

УДК 539.234

## **АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА ИМПУЛЬСНОГО ЛАЗЕРНОГО ОСАЖДЕНИЯ НА ФИЗИКО-МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ТОНКИХ ПЛЕНОК**

Людмила Михайловна Ремез<sup>(1)</sup>, Александр Евгеньевич Шупенёв<sup>(2)</sup>, Иван Валерьевич Куликов<sup>(3)</sup>

*Студент 6 курса<sup>(1)</sup>, аспирант 2 года<sup>(2), (3)</sup>,  
кафедра «Лазерные технологии в машиностроении»*

*Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана*

*Научный руководитель: А.В. Богданов,*

*кандидат технических наук, доцент кафедры «Лазерные технологии в машиностроении»*

ИЛО является одним из наиболее широко используемых методов при решении исследовательских задач связанных с разработкой методик формирования тонких пленок и исследования их свойств.

Модуль PLD является полностью автоматизированным модулем импульсного лазерного осаждения (Pulsed Laser Deposition – PLD) с эксимерным KrF лазером. Модуль PLD позволяет осаждать монослои, многослойные структуры и комбинированные слои из различных материалов с неоднородностью по толщине < 5 %.

Комплекс НАНОФаб обладает набором управляемых параметров, позволяющих менять условия осаждения пленок в широких диапазонах. Можно выделить несколько наиболее важных параметров:

- параметры лазерного излучения
- расстояние между мишенью и подложкой
- движение сканатора, мишени и подложки
- наличие газов в камере
- температура подложки

*Параметры лазерного излучения.* Влияние энергии импульса лазерного излучения имеет пороговый характер. Для каждого материала имеется свое минимальное значение энергии, необходимое для испарения материала.

Выделяют 3 режима:

- мягкий
- средний
- жесткий

На мягких режимах продукты лазерной эрозии состоят из легкодисперсной структуры и каплевидной фракции, при осаждении формируется пучковая структура пленки. Мягкие режимы используются для напыления однокомпонентных материалов, позволяют напылять стехиометрические слои многокомпонентных соединений.

При осаждении на средних режимах при испарении происходит диссоциация, а при конденсации – ассоциация атомов в молекулы. Средние режимы используются при напылении многокомпонентных полупроводниковых слоев.

Процесс напыления на жестких режимах (лазерно-плазменное напыление) соответствует процессу термовзрыва. Данному процессу присущи уникальные свойства: отсутствие нагрева конструктивных элементов в камере, вследствие чего обеспечивается высокая чистота пленок, высокие скорости напыления, возможность испарения даже самых тугоплавких веществ, возможность конгруэнтного напыления.

*Влияние температуры* на скорость образования пленки: коэффициент диффузии, количественно характеризующий скорость диффузии атомов на поверхности подложки, будет пропорционален температуре. На величину адсорбции температура влияет следующим образом:

чем выше температура, тем активнее броуновское движение молекул, тем больше десорбция и меньше адсорбция.

Влияние температуры также стоит отметить на этапе зародышеобразования. Увеличение температуры подложки приведет к увеличению размера критического зародыша. Кроме того, островковая структура будет сохраняться до больших средних толщин, чем те, которые соответствуют низким температурам.

Важной отличительной особенностью метода ИЛО является возможность подачи газов - процесс осаждения пленок можно проводить в широком диапазоне давлений фонового газа, от глубокого вакуума, до давлений  $\sim 1$ Торр. Это позволяет получать пленки из материалов, которые имеют высокое давление насыщенных паров некоторых элементов из их состава.

*Расстояние подложка-мишень (H)*: чем ближе к мишени находится подложка, тем больше частиц попадут на поверхность, следовательно будет выше скорость роста пленки. Но за счет малого расстояния до подложки будут долетать более крупные частицы (капли), что ухудшает свойства пленки, создавая дефекты поверхности.

Движение сканатора (по горизонтальной оси) в сочетании с вращением мишени обеспечивает равномерное использование материала мишени по всей ее площади (размер может меняться, и в соответствии с размером мишени задается траектория движения луча). При добавлении вращательного движения подложки можно обеспечить равномерное осаждение пленки по всей поверхности подложки.