

05;06;12

Экспериментальное исследование концентрационной зависимости удельного сопротивления в неупорядоченных макросистемах диэлектрик—полупроводник

© В.А. Соцков

Кабардино-Балкарский государственный университет, Нальчик
E-mail: sozkov_va@rambler.ru

Поступило в Редакцию 3 декабря 2003 г.

Рассмотрены результаты экспериментального исследования объемного удельного сопротивления макросистемы диэлектрик—полупроводник от концентрации проводящей фазы. Выявлены особенности проводимости системы и предложена качественная модель полученных закономерностей.

В настоящее время наиболее интенсивным экспериментальным и теоретическим исследованиям подвергаются перколяционные системы диэлектрик—проводник [1–4]. Однако макросистемы диэлектрик—полупроводник представляют не меньший интерес как в теоретическом, так и в практическом плане [1,2]. В настоящей работе экспериментально исследовано объемное удельное сопротивление (ρ) в макросистемах диэлектрик—полупроводник от объемной концентрации полупроводника (x). В качестве полупроводников использовались: $A^8B^6-(Fe_2O_3)$ с основным размером частиц $25\ \mu m$, ориентировочно сферической формы, и $A^1B^6-(CuO)$ приблизительно с теми же геометрическими размерами. Перед изготовлением расплава образцы Fe_2O_3 размагничивались в переменном электромагнитном поле по стандартной методике. Мешалка и другое оборудование, которое соприкасалось с композитами, было выполнено из немагнитных материалов. В качестве диэлектрика был выбран парафин, выбор диэлектрика был продиктован в основном хорошими диэлектрическими свойствами и технологичностью материала [4–6]. Методика изготовления образцов достаточно подробно описана в [4]. Фактически образец представлял собой конденсатор, внутри которого находился застывший расплав парафин—полупроводник с

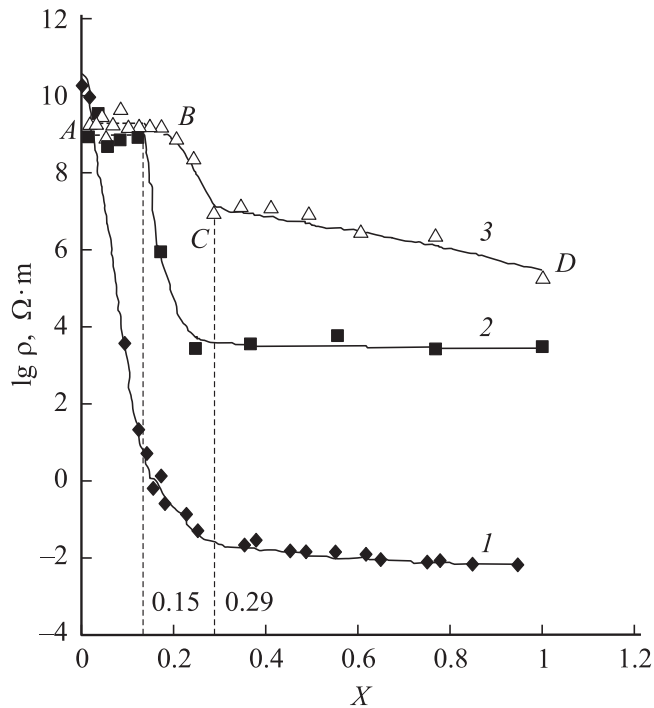
необходимой концентрацией полупроводника. Исследование проводилось на плоском и цилиндрическом конденсаторах. Electroдами служила очищенная электролитическая медь. Измерения сопротивления производились на тераомметре Е6-13А по стандартным методикам при постоянном напряжении, отсутствии освещения и температуре 295 К. Результаты работы представлены на рисунке. Для сопоставления полученных результатов с уже известными для микросистемы диэлектрик–полупроводник дополнительно представлена кривая 1 зависимости $\lg \rho = f(x)$ для макросистемы диэлектрик–проводник (парафин–графит) [4]. Из рисунка видно, что кривые $\lg \rho = f(x)$ для макросистемы диэлектрик–полупроводник, кривые 2 (парафин — CuO) и 3 (парафин — Fe₂O₃) по сравнению с кривой 1 имеют некоторые особенности в том, что имеют три характерных участка. Поскольку характер зависимости однотипен, то проведем рассмотрение на кривой 3:

участок *AB*, когда сопротивление композита определяется сопротивлением диэлектрической матрицы;

участок *BC*, когда совершается переход от свойств матрицы к свойствам полупроводника (Fe₂O₃, CuO), причем этот диапазон приблизительно одинаков для этих компонент $0.15 \leq x \leq 0.29$;

участок *CD*, на котором сопротивление определяется уже свойствами полупроводника.

Следует отметить, что для системы парафин–графит (см. рисунок, 1) первоначальный участок отсутствует. Подобная ситуация обусловлена в первую очередь большим удельным сопротивлением полупроводниковых материалов, чем сопротивление проводников (графита). Если предположить, что способность рассматриваемых компонентов Fe₂O₃ и CuO к образованию разветвленных цепей такая же, как и у графита [1,2], то можно предположить, что на участке *AB* происходит формирование первичной цепочки, замыкающей электроды, так как, согласно теории перколяции, уже при $x \geq 0.15$ [1] возможно образование непрерывного кластера. Однако резкого перехода к сопротивлению полупроводника не происходит как из-за контактных явлений, так и из-за высокого сопротивления самой цепочки. На участке *BC* происходит формирование цепочек, параллельных первоначальной, и непрерывное падение сопротивления, которое прекращается приблизительно при



Зависимость удельного объемного сопротивления для макросистем: 1 — парафин–графит [4], 2 — парафин–CuO, 3 — парафин–Fe₂O₃.

одинаковых значениях $x \approx 0.29$. Т.е., иными словами, формируется как бы внутренний электрод, который в точке *B* уже может выполнять те же функции, что и непрерывная цепочка из полупроводника при $x \geq 0.15$ [1,2]. На участке *CD* сопротивление плавно уменьшается из-за дальнейшего процесса построения внутреннего электрода и стохастического решения проблем контактного сопротивления путем увеличения площадей контактов. Интересен и тот факт, что, несмотря на разницу в объемных удельных сопротивлениях приблизительно на два порядка, переход от свойств матрицы к свойствам полупроводника осуществляется при одних и тех же концентрациях полупроводника $0.15 \leq x \leq 0.29$. Таким образом, график зависимости $\lg \rho = f(x)$ для системы диэлектрик–полупроводник имеет ряд характерных особенностей, которые не свойственны системе диэлектрик–проводник.

Список литературы

- [1] *Займан Дж.* Модели беспорядка. М.: Мир, 1982. 591 с.
- [2] *Шкловский Б.Ш., Эфрос А.М.* Электронные свойства легированных полупроводников. М.: Наука, 1979. 416 с.
- [3] *Чмутин И.А., Лелягин С.В., Шевченко В.Г., Пономаренко А.Т.* // Высокомолекулярные соединения. 1994. Т. 36. № 4. С. 699–713.
- [4] *Соцков В.А., Карпенко С.В.* // ЖТФ. 2003. Т. 73. В. 1. С. 107–109.
- [5] *Пасынков В.В.* Материалы электронной техники. М.: Высш. школа, 1980. С. 155–160.
- [6] *Таблицы физических величин: Справочник.* / Под ред. И.К. Кикоина. М.: Атомиздат, 1976. С. 1005.