

05

Термовольтаический эффект в тонкопленочных структурах на основе сульфида самария

© В.В. Каминский, М.М. Казанин

Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе РАН, Санкт-Петербург

E-mail: Vladimir.Kaminski@mail.ioffe.ru

Поступило в Редакцию 20 сентября 2007 г.

Впервые наблюдался термовольтаический эффект в тонких пленках сульфида самария. На тонкопленочной сэндвич-структуре в температурном интервале 360–428 К возникало электрическое напряжение ~ 1.1 В.

PACS: 72.15.Jf, 73.40.Sx

В работах [1,2] был описан эффект возникновения электрического напряжения при равномерном нагреве образца в условиях отсутствия внешних градиентов температуры (термовольтаический эффект). Эффект наблюдался в монокристаллах сульфида самария (SmS) при температурах 400–500 К. Электрическое напряжение возникает вследствие наличия градиента концентрации ионов самария, находящихся вне регулярных узлов кристаллической решетки (тип NaCl). Этими ионами могут быть избыточные по отношению к стехиометрическому составу ионы самария. Известно, что SmS имеет область гомогенности, простирающуюся до 4 at.% избытка самария, что соответствует граничному составу $\text{Sm}_{1.17}\text{S}$. Градиент локальной концентрации избыточных ионов Sm^{2+} должен быть направлен по оси расположения электродов, с которых снимается напряжение. Напряженность электрического поля может быть определена из соотношения [3]:

$$E = K \text{grad } N_i, \quad (1)$$

где N_i — концентрация избыточных (дефектных) ионов самария, K — коэффициент пропорциональности, зависящий сложным образом от параметров материала и температуры.

Таким образом, для достижения максимальных значений электрического напряжения необходимо создать в образце максимальное значение $\text{grad } N_i$. Нами это положение было реализовано путем создания

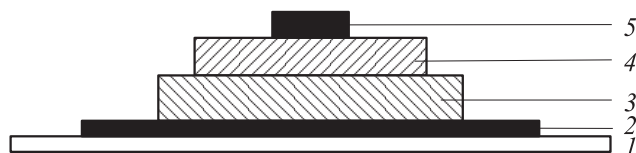


Рис. 1. Тонкопленочная структура на основе сульфида самария: 1 — подложка из поликора; 2, 5 — металлические контакты; 3 — слой $\text{Sm}_{1,1}\text{S}$; 4 — слой SmS .

двухслойной тонкопленочной сэндвич-структуры на основе Sm_xS с различными значениями x в слоях.

На подложку из поликора (Al_2O_3) методом резистивного испарения был нанесен слой никеля. Поверх слоя никеля методом взрывного испарения был осажден слой состава $\text{Sm}_{1,1}\text{S}$ толщиной $0.26\ \mu\text{m}$ и далее указанными методами были последовательно нанесены SmS толщиной $0.2\ \mu\text{m}$ и верхний никелевый электрод. Осаждение слоев проводилось в вакууме порядка 10^{-5} Торр. Полученная структура представлена на рис. 1. Толщина полупроводниковых слоев определялась с помощью микроинтерферометра МИИ-4. Их состав контролировался методами рентгеноструктурного анализа на установке ДРОН-4. Присоединение токовыводов к полученной структуре осуществлялось при помощи прижимных контактов: один к слою Ni на поликоре, другой — к слою Ni на SmS . В ходе экспериментов подложка структуры помещалась на массивную медную пластину, нагреваемую с помощью электрической печки резистивного типа. Температура медной пластины и подложки измерялась термопарой медьконстантан, заделанной в медную пластину таким образом, чтобы ее спай касался подложки. Сигналы с токовыводов и термопары подавались на два канала АЦП компьютера и снимались в процессе нагрева и остывания. Измерения проводились в вакууме порядка 10^{-2} Торр. На рис. 2 представлены полученные результаты. Электрическое напряжение величиной $1.1\ \text{V}$ возникало при нагреве при $T = 428\ \text{K}$ и полностью заканчивалось при остывании при $T = 360\ \text{K}$. Отдельные выбросы генерируемого напряжения достигали $1.6\ \text{V}$.

Полученный сигнал по температурному интервалу примерно соответствует таковому для монокристаллов, что свидетельствует в пользу того, что мы имеем дело с термовольтаическим эффектом. Об этом же говорит большая величина сигнала: если учесть, что величина дифференциальной термоэдс для тонких пленок SmS равна $\sim 50\ \mu\text{V/K}$,

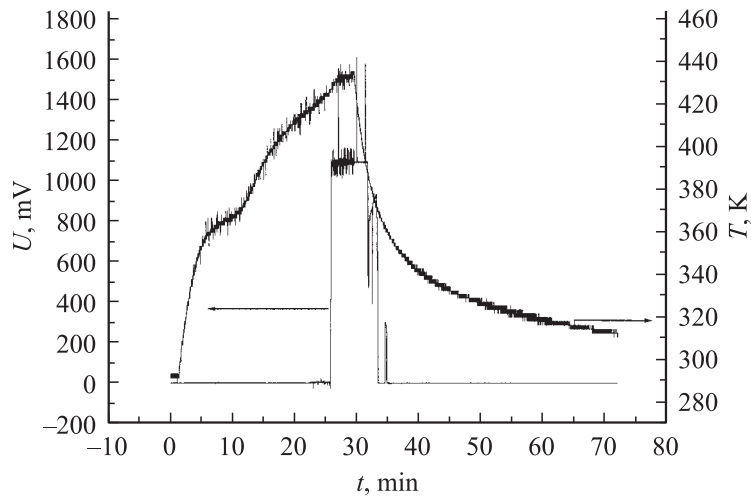


Рис. 2. Динамика изменения сигнала термовольтаического эффекта в тонкопленочной структуре на основе SmS при ее нагреве и охлаждении. Стрелки указывают на оси координат, относящиеся к соответствующим кривым.

то для получения значения напряжения ~ 1 В с помощью обычного термоэлектрического эффекта необходимо создать $\Delta T \sim 2 \cdot 10^4$ К, что нереально.

Авторы выражают признательность А.В. Голубкову за предоставление материала для изготовления пленок и И.В. Павлову за помощь при напылении структур.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, грант № 07-08-00289, а также ООО „Эс эм Эс-тензо“ (Санкт-Петербург).

Список литературы

- [1] Казанин М.М., Каминский В.В., Соловьев С.М. // ЖТФ. 2000. Т. 70. В. 5. С. 136–138.
- [2] Каминский В.В., Соловьев С.М. // ФТТ. 2001. Т. 43. С. 423–426.
- [3] Каминский В.В., Голубков А.В., Васильев Л.Н. // ФТТ. 2002. Т. 44. С. 1501–1505.