

Ю. В. Найдич, Т. В. Сидоренко, Б. К. Лупин*

СМАЧИВАНИЕ ДИОКСИДА ОЛОВА РАСПЛАВАМИ СЕРЕБРО—МЕДЬ В ВОЗДУШНОЙ СРЕДЕ

Изучены процессы смачивания и контактного взаимодействия расплавов системы Ag—Cu—O на поверхности SnO₂ в воздушной среде при температурах 1170—1270 К. Исследована микроструктура зоны контакта керамика—металл.

Ключевые слова: смачивание, диоксид олова, оксидная керамика.

Введение

Диоксид олова SnO₂ относится к важному классу прозрачных оксидных материалов, которые сочетают в себе специфические электрофизические свойства, являясь полупроводником n-типа, и высокую оптическую прозрачность в видимом диапазоне электромагнитного спектра. Благодаря этому керамика на основе SnO₂ используется в электронике, электротехнике, катализе и т. п.

Адгезионные и капиллярные свойства диоксида олова при контакте с металлическими расплавами изучены недостаточно [1—3]. Исследовано смачивание SnO₂ лишь весьма ограниченным количеством систем: смачивание на воздухе расплавами Ag [1, 2], Ag—0,1% (мас.) Cu [1], а также смачивание в инертной среде (гелий) расплавами Cu, Cu—3% (мас.) Ti, Sn [1]. Тем не менее, подобные исследования представляют большой интерес как с теоретической, так и с практической точек зрения.

В данной работе проведена серия экспериментов по смачиванию двух типов керамических подложек на основе SnO₂ (с высокой и низкой пористостью) расплавами системы Ag—Cu—O с различным содержанием меди в расплаве.

Эксперимент и обсуждение результатов

Известно, что способ получения керамического материала часто влияет на некоторые свойства материала, в частности на его пористость, что, в свою очередь, обуславливает сферу его применения. Высокопористая керамика на основе диоксида олова получена при спекании на воздухе при температуре 1623 К и выдержке 2 ч предварительно спрессованного при 39,23 МПа порошка SnO₂. При этом керамика (пористость ~40%) имела много структурных дефектов и могла использоваться в газовых датчиках и в качестве катализаторов.

* Ю. В. Найдич — академик НАН Украины, доктор технических наук, профессор, зав. отделом, Институт проблем материаловедения им. И. Н. Францевича, НАН Украины, Киев; Т. В. Сидоренко — кандидат химических наук, старший научный сотрудник, там же; Б. К. Лупин — научный сотрудник, там же.

Высокоплотную керамику спекали на воздухе при температуре 1623 К и выдержке 2 ч предварительно спрессованной при 39,23 МПа смеси порошков SnO_2 и 1% (ат.) Fe_2O_3 . Полученные образцы имели плотность порядка 3% и могли быть использованы, например, в качестве высокотемпературных электродов.

Смачивание изучали методом лежащей капли на воздухе при температурах 1170—1270 К на заранее отшлифованных и отполированных подложках, которые имели диаметр 20 мм и толщину 3 мм. Результаты экспериментов приведены на рис. 1. Показано, что добавка меди в расплав серебра приводит к значительному снижению контактного угла смачивания для подложек двух типов.

Данные экспериментов по смачиванию диоксида олова сравнили с результатами по смачиванию при тех же условиях некоторых других оксидных материалов (рис. 2).

Показано, что в кислородсодержащей среде системы на основе SnO_2 , а также SiO_2 и Al_2O_3 при контакте с расплавом Ag—Cu—O демонстрируют схожее поведение — наблюдается резкое снижение значений контактных углов при увеличении содержания меди в расплаве. Это обусловлено образованием в расплаве металлкислородных комплексов, способных взаимодействовать с отрицательно заряженной (благодаря ионам кислорода подложки) поверхностью твердой фазы [4].

Микроструктура зоны контакта SnO_2 -керамики с металлическим расплавом представлена на рис. 3. На межфазной границе формируется

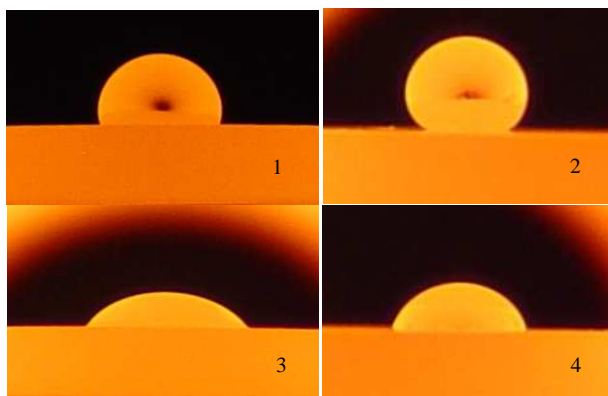


Рис. 1. Фотографии капель на керамических подложках: 1 — $\text{SnO}_2\text{—Ag}$; 2 — $\text{SnO}_2\text{1Fe}_2\text{O}_3\text{—Ag}$; 3 — $\text{SnO}_2\text{—Ag}_3\text{Cu}$; 4 — $\text{SnO}_2\text{1Fe}_2\text{O}_3\text{—Ag}_3\text{Cu}$

Fig. 1. Drops foto on the ceramic substrates: 1 — $\text{SnO}_2\text{—Ag}$; 2 — $\text{SnO}_2\text{1Fe}_2\text{O}_3\text{—Ag}$; 3 — $\text{SnO}_2\text{—Ag}_3\text{Cu}$; 4 — $\text{SnO}_2\text{1Fe}_2\text{O}_3\text{—Ag}_3\text{Cu}$

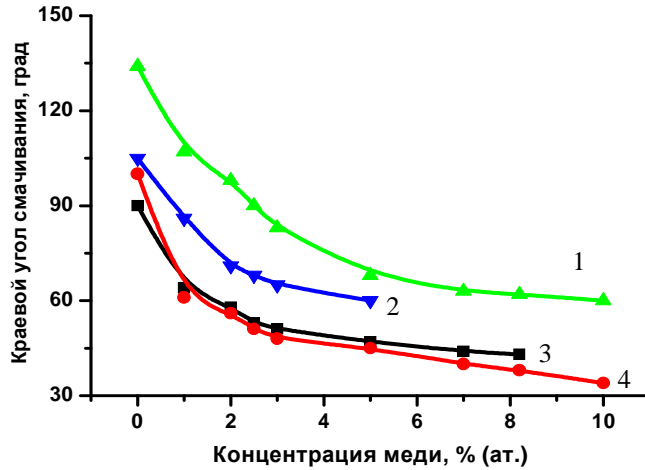


Рис. 2. Зависимость краевого угла смачивания оксидной керамики от концентрации меди в расплаве (воздух, 1270 К): 1 — SnO₂; 2 — Al₂O₃; 3 — SiO₂; 4 — SnO₂—1Fe₂O₃

Fig. 2. Dependence of wetting contact angle of oxide ceramics by Ag—Cu melts on concentration of copper (air, 1270 K): 1 — SnO₂; 2 — Al₂O₃; 3 — SiO₂; 4 — SnO₂—1Fe₂O₃

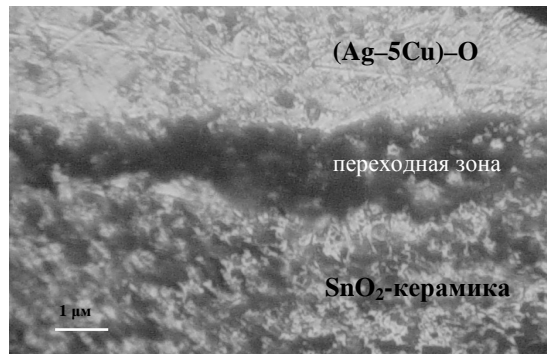


Рис. 3. Микроструктура зоны контакта SnO₂-керамика—сплав (Ag—5Cu)—O (x1000)

Fig. 3. Microstructure of contact zone of SnO₂-ceramics—(Ag—5Cu)—O melt (x1000)

темный, достаточно неоднородный переходной слой толщиной 1—3 мкм, который содержит большое количество меди. Подобное наблюдалось и на межфазной границе других оксидных материалов (SiO₂, Al₂O₃), взятых

нами для сравнения. Более широкий переходной слой на межфазной границе SnO₂-керамика—сплав (Ag—5Cu)—O может быть обусловлен высокой пористостью керамики.

Выводы

Изучены процессы смачивания на воздухе керамики на основе SnO₂ расплавами системы Ag—Cu—O. Получена кривая зависимости краевых углов смачивания керамики от содержания меди в расплаве. Сравнение результатов экспериментов по смачиванию на воздухе расплавами системы серебро—медь исследуемой керамики SnO₂ с данными по смачиванию этими же расплавами некоторых других оксидных материалов (SiO₂, Al₂O₃) показало, что подобные материалы имеют сходную динамику смачивания. Таким образом, расплавы системы Ag—Cu—O перспективны для воздушной пайки диоксида олова.

РЕЗЮМЕ. Вивчено процеси змочування та контактної взаємодії розплавів системи Ag—Cu—O на поверхні диоксиду олова (з різною поруватістю зразків) у повітряному середовищі при температурах 1170—1270 К. Досліджено мікроструктуру зони контакту кераміка—метал.

Ключові слова: змочування, диоксид олова, оксидна кераміка.

1. Денисов В. М. Смачивание керамик на основе SnO₂ некоторыми металлами / [В. М. Денисов, Л. Т. Антонова, В. П. Ченцов и др.] // Расплавы. — 2008. — № 1. — С. 3—7.
2. Ommer M. Wetting phenomena in Ag-based contact materials / [M. Ommer, U. E. Klotz, I. Fallheier et al.] // Abstracts 6th Internat. conf. “High Temperature Capillarity”. — Athens, Greece, 2009. — P. 216.
3. Антонова Л. Т. Об окислении жидких бинарных сплавов олово—серебро / [Л. Т. Антонова, В. М. Денисов, Э. А. Пастухов, В. В. Иванов] // Расплавы. — 2008. — № 2. — С. 12—15.
4. Найдич Ю. В. Контактные явления в металлических расплавах. — К. : Наук. думка, 1972. — 196 с.

Поступила 01.11.15

Naidich Yu. V., Sydorenko T. V., Lupin B. K.

Wetting of tin dioxide ceramics by Ag—Cu—O melts on the air

The wetting processes and contact interaction of Ag—Cu—O melts on surface of SnO₂ (with different porous) in air at temperatures of 1170—1270 K were studied in this paper. The microstructure of the ceramic / metal contact zone was investigated.

Keywords: wetting, tin dioxide, oxide ceramic.