

СПОСОБЫ ВОЗБУЖДЕНИЯ СВЕРХВЫСОКОЧАСТОТНОГО РАЗРЯДА

Страхович В. И.

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

Мадвейко С. И. – к.т.н., доцент

Неуклонное возрастание роли диапазона сверхвысоких частот (СВЧ) электромагнитного спектра в жизни общества обусловлено не только успешным его использованием в радиотехнике и радиолокации, но и тем, что электромагнитные колебания этого диапазона обладают рядом важных физических особенностей и свойств, отличающими их от смежных участков спектра. В частности, особенностью СВЧ-диапазона является легкость, с которой СВЧ-энергия трансформируется в другие виды энергии: тепло, энергию ускоренных частиц и др. Одним из наиболее перспективных применений СВЧ-энергии является получение неравновесной «мягкой», или «холодной», плазмы. Такая плазма обладает рядом важных свойств, которые находят все новые применения в сфере обработки и изготовления изделий электронной техники, а так же и в других различных областях науки и техники [1].

Основным элементом СВЧ-разряда является устройство, позволяющее вводить электромагнитную энергию в разрядный объем. Все конструкции СВЧ диапазона могут быть условно разделены на несколько групп: генераторы плазмы, основанные на волноводной конструкции (рисунок 1), генераторы плазмы на основе резонаторов СВЧ (рисунок 3). Волновод может быть отрезок прямоугольного волновода, перпендикулярно широким стенками которого вставлен реактор из материала, имеющего низкие диэлектрические потери на частоте возбуждения. Под волноводом понимают круглую или прямоугольную металлическую трубу, имеющую хорошо проводящую внутреннюю поверхность и определенное соотношение между размерами поперечного сечения и длиной волны (рисунок 2).

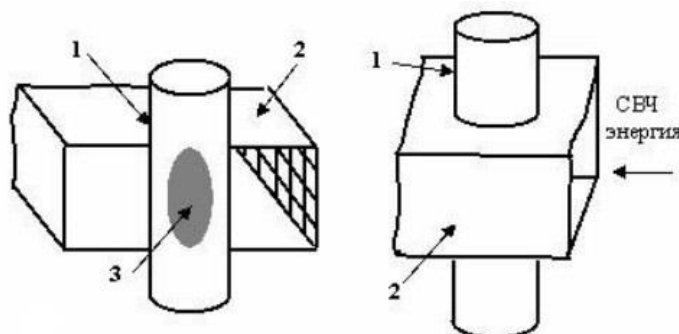


Рисунок 1 – СВЧ-аппликатор нерезонаторного типа (волноводная конструкция): 1 – корпус реактора, 2 – волновод, 3 – плазма

Главная особенность волновода заключается в том, что в нем могут распространяться электромагнитные волны, длина волны которых меньше или сравнима с характерным поперечным размером волновода. Это обуславливает применение волноводов главным образом в области сверхвысоких частот. Так же немало важным плюсом волноводов, является малые потери энергии.

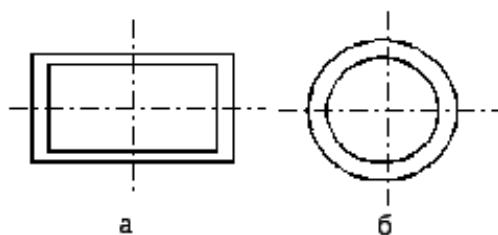


Рисунок 2 – Поперечные сечения металлических волноводов: а – прямоугольного; б – круглого

Недостатком волноводной конструкции является сложность изготовления, недостаточные долговечность и надежность, слабая устойчивость к механическим воздействиям и др., что в ряде случаев ограничивает их использование в современном оборудовании.

В резонаторе образуется стоячая или бегущая по замкнутому пути волна, амплитуда которой затухает при отсутствии подкачки энергии за время, много большее периода колебаний. В отличие от устройств с сосредоточенными параметрами типа колебательного контура или полуволнового отрезка длинной линии в объемном резонаторе все размеры порядка или больше длины волны в среде, заполняющей резонатор. Использование в промышленности разрешенной частоты генерации СВЧ-энергии 2,45 ГГц с длиной волны 12,2 см позволяет проектировать резонаторы с большим поперечным сечением (в несколько раз превышающим длину волны), что дает возможность размещать внутри резонатора реакционно-разрядную камеру большого объема.

В СВЧ-разрядных устройствах нашло применение сравнительно небольшое количество объемных резонаторов, различных по форме. В качестве аппликаторов резонаторного типа применяются прямоугольные (призматические), цилиндрические и другие типы резонаторов (рисунок 3).

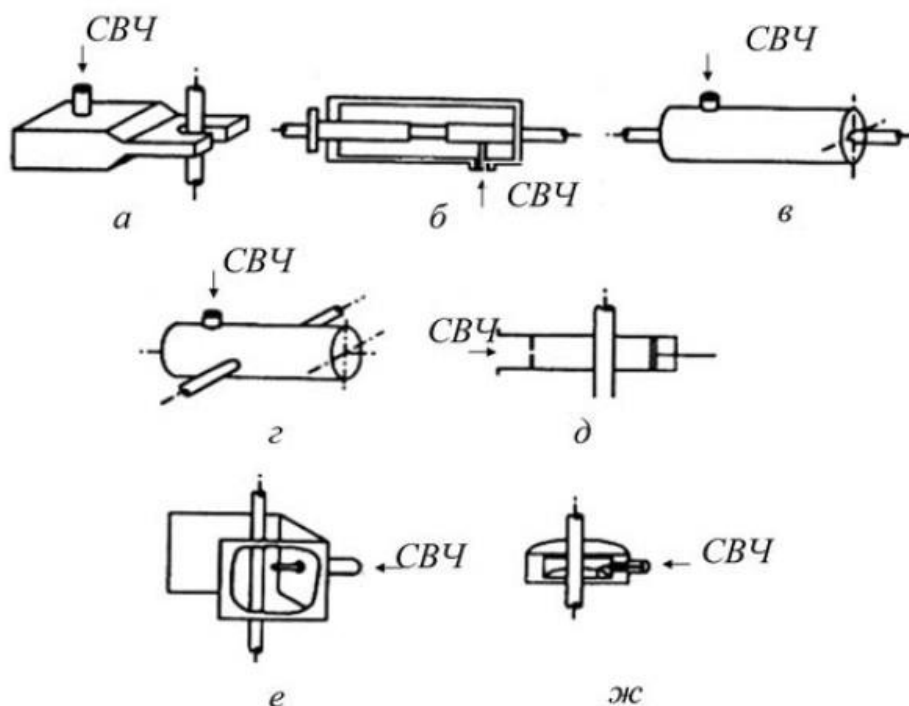


Рисунок 3 – Резонаторные СВЧ-плазмотроны: а – призматический резонатор; б – коаксиальный резонатор; в, г – цилиндрические резонаторы с различной ориентацией разрядных трубок; д – резонатор на базе прямоугольного волновода; е – открытый резонатор; ж – цилиндрический резонатор уменьшенной высоты

Наиболее широкое распространение получили цилиндрические резонаторы с круглой формой поперечного сечения, коаксиальные и призматические (прямоугольные) резонаторы и построенные на их основе резонаторы сложной формы [2-4].

Общим недостатком существующего резонаторного СВЧ-плазмохимического оборудования является небольшой объем реакционно-разрядной камеры (не более 4000 см³), что ограничивает использование такого оборудования в микроэлектронной промышленности на операциях индивидуальной обработки полупроводниковых пластин диаметром 200 и 300 мм и групповой обработки пластин с меньшим диаметром. Одним из способов решения данной проблемы может быть нетермическая активация СВЧ-разряда, т.е. дополнительная стимуляция нетермическим способом (например: подача озона в рабочую камеру).

Список использованных источников:

1. Райзер Ю.П. Физика газового разряда. - М.: Наука, 1987.
2. Дресвин С.В., Бобров А.А., Лелевкин В.М., Лысов Г.В., Паскалов Г.З., Сорокин Л.М. ВЧ- и СВЧ-плазмотроны. Наука, Сиб.отделение, 1992 г..
3. Батенин В.М., Климовский И.И., Лысов Г.В., Троицкий В.Н. СВЧ генераторы плазмы: Физика, техника, применение. М.: Энергоатомиздат, 1988.
4. Бордусов С.В. Плазменные СВЧ технологии в производстве изделий электронной техники: монография / Под ред. А.П. Достако. Минск, 2002.