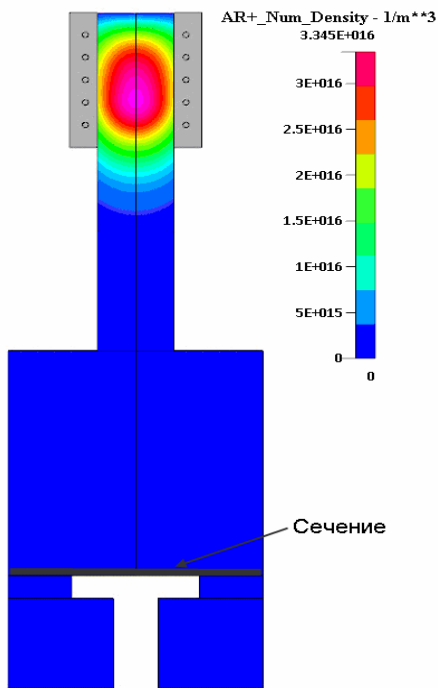


Рис. 2. Распределение плотности плазмы в зоне горения плазмы

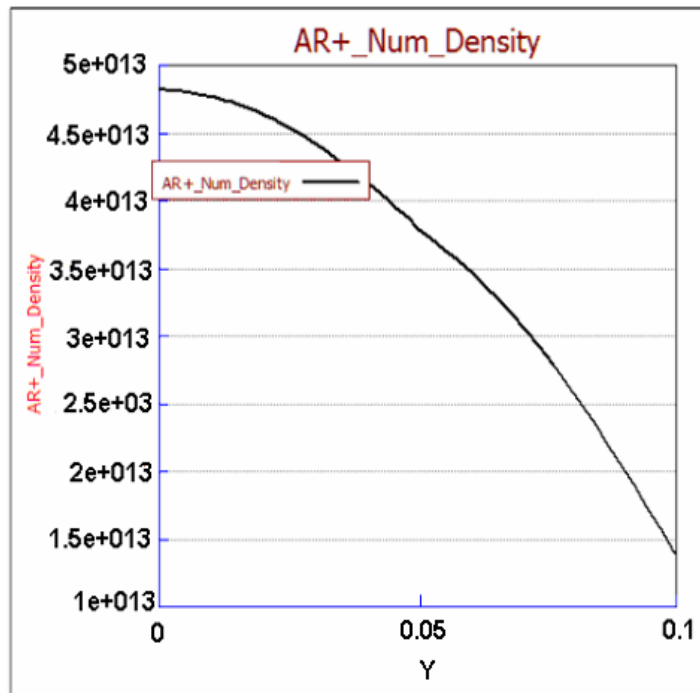


Рис. 3. Распределение плотности ионов Ar+, образующихся в плазме, по подложке

Полученные в ходе работы данные показывают, что концентрация заряженных частиц, долетающих до подложки составляет  $3,7 \cdot 10^{13} \text{ м}^{-3}$ . Этого достаточно для эффективной плазменной обработки материала образца.

В дальнейшем планируется провести калибровку модели и исследовать влияние ключевых технологических параметров на процесс осаждения, а так же произвести моделирование плазмохимического осаждения нитрида кремния в удаленной плазме с индукционным способом возбуждения ВЧ разряда пониженного давления.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. И.С. Киселева, В.В. Кржижановская. Разработка модели роста пленки нитрида кремния в удаленной плазме с индукционным методом возбуждения ВЧ разряда пониженного давления. Материалы международной научно-практической конференции «XXXIX НЕДЕЛЯ НАУКИ СПбГПУ», 6-11 декабря 2010 года. с. 116-117, изд. Политехнического университета, Санкт-Петербург. 2010.
2. Барченко В.Т., Быстров Ю.А., Колгин Е.А. Ионно-плазменные технологии в электронном производстве. СПб.: Энергоатомиздат, 2001. 332 с.
3. ESI Group\Advanced CFD\Advanced CFD 2008.2\Documentation: Plasma Module Theory-Basic Equations
4. <http://www.esi-cfd.com/>