

ХАРАКТЕРИСТИКИ ДИОДОВ НА ОСНОВЕ ОДНОСТЕННЫХ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК

Гончаров А. С.

Научный руководитель – д. ф-м н., проф. Бондаренко И. Н.

Харьковский национальный университет радиоэлектроники (61166, Харьков, пр. Науки, 14, каф. Микроэлектроники, электронных приборов и устройств, тел. (057) 702-13-62)

E-mail: sanekfreedom@gmail.com

The diode is one of the most important basic components in integrated circuit. The excellent electrical and mechanical properties for the semiconducting single-walled carbon nanotube (SWCNT) afford it the ideal candidate material for preparing the diode. The unique one-dimensional structure of SWCNTs enables it to be doped in specific segments of individual SWCNT to construct high quality of p-n junction.

Цилиндрические неизогнутые нанотрубки образуются из повторяющихся углеродных шестиугольников. Если два углеродных шестиугольника заменить пятиугольником и семиугольником, как показано на рис. 1,а, нанотрубка изогнется. С разных сторон относительно изгиба ориентация углеродных шестиугольников оказывается различной. Но с изменением ориентации шестиугольников по отношению к оси нанотрубки меняется ее электронный спектр, положение уровня Ферми, ширина оптической щели и т. п. В частности, на рис. 1,а,слева это нанотрубка (5, 5) типа «кресло», а справа — (10, 0), ОУНТ типа «зигзаг».

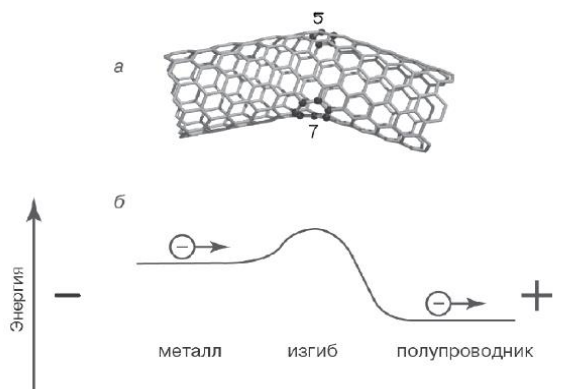


Рисунок 1 - Влияние дефекта семиугольник–пятиугольник на геометрию нанотрубки (а) и энергию подвижных электронов (б)

Таким образом, в данном случае ток может течь только в одном направлении (рис. 1,б), т. к. электроны перемещаются из области с большей энергией Ферми в область с меньшей энергией Ферми.

В работе [2] был создан и исследован диод на основе ОУНТ с асимметричным контактом с использованием металлов с различной

работой выхода в качестве источника и стока из палладия и алюминия (Pd/Al). На кремниевой подложке (Si) покрытой оксидом кремния (SiO₂) расположены два проводника с различной работой выхода, палладий (Pd) и алюминий (Al), между ними расположена ОУНТ, легированная с одной стороны донорной примесью (n-тип), с другой акцепторной примесью (p-тип), середина ОУНТ обладает собственной проводимостью (i-тип). ВАХ диода на ОУНТ показана на рис. 2.

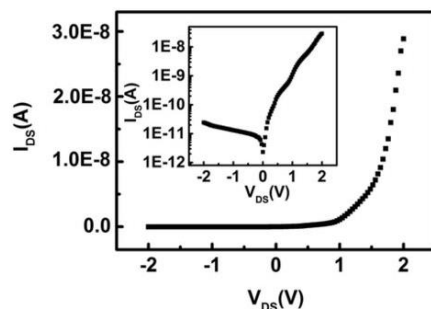


Рисунок 2 – ВАХ диода на ОУНТ с асимметричным контактом Pd/Al

Проанализировав ВАХ можно увидеть, что значительный рост тока наблюдается при напряжении чуть больше 1В. Так же можно сказать, что данный вид энергетической диаграммы зависит от введения легирующих донорной и акцепторной примесей. Результаты сравнения характеристик диодов с симметричным и асимметричным контактами приведены в таблице.

Таблица – Характеристики диодов на ОУНТ

	Диод на ОУНТ с симметричным контактом Au/Au	Диод на ОУНТ с асимметричным контактом Pd/Al
$I_{\text{ОУНТ}}$	~ 2 мкА	~ 2 мкА
$U_{\text{п}}$	0-2 В	0-2 В
$I_{\text{обр}}$	15 пА	24 пА
$I_{\text{пр}}$	3,8 нА	29 нА
$K_{\text{в}}$	10^2	10^3

Из проведенного рассмотрения можно сделать вывод о том, что использование асимметричного контакта может эффективно улучшить характеристики диода на ОУНТ, при этом коэффициент выпрямления увеличивается от ~ 10^2 для устройства с симметричным контактом до $>10^3$ для устройства с асимметричным контактом.

Литература 1. Дьячков, П. Н. Электронные свойства и применение нанотрубок / П. Н. Дьячков. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. – 488 с. 2. Диод: Chen, S. et al. Carbon nanotube intramolecular p-i-n junction diodes with symmetric and asymmetric contacts. Sci. Rep. 6, 22203; doi: 10.1038/srep22203 (2016). (<https://www.nature.com/articles/srep22203>).