

УДК 537.311.322: 621.763

Е. Ю. КАНЮКОВ, А.В. ПЕТРОВ, С.Е.ДЕМЬЯНОВ

Минск, ОИФТТП НАН Беларуси

Ю.А.ИВАНОВА, Д.К.ИВАНОВ, Е.А.СТРЕЛЬЦОВ, А.К.ФЕДОТОВ

Минск, БГУ

D.FINK

Германия, Берлин, Хан-Майтнер-Институт

W.R.FAHRNER

Германия, Хаген, Университет г.Хаген

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ БЫСТРЫХ ТЯЖЕЛЫХ ИОНОВ ДЛЯ СОЗДАНИЯ МИКРО- И НАНОЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВ

В настоящее время широко развивается поиск новых технологий, которые позволяют уменьшать размеры электронных приборов до нанометрового диапазона. В связи с этим интенсивно развиваются такие технологии, как молекулярно-лучевая эпитаксия, различные виды осаждения, литографии, позволяющие получать такие структуры, как наноразмерные кластеры различных материалов, полупроводниковые нанотрубки и др. Среди этих технологий менее известна и сравнительно недавно развивается технология быстрых тяжелых ионов, которая связана с облучением различных материалов высокоэнергетическими ионами [1,2]. Данное воздействие приводит к формированию в веществе узких протяженных областей радиационного повреждения, которые получили название «ионные треки» (или «латентные треки»). В дальнейшем, в результате химического травления латентных ионных треков, формируются 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 (рис. 1) [3,4].

При последующем осаждении различных материалов в данные поры возможно создание различных микро- и нанoeлектронных устройств. При этом возможно использование двух методик, а именно химического (безэлектродного) осаждения и электрохимического осаждения [2 - 4]. Таким образом, с одной стороны, можно сформировать структуры, состоящие из нескольких ионных треков, соединенных друг с другом миниатюрными проводящими перемычками. С другой стороны, вся структура может быть сформирована в индивидуальном ионном треке полимерной пленки. По своему применению, структуры основанные на использовании протравленных ионных треков, можно классифицировать следующим образом:

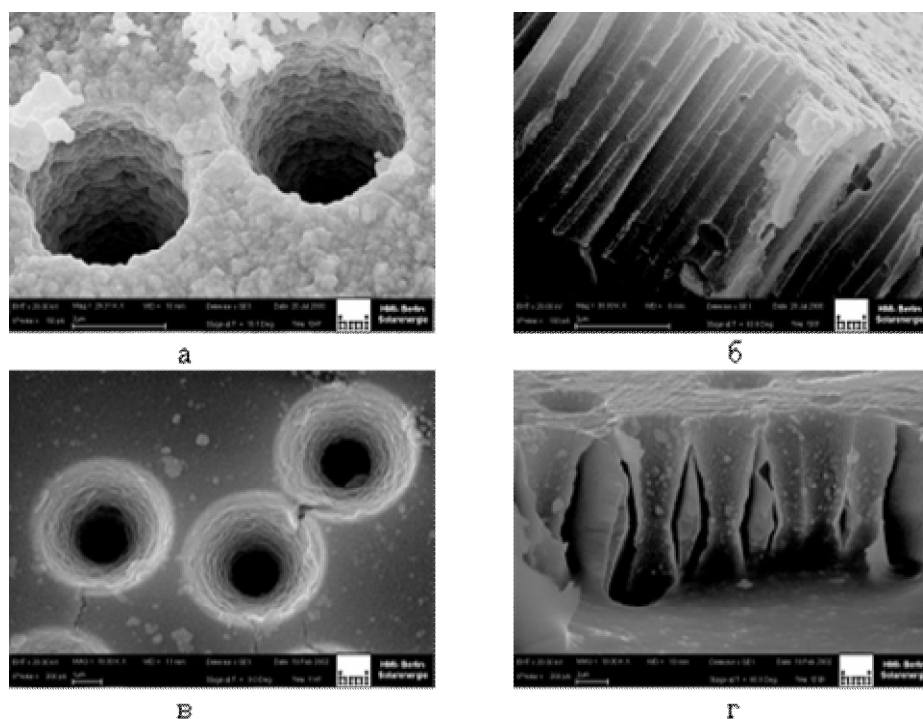


Рис. 1. Примеры протравленных ионных треков в полимерных пленках полиэтилентерефталата (а, б) и полиимида (в, г) [2,3]

а) Применение в электротехнике. С помощью первой методики возможно создание микротрансформаторов и микроконденсаторов на основе полимерной пленки полиимида с ионными треками. Данные устройства получают комбинированным использованием безэлектродного осаждения металлов через специальные маски, с последующим напылением контактов. Первые прототипы микротрансформаторов и микроконденсаторов были созданы в научном центре Хан-Майтнер-Институт (Берлин, Германия) (рис. 2) [3,4].

б) Применение в сенсорной технике. Вторая методика используется для создания наноустройств на базе материалов с ионными треками, и в частности, для создания сенсоров температуры и давления на основе полимерных пленок с трубками фуллерита в треках [5].

в) Применение в электронике. На основе структур SiO_2/Si и $\text{Si}_x\text{ON}_y/\text{Si}$ с протравленными ионными треками в диэлектрических слоях SiO_2 и Si_xON_y , возможно создание электронных устройств на основе технологии "TEMPOS" («Tunable Electronic Material in Pores in Oxide on Semiconductors» - «Управляемый Электронный Материал с Порами в Оксиде Кремния»). Функционирование TEMPOS – структур определяется не только материалом и толщиной слоя диэлектрика, но также и типом кремниевой подложки; диаметром, длиной, формой и распределением протравленных ионных треков, и кроме того, типом и распределением проводящего и полупроводящего материала, осажденного в треки и на

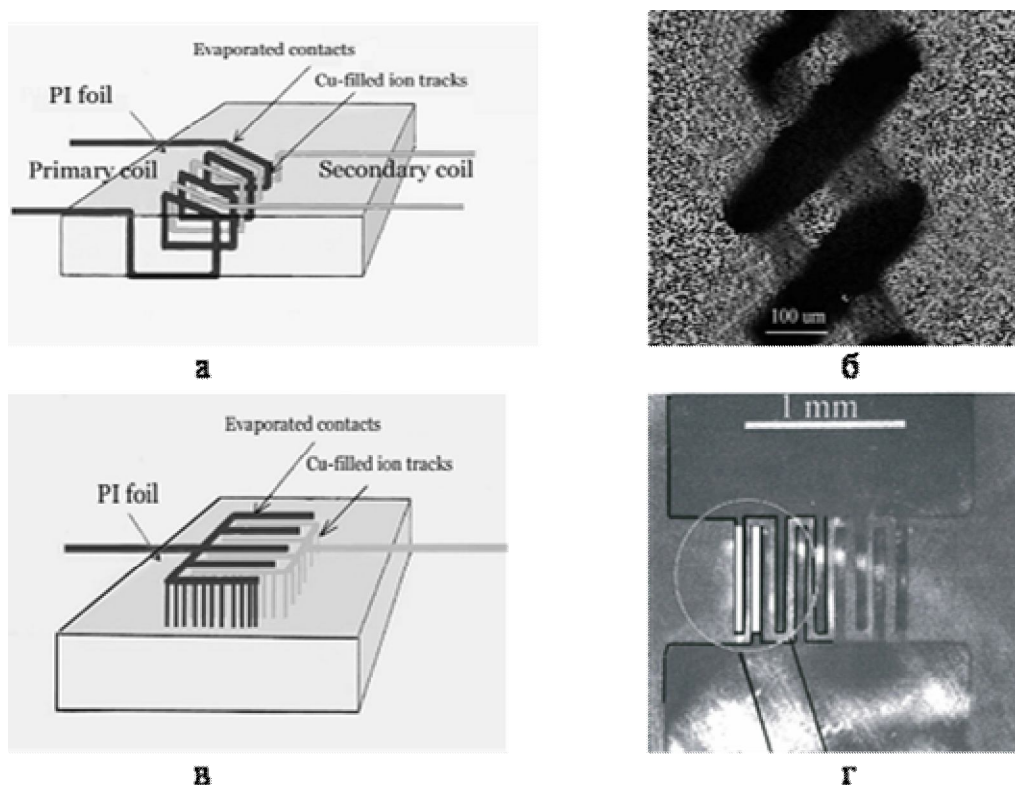


Рис.2. Принципы создания и первые прототипы микротрансформатора (а, б) и микроконденсатора (в, г) на основе пленки полиимида с ионными треками [3,4].

поверхность слоя диэлектрика. В зависимости от условий осаждения и осаждаемого материала выделяют два основных класса TEMPOS-устройств: (1) структуры с непрерывными слоями материала, осажденного в треки, и (2) структуры с наночастицами в треках. В зависимости от способа изготовления TEMPOS-структуры, эти устройства могут функционировать как резисторы, конденсаторы, диоды, транзисторы, солнечные элементы или сенсоры, которые могут иметь различные применения в электронике [6]. Первые прототипы данных устройств были созданы в Хан-Майтнер-Институте и Университете г. Хаген (Германия). В настоящее время ведется работа по созданию прототипов магниточувствительных сенсоров с использованием методики электрохимического осаждения и технологии TEMPOS (Рис. 3) [7].

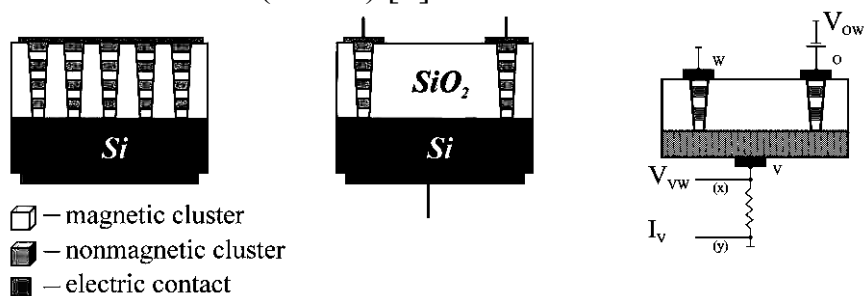


Рис. 3. Принципы создания прототипов магниточувствительных сенсоров с использованием технологии TEMPOS.

Таким образом, на основании вышеизложенного можно сделать вывод об эффективности и перспективности использования технологии быстрых тяжелых ионов для создания новых микро- и нанoeлектронных устройств с широким спектром применения. Как показали многочисленные исследования [3 - 7], современный уровень развития науки и технологии позволяет успешно реализовать производство данных устройств.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

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, Springer Series in Materials Science, 2004, V.63.
3. D.Fink, P.S.Alegaonkar, A.V. Petrov, A.S.Berdinsky, V.Rao, M.Müller, K.K.Dwivedi, L.T.Chadderton, The Emergence of New Ion Track Applications, Radiation Measurements, 2003, V.36, p.605 – 609.
4. D. Fink, P.S.Alegaonkar, A.V.Petrov, M.Wilhelm, P.Szimkowiak, M.Behar, D.Sinha, W.R.Fahrner, K.Hoppe, L.T. Chadderton, High Energy Ion Beam Irradiation of Polymers for Electronic Applications, Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, 2005, V. B 236, Nos. 1-4, p. 11-20.
5. A.S.Berdinsky, D.Fink, A.V.Petrov, H.-G.Chun, L.T.Chadderton, V.A.Gridchin, P.S.Alegaonkar, Pressure Dependence of Conductivity of Fullerite Structures, Proceedings of the 7th Korean-Russian International Symposium on Science and Technology, Ulsan, Korea, June 28 – July 6, 2003, V.1, p. 141 – 146.
- 6.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, Etched Ion Tracks in Silicon Oxide and Silicon Oxynitride as Charge Injection or Extraction Channels for Novel Electronic Structures, Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, 2004, V. B 218, p. 355-361.
7. D.Ivanou, E.A.Streltsov, A.K.Fedotov, A.V.Mazanik, D.Fink, A.V.Petrov, Electrochemical Deposition of PbSe and CdTe Nanoparticles onto p-Si (100) Wafers and into Nanopores in SiO₂ / Si (100) Structure, Thin Solid Films, 2005, V.490, p.154 – 160.