

выпускник Я.Ю. Журавлева

Науч. рук. доц. А. И. Клындюк, доц. Е. А. Чижова
(кафедра физической, коллоидной и аналитической химии, БГТУ)**ЭЛЕКТРОТРАНСПОРТНЫЕ СВОЙСТВА КОМПОЗИТОВ
NdBaCoFeO_{5+δ} + УНТ**

Кислородсодержащие слоистые перовскиты (КСП) типа A'A''B'B''O_{5+δ} (A' – редкоземельный элемент (РЗЭ), A'' – щелочноземельный элемент (ЩЗЭ), B', B'' – 3-d металл), могут образовываться при различном сочетании элементов A', A'', B', B'' и обладают широкой областью гомогенности по кислороду ($0 \leq \delta \leq 1$), благодаря чему демонстрируют широкий комплекс магнитных, электротранспортных и диэлектрических свойств и находят применение в различных областях науки и техники, в частности, в качестве компонентов *p*-ветвей высокотемпературных термоэлектрогенераторов (ТЭГ), катодных материалов средне- и высокотемпературных твердооксидных топливных элементов (ТОТЭ), рабочих элементов химических полупроводниковых газовых сенсоров, а также катализаторов окисления углеводородов [1].

Улучшения функциональных характеристик КСП достигают варьированием их катионного или анионного состава, а также введением в них различных добавок, в качестве которых могут выступать микро- и наночастицы простых и сложных оксидов металлов, благородных металлов, а также наноразмерных форм углерода (фуллерены, углеродные нанотрубки и т. д.).

В настоящей работе изучено влияние добавки углеродных нанотрубок (УНТ) на электротранспортные свойства КСП NdBaCoFeO_{5+δ}.

Композиты состава NdBaCoFeO_{5+δ} + *x* мас. % УНТ (*x* = 0,5; 1,0; 2,0) получали спеканием смеси базового КСП – слоистого феррокобальтита неодима – бария, синтезированного по методике [2] с УНТ на воздухе в течение 5 ч при температуре 1173 С°. Электропроводность (σ) и термо-ЭДС (*S*) слоистых композитов NdBaCoFeO_{5+δ} изучали на воздухе в интервале температур 800–1100 К по методикам, описанным в [2].

Найдено, что полученные материалы состава NdBaCoFeO_{5+δ} + *x* мас. % УНТ (*x* = 0,5; 1,0; 2,0) как и базовая фаза NdBaCoFeO_{5+δ} являются полупроводниками *p*-типа, величина удельной электропроводности которых при увеличении содержания в них УНТ уменьшается от 39,0 См/см для *x* = 0 до 3,86 См/см для *x* = 2 мас. %, а коэффициент

термо-ЭДС возрастает от 23,5 мкВ/К для $x = 0$ до 115 мкВ/К для $x = 2$ мас. %.

При этом в области температур 500–800 К наблюдается аномалия электротранспортных свойств керамики, заключающаяся в изменении характера их электропроводности от полупроводникового к металлическому, что сопровождается изменением знака $\partial S/\partial T$. Температура обнаруженной аномалии возрастает при увеличении содержания в композитах УНТ. Согласно [2], эта аномалия обусловлена началом выделения из $\text{NdBaCoFeO}_{5+\delta}$ слабосвязанного кислорода (δ). Поскольку введение в $\text{NdBaCoFeO}_{5+\delta}$ УНТ не влияет на его термическую стабильность, увеличение температуры аномалии для композитов $\text{NdBaCoFeO}_{5+\delta} + x$ мас. % УНТ при возрастании x , очевидно, обусловлено возрастанием концентрации межфазных границ $\text{NdBaCoFeO}_{5+\delta}$ – УНТ, что сглаживает эффект от снижения концентрации основных носителей заряда – «дырок» – в этих материалах.

Анализ температурных зависимостей σ и S исследованных материалов позволяет сделать заключение о том, что основными носителями заряда в них являются поляроны малого радиуса [3], энергия возбуждения которых изменяется в пределах 0,010–0,050 эВ и возрастает с ростом содержания УНТ в образцах, а энергия активации миграции возрастает в пределах 0,063–0,094 эВ, уменьшаясь при возрастании содержания УНТ от 0 до 1 мас. % и возрастая для образца с добавкой 2 мас. % УНТ.

Из анализа зависимостей $S = f(\ln\sigma)$ для композитов $\text{NdBaCoFeO}_{5+\delta} + x$ мас. % УНТ следует, что величина заряда основных носителей заряда в них в два раза превышает заряд электрона, то есть носителями заряда являются биполароны.

ЛИТЕРАТУРА

1. Klyndyuk A. I. Perovskite-Like Oxides 0112 Type: Structure, Properties, and Possible Applications / A. I. Klyndyuk // *Advances in Chemistry Research*. V. 5. Ed. By J.C. Taylor. Nova Science Publishers. – New York. – 2010. – P. 59–105.
2. Клындюк А. И. Синтез и свойства $\text{LnBaFeCoO}_{5+\delta}$ ($\text{Ln} = \text{Nd}, \text{Sm}, \text{Gd}$) / А. И. Клындюк, Е. А. Чижова // *Неорганические материалы*. – 2013. – Т. 49. – № 3. – С. 326–332.
3. Мотт, Н. Электронные процессы в некристаллических веществах / Н. Мотт, Э. Дэвис. – М.: Мир. 1982. 368 с.