

Содержание

1 Введение	1
1.1 Что такое наноплёнки?	1
1.2 Особенности наноплёнок, размерные эффекты	1
1.3 Наноплёнки: современные исследования и достижения	2
1.4 Углеродные наноплёнки и их свойства	2
1.5 Исследования газочувствительности углеродных наноплёнок . .	3
1.6 Перспективы и возможности	4

1 Введение

1.1 Что такое наноплёнки?

Под наноструктурными (нанокристаллическими, нанокомпозитными, нанофазными, нановолокнистыми и т.д.) материалами понимают материалы, в которых размеры основных структурных элементов (кристаллитов, волокон, слоёв, пор) не превышают 100 нм, по крайней мере, в одном направлении. Объекты, размер которых составляет 0,1 нм (порядок размеров отдельных атомов) ÷ 100 нм (порядок размеров крупных молекул), являются предметом изучения для нанотехнологии, бурно развивающейся в последние несколько десятков лет.

Научные исследования нанообъектов были начаты ещё в 1856 – 1857 гг. М. Фарадеем – при исследовании свойств коллоидных растворов высокодисперсного золота и тонких плёнок он заметил, что их цвет изменяется при изменении размеров его частиц.

1.2 Особенности наноплёнок, размерные эффекты

Все наноразмерные материалы, в том числе и плёнки, практически бездефектны, и поэтому сильно отличаются по свойствам от соответствующих макроматериалов. Так, в книге Дж. Гордона «Почему мы не проваливаемся сквозь пол»

(М.: Мир, 1971. – 272 с.) отмечается практически близкая к теоретической механическая прочность на растяжение нитевидных кристаллов – усов, вне зависимости от химической природы кристалла и метода его выращивания.

Физические свойства низкоразмерных структур сильно отличаются от свойств этих же, но макроскопических систем. В настоящее время низкоразмерные структуры, к которым относятся тонкопленочные структуры, являющиеся двухмерными объектами, активно исследуются как на фундаментальном уровне, так и с прикладными целями. Важнейшим фактором, определяющим свойства тонкопленочных структур, выступают релаксационные процессы, протекающие в самих пленках и на границах раздела. В самих пленках, в первую очередь, эволюция структуры связана с процессами релаксации свободного объема. В слоистых системах релаксация свободного объема, кроме того, сопровождается процессами на границе раздела.

1.3 Наноплёнки: современные исследования и достижения

1.4 Углеродные наноплёнки и их свойства

Что такое углеродные наноплёнки? Углеродные нанопленки представляют собой тонкие пленки материалов на основе углерода, которые наносятся на подложку с использованием различных методов, таких как химическое осаждение из паровой фазы (CVD) или физическое осаждение из паровой фазы (PVD). Эти пленки обычно имеют толщину от нескольких нанометров до нескольких микрометров и обладают уникальными свойствами, такими как высокая механическая прочность, отличная электропроводность и хорошая термическая стабильность. Углеродные нанопленки находят применение в самых разных областях, включая электронику, хранение энергии, биомедицинскую технику и покрытия.

Нанопленки углерода (carbon nanofilms) представляют собой тонкие пленки углерода, толщина которых составляет от нескольких до нескольких десятков нанометров. Они могут быть получены различными способами, включая химическое осаждение, физический осадок и пиролиз. Нанопленки углерода

обладают рядом уникальных свойств, таких как высокая электропроводность, прочность, жесткость и устойчивость к коррозии. Они также имеют большую поверхностную площадь, что делает их полезными для различных приложений в области электроники, катализа, сенсорики и биомедицины.

Особый интерес вызывают углеродные пленки в связи с тем, что атомы углерода могут образовать несколько кристаллических модификаций, среди которых есть хорошо известные структуры графита и алмаза. Есть и менее известные структуры в виде замкнутых полых структур, получивших название фуллерена C₆₀, содержащего 60 атомов углерода, и модификации C₆₀ с другим содержанием углерода и моноатомных плоскостей.

1.5 Исследования газочувствительности углеродных наноплёнок

Ещё в 2007 году группа Новоселова [22] сообщила о первом датчике газа на основе графена, который продемонстрировал, что датчики микрометрового размера, сделанные из графена, способны обнаруживать отдельные молекулы газа, которые прикрепляются к поверхности графена или отделяются от нее. Они показали, что адсорбированные молекулы изменяют локальную концентрацию носителей в графене один электрон за одним, что приводит к ступенчатым изменениям сопротивления. Вызванные газом изменения удельного сопротивления имели разную величину для разных газов, и знак изменения указывал на то, был ли газ акцептором электронов (например, NO₂, H₂O, йод) или донором электронов (например, NH₃, CO, этанол). Это исследование открыло перед исследователями новые возможности для разработки газовых сенсоров на основе графена [26]. Взаимодействие между листами графена и адсорбатами может варьироваться от слабой ван-дер-ваальсовой до сильной ковалентной связи. Все эти взаимодействия изменяют электронную структуру графена, которую легко контролировать удобными электронными методами. Хилл и др. [27] предположили, что уровень взаимодействия между целевыми молекулами газа/пара может достигать нижнего предела даже одной молекулы, т.е. высокой чувствительности даже при низких концентрациях газа [28], [29].

Одно из исследований на тему газочувствительности нанопленок углерода было опубликовано в журнале Carbon в 2018 году. В этом исследовании авторы изучали эффект изменения температуры на газочувствительность нанопленок углерода к аммиаку. Другое исследование, опубликованное в журнале Sensors and Actuators B: Chemical в 2019 году, рассматривало газочувствительность нанопленок углерода к оксиду углерода. В этом исследовании авторы использовали различные методы обработки нанопленок углерода, чтобы определить оптимальные условия для достижения максимальной газочувствительности. Третье исследование, опубликованное в журнале ACS Applied Materials & Interfaces в 2020 году, исследовало газочувствительность нанопленок углерода к диоксиду серы. В этом исследовании авторы использовали нанопленки углерода, полученные методом химического осаждения, и изучили их свойства при различных температурах и концентрациях газа. В целом, исследования газочувствительности нанопленок углерода показывают потенциал этого материала для создания высокочувствительных датчиков газовых смесей. Однако, как отмечается в этих исследованиях, дальнейшие исследования необходимы для определения оптимальных условий производства и использования нанопленок углерода в таких приложениях.

1.6 Перспективы и возможности