

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ОБРАБОТКИ МАТЕРИАЛОВ, ПРОВОДИМЫЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПЛАЗМЫ ДВУХЧАСТОТНОГО РАЗРЯДА

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

Козлова С. А.

Мадвейко С. И. – к.т.н., доцент

В последнее время спрос на уменьшенный размер элементов и повышенную плотность устройств на кремниевых пластинах большего диаметра привел к появлению интегрированного кластерного инструмента для изготовления полупроводниковых приборов. Методы изготовления полупроводников используются для формирования интегральных схем на пластинах и часто включают в себя плазменные технологии для травления материалов из полупроводниковой пластины. Такие процессы плазменного травления, также известные как «сухое травление», обычно выполняются в плазменном реакторе, который использует радиочастотные генераторы для обеспечения мощности одного или нескольких электродов в вакуумной камере, содержащей газ с заданным давлением, определенным соответствующим процессом. Двухчастотные системы обычно используются для получения более высокой плотности ионов в плазме. Такой подход существенно влияет на скорость травления.

Двухчастотный емкостно-связанный плазменный реактор имеет отличительную особенность: он включает в себя 3 генератора мощности, которые соединены с соответствующими верхними и нижними электродами. Данные генераторы энергии выборочно активируются контроллером в соответствии с конкретным профилем активации. На рисунке 1 приведена схема данной установки [1]:

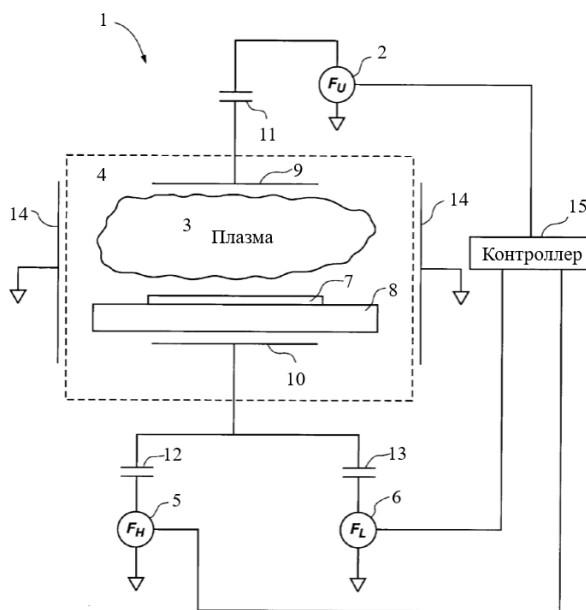


Рис. 1 - Схематическая диаграмма емкостно-связанного плазменного реактора с использованием трех генераторов энергии

Первый или верхний генератор энергии (2) используется для генерирования плазмы (3) в вакуумной камере (4). Плазменный реактор (1) дополнительно включает в себя второй высокочастотный генератор мощности (5) и третий генератор низкочастотной мощности (6), используемый для смещения подложки пластины (7), расположенной на основании для пластин (8). В установке плазменный реактор (1) представляет собой параллельный пластинчатый реактор, имеющий верхний электрод (9) и нижний электрод (10). Кроме того, генераторы (2), (5) и (6) связаны через соответствующие конденсаторы (11-13).

Верхний ВЧ генератор (2) способен генерировать от 1 до 2 кВт мощности с частотой приблизительно от 40 до 100 МГц. Кроме того, нижний ВЧ генератор (5) может генерировать радиочастотный сигнал с переменным питанием, мощность которого составляет приблизительно от 1 до 2 кВт, и работает в диапазоне частот приблизительно от 13,5 до 60 МГц. Кроме того, генератор низкочастотной мощности (6) может быть сконфигурирован для создания радиочастотного сигнала с переменным питанием приблизительно от 1 до 2 кВт мощности при рабочей частоте приблизительно от 1 до 13,5 МГц. Контроллер (15) может программироваться, переключать и управлять генераторами как по мощности, так и по частоте.

Второй двухчастотный ёмкостно-связанный плазменный модуль для обработки материалов включает в себя источник питания СВЧ плазмы (30-300 МГц), ёмкостно связанный с первым электродом реактора и высокочастотный ВЧ (0,1-30 МГц) источник питания с ёмкостной связью со вторым электродом реактора, к которому прикреплена пластина, для независимого формирования напряжения смещения постоянного тока на пластине. СВЧ источник питания используется для генерации и управления потенциалом плазмы с высокой плотностью для быстрого травления/осаждения с небольшим напряжением между первым электродом и плазмой, в то время как ВЧ источник питания используется для обеспечения смещения постоянного тока к второму электроду для независимого управления энергиями ионов [2]. На рисунке 2 приведена схема данной установки:

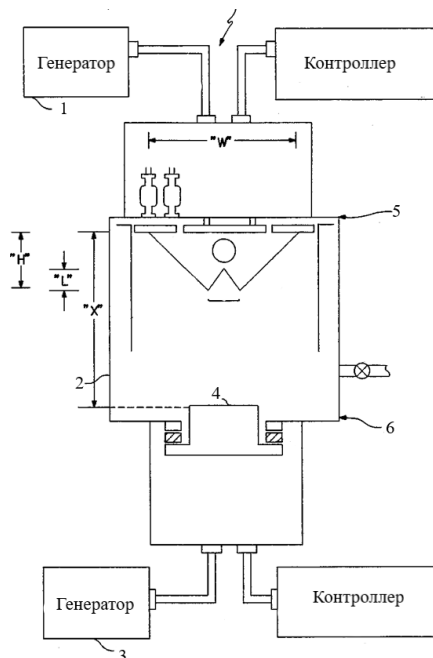


Рис. 2 - Принципиальная схема двухчастотного ёмкостно-связанного трехдиапазонного плазменного реактора

На рисунке 2 показан двухчастотный трехдиапазонный плазменный реактор для обработки полупроводниковых пластин и плоских панельных дисплеев. Генератор (1) используется для создания плазмы с высокой плотностью в вакуумной камере (2). Генератор (3) используется для смещения подложки обрабатываемой пластины (4). Реактор представляет собой параллельный пластинчатый реактор, имеющий верхний электрод (5) и нижний электрод (6).

Один из способов травления кремниевой пластины, используя данную установку, включает в себя этапы:

- размещение кремниевой пластины в вакуумной камере;
- размещение пластины в электрический контакт с указанным вторым электродом;
- применение источника энергии СВЧ-радиочастоты в диапазоне от примерно 30 МГц до примерно 300 МГц для первого электрода с целью образования плазмы внутри указанной вакуумной камеры;
- применение источника высокочастотной радиочастотной энергии в диапазоне от примерно 0,1 МГц до примерно 30 МГц для второго электрода с целью обеспечения самоиндуцированного смещения постоянного тока к пластине для управления энергией ионов из плазмы, бомбардирующих поверхность пластины.

Из приведённых выше описаний двухчастотных ёмкостно-связанных плазменных аппаратов можно сделать вывод, что схематически и по принципу действия они схожи между собой. Они применяют одну частоту для первого электрода, расположенного далеко от пластины, и который преимущественно контролирует и усиливает плазму. А частота на втором электроде обеспечивает управление смещением потенциала между электродом и плазмой. Главными отличиями являются конструктивные особенности разрядных камер, типы генераторов, а также частоты, используемые для различных режимов обработки полупроводниковых пластин.

Список использованных источников:

1. Bradley Howard, Multi-frequency plasma reactor and method of etching
2. Siamak Salimian, Carol M. Heller, Lumin Li, Dual-frequency capacitively-coupled plasma reactor for materials processing