

ОДНОЭЛЕКТРОННЫЙ ТРАНЗИСТОР (Single Electron Transistor)

«Электрический ток переносится отдельными электрическими зарядами».

Учебник по физике для средней школы



Песочные часы представляют систему с одночастичным транспортом — песчинки по одной падают через сужение

Управлять движением единичных макрообъектов для своей пользы человек научился очень давно. Возьмем, к примеру, всем известные песочные часы – символ непрерывно уходящего времени. Несмотря на кажущуюся непрерыв-

ность, в основе принципа работы таких часов лежат дискретно падающие через узкую горловину песчинки. А можно ли так же легко управлять объектами квантовой природы – отдельными атомами или даже электронами? Оказывается можно! Например, с помощью так называемого одноэлектронного транзистора, который представляет собой переключающее устройство, способное разъединять или соединять электрическую цепь за счет движения единичного электрона. Принципиальным отличием одноэлектронного транзистора от классического является то, что линейные размеры канала между стоком и истоком лежат в нанодиапазоне, обуславливая проявление *квантово-размерных эффектов*. Кроме того, одноэлектронный транзистор не усиливает текущий ток, а только управляет переходом электронов, поэтому правильнее было бы называть его переключателем.

Принцип работы одноэлектронного транзистора основан на эффекте так называемой «кулоновской блокады» – скачкообразном изменении потенциальной энергии достаточно малой системы при туннелировании одного электрона и блокировании движения всех остальных. При этом электрический ток в цепи протекает макроскопически регистрируемыми порциями, иначе говоря, в системе проявляется движение единичных зарядов.

Давайте более подробно рассмотрим устройство одноэлектронного транзистора (рис. 1). Как и любой традиционный транзистор, он состоит из трех электродов, два из которых выполняют

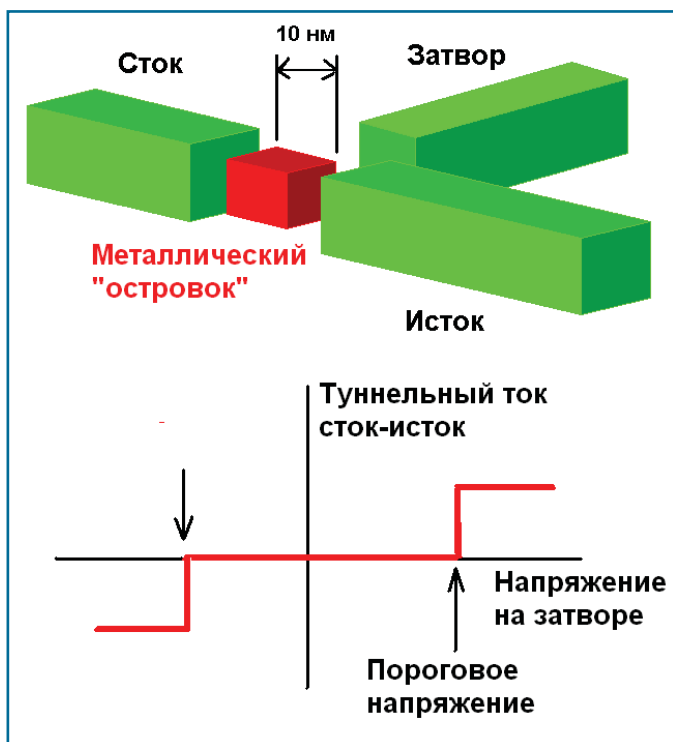


Рис. 1. Схематическое устройство одноэлектронного транзистора и идеализированная зависимость тока от напряжения

роль стока и истока, а третий является управляющим (затвор). Только вот между электродами расположен металлический или полупроводниковый «наноостровок» – наночастица или кластер нанометровых размеров (рис. 2). При этом толщины «наноостровков» настолько малы, что электрон может туннелировать. Если приложить разность потенциалов между стоком и истоком, то, казалось бы, должен потечь туннельный ток. Однако пока потенциал на управляющем электроде будет меньше некоторого порогового значения, туннелирование не наблюдается. Электрон на наночастице остается изолированным, т.е. «заблокированным». При дальнейшем же увеличении напряжения выше порогового значения блокада электрона прорывается, и в цепи между стоком и истоком происходит перескок электрона – течет туннельный ток.

Таким образом, управляя потенциалом затвора, можно пропускать по цепи единичные элек-

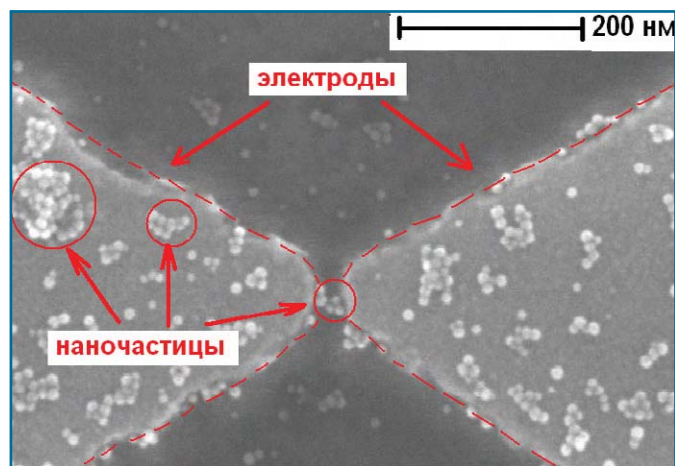


Рис. 2. Наночастицы диаметром несколько нанометров между металлическими электродами (www.nanotech-now.com)

троны. Если пойти дальше и вместо наночастицы поместить между электродами молекулу или молекулярный комплекс, то движение единичных электронов будет осуществляться в результате прыжков по химическим связям – в работу вступят дискретные уровни энергии молекулы (см. *Молекулярная электроника*). Таким образом, одноэлектронный транзистор рассматривается как предельная степень миниатюризации классического *транзистора* – то, к чему стремятся все крупнейшие производители вычислительной техники. В настоящий момент работу одноэлектронных транзисторов можно наблюдать только в исследовательских лабораториях, но в будущем их использование в массовом производстве может привести к резкому снижению энергопотребления и тепловыделения электронными схемами, значительному увеличению быстродействия и плотности элементов микросхем. Развитие технологии одноэлектронных транзисторов позволит создать ячейки памяти с большим временем хранения, высокой плотностью записи информации и малой рассеиваемой мощностью, а также высокочувствительные химические/биохимические сенсоры.

Литература:

1. Лихарев К.К. Одноэлектроника // В мире науки. 1992. № 8. С. 42.
2. Klein D.L., Roth R., Lim A.K.L., Alivisatos A.P., McEuen P.L. Nature. 1997. Vol. 399. P. 699.