

УДК 621.793.18, 536.212.2

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ НАНЕСЕНИЯ ТОНКИХ ПЛЕНОК MoS_2 МЕТОДОМ МАГНЕТРОННОГО РАСПЫЛЕНИЯ НА ПОДОГРЕВАЕМЫЕ ПОДЛОЖКИ

Шептырёва Эльзьята Данзановна⁽¹⁾, Долломанжи Александр Антонович⁽²⁾

Магистр 1 года⁽¹⁾, аспирант 4 года⁽²⁾

кафедра «Электронные технологии в машиностроении»

Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана

Научный руководитель: А.И. Беликов,

Кандидат технических наук, доцент кафедры «Электронные технологии в машиностроении»

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время ультратонкие пленки дисульфида молибдена как двумерные материалы имеют большой потенциал для использования в области нанoeлектроники благодаря их уникальным физическим свойствам. Так, например, они характеризуются запрещенной зоной, которая зависит от толщины и уменьшается при росте толщины пленки, что обеспечивает возможность управлять оптическими и электрическими свойствами этих материалов, изменяя количество монослоев. Кроме того, им свойственна довольно высокая подвижность носителей заряда, что делает их использование перспективным в различных оптоэлектронных приборах, полевых транзисторах (FET), фотоприемниках, интегральных схемах, устройствах памяти и многих других устройствах.

Область осаждения ультратонких пленок обычно подразделяется на два более широких раздела - химическое осаждение из газовой фазы (CVD) и физическое осаждение из газовой фазы (PVD). Методы физического осаждения (PVD) в вакууме используют для формирования паровой фазы пленкообразующего материала физическое воздействие на мишень. Использование магнетронного распыления [1] как метода физического осаждения позволяет формировать плотную микро-(нано-) кристаллическую структуру металлических и керамических покрытий при полном отсутствии капельной фазы, и возможность нанесения покрытий на термочувствительные материалы при низких температурах.

При формировании методом магнетронного распыления на особенности роста ультратонких пленок существенное влияние оказывает исходное состояние поверхности подложки, а в процессе нанесения – температура подложки, устанавливаемые режимы проведения процесса, что отражается на структуре и свойствах получаемых пленок. Так, температура подложки во многом определяет форму и размер зерен, шероховатость поверхности пленки, а также способствует изменению структуры получаемого покрытия от аморфной до кристаллической [2, 3], поэтому в технологическом процессе важно использование источника тепла, поддерживающего температуру подложек в заданных пределах.

ПРОЕКТНАЯ ЧАСТЬ

Целью данной работы являлась разработка конструкции подложкодержателя с подогревом подложек для установки нанесения тонких пленок методом магнетронного нанесения кафедры МТ-11 «Электронные технологии в машиностроении» МГТУ имени Н.Э.Баумана, анализ конструкции посредством моделирования процесса нагрева

элементов системы. Моделирование нагрева проводилось в программной среде “Ansys”, что позволило получить распределение значений температуры на поверхности подложкодержателя.

Были рассмотрены два варианта конфигурации технологической системы. Основными параметрами для выбора предпочтительного решения были способность к нагреву и возможность изменения положения в пространстве подложкодержателя.

В качестве вариантов исполнения были рассмотрены следующие (рисунок 1):

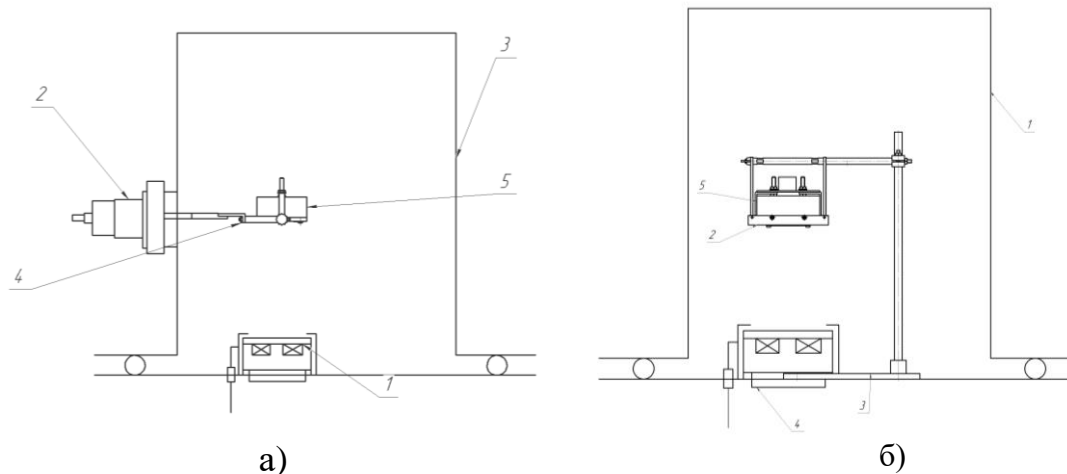


Рисунок 1 – Варианты исполнения технологической системы:

- а) Вариант 1 компоновки элементов в камере: 1 – магнетронная распылительная система, 2 – ввод вращения в вакуумную камеру, 3 – вакуумная камера, 4 – технологическая оснастка, 5 – ИК нагреватель;
- б) Вариант 2 компоновки элементов в камере: 1 – вакуумная камера, 2 – узел поворотного подложкодержателя, 3 – основание-стойка, 4 – магнетронная распылительная система, 5 – ИК нагреватель.

Вариант 1 характеризуется наличием узла поворотного подложкодержателя, расположенного на вводе вращения через боковой фланец. При таком исполнении системы с подложкодержателем подложка на нем будет иметь две степени свободы. Вариант 2 включает в себя подложкодержатель, закреплённый снизу на лапе-стойке, имеющий три степени свободы подложки. Стоит отметить, что для нагрева подложек в обоих случаях предложено использование инфракрасного кварцевого нагревателя QR-1/3 с максимальной выходной мощностью 600 Вт. В результате анализа конструкции был выбран вариант 2, поскольку он обеспечивает варьирование такими параметрами процесса, как угол наклона и расстояние от магнетрона до подложки.

При проведении моделирования и теплового расчета были выбраны подложкодержатель и инфракрасный нагреватель в качестве исследуемых элементов системы. Исходная модель с граничными условиями для разрабатываемой конструкции представлена на рисунке 2, результаты распределения температуры приведены на рисунке 3. По результатам расчета было определено время, за которое подложкодержатель нагреется до температуры 350°C, что составило 553 сек. Расчетное время нагрева было подтверждено практически, при проведении технологического процесса магнетронного осаждения пленок MoS₂ с использованием изготовленной согласно варианту 2 конструкции оснастки для нанесения тонких пленок.

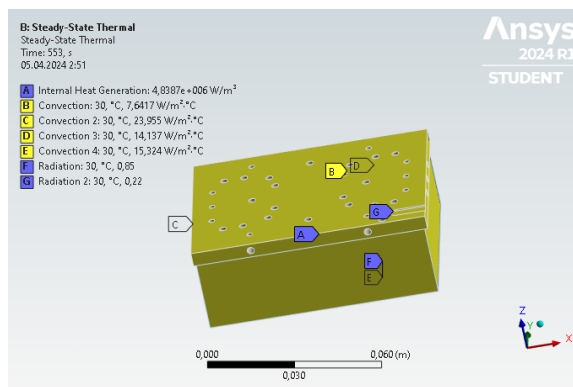


Рисунок 3 – Граничные условия при моделировании процесса нагрева элементов системы

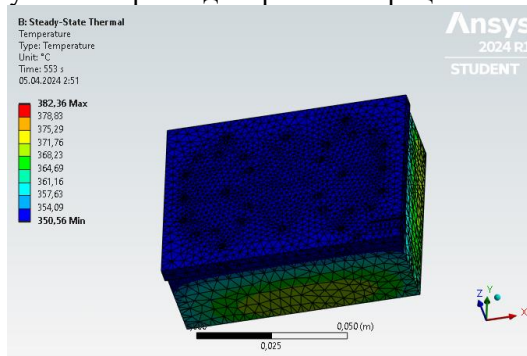


Рисунок 4 – Результат моделирования процесса нагрева элементов системы

РЕЗУЛЬТАТЫ И ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, разработанная для нанесения тонких пленок MoS₂ методом магнетронного распыления на подложки технологическая система обеспечивает нагрев подложек до 350 °C менее чем за 10 минут, а также при проведении исследований позволяет изменять угол наклона и расстояние от подложки до магнетрона.

Проведение теплового расчета системы позволило определить необходимые параметры для обеспечения требуемой температуры.

В дальнейшем планируется проведение серии экспериментов по распылению мишеней дисульфида молибдена и осаждению пленок при температуре подложек около 350 °C и дальнейший анализ свойств полученных тонкопленочных покрытий.

Литература

1. Кузьмичев А. И. Магнетронные распылительные системы. Киев: Изд-во «Аверс», 2008. 244 с.
2. Spalvins T. Structure of sputtered molybdenum disulfide films at various substrate temperatures // ASLE Transactions. 1974. № 17. P. 1–7.
3. Spalvins T. Tribological properties of sputtered MoS₂ films in relation to film morphology // Thin solid films. 1980. № 73. P. 291–297.