

Выбор конфигурации и режима травления

В установках YES-G500 и YES-G1000 используется емкостной разряд, формирующийся между парой параллельных электродов. Один из электродов подключен к источнику питания 40 кГц, второй – заземлен. Реализовано несколько вариантов расположения подложек, что позволяет контролировать электрический потенциал у подложки, поверхностный заряд и режим ионной обработки поверхности.



Состав плазмы

Газоразрядная плазма инертных газов (например Ar) состоит из нейтральных атомов в основном и возбужденном состоянии, свободных электронов и положительно заряженных ионов. Для разрядов в молекулярных газах состав плазмы оказывается гораздо сложнее. В кислородной плазме происходит развал молекулы O_2 на нейтральные атомы и/или положительно заряженные ионы O^+ с последующей объемной рекомбинацией с образованием радикалов O^- и O_3^- . Таким образом, кислородная газоразрядная плазма является сложной, динамической комбинацией различных компонентов: O_2 , O , O^+ , O^- , O_3^- , O_3 и т.д.

Заряд поверхности в плазме

Т.к. масса электронов значительно ниже массы любых ионов, в неравновесной газоразрядной плазме формируется отрыв температуры электронов от температуры ионов и нейтральной компоненты. Тепловые скорости электронов значительно превышают скорости ионов. Любое тело, помещенное в квазинейтральную плазму, получит отрицательный заряд необходимый для выравнивания потока электронов и положительно заряженных ионов на поверхность. Стационарный потенциал тела, помещенного в плазму, называется плавающим потенциалом и определяется температурой электронов в разряде ($\sim 1-5$ эВ).

Энергия ионов у поверхности подложки

В случае, если тело помещено в плазму и не имеет электрического контакта с электродами, положительные ионы ускорятся у поверхности до энергий, соответствующих плавающему потенциалу, т.е. несколько эВ. При размещении подложки или образца на одном из электродов, образующих разрядный промежуток, ситуация кардинально меняется. Ток емкостного ВЧ или СЧ разряда в приэлектродной области переносится током смещения. Около электрода формируется пространственный слой положительного заряда, а электронная компонента плазмы осциллирует с периодом ВЧ поля. Положительные ионы ускоряются в поле пространственного заряда по направлению к электроду (поверхности подложки) до энергий в диапазоне от десятков до сотен эВ. У нагруженного электрода падение

напряжения в слое пространственного заряда максимально. Из-за асимметрии разряда, потенциал в слое и энергия ионов у заземленного электрода несколько ниже, но в любом случае выше величины плавающего потенциала.

Изотропное и анизотропное травление

Анизотропия травления определяется направленной скоростью ионов у поверхности подложки. Если приобретаемая при ускорении в слое пространственного заряда энергия направленного движения значительно превышает тепловую энергию ионов, то травление будет происходить анизотропно. Т.е. возможно формирование вертикальных профилей травления немаскированных областей подложки. Если ускорение ионов у подложки незначительно, то травление оказывается изотропным по всем направлениям (аналогично жидкостному травлению).

Реактивное травление и физическое распыление

Материал поверхности может удаляться двумя различными механизмами. Воздействие ионов относительно высокой энергии (десятки или сотни эВ) может приводить к кинетическому выбиванию атомов или нанокластеров с поверхности. Данный механизм называют также ионным травлением или физическим распылением. Для ионного травления может использоваться разряд в инертных газах, чаще всего в Ar. Скорость ионного травления увеличивается с ростом энергии и величины ионного потока на поверхность. Ионное травление используется для очистки поверхности от материалов не образующих летучих соединений. Следует учитывать, что распыленный материал не полностью выносится из технологической камеры газовым потоком. Часть материала всегда переосаждается на элементы камеры, электроды и саму подложку.

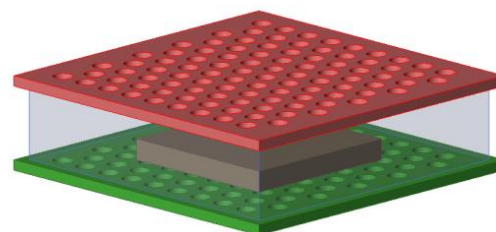
При реактивном травлении, материал поверхности удаляется за счет образования летучих соединений. Например, при травлении фоторезиста в кислородной плазме, углеводородные цепочки фоторезиста разлагаются при реакциях с радикалами кислорода с образованием H_2O и CO_2 . Реактивное ионное травление не требует, в общем случае, слишком высоких энергий ионов для инициализации реакции, а его скорость очевидно увеличивается с повышением концентраций активных радикалов в плазме.

Захват ионов

Захват ионов (Ion trap) – термин, описывающий накопление ионов в областях с минимальными электрическими полями между двумя поверхностями одинакового потенциала. В конфигурациях установок YES серии G такое накопление возможно между двумя сетчатыми электродами (заземленными или активными). В данной области образуется превалирует рекомбинационный механизм гибели ионов с интенсивной наработкой активных радикалов.

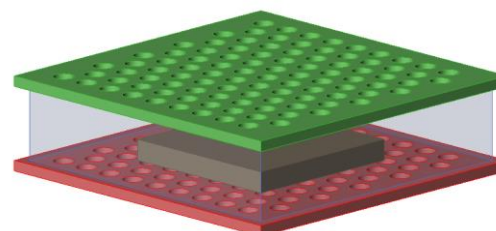
Active Plasma Mode

Подложка располагается на заземленном электроде внутри разрядной зоны. Концентрация ионов достаточно высокая, ионная бомбардировка поверхности происходит с умеренными энергиями. В зависимости от параметров разряда, режим травления может варьироваться от изотропного до слабо-анизотропного. Для проводящих образцов заряд поверхности не высокий. Режим может применяться как для ионного травления, так и для реактивного травления.



RIE Plasma Mode

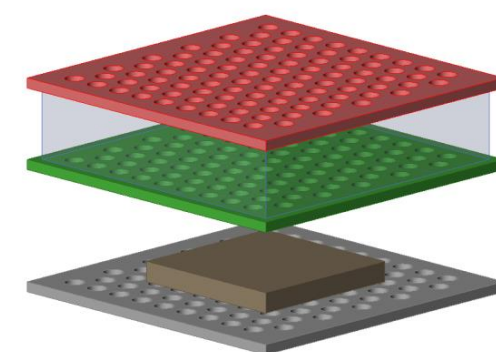
Режим анизотропного ионного травления. Подложка располагается на нагруженном электроде. Концентрации ионов и энергия бомбардировки максимальные. Формируется высокий поверхностный заряд образца. Применяется как для ионного травления, так и реактивного ионного травления.



Downstream Plasma Mode

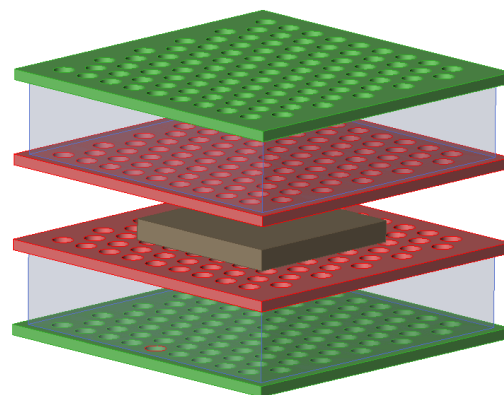
Режим обработки в послесвечении плазмы. Разрядная зона образована активными и нагруженными электродами, а подложка располагается на отдельном электроде под плавающим потенциалом. К подложке поступает квазинейтральная плазма со сбалансированным зарядом, энергия ионов у подложки достаточно низкая и определяется температурой электронов в плазме послесвечения. Режим травления изотропный.

Режим чаще всего применяется для реактивного травления подложек, чувствительных к наведенному заряду.



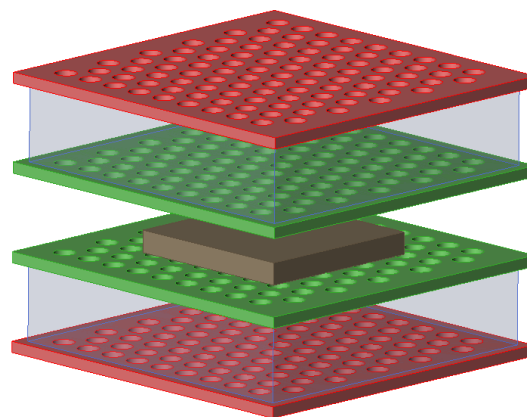
Active Ion Trap Plasma Mode




В режиме активного ионного захвата подложка располагается между двумя нагруженными электродами. Для проводящих подложек энергия ионной бомбардировки достаточно высокая. Режим травления ближе к анизотропному. В зазоре между активными электродами происходит накопление продуктов рекомбинации ионов и радикалов активной части разряда, что приводит к высоким скоростям травления в реактивном варианте.



Grounded Ion Trap Plasma Mode

В режиме ионного захвата подложка располагается между двумя заземленными электродами. Режим травления ближе к изотропному. Энергия ионов у подложки достаточно низкая и определяется температурой электронов в плазме послесвечения. Поверхностный заряд подложки также не высокий. В зазоре между активными электродами происходит накопление продуктов рекомбинации ионов и радикалов, что приводит к высоким скоростям травления в реактивном варианте.



-
-  - активный электрод
 -  - заземленный электрод
 -  - плавающий электрод

АО "ВАКУУМ.РУ"
 Москва, Зеленоград
 тел. +7 (495) 139-65-69
 e-mail: sales@vacuum.ru
 web: www.vacuum.ru

Торговая марка Yield Engineering Systems и логотип Yield Engineering Systems – собственность Yield Engineering Systems, Inc.

Перевод АО «ВАКУУМ.РУ»