**МОРЯКОВА ДАРЬЯ АЛЕКСЕЕВНА**

**АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ ПОЛУЧЕНИЯ ТВЕРДОТЕЛЬНЫХ НАНОПЛЕНОК И КОМПОЗИТНЫХ НАНОСТРУКТУР**

*В статье рассмотрены и проанализированы актуальные методы получения металлических нанопленок, активно используемые в производстве, а так же сферы их применения. Показаны основные положительные стороны методов получения пленок и их недостатки, рассматриваются их перспективы.*

*Ключевые слова: металлическая пленка, магнетронное распыление, термовакуумный метод.*

В наше время современных технологий на производственных предприятиях, а так же на предприятиях микроэлектронной промышленности появляется потребность в нанесении тонких металлических пленок на разные типы поверхности. Тонкие металлические нанопленки широко применяются в качестве упрочняющего материала, светоотражающего материала, проводящих и диэлектрических покрытий материала. Это объясняет активное производство данного материала. Анализ и совершенствование методов и технологий получения металлических нанопленок ‑ одно из перспективных направлений в современном мире. Ее актуальность восходит к потребностям человека в усовершенствовании своей жизни. Применения получаемых материалов различны: создание поляризующих покрытий современной нейтронной оптики, покрытия с использованием титановых нанослоев позволят существенно поднять эффективность нейтронных поляризаторов и повысить возможности методик исследования на основе поляризованных нейтронных пучков [1]. В зависимости от той или иной задачи, которую полученная пленка должна решить, в распоряжении исследователей включаются различные методы получения металлических тонких образцов нанопленок, гарантирующие воспроизводимые и стабильные характеристики конечного продукта. К методам получения пленок относят: термовакуумное распыление, электронно-лучевое испарение, лазерное испарение, вакуумно-дуговое испарение, магнетронное распыление [2]. Эти методы, в основном, различны активной средой, в которой выполняется рост пленки, а так же материалом, из которого она выполняется. Некоторые методы, в частности термовакуумный, применимы в большей части к металлическим пленкам. Рассмотрим подробнее наиболее часто применяемые в науке и технике ‑ метод магнетронного распыления и термовакуумный метод.

**Магнетронное распыление** **—** это технология получения тонких наноплёнок на подложку при помощи катодного распыления мишени (вещества) в [плазме](https://xn--80aaafltebbc3auk2aepkhr3ewjpa.xn--p1ai/ustanovka-ionno-plazmennogo-napyleniya/) магнетронного разряда. Технологические устройства, которые предназначены для реализации данной технологии, называют магнетронными распылительными системами или, можно сокращенно, магнетронами. Напыление металлов производят в среде инертного газа, как правило, исследователи используют для этого газ ‑ аргон. Этот принцип основан на образовании над поверхностью катода плазмы, имеющей форму кольца, в результате столкновения электронов с молекулами газа (чаще всего аргон) [3]. Мишень устройства магнетрона является источником материала, который в итоге распыляется и образует нужную тонкую пленку. Для эффективной и быстрой ионизации инертного газа, в нашем случае аргона, распыляемый материал, то есть мишень, размещают на магните. В результате чего электроны, которые вращаются вокруг магнитных силовых [линий](https://xn--80aaafltebbc3auk2aepkhr3ewjpa.xn--p1ai/linii-dlya-proizvodstva-profilej/), созданных магнитом, локализуются в пространстве и многократно сталкиваются с атомами инертного газа (аргона), превращая их в ионы. При бомбардировке поверхности распыляемого материала (или так называемой мишени) ионами генерируются несколько физических процессов:

— ионное (катодное) распыление материала мишени,

— вторичная электронная эмиссия,

— десорбция газа,

— имплантация дефектов,

— ударная волна,

— аморфизация.

**В итоге имеем преимущества магнетронного распыления, которые включают в себя:**

**— покрытия, полученные данным способом характеризуются высокой равномерностью, относительно низкой пористостью и высоким уровнем адгезии к подложке,**

**—** возможность нанесения покрытия сложного состава,

**— возможность наносить покрытия на большие площади,**

**—** относительно дешевый метод осаждения,

**— низкие температуры подложки,**

**—** хорошая однородность покрытия,

**— хорошая управляемость,**

**—** возможность нанесения нескольких покрытий в одном технологическом цикле.

К недостаткам магнетронного распыления отнесем следующее:

**—** сложность реализации метода с технической точки зрения,

**— сложность** получения реактивных покрытий,

**—** большая стоимость оборудования для реализации этого метода.

Далее проанализируем термовакуумный метод. Термовакуумный метод получения нанопленок основан на нагреве в вакууме вещества до его активного испарения, после чего происходит конденсация испаренных после нагрева атомов на поверхность подложки. На первичном этапе испарения нужно сделать так, чтобы избежать любого загрязнения пленки, которое может произойти за счет примесей адсорбированных поверхностью испаряемого вещества, а также для вывода испарителя на рабочую температуру используется так называемая заслонка, которая временно перекрывает поток вещества, конденсируемого на подложку. В зависимости от того или иного функционального назначения нанопленки в процессе осаждения контролируется такие параметры, как время напыления вещества на подложку, толщина получаемой пленки, электрическое сопротивление, которое нужно для результата и т.д. По достижении заданного значения всех параметров, заслонка вновь закрывает поток вещества, и процесс роста нанопленки заканчивается. В результате этого мы получаем образец, который соответствует всем параметрам, которые были нужны. Нужно заметить, что непрерывно работающая система откачки воздуха поддерживает вакуум порядка 104 Па. Если требуется получить тонкую пленку из многокомпонентного вещества, то используют несколько испарителей вещества, чтобы получить качественный результат. Поскольку скорости испарения у различных веществ разные, то обеспечить воспроизводимость нужного химического состава получаемых многокомпонентных пленок довольно сложно. Поэтому данный метод напыления тонких металлических пленок используют в основном для чистых металлов, так как добиться в их случае нужного, а главное качественного результата намного легче [3]. К преимуществам данного метода можно отнести: высокая скорость осаждения пленки, возможность получения толстых покрытий. Несовершенствами этого метода является: недостаточно плотная структура получаемых покрытий, **н**евысокие механические свойства пленки. Термовакуумный метод напыления тонких пленок отличается большим разнообразием как по способам нагрева испаряемого вещества, так и по конструкциям испарителей. Разогрев вещества до температур, при которых оно интенсивно испаряется, осуществляют электронным или лазерным лучом, СВЧ-излучением, с помощью резистивных нагревателей (теплопередачей от нагретой спирали или путем непосредственного пропускания электрического тока через образец из нужного вещества) [4].

В настоящее время Россия входит в этап активного освоения современных технологий производства микроэлектроники и нанотехнологий. Современное производство требует перестройки технологического процесса под реалии современности. Потенциальные возможности применения магнетронных распылительных систем в настоящее время еще далеко не полностью выяснены и реализованы, но уже сейчас применение магнетронных установок весьма широко распространено [5]. Они заняли прочные позиции в технологиях изготовления полупроводниковых приборов и интегральных микросхем. В частности, эти системы применяются для формирования контактов на поверхности полупроводниковых и пассивных элементов схем: например, при изготовлении резистивных пленок гибридных микросхем, магнитных пленок, низкоомных контактов, создании новых многокомпонентных тонкопленочных материалов и т.д.

 Таким образом, современные технологии создания металлических пленок требуют применения различных методов в зависимости от поставленных целей и возможных условий получения. На данный момент, металлические многослойные структуры, являясь необходимым компонентом наноэлектроники [6], позволяют создавать все новые приборы и устройства. Несомненно, данная научно-технологическая область в дальнейшем будет активно развиваться и давать всё новые изобретательские и научные решения.

*Список литературы*

1. Тодуа, П.А. Применение сверхтонких слоев органических материалов в перспективных устройствах твердотельной электроники / П.А. Тодуа, В.Н. Шестакова. ‑ М: ВНИИКИ: Изд-во стандартов Сер. Образцовые и высокоточные измерения, 1989. №4.

2. Ремпель, А.А. Материалы и методы нанотехнологий / Ремпель А.А., Валеева А.А. ‑ Екатеринбург: Уральский государственный университет, 2015.

3. Витязь П.А. Наноматериаловедение / П.А.Витязь, Н.А. Свидунович, Д.В. Куис. ‑ Минск: Вышэйшая школа, 2015.

4. Хасс Г. Физика тонких пленок. Tом 1 / Г. Хасс. ‑ М: Мир, 1967.

5. Бейлин М.В. Нанотехнология как прорыв в постнеклассической науке / М.В. Бейлин. ‑ Харьков: Обериг, 2014.

6. Филиппов В.В. Физические основы наноэлектроники. // В.В. Филиппов, А.Д. Пашун. – Липецк: ЛГПУ имени П.П. Семенова-Тян-Шанского, 2018.