

биться процента равномерности покрытия до значения в 2 %, что является крайне хорошим показателем в современных реалиях и позволит организовать высокопроизводительное и высокоэкономическое производство.

УДК 621.793.14

Метод импульсно-лазерного напыления в вакууме

Родькин Д. Г., студент

*Белорусский национальный технический университет
Минск, Республика Беларусь*

Научный руководитель: к.т.н., доцент Комаровская В. М.

Аннотация:

В данной статье рассмотрен метод импульсно-лазерного напыления покрытий в вакууме. Описаны преимущества и недостатки данного метода, а также рассмотрены способы устранения некоторых недостатков.

Импульсное лазерное напыление (ИЛН) – это контролируемый и управляемый процесс осаждения на поверхности подложки материалов, образованных в ходе взаимодействия лазерного импульса с мишенью в вакуумной камере при участии плазменного абляционного факела [1].

При импульсно-лазерной технологии формирования покрытий для испарения мишеней используются твердотельные или углекислотные лазеры. Основными технологическими параметрами, которые оказывают влияние на качественные и эксплуатационные характеристики получаемых покрытий являются: давление в вакуумной камере, расстояние от мишени до подложки, температура подложки и режим работы лазера в процессе напыления.

В большинстве работ к достоинствам метода получения покрытий импульсно-лазерным напылением относят одни и те же параметры, и факторы процесса, но существует и ряд отличий. Авторы работы [1] выделяют следующие преимущества ИЛН: высокая

морфологическая однородность формируемой пленки; высокая степень катионной стехиометрии формируемых покрытий; высокая скорость напыления, позволяющая получать пленки высокой степени кристалличности; отсутствие загрязнений формируемой пленки компонентами материалов камеры и других устройств, благодаря малой ширине луча. Экспериментальные исследования, проведенные авторами работы [2], указывают на возможность получения покрытий высокого качества методом ИЛН, при относительно низких температурах подложки. Авторы работы [3] указывают на возможность применения ИЛН для нанесения ультратонких (от 0,3 нм) сплошных пленок, а также многокомпонентных пленок. В работе [4] отмечается возможность проведения процесса ИЛН в широком диапазоне давлений рабочего газа (от глубокого вакуума до порядка 100 Па); отсутствие ограничений на вид испаряемого материала; конструктивная простота метода.

В тоже время данному методу присущи и недостатки. Авторы работы [1] указывают на низкий коэффициент использования материала мишени (1–2 %), что связано с узкой зоной эрозии из которой происходит испарение материала; невозможность получения покрытий из материалов, которые слабо поглощают или отражают лазерное излучение; наличие капельной фазы в составе покрытия, при увеличении скорости осаждения выше определенного значения. В работе [3] к недостаткам ИЛН относят наличие в плазменном факеле частиц высоких энергий, что приводит к образованию дефектов в осаждаемом покрытии. В работе [5] отмечается возможный эффект реиспарения наносимого покрытия, из-за наличия в плазменном факеле частиц с высокой энергией и, как следствие, снижение качества покрытия и скорости напыления; также в этой работе говорится о неоднородности по толщине покрытий, полученных данным методом.

Следует отметить, что в работе [5] предлагается способ повышения однородности пленки по толщине, путем сканирования (перемещения) лазерного луча по поверхности мишени. Это осуществляется за счет оптической системы, которая фокусирует и направляет лазерный луч. Таким образом, достигается повышение однородности пленки по толщине почти на 15 %. Также, способ сканирования

описан в работе [2], где говорится о снижении таким образом шероховатости наносимого покрытия.

Учеными института лазерных технологий, в работе [3], предлагается способ устранения капель, которые возникают в процессе импульсно-лазерного напыления. Данный способ возможно реализовать, используя два лазерных источника, и две мишени соответственно, которые установлены под углом относительно друг друга, на небольшом расстоянии. При воздействии лазерного излучения на поверхность мишени происходит локальный разогрев и испарение вещества. Распыленные частицы материала направляются от мишеней в виде плазменных факелов, которые пересекают друг друга на определенном расстоянии от зоны эрозии. При пересечении факелов за счет неупругого кулоновского взаимодействия происходит отклонение части ионов эрозионных факелов от первоначального направления разлета. При этом, более тяжелые капли распространяются в пределах собственных плазменных факелов, не взаимодействуя друг с другом и, как следствие, не отклоняясь от первоначальной траектории движения.

Загрязнения пленки твердыми частицами и каплями расплава материала мишени можно избежать, применив механический сепаратор, описанный в работе [3], либо подобрав необходимые технологические режимы напыления пленок.

Существует способ повышения коэффициента использования мишени при ИЛН, подробно описанный в работе [5]. Его сущность заключается в установке охлаждаемого анода в промежутке между мишенью и подложкой, и подаче отрицательного напряжения на металлическую мишень, изолированную от корпуса. При этом наблюдается значительный рост количества ионизированных частиц в плазменном потоке из-за воздействия электрического поля. Образовавшиеся положительные ионы направляются обратно к мишени и бомбардируют ее, выбивая новые атомы. Таким образом повышается зона эрозии мишени.

Следует отметить, что в последнее время отмечается интерес к совмещению технологий лазерной абляции с такими методами формирования покрытий в вакууме, как магнетронный и электронно-лучевой. Это позволит расширить энергетический и зарядовый

диапазон частиц плазмы, и, как результат, повысить эффективность процесса напыления тонких пленок.

Также лазерная абляция может использоваться для внутрикамерной подготовки поверхности перед формированием покрытий.

Список использованных источников

1. Булаев, С. А. Сущность импульсного лазерного напыления в вакууме как способа получения пленок нанометровых толщин / С. А. Булаев // Вестник Казанского технологического университета. – 2014. – Т. 17, № 18. – С. 25–28.

2. Девецкий О. В., Никулин Д. А., Сысоев И. А. Импульсное лазерное напыление тонких пленок нитрида алюминия на сапфировые подложки // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. – 2020. – Т. 20. № 2. – С. 177–184.

3. ИПЛИТ РАН [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://shatura.laser.ru/laser.ru/30/laser_plasma_spraying.pdf. – Дата доступа: 01.11.2022.

4. Установка для исследования параметров магнетронной и лазерной плазмы / А. П. Бурмаков [и др.] // Приборы и методы измерений. – 2012. – № 1. – С. 37–40.

5. Core [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://core.ac.uk/download/pdf/76001714.pdf>. – Дата доступа: 01.11.2022.