

ФИЗИКА ПОЛУПРОВОДНИКОВ И ДИЭЛЕКТРИКОВ

УДК 538.911

DOI: 10.17223/00213411/64/9/3

ДВУМЕРНЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ ЭЛЕМЕНТОВ ГРУППЫ IVA:
ПОСЛЕДНИЕ ДОСТИЖЕНИЯ В ЭПИТАКСИАЛЬНЫХ МЕТОДАХ СИНТЕЗА*К.А. Лозовой¹, В.В. Дирко¹, В.П. Винарский¹, А.П. Коханенко¹,
А.В. Войцеховский¹, Н.Ю. Акименко²¹ *Национальный исследовательский Томский государственный университет, г. Томск, Россия*² *Тихоокеанский государственный университет, г. Хабаровск, Россия*

Двумерные материалы стали одной из центральных тем исследования ученых по всему миру после получения графена – моноатомного слоя углерода. В настоящее время двумерные кристаллы рассматриваются в качестве одних из самых перспективных материалов для нанoeлектроники и фотоники следующего поколения. Исследование возможностей создания приборов на основе 2D-материалов позволяет глубже изучить физические свойства этих новых материалов и дает отправную точку для развития огромного числа практически важных областей. Последние несколько лет повышенное внимание исследователей привлекают графеноподобные материалы элементов группы IVA, такие как силицен (Si), германен (Ge), станен (Sn) и плюмбен (Pb). Экспериментальное получение и изучение уникальных свойств двумерных моноатомных слоев углерода, кремния, германия, олова и свинца на различных подложках создало предпосылки для разработки приборов нового поколения на их основе. Широкие возможности по управлению их экзотическими электронными, магнитными и оптическими свойствами за счет выбора подложки, состава и геометрии двумерного слоя, а также за счет управления величиной упругих напряжений сделали их центральной темой для изучения в сфере нанотехнологий и наук о материалах. В настоящей работе проводится обзор последних достижений в области выращивания силицена, германена, станена и плюмбена эпитаксиальными методами. Особое внимание уделяется технологическим режимам роста, обеспечивающим получение высококачественных бездефектных двумерных структур большой площади, необходимых для перспективных приборных применений.

Ключевые слова: 2D-кристалл, кремний, германий, олово, свинец, силицен, германен, станен, плюмбен, молекулярно-лучевая эпитаксия.

Введение

Двумерными материалами (двумерными кристаллами, 2D-материалами) обычно называют структуры толщиной в один или несколько атомных слоев [1–5]. Они стали одной из центральных тем исследования ученых по всему миру после получения в 2004 г. графена – моноатомного слоя углерода [6]. Графен представляет собой двумерную аллотропную модификацию углерода, в которой атомы упорядочены в плоскую шестиугольную решетку. Получение стабильного моноатомного слоя атомов стало довольно неожиданным результатом, так как всегда считалось, что достаточно протяженный 2D-кристалл не может быть устойчивым при температурах, отличных от нуля [7]. В противоположность объемным материалам 2D-кристаллы имеют очень высокое отношение площади поверхности к объему. В связи с этим энергетическая структура, большинство электрических и оптических параметров двумерных материалов определяются их поверхностными свойствами и являются очень чувствительными к внешним воздействиям.

Экспериментальное получение и изучение уникальных свойств двумерных моноатомных слоев углерода открыло широкие возможности для исследования и других графеноподобных 2D-материалов. В настоящее время двумерные кристаллы рассматриваются в качестве одних из самых перспективных материалов для электроники и оптоэлектроники следующего поколения развития полупроводниковой технологии. Исследование возможностей создания приборов на основе 2D-материалов позволяет глубже изучить физические свойства этих новых материалов и дает отправную точку для развития огромного числа практически важных областей: от оптоэлектроники, энергетики и медицины до квантовых телекоммуникационных технологий и спинтроники.

* Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 19-72-00019) и РФФИ № 19-32-90195.

Уважаемые читатели!

Доступ к полнотекстовой версии журнала
«Известия высших учебных заведений. Физика»
осуществляется на платформе
Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU
на платной основе:

<https://elibrary.ru/contents.asp?titleid=7725>