

ИССЛЕДОВАНИЕ ГАЗОДИНАМИЧЕСКОГО ПОТОКА В РЕАКТОРЕ ОСАЖДЕНИЯ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЛОЕВ НА ОСНОВЕ КРЕМНИЯ

Занько А.И., Леонович Н.В.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
г. Минск, Республика Беларусь

Котов Д.А. – канд. техн. наук, доцент

Выполнен расчет газодинамического потока в реакторе плазмохимического осаждения при расходе газа в диапазоне 10-300 см³/мин. Установлено расположение газораспределителя в реакторе для равномерного поступления реагентов к подложке.

В микроэлектронике при создании полупроводниковых приборов и интегральных микросхем требуются диэлектрические слои на основе кремния (SiO₂, Si₃N₄ и др.) в качестве изолирующих слоев для формирования транзисторов, конденсаторных структур, многоуровневой металлизации и пассивации. Метод плазмохимического осаждения из газовой фазы с применением источника индуктивно связанной плазмы позволяет получать диэлектрические слои при низкой температуре до 200 °С [1], конформной воспроизводимостью рельефа с высоким аспектным соотношением и возможностью управления напряженностью формируемых слоев.

Мы разработали реактор плазмохимического осаждения диэлектрических слоев на основе кремния. Реактор цилиндрической формы, в котором размещен планарный источник индуктивно-связанной плазмы, подложкодержатель и кольцевой газораспределитель установленные соосно с осью реактора. На равномерное осаждение влияет газовый поток в реакторе. Типы потоков в реакторе при низких давления можно классифицировать с использованием числа Кнудсена K_n , который определяется как отношение длины свободного пробега молекул к размерам рассматриваемого объема, диаметр реактора. При понижении давления ниже атмосферного происходит переход от сплошной среды ($K_n < 0,1$) к режиму молекулярного потока ($K_n > 1$) характеризуемого взаимодействием молекул только со стенками камеры [2].

В промышленности большинство процессов плазмохимического осаждения диэлектрических слоев на основе кремния проводится в диапазоне 1-100 Па, что определяется высокой скоростью осаждения, но при этом встает вопрос о равномерности покрытия пластин большого диаметра 200 мм и более. Расчет числа Кнудсена от давления в реакторе показал, что при давлении более 1 Па газ ведет себя как сплошная среда, расчет газовой системы в таком случае можно описать, используя уравнения Навье-Стокса для ламинарного потока. В программном комплексе Comsol Multiphysics производился расчет газодинамического потока в реакторе. В качестве граничных условий будем использовать паспортные параметры турбомолекулярного насоса STP-iXR 1606, температуру 273 К и расход аргона в диапазоне от 10 до 300 см³/мин. Расстояние между подложкодержателем и источником плазмы 140 мм. На рисунке 1 представлена неравномерность давления газа у подложкодержателя при различном расстоянии газораспределитель-подложкодержателя от расхода газа. Из приведенных результатов наблюдается повышение неравномерности давления при повышении расхода газа и приближении газораспределителя к подложке, из этого следует, что газораспределитель следует располагать за источником плазмы, неравномерность давления газ и соответственно продуктов реакции при этом не будет превышать 4%.

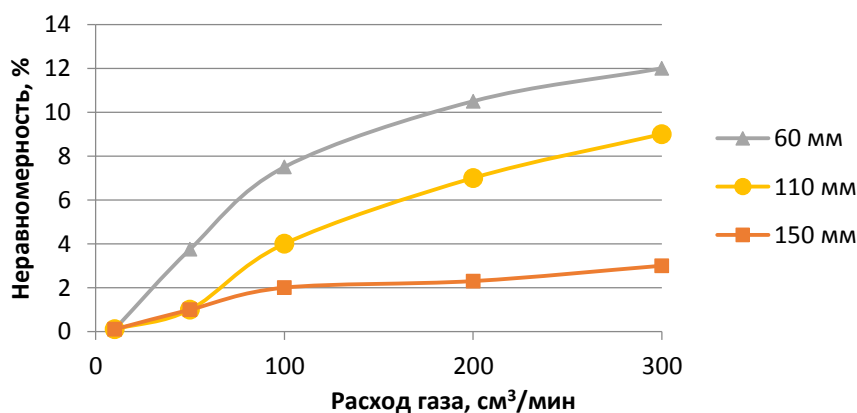


Рисунок 1 – Зависимости неравномерности потока газа от расхода газа и давления в реакторе

Список использованных источников:

1. Mackenzie, K. D. *Inductively-coupled plasma deposition of low temperature silicon dioxide and silicon nitride films for III-V applications* / K. D. Mackenzie, J. W. Lee, D. Johnson // *Electrochemical Society, Pennington, NJ.* - 1999. - № 99-4. - С. 1-12.
2. Абрамович, Г. Н. *Прикладная электроника ч.2/ Г. Н. Абрамович.* – М. : Наука, 1991. – С. 132-134.