

РЕАКТОР ДЛЯ ПЛАЗМО-ХИМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ОБЪЕКТОВ

Применение

1. Механообработка деталей из сталей с высокой твёрдостью, особенно после закалки – дорогостоящее и малоэффективное мероприятие, а для некоторых материалов даже нецелесообразное. Изготовить деталь из «сырой стали», а потом закалить – уйдут точные размеры. Плазмо-химическая обработка не закалённых деталей позволяет повысить их твёрдость до того же уровня, что даёт закалка, при этом нет температурных деформаций и нет изменения размеров (ядра атомов азота проникают вглубь кристаллической решётки обрабатываемой поверхности металла). Метод обработки позволяет кардинально улучшить коррозионную стойкость обработанных объектов, более того, повысить их химическую стойкость. С точки зрения энергоэффективности метод более предпочтителен, чем закалка.

2. После механообработки (полировки) рабочих поверхностей линз из разных материалов ухудшаются их оптические свойства. Обработка этих поверхностей потоком «холодной» плазмы позволяет качественно обеспечить более высокий класс обработки (наношероховатость) без ухудшения оптических свойств (прозрачности).

3. Такие материалы как кварц, пьезокерамика в специальных технологических процессах производства микроэлектронной техники и радиокомпонентов нуждаются в очистке поверхностей кристаллов от покрывающих их плёнок из органических и неорганических фоточувствительных материалов, полимеров и даже металлов, а также иных органических и неорганических частиц загрязняющих рабочие поверхности кристаллов; (также это необходимо при корпусировании кристаллов и разварке контактных соединений (выводов) радиоэлектронных компонентов), которые можно удалить при обработке в «холодной» плазме.

Нам удалось не только реализовать все эти технологии, но и предложить новые, оригинальные технические решения конструктивной реализации реакторов для обработки поверхностей объектов с различной геометрией и разными физическими свойствами, отличающиеся по сравнению с известными большей устойчивостью и равномерностью протекания процесса.

Технология плазмо-химической обработки (П-ХО) материалов проводится в холодной плазме разреженных газов с использованием ВЧ-генераторов при напряжениях порядка единиц кВ в вакуумном реакторе. В известных конструкциях реакторов для плазмохимической обработки в режиме обработки ядрами атомов газа - радикалами его корпус заземлён, то есть является одним из электродов, подложкодержатель и цилиндрический ВЧ-электрод, расположенный коаксиально по отношению к корпусу и перпендикулярно к подложкодержателю. При подаче высокого ВЧ напряжения на электроды в зазоре между корпусом и потенциальным электродом поддерживается самолокализующийся разряд высокого давления. Длина зазора выбирается достаточно большой, чтобы время пребывания атомов газа в нем было достаточным для его диссоциации. Поток газа, проходящий через зазор, активируется в

нем и, увлекая за собой активные нейтральные радикалы, доставляет их к поверхности обрабатываемого объекта. В это время заряженные частицы удерживаются в области плазмы, а поле, направленное перпендикулярно направлению движения ионов, не вносит дополнительной дрейфовой составляющей в их разгон к поверхности. Таким образом, в данном устройстве доступ ионов к поверхности объекта ограничен и, хотя скорости обработки поверхности радикалами достаточно высоки, существенных дефектов не наблюдается.

Недостатком такой конструкции является неспособность обрабатывать объекты большого диаметра без существенной неоднородности обработки, во избежание которой придется отдалить объект от зоны возбуждения, что резко понизит скорость обработки из-за рекомбинационных потерь радикалов в пути.

Повышение равномерности и качества обработки объектов больших габаритов возможно за счёт применения специальной формы электродов, обеспечивающих возбуждение разряда, которые выполнены в виде чередующихся (заземленных и потенциальных) колец. Таким образом, разряд поддерживается между внутренними цилиндрическими поверхностями электродов. Так как количество кольцеобразных электродов можно увеличить неограниченно, данная система позволяет обрабатывать объекты большого диаметра, что является очень важным, если принять в расчет тенденции роста обрабатываемых объектов и распространения рассматриваемой технологии в современных производствах разных видов техники. Разработанная конструкция реактора (рис.1-2) позволяет управлять газодинамикой над поверхностью объекта, регулируя, таким образом, радиальную неоднородность скорости обработки поверхности.

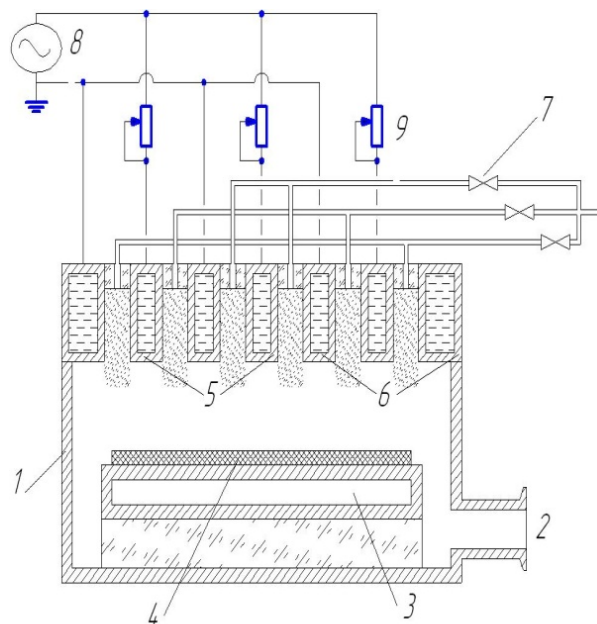


Рис. 1 – Реактор для П-ХО объектов

Это достигается тем, что в разработанном реакторе становится возможным контролировать протекание газовой смеси по каждому кольцевому зазору отдельно, то есть каждая пара кольцевых электродов может иметь свою систему газонапуска.

Перераспределение мощности, вкладываемой в разряд, производится между каждой парой кольцевых электродов независимо.

Реактор содержит заземленный корпус 1 с откачным патрубком 2. В корпусе 1 расположен подложкодержатель 3 с обрабатываемым объектом 4. Верхняя крышка камеры состоит из чередующихся потенциальных 5 и заземленных 6 электродов, рабочие поверхности которых имеют форму соосных цилиндров. Блок газонапуска состоит из натекателей 7, которые регулируют подачу газовой смеси в кольцевые зазоры между этими электродами. Питание электродов осуществляется от высокочастотного устройства 8 с рабочей частотой 400кГц. ВЧ-мощность, подаваемая на потенциальные электроды 5 перераспределяется при помощи устройств 9.

Реактор работает следующим образом. На подложкодержатель 3 укладывается обрабатываемый объект 4. Корпус 1 и система электродов герметизируют реакционный объем. Через патрубок 2 производится откачка камеры до давления $1,3 \div 6$ Па. После достижения этого давления осуществляется подача рабочего газа в области возбуждения разряда. При установлении в камере рабочего давления (350÷500) Па на электроды 5 от генератора 8 через устройство согласования подается высокое ВЧ напряжение с частотой 400 кГц. В зазоре между электродами 5 и 6 возбуждается плазма тлеющего разряда. Образующиеся при этом химически активные радикалы переносятся газовым потоком к поверхности объекта и осуществляют процесс его обработки.



Рис. 2 Опытный образец установки П-ХО

Так как ВЧ-поле в реакторе направлено вдоль поверхности объекта, оно препятствует дрейфу заряженных частиц в потоке газа в направлении к поверхности объекта. Таким образом, уменьшается вредное энергетическое воздействие разряда на поверхность. Во избежание неоднородности скорости обработки поверхности объекта радикалами, мощность, вкладываемая в каждый кольцевой зазор, перераспределяется соответствующим устройством, а расход газовой смеси, подаваемой в каждый кольцевой зазор, регулируется отдельным натекателем.