

ИОННО-ТРЕКОВАЯ ТЕХНОЛОГИЯ И ИЗУЧЕНИЕ
НАНОСТРУКТУР СИСТЕМ Si / SiO₂ / МЕТАЛЛ

ДЕМЬЯНОВ С.Е., ИВАНОВА Ю.А., ИВАНОВ Д.К., СТРЕЛЬЦОВ
Е.А., ПЕТРОВ А.В., КАНЮКОВ Е.Ю., ФЕДОТОВ А.К., ФИНК Д.

Объединенный институт физики твердого тела и полупроводников
Национальной академии наук Беларуси, ул.П.Бровки, 19, 220072 г.Минск,
Беларусь, demyanov@ifftp.bas-net.by

В настоящее время проводится интенсивное изучение физических свойств низкоразмерных систем и наноструктурных материалов, с целью создания разнообразных наноэлектронных устройств. В связи с этим имеет место широкое развитие различные технологии, такие как молекулярно-лучевая эпитаксия, различные виды осаждения, литография и др., которые позволяют получать наноразмерные кластеры различных материалов, полупроводниковые нанотрубки и другие наносистемы. В то же время, устойчивый рост затрат на производство электронных приборов приводит к поиску новых, в том числе альтернативных технологий, позволяющих уменьшать размеры приборов до нанометрового диапазона. В частности, возобновлен интерес к технологии треков быстрых тяжелых ионов, связанной с формированием узких и протяженных областей радиационного повреждения («латентных ионных треков»), в результате воздействия на вещество энергетичных ионов. В дальнейшем, в различных изолирующих мишенях (в частности, в данной работе - в слое оксида кремния) латентные треки протравливаются, в результате чего формируются микро- и нанопоры, которые могут иметь цилиндрическую либо коническую форму и размеры от 10 до 1000 нм, в зависимости от параметров облучения, условий травления, а также типа подложки [1-2]. Цель данного исследования заключается в разработке и получении новых типов магниточувствительных спинтронных структур на основе протравленных ионных треков в оксидированном кремнии, внутри которых посредством технологии подпотенциального электрохимического осаждения формируются однородные наноконпозиции а также многослойные наноструктуры с чередующимися нанослоями из ферромагнитных и немагнитных

наночастиц (рис. 1). Кроме того, при создании указанных магниточувствительных структур планируется использование разработанной ранее технологии TEMPOS («Tunable Electronic Material in Pores in Oxide on Semiconductors» - «Управляемый Электронный Материал с Порами в Оксиде Кремния») [3], задействующей заполненные металлами и полупроводниками протравленные ионные треки в оксидированном кремнии (Рис.2). Технология TEMPOS используется для создания электронных устройств типа МОП-структур, обладающих нелинейными вольт-амперными характеристиками, в том числе с отрицательным дифференциальным сопротивлением. В результате комплексных исследований структур типа TEMPOS была показана возможность создания на их основе около 35 электронных устройств, таких как термо-, фото- сенсоры, датчики влажности и алкоголя, усилители, частотные умножители, модуляторы амплитуды, осцилляторы, электронные ключи и другие [3 - 4].

В процессе выполнения данных исследований использовались образцы SiO₂ / n-Si и SiO₂ / p-Si . Слой диоксида кремния был сформирован термическим окислением Si при температуре 1100 °С в течение 10 часов в атмосфере очищенного кислорода. Толщина оксидного слоя составила 0,7 ± 0,1 мкм. После облучения ионами ¹⁹⁷Au²⁶⁺ с энергией 350 МэВ и дозой 5 x 10⁸ см⁻² в Центре Технологий Ионных Пучков («ISL») Хан-Майтнер-Института в г.Берлин (Германия), в слое SiO₂ были сформированы латентные ионные треки, которые в дальнейшем подвергались селективному травлению в HF с концентрациями 1.35 % и 2.7 % при 20±1 °С. В результате, в

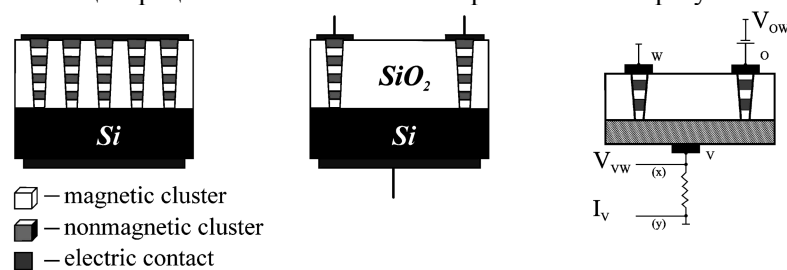


Рис.1. Схематическое изображение магниточувствительных структур, создание которых планируется с использованием технологии TEMPOS.

слое диоксида кремния образовались стохастически размещенные поры в виде усеченных конусов с диаметрами оснований 200 нм (на границе с Si) и 250 нм и высотой 200 нм. Травление треков осуществлялось на всю глубину слоя SiO₂, до кремниевой подложки.

Далее, посредством подпотенциального электрохимического осаждения было проведено наполнение протравленных ионных треков нанокластерами меди и никеля, и подготовлены экспериментальные образцы (рис. 2). Важно отметить, что данный метод позволяет формировать как однородные наноструктуры, так и совокупности нанокластеров металлов, диэлектриков и полупроводников и/или их чередующихся слоев. Он характеризуется высоким уровнем контроля процесса, включая варьирование структурных параметров, таких как размеры кластера, толщина слоя, последовательность слоев, а также композиции и морфологии осаждаемого материала посредством изменения потенциала электрода. Кроме того, для реализации метода подпотенциального осаждения необходимо простое оборудование, малые энергозатраты, и он является экологически чистым [5].

В настоящее время, в рамках реализации следующего этапа работ по созданию прототипов магнитных сенсоров, проводятся комплексные электрофизические измерения полученных наноструктур с нанокластерами Cu и Ni в протравленных ионных треках в слоях SiO₂. Первые измерения вольт-амперных характеристик показали их подобие аналогичным измерениям для

диодов Шоттки, что соответствует более ранним исследованиям для TEMPOS – структур [3 - 4]. Также планируется изучение электрофизических свойств структур с нанокластерами никеля в магнитных полях напряженностью до 0.5 Т.

Предполагается, что описанные выше наноструктуры, приготовленные с использованием технологии быстрых тяжелых ионов, можно будет использовать в магниторезистивных сенсорах, датчиках перемещений, устройствах памяти и других подобных устройствах. Цель нашей работы заключается в выявлении данных возможностей.

1. *R.L.Fleischer, P.B.Price, R.M.Walker*, Nuclear Tracks in Solids. Principles and Applications. Univ. California Press. Berkeley. CA. 1975

2. *Fundamentals of Ion-Irradiated Polymers. Ed. by D.Fink*. Heidelberg. Springer Series in Materials Science. V.63. 2004

3. *D.Fink, A.V.Petrov, K. Hoppe, W.R. Fahrner, R. M. Papaleo, A.S. Berdinsky, A. Chandra, A.Chemseddine, A. Zrineh, A. Biswas, F. Faupel, L.T. Chadderton* // Nuclear Instruments and Methods in Physics Research. 2004. V. B 218. P. 355

4. *D.Fink, A.V.Petrov, W.R.Fahrner, K.Hoppe, R.M.Papaleo, A.S.Berdinsky, A.Chandra, A.Zrineh, L.T.Chadderton* // International Journal of Nanoscience. 2005.V.4. Nos. 5-6. P. 965

5. *D.Ivanou, E.A.Streltsov, A.K.Fedotov, A.V.Mazanik, D.Fink, A.V.Petrov*, // Thin Solid Films. 2005. V.490. P.154

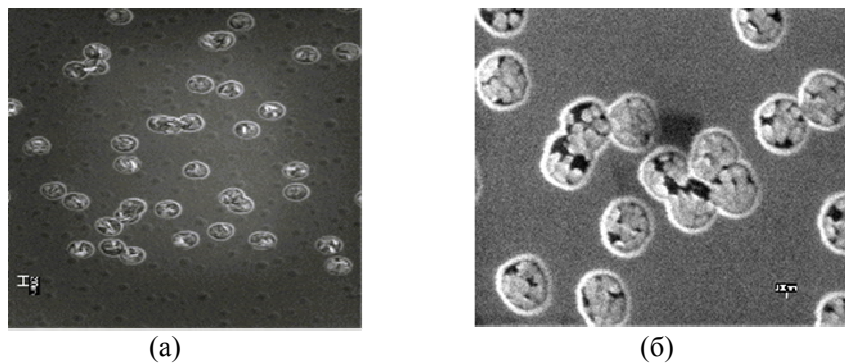


Рис. 2. Структуры SiO₂/Si с наночастицами Cu (а) и Ni (б) в протравленных ионных треках в слое диоксида кремния.