

Влияние туннелирования на термоэлектрическую эффективность наноструктурированных полупроводниковых материалов

Д. А. Пшенай-Северин¹, Л. П. Булат²

¹ФТИ им. А. Ф. Иоффе, Санкт-Петербург, Россия

тел: (812) 515-91-77, эл. почта: d.pshenay@mail.ru

² Санкт-Петербургский государственный университет низкотемпературных и пищевых технологий, Санкт-Петербург, Россия

тел: (812) 575-62-44, эл. почта: bulat@gunipt.spb.ru

Термоэлектрическое преобразование энергии широко применяется для охлаждения и для генерации электроэнергии. Термоэлектрические генераторы могут найти применение в связи с возросшим в последнее время вниманием к экологическим проблемам, в частности, для утилизации бросового тепла. Все это требует поиска новых материалов для повышения эффективности термоэлектрического преобразования.

Наряду с использованием квантоворазмерных эффектов для повышения термоэлектрической эффективности в материалах, содержащих квантовые ямы и квантовые точки [1, 2], в последнее время большое внимание исследователей привлекла возможность получения наноструктурированных объемных полупроводниковых материалов с размерами наночастиц порядка 10-20 нм [3]. Технология изготовления таких материалов подразумевает измельчение исходного вещества в шаровых мельницах до получения порошка из наночастиц и последующее горячее прессование. В отличие от структур с квантовыми ямами эта технология является намного более дешевой.

Вместе с тем механизмы повышения термоэлектрической эффективности в наноструктурированных материалах окончательно не установлены. Предполагается, что в таких структурах важную роль может играть туннелирование электронов между наночастицами, а также рассеяние фононов.

В настоящей работе проводится расчет и оценка кинетических коэффициентов наноструктурированного материала в предположении, что основную роль в переносе играет туннелирование электронов между наночастицами. Проведены расчеты кинетических коэффициентов туннельного контакта в линейном приближении. Оценки для материалов на основе Bi^2Te^3 показали, что термоэдс контакта может быть достаточно высокой (порядка 300 мкВ/К при разумных значениях энергетической высоты барьера 0.8 эВ [4] и величины туннельного зазора 1-3 нм). Расчет кинетических коэффициентов контакта двух наночастиц был проведен с учетом различия температур электронов и фононов в предельном случае, когда туннельный барьер блокирует фононный транспорт. Оценка термоэлектрической эффективности наноструктурированных материалов на основе Bi^2Te^3 показала, что в них безразмерная термоэлектрическая добротность может достигать значений порядка 3-3.5 при комнатной температуре.

Литература

1. M. S. Dresselhaus et. al. Adv. Mater. 19, 1043(2007).
2. T. C. Harman et. al. Science 297, 2229(2002).
3. B. Poudel et. al. Science 320, 634(2008).
4. Hishinuma Y. , Moyzhes B. Y. et. al. Appl. Phys. Lett. 78, 2572(2001).