

Наноклеточные термоэлектрики

Термоэлектрические материалы предназначены для превращения электрической энергии в тепловую и наоборот, что используется для охлаждения без использования компрессоров и для выработки электрического тока под действием разности температур. В основе их работы лежат эффекты Зеебека, Пельтье и Томпсона. (Что это за эффекты? (1 балл)) Мерой добротности термоэлектрических материалов служит безразмерный коэффициент ZT , определяемый формулой

$$ZT = S^2 \cdot T \cdot \sigma / \kappa,$$

где S – коэффициент Зеебека в В/К, T – абсолютная температура в К, σ – электропроводность в См/м, κ – теплопроводность в Вт/м/К. Для повышения термоэлектрической добротности требуется одновременно увеличить электропроводность и коэффициент Зеебека и понизить теплопроводность.

Одним из подходов к решению такой задачи является метод наноструктурирования. Опишите, каким образом создание наноразмерных объектов может привести к повышению термоэлектрической добротности (4 балла).

К перспективным термоэлектрическим материалам относится нанокompозит, состоящий из наночастиц висмута (размером порядка 50 нм), внедренных в матрицу теллурида свинца PbTe. Предложите объяснение явления повышения термоэлектрической добротности материала при создании нанокompозита (2 балла). Аналогичный композит, содержащий наночастицы сурьмы, демонстрирует похожие свойства, тогда как композит с мышьяком вместо сурьмы не обладает перспективными термоэлектрическими свойствами. Объясните, почему (2 балла).

Кремний и германий относятся к узкозонным полупроводникам, имеющим высокие значения теплопроводности, однако теплопроводность твердого раствора $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ в 10-15 раз меньше теплопроводности исходных веществ, а легирование бором (менее 0.3 масс.%) приводит к снижению теплопроводности еще на 15-20%. Объясните эти явления (2 балла).

Для создания прямых преобразователей тепловой энергии солнечного света в электрическую разрабатываются новые типы термоэлектрических материалов, к числу которых относятся наноблочные оксиды. Эти соединения построены в результате чередования слоев, отвечающих за высокую электропроводность, со слоями, определяющими низкую

теплопроводность. Теплопроводность таких соединений относительно высока – более 5 Вт/м/К. Предложите объяснения, почему наноблочные структуры на основе кобальта выбраны для создания такого типа термоэлектрических материалов и почему наибольшую добротность демонстрируют блочно-несоизмеримые соединения (**2 балла**). Предложите другие классы неорганических соединений для создания указанных материалов (**2 балла**).