

ТЕХНОЛОГИИ МОЛЕКУЛЯРНОЙ СБОРКИ

В последнее десятилетие многие ведущие исследователи связывают совершенствование производств с нанотехнологиями, которые позволяют повысить качество продукции или выпускать изделия следующего поколения с использованием наноразмерных материалов и структур.

Один из наиболее перспективных методов – молекулярная сборка или молекулярное наслаивание (МН) – известен за рубежом как ALD (Atomic Layer Deposition, атомно-слоевое осаждение). Это метод формирования функциональных покрытий путем последовательного осаждения элементарных слоев, которые могут состоять как из одного элемента, так и из различных функциональных групп. Сегодня существуют две разновидности МН: осаждение из газовой или жидкой фазы. Чтобы оценить возможности метода, необходимо более детально рассмотреть, как происходит процесс осаждения (рис.1, 2):

1. На первом этапе осуществляется напуск реагента **А**. В процессе физической адсорбции и хемосорбции происходит насыщение поверхности реагентом **А**, толщина покрытия составляет один монослой.

2. На втором этапе для удаления следов реагента поверхность промывается в инертной среде.

3. Если необходимо получить покрытие, состоящее из одного элемента, то повторяется первый этап. Если же необходимо синтезировать соединение, то производится напуск реагента **Б**. За счет хемосорбции сначала образуется монослой

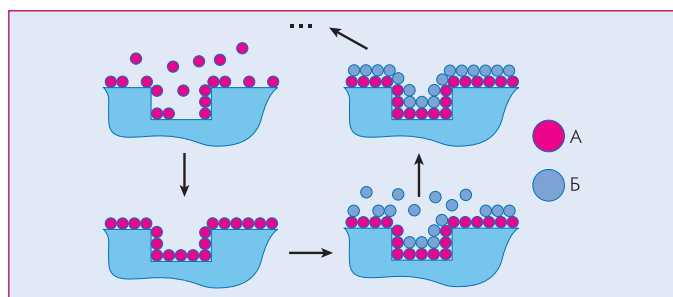


Рис.1 Схема процесса МН

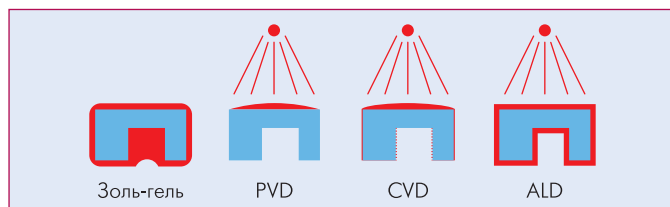


Рис.2 Сравнение МН с другими методами

элемента **Б**, который впоследствии вступает в реакцию с реагентом **А**, формируя монослой **АБ**.

4. Последний этап – промывка поверхности.

Так выглядит элементарный цикл синтеза монослоя на поверхности. В процессе осаждения могут меняться или добавляться различные реагенты, что позволяет управлять структурой и составом покрытия. Управлять толщиной покрытия можно изменением числа циклов осаждения, поскольку за один цикл происходит осаждение одного монослоя.

Толщина одного монослоя в зависимости от материала составляет от 0,1 нм. Это позволяет производить конформное осаждение на развитые поверхности с большим аспектным соотношением (рис.3), не вызывая на внешней части пор схлопывания покрытия с образованием пустот внутри поры.

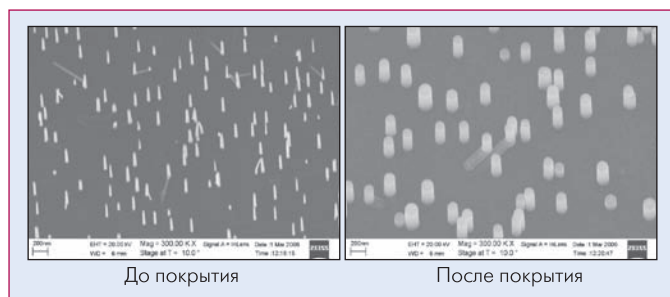


Рис.3 Покрытие нанонитей InP слоем Al₂O₃

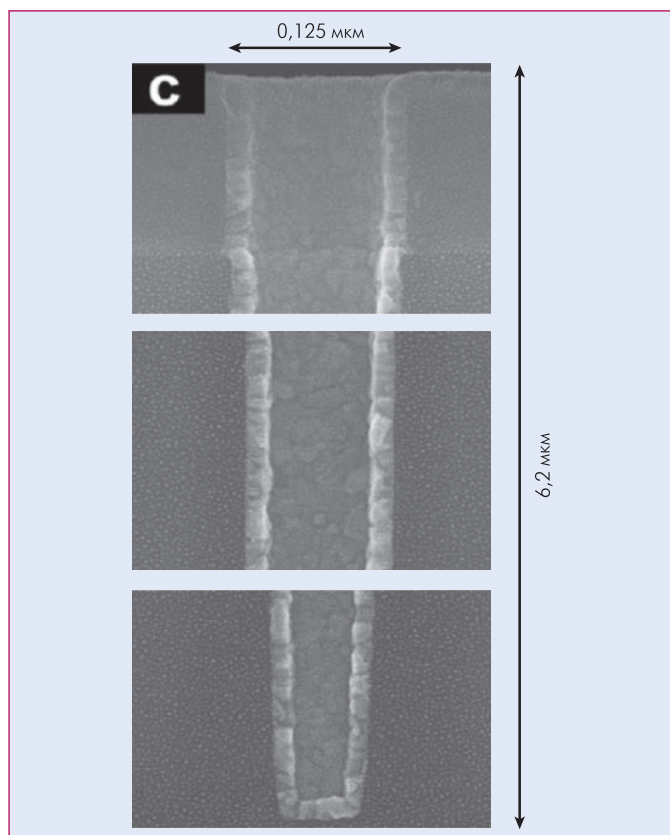


Рис.4 Осаждение HfO_2 в поры с высоким аспектным соотношением

В то же время можно "лечить" поверхность, насыщенную наноразмерными порами, покрывая их до того момента, пока не произойдет (без образования пустот) схлопывание внутренних стенок на всем протяжении пор (рис.4).

Важной особенностью МН является возможность осаждения широкого спектра материалов. В зависимости от параметров процесса и подаваемых реактивов материалы можно получать как в стеклообразном состоянии, так и осуществлять

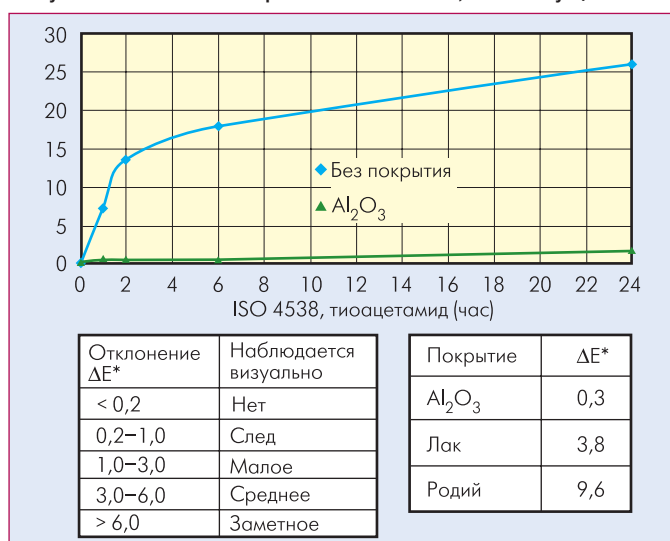


Рис.5 Тест защитной пленки Al_2O_3 и сравнение покрытия с лаком и родием. ΔE^* – результирующее значение отклонения цвета и отражения

эпитаксиальное наращивание. Ниже приведены материалы, которые можно получать молекулярным наслаиванием:

- Оксиды: ZnO , Al_2O_3 , HfO_2 .
- Сульфиды: ZnS , CuS и др.
- Нитриды: GaN , Ti_3N_4 , Si_3N_4 .
- Одноэлементные: Pt , Pd , Ag , Cr , Cu , Al .

Впервые метод МН стал широко применяться в электронной промышленности. Но сегодня он не менее востребован при производстве медицинского инструмента, ювелирных изделий, реставрации предметов, представляющих высокую историческую и культурную ценность.

При хранении ювелирных и антикварных изделий очень важна, в частности, их защита от воздействия окружающей среды (потускнение, эрозия, диффузия и т.п.), причем значительному воздействию подвергаются не только серебро, бронза, но и сплавы золота.

Для защиты таких изделий используют их покрытие лаком или осаждение тонкой пленки родия. Но у этих методов есть ряд недостатков: может быть испорчен внешний вид изделия, невозможно покрыть изделие с развитой поверхностью (наносить лак на цепочки) и т.п. (рис.5). Поэтому оптимальное покрытие должно удовлетворять нескольким требованиям:



Рис.7 Результаты теста серебряных изделий с защитным покрытием Al_2O_3

1. Быть прозрачным в видимом диапазоне.
2. Быть как можно более тонким, чтобы не вносить погрешность по массе; конформно покрывать изделие, не оказывая механического воздействия на сочленения.
3. Иметь высокую химическую стойкость, не подвергаться окислению.
4. Обладать высоким сопротивлением диффузии активных веществ сквозь покрытие.
5. Процесс нанесения не должен быть разрушающим.

Такими материалами могут быть оксиды алюминия (сапфир) или титана. С помощью МН можно нанести эти оксиды при температуре от $60^{\circ}C$, что сводит к минимуму риск воздействия на ювелирные изделия, в том числе на камни. Покрытие наносится на всю поверхность изделия, равномерно покрывая все сочленения и нанопоры. Важной отличительной



Рис.6 Образцы изделий с интерференционным окрашиванием

особенностью сапфира является также снижение на три порядка коэффициентов диффузии воды и кислорода сквозь его пленку. Методы МН могут успешно применяться не только для защиты изделий, но и придания им новых свойств (рис.6).

Сегодня обработка ювелирных изделий методами МН покрытий на основе оксида алюминия используется финским монетным двором для защиты ценных монет и ювелирными компаниями Kalevala и Lapponia – для бижутерии. Проведенные тесты и результаты внедрения МН показывают высокую стойкость покрытия (рис.7).

Более подробная информация о методе МН и его возможных применениях на сайте НПО "КвинТех", www.quinttech.ru. 