

Особенности селективного травления кремния в плазме двухчастотного разряда

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

Лушакова М.С.

Бордусов С.В. – д. т. н., профессор

Представлены результаты технологических испытаний разработанного и изготовленного разрядного устройства, предназначенного для плазменного травления материалов, используемых в технологии микроэлектроники. Особенностью организации процесса обработки является управляемое воздействие на поверхность материала химически активными частицами, создаваемыми в условиях комбинированного (СВЧ и НЧ поля) разряда.

В современной технике формирования и обработки тонких пленок все более широкое применение начинает находить плазма газового разряда, возбуждаемая под действием электромагнитных полей диапазона сверхвысокой частоты (СВЧ) [1].

Одной из разновидностей СВЧ разряда является комбинированный разряд, формируемый путем наложения на СВЧ разряд электромагнитного поля низкочастотного (НЧ) или высокочастотного (ВЧ) диапазона, обеспечивающего возбуждение самостоятельного газового разряда. При таком способе поддержания плазмы появляется возможность дополнительного управления энергетическим вкладом в плазменный объем и энергией заряженных плазменных частиц [2], что в свою очередь существенно изменяет физико-химические процессы в объеме неравновесной плазмы и на границе раздела "плазма – твердое тело".

Исследования проводились с использованием разрядного устройства на базе цилиндрического резонатора в форме замкнутого в кольцо волновода, на внутренней стенке которого имеются щели для излучения СВЧ энергии. Внутри резонатора размещена вакуумируемая кварцевая камера, закрытая с торцов металлическими крышками. В верхнем торце расположен изолированный электрод, на который подается НЧ потенциал. На нижнем торце располагается заземленный подложкодержатель – электрод. В качестве СВЧ генератора использовался магнетрон с частотой генерации 2,45 ГГц, питаемый высоковольтным импульсным напряжением частотой 50 Гц

Эксперименты по травлению монокристаллического кремния в плазме разрядов CF₄ и SF₆ показали следующее.

Максимальная скорость травления для плазмы CF₄ наблюдается при давлении $p = 10$ Па, а для плазмы SF₆ – при $p = 5$ Па. С изменением как в большую, так и в меньшую сторону скорость травления падает. Это можно объяснить следующим образом. Понижение рабочего давления приводит к заметному уменьшению степени ионизации, в результате чего разряд "гаснет". При определенной величине энергии СВЧ излучения ионизироваться может только определенное количество газа, причем максимальная скорость травления наблюдается в случае оптимального сочетания степени ионизации и длины свободного пробега частиц. При постоянных мощности СВЧ излучения и потенциала на подложкодержателе – электроде с увеличением давления газа степени диссоциации и ионизации газа не изменяются, концентрация молекул в объеме камеры увеличивается, вследствие чего уменьшается длина свободного пробега частиц и скорость травления падает.

Исследования проводились при мощности СВЧ излучения $W_{свч} = 700$ Вт и давлении $p = 10$ Па. Скорость травления возрастает с увеличением НЧ потенциала.

По проведенным экспериментам воспроизводимость результатов от цикла к циклу обработки является достаточно высокой.

Эксперименты показали, что при частоте ВЧ напряжения $f_{вч} = 13,56$ МГц профиль травления получается более пологим, чем при частоте $f_{нч} = 35$ кГц. Таким образом, изменяя частоту электромагнитного сигнала, подаваемого на подложкодержатель-электрод, можно получать профили травления необходимой конфигурации, т.е. обеспечивать требуемую анизотропию травления. По мере понижения частоты этого сигнала возрастает степень дефектности дна лунки травления, обусловленной эффектами химического и физического взаимодействия тяжелых заряженных частиц с обрабатываемым материалом.

Разработано, изготовлено и испытано плазменное разрядное устройство, реализующее процесс плазменного травления материалов в условиях комбинированного (СВЧ и НЧ поля) разряда.

Технологические испытания показали, что данное устройство реализует процесс, сходный с ионно – химическим травлением образцов в плоской электродной системе, но отличающийся от обработки в традиционных планарных реакторах количественными и качественными показателями.

Список использованных источников:

1. Бордусов С.В. Плазменные СВЧ технологии в производстве изделий электронной техники / Под ред. А.П. Достанко. – Мн.: Бестпринт, 2002. – 452 с.
2. Curley, G. A. Negative ions in single and dual frequency capacitively coupled fluorocarbon plasmas / G. A. Curley, D. Maric, J. P. Booth, C. S. Corr, P. Chabert, J. Guillon // Plasma Sources Sci Technol. – 2007 – Vol. 16. – P.87 – 93.