

## UvA-DARE (Digital Academic Repository)

### Обзор плазмохимических методов получения нитрида Кремния

Lebanin, V.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):**

Lebanin, V. S., & Krzhizhanovskaya, V. V. (2011). Обзор плазмохимических методов получения нитрида Кремния. In E. V. Bochagina (Ed.), *XL Неделя науки СПбГПУ: материалы международной научно-практической конференции* (Vol. 6, pp. 131-132). 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

## ОБЗОР ПЛАЗМОХИМИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ПОЛУЧЕНИЯ НИТРИДА КРЕМНИЯ.

В данной работе рассмотрены различные плазмохимические методы получения тонких плёнок нитрида кремния  $\text{Si}_3\text{N}_4$ . Все методы можно разделить на две группы: процессы азотирования и CVD (химическое осаждение из газовой фазы) методы. Внутри каждой из групп существуют различные варианты, связанные с типом реактора, составом реагентов и типом плазмы. В общем случае образуется плёнка нестехиометрического состава и поэтому принято записывать нитрид кремния как  $\text{SiN}_x$ .

Отдельно следует выделить термическое разложение аminosиланов и ионную имплантацию азота в плёнку кремния. Однако на практике эти методы пока не очень распространены.

Азотирование кремния представляет собой прямое внедрение атомов азота в плёнку кремния. Получаемая таким образом плёнка нитрида имеет заметно переменный состав от поверхности вглубь образца, что определяется диффузией атомов азота в кремнии. Самый простой вариант: воздействие на кремний плазмой азота (1).

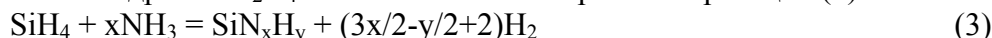


Кроме того возможно взаимодействие кремния не с молекулярным азотом, а с каким-то соединением азота, например, аммиаком  $\text{NH}_3$  (2).



В таком случае будет образовываться не чистая плёнка нитрида, а плёнка легированная какими-то примесными атомами, в данном случае водородом. Чаще всего используется либо смесь азотсодержащего соединения с газом носителем (азот или инертный газ, например  $\text{Ar}$ ).

Плазмохимическое осаждение из газовой фазы, в отличие от азотирования, представляет собой взаимодействие двух или более летучих соединений под воздействием плазмы, в результате которого образуется труднолетучее соединение (нитрид кремния), которое осаждается на поверхность образца. Существует множество смесей применяемых для синтеза  $\text{SiN}_x$ :  $\text{SiCl}_4 + \text{NH}_3$ ,  $\text{SiHCl}_3 + \text{NH}_3$ ,  $\text{SiS}_2 + \text{NH}_3$ ,  $\text{SiH}_4 + \text{NH}_3$ ,  $\text{SiH}_4 + \text{N}_2$  и т.д. Вместо аммиака также может применяться гидразин  $\text{N}_2\text{H}_4$ . Наиболее часто встречается реакция (3).



В отличие от азотирования, растущая плёнка получается примерно постоянного состава по глубине.

Большинство реакторов, используемых сейчас, продувочного типа. Это позволяет решить целый ряд проблем. На любой кремниевой подложке обязательно присутствует плёнка оксида, которую можно стравить перед азотированием или осаждением. В реакторной камере поддерживается почти постоянный состав и давление, что важно для роста плёнки постоянного состава.

Рассмотрим варианты CVD процесса. По расположению друг относительно друга плазмы и подложки процессы делятся на стимулированное плазмой химическое осаждение из газовой фазы (PECVD) и стимулированное удалённой плазмой химическое осаждение из газовой фазы (RPECVD). В обоих случаях процесс многократно ускоряется под воздействием плазмы, но иногда без нее реакция вообще не идёт, и такой процесс называется плазмоактивированным. В зависимости от давления процессы разделяют на APCVD (при атмосферном давлении), LPCVD (при пониженном давлении), UHVCVD (при ультравысоком

вакууме). При получении нитрида кремния используют вариант LPCVD, т.к. в этом случае растущая плёнка получается более равномерной.

На процесс влияет тип разряда. Чаще всего применяется индуктивный или ёмкостной высокочастотный разряд (с частотой, например, 13,56 МГц). При таких частотах не происходит заметного перераспределения заряженных частиц.

Основное технологическое преимущество плазмохимических методов осаждения нитрида кремния заключается в том, что для этого процесса не нужны большие температуры (>1000 °С). Такая температура недопустима при нанесении изолирующих покрытий в электронной технике, так как при ней с заметной скоростью протекают диффузионные процессы, что негативно сказывается на качестве электронных устройств.

В дальнейшем планируется исследование методами математического моделирования процесса RPECVD осаждения нитрида кремния из смеси  $\text{SiH}_4 + \text{NH}_3 + \text{N}_2$  в реакторе модуля плазмохимического осаждения технологического комплекса НаноФАБ 25 фирмы НТ-МДТ с последующим проведением реальных экспериментов по осаждению плёнок. Подобные работы уже проводились ранее [6] и продолжаются до сих пор.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Нитрид кремния в электронике / В.И.Белый, Васильева Л.Л., Грищенко В.А.; отв. ред. А.В.Ржанов. - Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1982. - 200 с.
2. Новоселов К.П., Математическое моделирование процесса осаждения нитрида кремния из дихлорсилана и аммиака. Дис. на соиск. уч. ст. к.ф.-м.н.. спец. 05.27.01., – СПб., 2000
3. Ковалгин А.Ю. Исследование процессов плазмохимического осаждения пленок нитрида кремния: дис. ... канд. тех. наук. СПб, 1995
4. Mark J. Kushner Simulation of the gas-phase processes in remote-plasma-activated chemical-vapor deposition of silicon dielectrics using rare gas-silane ammonia mixtures, 1992
- Демидов Е.С., Карзанов В.В., Марков К.А., Сдобняков В.В. Радиационно-стимулированное формирование нитрида кремния в кремнии при последовательном облучении встречными пучками ионов азота и аргона. – Нижний Новгород: Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского, 2007, №3, с. 34
5. И.С. Киселёва, В.В. Кржижановская. «Разработка модели роста плёнки нитрида кремния в удалённой 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, СПб, 2010