

Одномерные металлические наноструктуры и темплатный метод синтеза

Гончарова А.С.

Факультет наук о материалах

Одномерные наноструктуры, такие как нанотрубки, нанонити и вискеры, все больше привлекают внимание исследователей ввиду тенденции к миниатюризации электронных устройств. В свою очередь, наибольший интерес представляют собой структуры с квантово-размерными эффектами и особыми физическими свойствами. Именно переход от объемных металлов к их нитевидным наноструктурам позволяет создавать наноструктуры с необычными транспортными свойствами, что открывает большие возможности при создании микро- и наноустройств.

На сегодняшний день существует достаточно большое количество подходов и методов получения нанонитей. Однако когда речь идет о контролируемом процессе формирования наноструктур с определенной кристаллографической ориентацией круг существующих методов резко сужается. Наиболее простым в реализации является метод темплатного электроосаждения. Обладая рядом преимуществ (возможность кулонометрического контроля роста нанонитей, возможность создания наноструктур с контролируемым фактором анизотропии и различной геометрической формы, проведение синтеза при нормальных условиях, относительная простота в реализации и дешевизна), метод темплатного электроосаждения позволяет получать одномерные наноструктуры широко спектра металлов, а также сплавов и соединений на их основе.

Чрезвычайно ярким и интересным с точки зрения наблюдаемых эффектов размерного квантования является висмут в силу своих необычных электронных свойств. Являясь полуметаллом, висмут характеризуется малой концентрацией носителей заряда, высокой анизотропией поверхности Ферми и большой длиной свободного пробега электрона. Именно эти характеристики приводят к колебательному поведению электронной плотности состояний, а, следовательно, и к необычным транспортным свойствам. Ранее удалось наблюдать как в тонких кристаллах и пленках, так и в нанонитях висмута переходы полуметалл/полупроводник, эффект магнетосопротивления, явление сверхпроводимости, а также различные осцилляции физических величин в магнитном поле при низких температурах.

Все эффекты, характерные для тонких пленок и кристаллов висмута удалось также наблюдать и в нитевидных наноструктурах висмута: переход полуметалл-полупроводник, явление сверхпроводимости, эффект магнетосопротивления, эффекты Литтла-Паркса (когда критическая температура тонкостенного цилиндра малого диаметра демонстрирует

осцилляторную зависимость от величины магнитного поля с периодом равным кванту магнитного потока) и Шубникова-де Гааза (осцилляционные зависимости сопротивления параллельно и перпендикулярно прикладываемому магнитному полю). В последнее десятилетие, ввиду интенсивного развития наноэлектроники, все больше исследований посвящается изучению транспортных свойств единичных нанонитей висмута. Именно в анизотропных структурах наиболее ярко выражены необычные свойства материалов.

Важным при изучении транспортных свойств анизотропных наноструктур является решение задачи по установлению взаимосвязи между химическим составом, кристаллической структурой и свойствами исследуемых объектов. Существенное различие экспериментально наблюдаемых характеристик нанонитей висмута, обладающих различной морфологией, пока не позволяет достоверно определить механизм возникновения сверхпроводимости при достаточно высоких температурах в такого рода объектах. В связи с этим, задачи получения одномерных Bi наноструктур с контролируемой морфологией и кристаллографической ориентацией, а также изучения их транспортных свойств остаются чрезвычайно актуальными.