

УДК621.3

**Графен и борофен – «материалы будущего»**

Шардыко А.С., Кравцова Т.С.

Научный руководитель – к.т.н., доцент ЕЖОВ В.Д.

Графен был обнаружен в 2004 году. Несколько ученых русского происхождения, Андрей Гейм и Константин Новоселов, экспериментально используя клейкую ленту и графит, открыли новый материал, сделав, таким образом, большой прорыв в электротехнике.

Этот материал представляет собой одноатомную углеродную пленку, которая имеет упорядоченную кристаллическую структуру. Графитовый слой толщиной всего в один атом обладает ценными свойствами: высокой стабильностью, теплопроводностью и электропроводностью.

Не так давно был получен новый материал на основе графена. Он обладает полупроводниковыми свойствами, в которых атомы кислорода заключены в гексагональную структуру. Согласно плану, в процессе нагрева оксида графена в вакууме должен был выделяться кислород и получаться многослойный графен. По мере повышения температуры атомы углерода и кислорода начали выстраиваться в упорядоченную структуру монооксида графена, которая не существует естественной форме.

Полученный материал имеет большие перспективы для использования в производстве электроники. Изменяя температуру нагрева, исследователи получили несколько материалов, которые были включены в категорию ГМО. На данный момент определена стабильность оксида графена.

До этого было обнаружено еще одно интересное свойство графена. А именно, одну из главных ролей в формировании свойств графена играет материал, на котором он выращивается. То есть, если подложка, на которой будет выращиваться структура, активируется кислородом, то полученный графеновый лист будет полупроводником, а если это водород, то он будет обладать свойствами металла. Изменяя химический состав субстрата, можно управлять свойствами материала.

Графен - один из самых тонких материалов. Едва ли не единственным препятствием к его использованию на сегодняшний день является невозможность контролировать электронный поток. Было обнаружено, что при нанесении графенового слоя на слой нитрида бора может быть получена новая гексагональная структура, определяющая путь электронов.

Графен используется в различных сферах. Примером является: миниатюрные УФ-сканеры, умные стельки для атлетов, графеновый крио-кулер для охлаждения базовых станций 5G, аудиотехника, солнечные батареи и так далее.

До недавнего времени графен был наиболее перспективным материалом, способным произвести революцию во многих областях, включая медицину, экологию, источники питания и другие области. Но у углеродной модификации появился новый конкурент в виде борофена. Он очень прочный, а также гибкий, что расширяет возможности его применения.

О существовании борофена стало известно еще в 1990-е годы, но только в теории. В 2015 году ученым удалось его синтезировать. Однако до сих пор большинство форм борофена не имеют доказательств и являются лишь теорией.

Борофен представляет собой двумерный материал, представленный в виде тонких одноатомных листов. Звучит довольно банально. Однако, этого нельзя сказать о его свойствах. Фактически, в своей обычной форме атом бора является неметаллическим полупроводником, но двумерная форма уже становится металлическим проводником.

Борофен структурно подобен графену и имеет гексагональную сеть, состоящую из атомов бора в каждой из 6 вершин. Борофен отличается тем, что имеет дополнительный атом бора в центре шестиугольника. Кристаллическая структура имеет тенденцию быть стабильной, когда приблизительно 4 из каждых 5 центральных положений заняты и 1 свободен. Наличие вакансий и кристаллов борофена придает им уникальные свойства. В

зависимости от ориентации, положения свободных зон борофен может быть проводником или сверхпроводником.

Благодаря этому материалу размер монокристаллических доменов может быть увеличен. Это позволит создать электронное устройство последнего поколения с высокой производительностью.

Из-за сложности в производстве борофена, есть трудности в его использовании. Однако борофен может использоваться для хранения водорода. Расчеты показывают, что борофен может хранить массу водорода, равную 15% его собственной массы. Также борофен стимулирует разложение воды на водород и кислород.

До сих пор существует множество препятствий для создания графеновых и борофеновых материалов. Это заключается в том, что требуются большие материальные затраты, также существуют трудности в контроле их проводимости. Кроме того, недостаточно развиты методы получения полупроводников этих материалов.

Борофен является очень перспективным материалом, если ученые смогут настроить масштабное производство этого материала, то электроника поднимется на новый уровень. Однако за время пока человечество найдет способ производить борофен в нужном количестве, уже могут быть открыты новые материалы, которые легче добывать и использовать.

### Литература

1. С. П. Губин, С. В. Ткачев (2012) «Графен и родственные наноструктуры углерода» Либроком.
2. Графен в электронике: сегодня и завтра [Электронный ресурс]. Режим доступа <http://novanews.com.ua/novosti-partnerov/nauka-i-tehnika/14732-ENlektroniku-na-novyjj-uroven.html>
3. Электронику на новый уровень выведет двумерный материал. И это не графен. [Электронный ресурс]. Режим доступа <http://www.russianelectronics.ru/leader-r/review/doc/59336/>