

UvA-DARE (Digital Academic Repository)

Моделирование механизма образования силанмониевых радикалов в технологии плазмохимического осаждения нитрида кремния азота с малым содержанием

Konakov, S.A.; Krzhizhanovskaya, V.V.

Publication date

2012

Document Version

Final published version

Published in

XLI Неделя науки СПбГПУ

[Link to publication](#)

Citation for published version (APA):

Konakov, S. A., & Krzhizhanovskaya, V. V. (2012). Моделирование механизма образования силанмониевых радикалов в технологии плазмохимического осаждения нитрида кремния азота с малым содержанием. In *XLI Неделя науки СПбГПУ : материалы международной научно-практической конференции* (Vol. 6, pp. 132-135). Sankt-Peterburgskii gosudarstvennyi politekhnicheskii universitet.

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.

UvA-DARE is a service provided by the library of the University of Amsterdam (<https://dare.uva.nl>)

С.А. Конаков (5 курс, кафедра ФХМиНТ), В.В. Кржижановская, к. т. н., доцент.

МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕХАНИЗМА ОБРАЗОВАНИЯ СИЛАНАММОНИЕВЫХ РАДИКАЛОВ В ТЕХНОЛОГИИ ПЛАЗМОХИМИЧЕСКОГО ОСАЖДЕНИЯ НИТРИДА КРЕМНИЯ ИЗ АЗОТА С МАЛЫМ СОДЕРЖАНИЕМ СИЛАНА

Процесс плазмохимического осаждения нитрида кремния является важной частью технологии производства МЭМС изделий и нанoeлектронных устройств. Поиск новых режимов осаждения необходим для улучшения качества слоев и возможности осуществления перехода к меньшим топологическим размерам.

Цель работы – провести компьютерное моделирование плазмохимических процессов осаждения нитрида кремния с использованием смеси азота с малым содержанием силана.

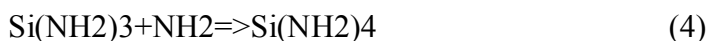
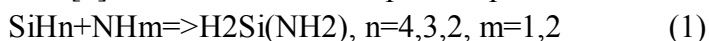
Необходимость рассмотрения такого процесса обусловлена тем, что при концентрации SiH₄ равной 1% происходит осаждению слоев высокого качества и с малой скоростью.

Математическая модель плазмохимических процессов, разработанная ранее, описана в работах [1,2]. Параметры моделируемого процесса: давление – 1 Па, температура подложки – 300 К, частота Э/М поля – 13.56 МГц, мощность индуктивно связанного разряда – 50 Вт, состав газовой смеси – 99% N₂, 1% SiH₄, расход – 20 ст. см³/мин. Модель реализована в программном пакете ESI CFD-ACE+.

На состав и структуру пленки нитрида кремния влияет соотношение связей Si-H к N-H, которое, в свою очередь, зависит от концентрации силанаммониевых компонентов в объеме реактора. Результаты численного эксперимента показали, что в рассматриваемой системе концентрации соединений H₂Si(NH₂), H₃Si(NH₂) и HSi(NH₂) достигают порядка 10¹²-10¹³ м⁻³, а Si(NH₂)₂, Si(NH₂)₃ и Si(NH₂)₄ лишь порядка 10⁴-10⁸ м⁻³.

Это существенно отличается от системы с высоким содержанием силана (более 10%), где концентрации Si(NH₂)₃, Si(NH₂)₄ и H₂Si(NH₂), H₃Si(NH₂) имеют порядок 10¹⁷ м⁻³.

Причину описанных различий можно понять, рассмотрев механизм образования соединений аминосиланов, который может быть кратко описан следующей схемой, подробно изложенной в работе [3] и использованной при построении данной модели:



Начальной стадией является образование H₂Si(NH₂) из радикалов и ионов типа SiH_n и NH_m. Поскольку NH₃ не входит в состав исходной газовой смеси, то компоненты NH_m образуются путем синтеза из продуктов диссоциации азота и моносилана. Анализ распределения концентраций показывает, что при этом радикалы SiH_n находятся в избытке, а реакция (1) лимитируется содержанием NH_m.

Для следующих стадий ситуация обратная. Концентрация H₂Si(NH₂) равна 10¹³ м⁻³, в то время как NH₂ – 10¹⁴ м⁻³. Реакция (2) лимитируется содержанием H₂Si(NH₂), так как NH₂ находится в избытке. Аналогично, реакции (3) и (4) лимитируются концентрацией аминосиланов.

На рис. 1 показано распределение концентраций компонентов NH₂, H₂Si(NH₂), HSi(NH₂)₂ и Si(NH₂)₃ по сечению реактора. x=0 м соответствует подложке, на которую происходит осаждение пленки нитрида кремния, а x=0.18 м – вдуву исходной газовой смеси. Из рисунка видно, что при x≈0.07 м максимума концентрации достигает компонент H₂Si(NH₂). HSi(NH₂)₂ имеет максимум ближе к подложке при x≈0.065 м. Следующее в цепочке превращений соединение Si(NH₂)₃ имеет максимум концентрации при x≈0.06 м. Такое расположение максимумов говорит о преимущественно последовательном процессе протекания реакций согласно рассмотренному механизму.

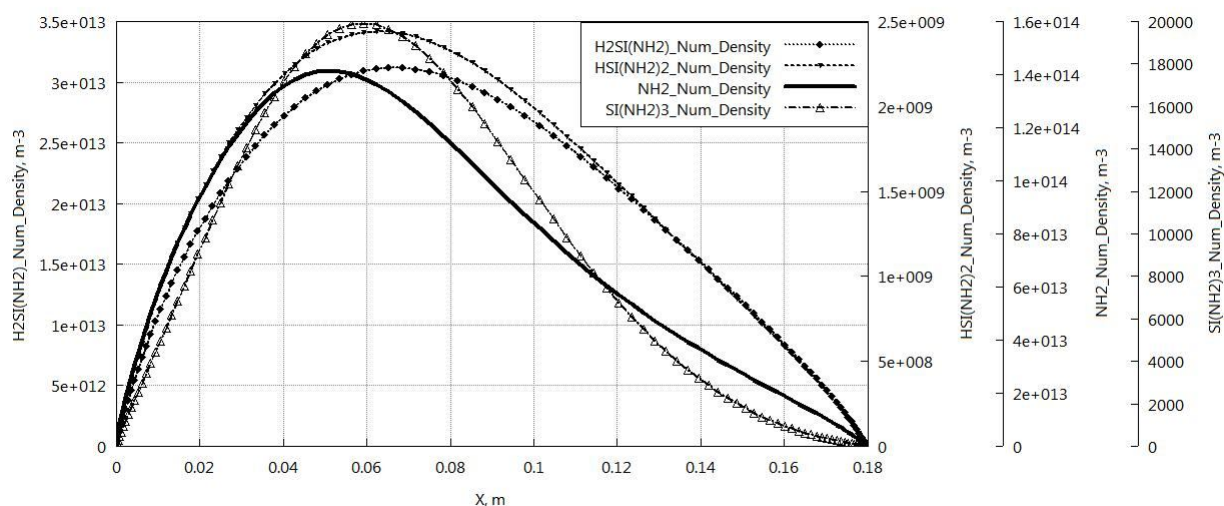


Рис. 1. Распределение численных концентраций компонентов $\text{H}_2\text{Si}(\text{NH}_2)$, $\text{HSi}(\text{NH}_2)_2$, NH_2 и $\text{Si}(\text{NH}_2)_3$ по сечению реактора.

Влияние состава газа на свойства пленок нитрида кремния определяется тем, что при преобладании компонентов $\text{H}_n\text{Si}(\text{NH}_2)_m$ над $\text{Si}(\text{NH}_2)_m$ изменяется соотношение числа связей N-H и Si-H в осаждаемой пленке. Это непосредственно влияет на её физические свойства [4].

Таким образом, в ходе работы был проведен анализ численного эксперимента по плазмохимическому осаждению нитрида кремния из смеси азота с содержанием силана 1%. Рассмотренный механизм образования соединений аминсиланов позволяет прогнозировать увеличение отношения связей Si-H к N-H в рассматриваемом эксперименте по сравнению с системой, где содержание силана в исходной газовой смеси более 10%.

Результаты данной работы будут использованы при разработке технологии осаждения тонких пленок нитрида кремния для современной микроэлектронной промышленности.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Конаков, С.А. Компьютерное моделирование процесса осаждения многослойных структур на основе нитрида кремния методом PECVD / С.А. Конаков, В.В. Кржижановская // Материалы пятого всероссийского форума студентов, аспирантов и молодых ученых «Наука и инновации в технических университетах». – СПб: Изд-во Политехнического ун-та, 2011. – С. 12-13.
2. Киселева, И.С. Разработка модели роста пленки нитрида кремния в удаленной плазме с индукционным методом возбуждения ВЧ разряда пониженного давления / И.С. Киселева, В.В. Кржижановская // Труды международной научно-практической конференции «XXXIX НЕДЕЛЯ НАУКИ СПбГПУ». – СПб: Изд-во Политехнического ун-та, 2010. – Часть VI. – С. 116-117.
3. Kushner, M. Simulation of gas-phase processes in RACVD of silicon dielectrics using rare gas-silane-ammonia mixtures / M. Kushner // Appl. Phys. – 1992. – 71. – pp. 4173-4189.

4. Ковалгин, А.Ю. Исследование процессов плазмохимического осаждения пленок нитрида кремния: дис... канд. тех. наук: 05.27.06. – СПб, 1995. -237 с.: 61 96-5/59-1.