

**РАЗРАБОТКА НОВЫХ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫХ
КРЕМНИЙАЗОТСОДЕРЖАЩИХ РЕАГЕНТОВ ДЛЯ МИКРОЭЛЕКТРОНИКИ.
ПРОЕКТ № 114**

Координатор: акад. Воронков М. Г.
Исполнители: ИрИХ, ИНХ, ИФП СО РАН

Синтезированы кремнийорганические производные 1,1-диметилгидразина (КПДМГ): $\text{Me}_3\text{SiNHNMe}_2$ (I), $\text{Me}_2\text{HSiNHNMe}_2$ (II), $\text{Me}_2\text{Si}(\text{NHNMe}_2)_2$ (III), $\text{MeH}(\text{NHNMe}_2)_2$ (IV), $(\text{Me}_3\text{Si})_2\text{NNMe}_2$ (V), и изучена их реакционная способность.

Созданы методики оценки сравнительными методами термодинамических данных кремнийазотсодержащих соединений, для (I—V) и гексаметилдисилазана получены величины энтальпии образования, энтропии и теплоемкости для жидкого и газообразного состояний. Предложен метод термодинамического моделирования для выбора режимов осаждения тонкослойных структур, возможности которого продемонстрированы для использования (I—V) в процессах получения слоев и покрытий из нитрида и диоксида кремния. Для процессов построены соответствующие CVD-диаграммы, позволяющие оценить области по-

лучения целевых покрытий. Типичные диаграммы представлены на рис. 1.

Разработана и реализована схема плазмохимического процесса с удаленной плазмой для осаждения пленок карбонитрида кремния с использованием КПДМГ, позволившая существенно снизить температуру образования слоев и сохранить необходимые структурные фрагменты вещества-предшественника, определяющие формирование покрытий заданных состава и свойств, в том числе и материала, не имеющего природных аналогов, с sp^3 -гибридными связями углерода с азотом. Изучены зависимости скоростей роста пленок от параметров процесса при фиксированной геометрии реактора. Полученные кинетические данные дают представление о динамике процесса и ее зависимости от параметров в пределах их варьирования, представляющих интерес для технологических применений. На основе дан-

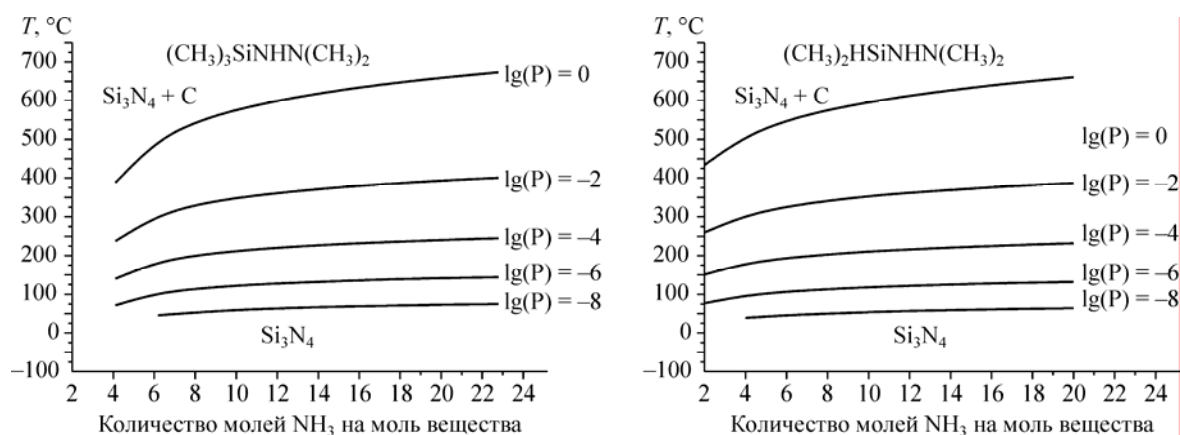


Рис. 1. Области осаждения фазовых комплексов. Сверху соответствующей кривой один комплекс, снизу — другой.

Fig. 1. Deposition areas of phase complexes. On the top — first complex corresponding to the curve, on the bottom — second one.

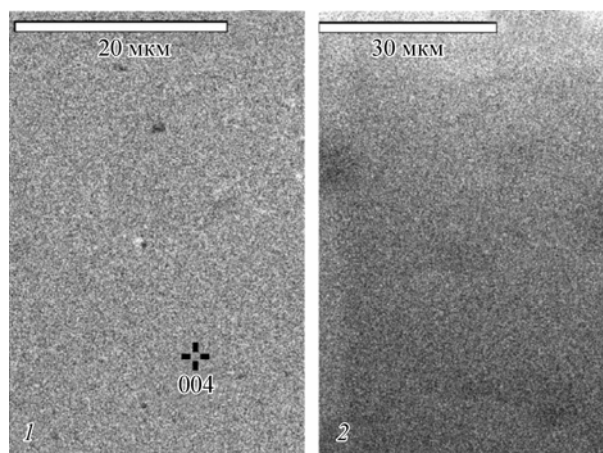


Рис. 2. Микрофотографии поверхности пленок, полученных из (II) (1) и (III) (2).

Fig. 2. Snapshots of surfaces of the films prepared from (II) (1) and (III) (2).

ных комплекса современных аналитических методов установлено, что химическое строение и структура пленок зависят от химического строения исходного вещества-предшественника, типа активируемого газа-носителя и параметров процесса. Покрытия, синтезированные из (II), представляют собой аморфную матрицу с внедренными в нее кристаллитами размером от 5 до 150 нм. Кристаллическая форма этих включений с наибольшей вероятностью может быть отнесена к тетрагональной структуре с параметрами решетки: $a = 9,6$ и $c = 6,4$ Å. Пленки, синтезированные в системе (III) + He, являются аморфными.

Синтезированные покрытия являются хорошим диэлектриком, обладают высокими удельным сопротивлением и пробивным полем, характеризуются низкими значениями диэлектрической проницаемости. Материалы с уникально низким значением $\epsilon = 1,4$ представляют практический интерес для одного из самых актуальных направлений микроэлектроники — создание высококачественных low-k диэлектриков. Достиженные параметры покрытий характеризуют полученный карбонитрид кремния как многофункциональный материал, перспективный для применения в современных микроэлектронных технологиях. Образцы покрытий использованы при разработке технологии фотоприемных устройств в качестве диэлектрика с высокой твердостью и жесткостью.

Предложен метод термодинамического моделирования для теоретической оценки эффективности соединений, используемых в качестве промотора адгезии. Расчетами показано, что эффективность (I—V) как промоторов адгезии выше, нежели используемого в настоящее время гексаметилдисилазана. На ФГУП НПП «Восток» проведены полупромышленные испытания (I), показавшие, что новый реагент пригоден для использования в процессах фотолитографии как с жидкостным, так и с плазмохимическим травлением, при этом допустимо уменьшение времени обработки пластин по сравнению с гексаметилдисилазаном в два раза.

Основные публикации

1. Рахлин В. И., Гостевский Б. А., Фомина А. Н. и др. Синтез триметилсилилового эфира β -(2,2-диметилгидразино)пропионовой кислоты// Журн. орг. химии. 2004. Т. 40, № 1. С. 136—137.
2. Гостевский Б. А., Воронков М. Г., Рахлин В. И., Мирсков Р. Г. Реакция 1,1-диметил-2,2-бис(триметилсиллил)гидразина со спиртами и кетонами. Новый путь к триметилсилиловым эфирам енолов// Там же. 2005. Т. 75, № 5. С. 875—876.
3. Воронков М. Г., Гостевский Б. А., Шаинян Б. А. и др. Реакция кремнийорганических производных 1,1-диметилгидразина с метилиодидом// Докл. РАН. 2005. Т. 400, № 4. С. 483—486.
4. Voronkov M., Lebedeva I., Rakhlin V., D'yachkova S. A new route to functionally-substituted tetrazines// Arkivoc. 2005. V. VII. P. 56—59.
5. Воронков М. Г., Лебедева И. П., Петрова А. А. и др. Реакция алкилсульфанилхлорацетиленов с 1,1-диметилгидразином// Журн. орг. химии. 2005. Т. 41, № 10. С. 1489—1492.
6. Смирнова Т. П., Бадалян А. М., Борисов В. О. и др. Плазмохимический синтез и свойства пленок карбонитрида кремния// Неорганические материалы. 2005. Т. 41, № 7. С. 808—815.