

осаждаемого металла (титана и алюминия), фазового упрочнения за счет выпадения второй фазы (нитрид) и образования твердых растворов на основе решетки нитридов. Кроме того, в этом диапазоне наблюдается значительное уменьшение содержания капельной фазы в продуктах эрозии материала катода. Однако покрытия, полученные при давлении $(5...6) \times 10^1$ Па, наряду с высокой стойкостью характеризуются малой пластичностью и поэтому склонны к хрупкому разрушению в процессе трения. Уменьшение значений стойкости покрытия при дальнейшем повышении давления азота может быть следствием двух причин: образования более однородного по структурным характеристикам конденсата стехиометрического состава (AlTiN) и уменьшения искажений кристаллической решетки образующихся нитридов вследствие падения скорости конденсации. Уменьшение скорости конденсации в области давлений азота выше 6×10^1 Па обусловлено процессами взаимодействия частиц плазмы в объеме, а также уменьшением энергии ионов алюмотитана на мишени.

УДК 621.9.048

Сяхович П. В.

**ПРОЦЕСС ФОРМИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОННОГО
ПОТОКА. КОНСТРУКЦИЯ ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВОГО
ИСПАРИТЕЛЯ**

Белорусский национальный технический университет,

г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: канд. техн. наук,

доцент Комаровская В. М.

В настоящее время значительный научный и практический интерес вызывает применение процессов высокоскоростного электронно-лучевого испарения и последующей конденсации в вакууме металлов и неметаллов для получения новых ком-

позиционных материалов. Качество технологических свойств осаждаемых покрытий в большей степени зависит от формируемых потоков электронов технологические параметры которых обусловлены особенностями конструкции испарителей.

Для формирования потока электронов предназначена электронная пушка, состоящая из вольфрамового термокатода и фокусирующей системы. Эмитируемые электроны проходят эту систему, ускоряются за счет разности потенциалов до 10 кВ между катодом и анодом и формируются в электронный луч. Отклоняющую систему создает магнитное поле, перпендикулярное направлению движения выходящих из фокусирующей системы пушки электронов. Это поле направляет электронный луч в центральную часть водоохлаждаемого тигля, причем в месте падения луча создается локальная зона разогрева и испарения вещества из жидкой фазы. Поток испарившегося материала осаждается в виде тонкой пленки на подложке, которая обычно располагается на определенном расстоянии над испарителем. Изменяя ток в катушке управляющего отклоняющей системой электромагнита, можно сканировать лучом вдоль тигля, что предотвращает образование «кратера» в испаряемом материале.

В электронной пушке (см. рис. 1) с поверхности катода происходит эмиссия свободных электронов и их формирование под действием ускоряющих и фокусирующих электростатических и магнитных полей в пучок, который выводится в рабочую камеру через выходное отверстие. Для подведения электронного пучка к тиглю с испаряемым материалом и обеспечения его требуемых параметров используются главным образом магнитные фокусирующие линзы и отклоняющие системы. Беспрепятственное прохождение такого пучка до объекта возможно только в высоком вакууме. Вследствие бомбардировки поверхности электронным пучком, материал нагревается до температуры, при которой происходит его испарение с требуемой скоростью. В образующийся поток по-

мещается подложка, на которую конденсируется испаряемое вещество.



Рис. 1. Электронно-лучевая пушка

В простейшем случае электронный пучок направляется на испаряемый материал отвесно сверху или под косым углом к поверхности. Для фокусировки пучка и получения на поверхности материала требуемой удельной мощности используются длиннофокусные генераторы электронных пучков. Существенные недостатки такого расположения – возможность образования пленки на деталях электронно-оптической системы, приводящей к изменению параметров электронного луча, и ограничение полезной площади для размещения подложки из-за затенения части технологической камеры пушкой. Указанных недостатков можно избежать, размещая пушку горизонтально, а отклонение электронного пучка на испаряемый материал осуществлять с помощью систем, обеспечивающих поворот пучка на угол до 270° .

УДК 621.9.048

Сяхович П. В.

ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

Белорусский национальный технический университет,

г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: канд. техн. наук,

доцент Комаровская В. М.

Появление в середине XX столетия электронно-лучевой, плазменно-дуговой и лазерной технологий вывело металлооб-