

матики и физики, протекающих в природе. Рассмотрим некоторые из них:

«Дифференциал» как приращение угловой скорости для достаточно малого приращения времени в произвольной точке зависимости угловой скорости вращения от времени; приращение работы в некоторый момент, соответствующее малому приращению времени, если зависимость работы от времени нам будет известна; приращение кинетической энергии тела для малого приращения скорости в произвольной точке зависимости $K=mv^2/2$, где K -кинетическая энергия и v -скорость.

«Определённый интеграл» как угол поворота тела за данное время при вращении с переменной угловой скоростью;

скорость прямолинейного движения тела, приобретённая за данный промежуток времени; потенциальная энергия пружины, деформированная на данную величину.

УДК 621.793

Янчик А.Д.

НАНЕСЕНИЕ ТОНКИХ ПЛЕНОК МАГНЕТРОННЫМ РАСПЫЛЕНИЕМ

БНТУ, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: ст. преподаватель Бабук В.В.

Тонкие плёнки – тонкие слои материала, толщина которых находится в диапазоне от долей нанометра (моно атомного слоя) до нескольких микрон. Нанесение тонких плёнок на подложку может осуществляться различными методами, наиболее часто используемые методы: химическое и плазмохимическое осаждение из газовой фазы; вакуумное термическое распыление; магнетронное распыление; вакуумно-дуговое нанесение; ионно-лучевое осаждение; электронно-лучевое осаждение.

В тонкопленочных технологиях наибольшее распространение получили две методики получения пленок в вакууме: испарение и ионное распыление. При использовании методов испарения осаждаемое вещество (мишень) нагревается до температуры испарения, и затем его пары конденсируются на подложке. Здесь наибольшее распространение получили способы термического испарения (разогрев материала печкой) и электроннолучевой нагрев. При первом способе происходит прямой нагрев вещества нагревательным элементом. Во втором способе испарения материал переводится в пар с помощью сфокусированного электронного пучка большой мощности.

Наиболее эффективными и распространенными системами ионного распыления являются магнетронные системы. Метод магнетронного распыления позволяет создавать металлические, в том числе особенно сверхпроводящие и ферромагнитные плёнки, диэлектрические (как из диэлектрических материалов, так и в атмосфере реактивных газов). Пленки, изготовленные магнетронным распылением, имеют высокую адгезию, подложка при этом не разогревается, что позволяет напылять на материалы с низкой термостойкостью (фоторезистор). Возможно распыление тугоплавких материалов.

Еще важное преимущество магнетронных систем обусловлено тем, что ионизация газа происходит непосредственно вблизи поверхности мишени. Газоразрядная плазма локализована вблизи мишени, а не «размазана» в межэлектродном пространстве, как в методе катодного распыления. В результате резко возрастает интенсивность бомбардировки мишени ионами рабочего газа, тем самым увеличивается скорость распыления мишени и, как следствие, скорость роста пленки на подложке (скорость достигает несколько десятков нм/с).

Наличие магнитного поля не дает электронам, обладающим высокой скоростью, долететь до подложки, не столкнувшись с атомами рабочего газа. Поэтому подложка не нагревается вследствие бомбардировки ее вторичными электронами.

Основным источником нагрева подложки является энергия, выделяемая при торможении конденсации осаждаемых атомов вещества мишени, в результате чего температура подложки не превышает 100... 200 °С. Это даёт возможность напылять пленки на подложки из материалов с малой термостойкостью (пластики, полимеры, оргстекло и так далее).

Преимуществом в магнетронной системе является то, что в магнетронном разряде можно получить весьма высокие плотности ионного тока (до десяти ампер на квадратный сантиметр), не достижимые в других системах, и высокую скорость нанесения материала на подложку. Получения высокой скорости осаждения способствует и то, что магнетронный разряд можно поддерживать при относительно низком давлении ($\sim 0,1$ Па), при котором минимизируется обратное рассеивание распыленного вещества при переносе к подложке через пространство, заполненное рабочим газом. Также в при относительно низком давлении улучшается адгезия, так как в камере меньше лишних веществ. Кроме того, качество покрытия будет лучше благодаря чистоте вакууме.