

продукта благодаря постоянному обсуждению деталей, использованию простых решений и постоянному улучшению идей.

В итоге рассмотрения данного вопроса можно сказать, что подходы к разработке программного обеспечения определяют успех проекта, гарантируют стабильность в работе продукта, безопасность и устойчивость функциональных особенностей. Невозможно применить одну модель для любого проекта, поэтому руководители проектов стараются найти оптимальный вариант из множества в зависимости от специфики и масштаба, сложности проекта и условий, в которых создается и функционирует система.

УДК 62.133.54

Бабарико Д. И.

МЕТОД ТЕРМИЧЕСКОГО ИСПАРЕНИЯ В ВАКУУМЕ

*Белорусский национальный технический университет,
г. Минск, Республика Беларусь*

Научный руководитель: ст. преподаватель Е. П. Орлова

Метод термического испарения в вакууме заключается в испарении металла или сплава и конденсации его паров на поверхности пластинки (подложки). Качество и прочность пленок в большей степени зависят от чистоты подложки. Поэтому поверхность подложки предварительно полируется и тщательно очищается. Часто во время напыления подложка нагревается при помощи специального нагревателя до температуры 100–300 °С. При подогретой подложке частично снимаются внутренние напряжения в пленке, и улучшается ее сцепление с подложкой. Подложки могут быть изготовлены из стекла, кварца, слюды и немагнитных металлов. В качестве подложки в некоторых случаях используются сколы монокристаллов поваренной соли NaCl.

Простейшая схема установки для получения тонких магнитных пленок методом термического испарения металлов и сплавов в вакууме показана на рисунке 1.

Сплав или металл, который должен быть осажден на подложку 1, помещают в испаритель 2. В рассматриваемом случае он имеет форму лодочки, изготовленной из тугоплавкого металла, например вольфрама. Через лодочку пропускают электрический ток, пока она

не приобретет достаточно высокую температуру, при которой исходный материал начинает плавиться. Пары от расплавленного металла в виде атомарного пучка, распространяясь от лодочки, попадают на подложку 1 и осаждаются на ее поверхности, образуя слой в виде тонкой пленки (вакуумного конденсата).

Если подложку предварительно поместить на пластинку (маску) с отверстиями 3, например круглыми, то в процессе конденсации на подложке образуются пленки, имеющие форму в виде круглых пятен, то есть в соответствии с формой отверстий в маске. Таким образом, с помощью маски 3 можно придавать пленкам различные размеры и форму.

Вся система помещается в вакуумную камеру 6, откачанную до достаточно высокого вакуума. Вакуум должен быть таким, чтобы атомы металла не сталкивались с молекулами остаточного газа при своем движении к подложке, то есть их траектории должны быть прямолинейными. Это условие выполняется, если в камере создается давление порядка 10–5 мм ртутного столба. В этом случае расстояние от испарителя до подложки достаточно мало по сравнению со средней длиной свободного пробега молекул газа и большая часть атомов металла будет достигать подложки, не испытывая столкновений с молекулами остаточного газа. Такой вакуум легко получить в обычной лабораторной вакуумной установке. При осаждении паров на подложку происходит переход атомов металла из паровой фазы в конденсированное состояние.

Рассмотренный метод позволяет получать пленки разной толщины. Она регулируется изменением скорости или времени конденсации. На процесс формирования пленок оказывают влияние несколько факторов, наиболее существенным, из которых является температура подложки. В зависимости от этой температуры могут реализоваться различные механизмы конденсации, которые в большой степени

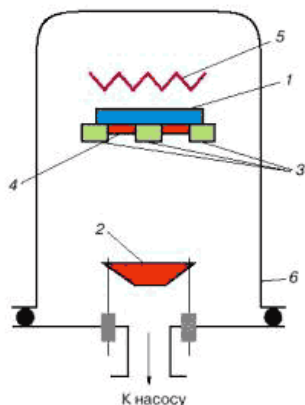


Рис. 1. Схема испарительной части вакуумной установки для получения пленок: 1 – подложка, 2 – лодочка с испаряемым сплавом, 3 – маска, 4 – пленка, 5 – нагреватель, 6 – корпус вакуумной камеры

определяют структурное состояние и магнитные свойства пленок. В частности, при повышении температуры подложки от 200 до 5000 С наблюдается заметное изменение магнитной проницаемости и величины внешнего магнитного поля H_s , в котором происходит насыщение ферромагнитной среды. Не анализируя каждый механизм в отдельности, рассмотрим один из них, например механизм конденсации пар жидкость кристалл, который осуществляется, когда температура подложки выше определенной критической.

Применение электронной микроскопии позволило установить, что при конденсации паров сначала образуются капли жидкой конденсированной фазы, которые на некоторой стадии роста кристаллизуются, образуя отдельные изолированные частицы (зародыши), имеющие в большинстве случаев сферическую форму. Затем в процессе дальнейшей конденсации паров происходит рост зародышей, их слияние и образование сплошного слоя.

Достоинства и недостатки термического испарения:

Отметим достоинства и недостатки метода термического испарения по сравнению с другими методами нанесения пленок.

Достоинствами метода термического испарения являются:

- высокая скорость испарения веществ и возможность регулирования ее в широких пределах за счет изменения подводимой к испарителю мощности;
- высокая производительность при групповой загрузке и обработке подложек;
- возможность одновременно с осаждением пленки получать требуемую конфигурацию тонкопленочных элементов пассивной части ИС за счет использования металлических («свободных») масок;
- возможность вести процесс как в высоком вакууме, так и в окислительной и восстановительной среде разреженного газа.

Недостатками метода термического испарения являются:

- невысокая воспроизводимость свойств пленок;
- трудность испарения тугоплавких материалов и материалов сложного состава;
- появление поверхностных дефектов в результате вылета мелких частиц, нарушающих непрерывность пленочного покрытия;
- небольшой срок службы и высокая инерционность испарителей;
- загрязнение пленки материалом испарителей;
- невысокая адгезия пленок к подложке.