

Functional transition for homogeneous electronic technologies

For the first time, a rectifying contact in the form of chemically homogeneous hydrated nanoparticles of the YSZ-system ($ZrO_2-x\%molY_2O_3$, where $x = 0, 3, 4, 8$) has been practically implemented and investigated (Fig. 1.) [1]. It is based on the dimensional effects of the zone structure distortion by the surface of low-dimensional objects. Compacts (prepared at high hydrostatic pressure of 300 MPa) of monodisperse nanopowders with nanoparticle sizes of 7.5 nm, 9 nm and 14 nm were used in combinations of 7.5 nm – 9 nm, 7.5 nm – 14 nm as contacting objects. The hydrate shell of nanoparticles was used to ensure the electrical continuity of the medium in the space between the particles.

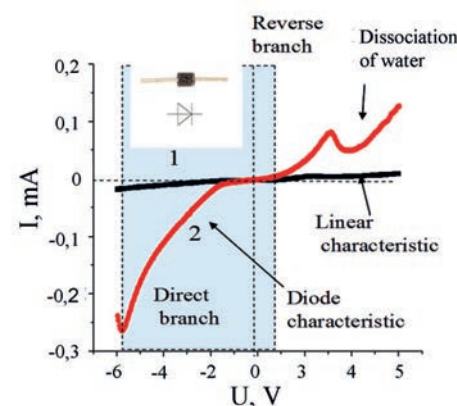
A general pattern has been established for the studied YSZ-systems, consisting in the extreme nature of changes in the limit electrical parameters of contacts depending on the dispersion of particle sizes and the concentration of impurities in the material of contacting nanoparticles. It was shown that an increase in the dispersion of particle sizes over more than 1.5 nm leads to a proportional increase in the value of the limiting reverse voltage (V_{rev}), and a decrease in the value of the limiting forward current (I_{for}). The achieved values of the limit parameters are 2.99 V for V_{rev} (at $I_{for} = 0.83$ mA) and 0.276 mA (at $V_{rev} = 2.62$ V).

Fig. 1

Вольт-амперные характеристики контакта наночастиц с одинаковыми (7,5 нм, кривая 1) и разными (7,5 нм и 9 нм, кривая 2) диаметрами наночастиц.

Рис. 1

Volt-ampere characteristics of the contact of nanoparticles with identical (7.5 nm, curve 1) and different (7.5 nm and 9 nm, curve 2) nanoparticle diameters.



Функциональный переход для технологий гомогенной электроники

Впервые практически реализован и исследован выпрямляющий контакт в виде химически однородных гидратированных наночастиц YSZ-системы ($ZrO_2-x\%molY_2O_3$, где $x = 0, 3, 4, 8$), в основе которого лежат размерные эффекты искажения структуры энергетических зон твердых тел поверхностью (рис. 1) [1]. В качестве контактирующих объектов были использованы компакты (высокое гидростатическое давление, 300 МПа) из монодисперсных нанопорошков с размерами наночастиц 7,5 нм, 9 нм и 14 нм в сочетании 7,5 нм – 9 нм, 7,5 нм – 14 нм. Гидратная оболочка наночастиц использовалась для обеспечения электрической непрерывности среды в пространстве между частицами.

Для исследуемых YSZ-систем установлена общая закономерность, заключающаяся в экстремальном характере изменения предельных электрических свойств контактов в зависимости от дисперсии размеров частиц и концентрации примеси в материале контактирующих наночастиц. Показано, что увеличение дисперсии размеров частиц свыше 1,5 нм приводит к пропорциональному увеличению значения предельного обратного напряжения (V_{rev}), но уменьшению значения предельного тока (I_{for}). Достигнутые значения предельных параметров составляют 2.99 В для V_{rev} (при $I_{for} = 0,83$ мА) и 0,276 мА (при $V_{rev} = 2,62$ В).

Within the framework of the Tamm theory of surface states and the generalized Seitz-Madelung model, the electronic structure of the near-surface states of nanoscale ion crystals was modeled with regard to ionic crystals, taking into account the Coulomb range and dispersion of electronic properties depending on the curvature of their surface (Fig. 2) [2]. The earlier predicted possibility of realizing the band gap variance of the electronic structure in chemically homogeneous ionic crystals was shown. The possibility of using the obtained structure to convert the moisture adsorption energy into an electrical form was also demonstrated.

The use of new physical principles to obtain a rectifying contact on the specified model object

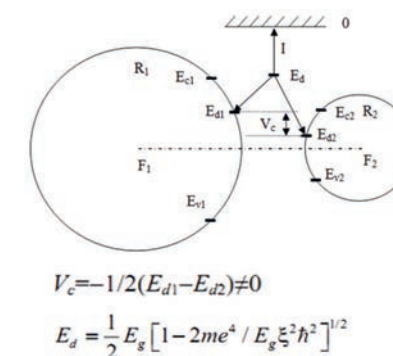
opens up prospects for solving the problem of diffusion instability of chemically inhomogeneous heterostructures, which significantly limits the applicability of classical semiconductor devices under conditions of high temperatures and ionizing radiation. The prospects for creating homogeneous electronic devices that are capable of operating under harsh physical conditions and possess optical transparency, mechanical strength, biocompatibility (in the case of using YSZ systems), as well as the ability to scale into a submicroscopic size range, were shown. Homogeneous electronic devices are of significant interest for critical technologies.

Fig. 2

Схематическая интерпретация эффекта выпрямляющего контакта, где m и e — масса и заряд электрона, ξ — диэлектрическая проницаемость [2].

Рис. 2

Schematic interpretation of the rectifying contact effect, where m and e are the mass and charge of the electron, ξ is the dielectric constant [2].



В рамках теории поверхностных состояний Тамма и обобщенной модели Зейтца-Маделунга применительно к ионным кристаллам проведено моделирование электронной структуры приповерхностных состояний наноразмерных ионных кристаллов с учетом кулоновского дального действия и дисперсии электронных свойств в зависимости от кривизны их поверхности (рис. 2) [2]. Показана возможность реализации вариозности электронной структуры в химически однородных ионных кристаллах, предсказанная ранее. Показана возможность применения полученной структуры для преобразования энергии адсорбции влаги в электрический вид.

Использование новых физических принципов для получения выпрямляющего контакта на

указанном модельном объекте открывает перспективы решения проблемы диффузионной неустойчивости химически неоднородных гетероструктур, существенно ограничивающей применимость классических полупроводниковых приборов в условиях повышенных температур и ионизирующих излучений. Показаны перспективы создания приборов гомогенной электроники, представляющих интерес для критических технологий, которые способны работать в жестких физических условиях, а также обладают оптической прозрачностью, механической прочностью, биосовместимостью (в случае использования YSZ-систем), возможностью масштабирования в субмикроскопический размерный диапазон.