ЭНЕРГОНЕЗАВИСИМАЯ ПАМЯТЬ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КВАНТОВЫХ ТОЧЕК В КАЧЕСТВЕ СТРУКТУРНОГО ЭЛЕМЕНТА

Ассистент Слабый К.Г.
Научный руководитель – к.ф.-м.н., доц. Пащенко А.Г.
Харьковский национальный университет радиоэлектроники
(61166, Харьков, пр. Науки 14, каф. Микроэлектроники, электронных приборов и устройств, тел. (057) 702-13-62)
e-mail: kostiantyn.slabyi@nure.ua, т. 0637164571

This paper discusses the possibility of using quantum dots in information storage devices. An analysis of the mechanisms responsible for storing information in quantum-dimensional structures was performed. An embodiment of this technology was presented using the example of silicon quantum dots on the surface of a nitride. Some properties of quantum low-dimensional structures that can be useful in microelectronics are explained. This direction requires the creation of new complex mathematical models, but can be implemented on the basis of classical flash memory circuit design.

На данный момент вопрос применения квантовых точек в элементах хранения информации активно изучается, в том числе и коммерческими компаниями. К примеру, LG Semicon разработали легко управляемый технологический процесс формирования квантовых точек в структурах устройств EEPROM. Спецификой данного технологического процесса является методика получения кремниевых шариков на поверхности нитрида в обычном LPCVD-реакторе при температуре 620°C. Образуются сферические квантовые области диаметром 4,5 нм с плотностью заполнения $5x10^{11}$ точек на квадратный сантиметр. Характеристики полученного КМОП-устройства показаны на рис. 1. При увеличении напряжения затвора устройство становится управляемым, и имеется очевидное доказательство наличия эффекта квантовых точек, заключающееся в появлении ступенек на зависимости тока стока от напряжения на затворе, соответствующих накоплению различного количества электронов (от 0 до 3). Время хранения информации в таком устройстве может составлять 10^4 секунд или 30 лет.

Зависимость порогового напряжения от времени программирования наблюдалась до состояния насыщения, и это интерпретировалось как подтверждение наличия конечного числа нанокристаллов, принимающих всего один электрон с последующим проявлением эффекта кулоновской блокады, предотвращающим получение второго электрона. В большинстве случаев решающим фактором для создания квантовой точки является наличие трехмерной потенциальной ямы, в которой носители заряда оказываются, заперты по всем трем пространственным координатам.

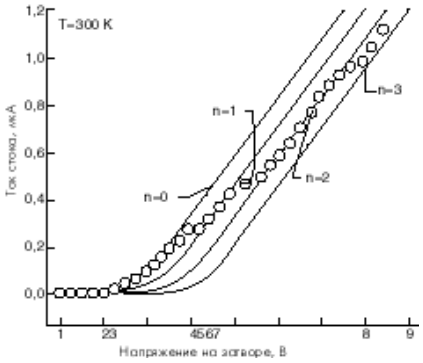

Рис. 1. Зависимость тока стока от напряжения на затворе во время программирования.

Естественным или искусственным образом сформированные нанокристаллы могут работать как сверхмалые области проводимости, где электроны могут накапливаться и образовывать вокруг этой области кулоновский барьер или блокаду, которая может управлять амплитудой тока, протекающего между истоком и стоком устройства, в зависимости от параметров смещения. Действие устройства и его способность работать как энергонезависимая ячейка памяти зависит от случайного формирования нанокристаллов, локализирующихся на потенциальной поверхности между истоком и стоком настолько близко к каналу протекания тока, что они могут влиять на проводимость этого канала.

В реальных квантовых точках потенциальная яма не является прямоугольной, и потому решения квантовой задачи можно получить лишь посредством компьютерных вычислений. Число допустимых энергетических уровней в реальных квантовых точках ограничено. Эти уровни можно изменять, контролируя пространственные размеры и форму квантовой точки или изменяя ее окружение. На краях реальных квантовых точек волновая функция не обращается в нуль, т.е. электронное "облако" квантовой точки простирается и на некоторую ее окрестность,

Данное направление требует создания сложных математических моделей квантовых точек, но потенциально может быть реализовано на основе классической схемотехники флеш-памяти.

Список литературы:

1. Electronic Engineering April 1998, “ISSCC ’98 — A memorable year for new memory technology”, pp. 32–34.

2. An Advanced Flash Memory Tech-nology on SOI, David Burnett et al, Proc IEDM-98, pp. 983–986.

3. Физика квантовых низкоразмерных структур / Демиховский, В.Я., Вугальтер Г.А. М.: Логос, 2000. - 57 с.