

06;12

Использование трековой технологии для создания массивов микроигл, микродюз и микротрубок из никеля

© Г.М. Гусинский, С.В. Барышев, А.В. Нащекин, Д.А. Саксеев,
В.О. Найденов, С.Г. Конников

Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе РАН, Санкт-Петербург
E-mail: lolapalooza@mail.ru

Поступило в Редакцию 27 февраля 2009 г.

С помощью растровой электронной микроскопии отработана методика создания массивов никелевых объектов (микроигла, микродюза и микротрубка) с заданными геометрическими параметрами в рамках трековой технологии. Показано, что достигаемое значение радиуса острия микроиглы (10–25 nm) позволяет использовать микробъекты данного типа в качестве актуальных на сегодняшний день многоострижных автоэмиссионных катодов с высокой токовой плотностью.

PACS: 37.20.+j, 68.37.Hk, 81.05.Lg, 81.40.Wx

Как хорошо известно [1], трековая технология создания микрообъектов заключается в облучении материала (как правило, полимера) тяжелыми ионами, ускоренными до энергий в десятки MeV, для создания латентных треков — областей с большой плотностью радиационных дефектов. Далее следуют физико-химическая обработка облученного материала, в результате чего создаются осесимметричные полости необходимой формы и размера, и заполнение этих матриц различными материалами при помощи вакуумного испарения, методом гальванического осаждения или химического замещения.

Варьируя тип ионов, их энергию, условия и дозу ультрафиолетового облучения, используя локальный отжиг непротравленной области латентного трека, изменяя условия травления треков и методы заполнения матриц, можно получать разнообразные формы матриц и соответствующие им микрообъекты. Расстояния между полученными объектами распределены на облученном ионами пленочном материале по закону Гаусса. Среднее значение расстояний $\langle a \rangle = 1/\sqrt{\pi N}$ определяется

плотностью дозы облучения N , которая легко варьируется в пределах $10^2 - 10^9$ ion/cm².

В настоящее время трековая технология в основном используется при изготовлении фильтров типа „трековые мембраны“ с микроканалами цилиндрической формы. Стоит отметить, что применение трековой технологии позволяет получать массивы микрообъектов более сложной формы, что заметно расширяет область ее использования. В частности, на основе трековой технологии возможен существенный прогресс в развитии многоострийных автоэмиссионных катодов. Действительно, начиная с первой публикации [2] и по сей день [3,4] автоэмиссионные источники электронов острийного типа, катоды Спиндта, наряду с эмитирующими массивами вертикально стоящих углеродных нанотрубок/нанопроволок Si, WO₃ и других материалов [5], привлекают внимание исследователей. Такие эмиттеры являются наиболее перспективными элементами устройств вакуумной электроники — источниками с высокой токовой плотностью, в том числе и для коммерческих приложений, одним из которых является создание дисплея на основе структур с автоэлектронной эмиссией (FED — field emission display) [см., например, ссылку 6].

Основными параметрами автоэмиссионных источников являются рабочее межэлектродное напряжение и работа выхода эмиттера ϕ . Плотность тока определяется известным соотношением Фаулера–Нордгейма [7]:

$$j = A \frac{E^2}{\phi} \exp\left(\frac{B}{\sqrt{\phi}}\right) \exp\left(-C \frac{\phi^{3/2}}{E}\right), \quad (1)$$

где A , B , C — константы, E — напряженность электрического поля, зависящая от геометрии системы катод–анод, в особенности от диаметра острия [8]. Кроме того, в случае коммерческого приложения важными обстоятельствами являются однородность параметров эмитирующих элементов по площади рабочей поверхности, простота и стоимость технологии производства этих элементов.

Трековая технология позволит следующее: 1) сделать производство ряда базовых элементов микронного и субмикронного размера массовым и дешевым; 2) обеспечить необходимый диаметр излучающего острия (от десяти до нескольких десятков nm) и соответствующую ему плотность тока эмиссии ($\sim 10^6$ A/cm²) при сравнительно малой токовой нагрузке на отдельное острие [8,9].

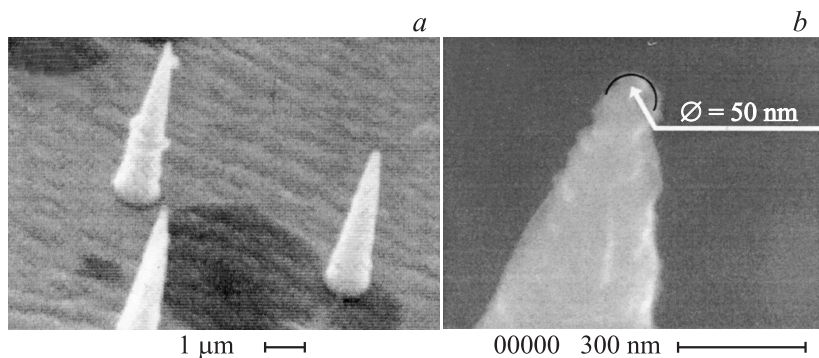


Рис. 1. РЭМ-изображение: *a* — массива Ni микроигл и *b* — острия иглы, типичной для массива, изображенного на фрагменте *a*.

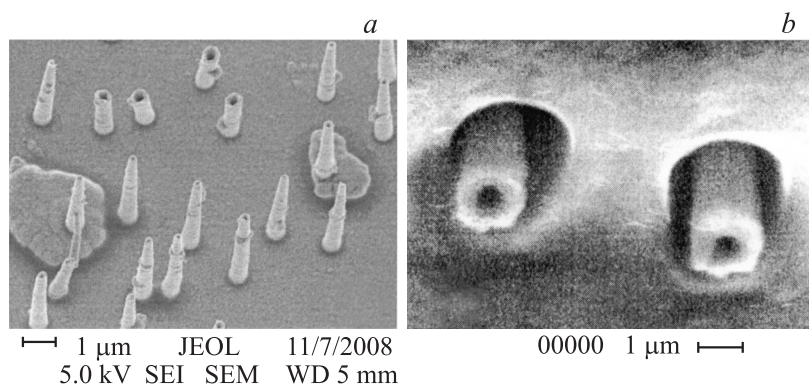


Рис. 2. РЭМ-изображения микрообъектов более сложной конфигурации, полученных варьированием трековой технологии: *a* — микропузыри и *b* — микротрубки из Ni.

На рисунках приведены сделанные методом РЭМ (растровой электронной микроскопии) фотографии микрообъектов из Ni, форма которых реализуется с помощью трековой технологии.

В заключение, на основе трековой технологии созданы массивы микрообъектов из Ni простейшей формы в виде микроигл с диа-

метром острия ≤ 50 nm. Эти массивы могут быть использованы как собственные многоострийные автоэмиссионные катоды и как база для нанесения материалов с высокими эмиссионными характеристиками. Кроме того, тончайшие капилляры микротрубок и микродиоз из Ni, получаемые варьированием трековой технологии, также могут найти широкое применение в различных технологических процессах.

Список литературы

- [1] Гагарин Ю.Ф. и др. // Приборы и техника эксперимента. 1976. № 6. С. 213.
- [2] Spindt C.A. // J. Appl. Phys. 1968. V. 39. P. 3504.
- [3] Hirotsuki N. // Appl. Phys. Lett. 2007. V. 91. P. 061101.
- [4] Qi K.C. // Appl. Phys. Lett. 2008. V. 93. P. 093503.
- [5] Chen Jun et al. // Appl. Phys. Lett. 2007. V. 90. P. 253105.
- [6] <http://en.futaba.co.jp/display/fed/>
- [7] Fowler R.H., Nordheim L. // Proc. Roy. Soc. 1928. V. 119. P. 173.
- [8] Баранова Л.А., Гусинский Г.М. // Прикладная физика. 2008. № 2. С. 79.
- [9] Gusinskii G.M. et al. // Programm and Abstracts of 49th International Field Emission Symposium. 2004. P. 116.