

03;05;12

Газочувствительные свойства медьсодержащих фуллереновых мембран

© В.Ф. Мастеров, А.В. Приходько,
О.И. Коньков, М.В. Шахрай, А.А. Шакланов

С.-Петербургский государственный технический университет
Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе РАН, С.-Петербург

Поступило в Редакцию 23 сентября 1998 г.

Изучены газочувствительные свойства фуллереновых поликристаллических мембран, легированных медью, в температурном интервале 280–360 К. Установлено, что наличие в окружающем воздухе паров изопропилового спирта увеличивает СВЧ-поглощение рассматриваемых образцов. Чувствительность образцов селективна по температуре, а также зависит от взаимной ориентации кристаллов и вектора электрической компоненты электромагнитного СВЧ-поля.

Полупроводниковые оксидные материалы широко применяются для изготовления газовых сенсоров. Наибольшее распространение получили пленки SnO_x [1]. Кроме того, были исследованы тонкие пленки аморфного углерода, легированные медью [2]. Также исследованы газочувствительные свойства тонких фуллереновых пленок [3]. Газочувствительные свойства проявляют себя как изменение сопротивления постоянному току в присутствии различных газов.

В настоящей работе исследованы медьсодержащие фуллереновые мембраны, изготовленные по технологии, описанной в работе [4]. Мембраны представляют собой поликристалл, состоящий из ориентированных монокристаллов градиентного состава, постепенно меняющегося вдоль оси роста: от чистого C_{60} со стороны подложки до чистого C_{70} на противоположной стороне. Средняя концентрация меди в полученном образце порядка $10^{-3}\%$ [4]. На рис. 1 представлены общий схематический вид и фотография среза мембраны, направление вектора роста n — от I к II (размер I–II равен 2 mm).

Исследовалось СВЧ-поглощение образца на частоте 41 GHz в газообразных средах. Образец помещался в волноводный модуль, присоединенный к выходу СВЧ-генератора типа Г4-141. Модуль позволял осуществлять охлаждение и нагревание образца в газовой атмосфере.

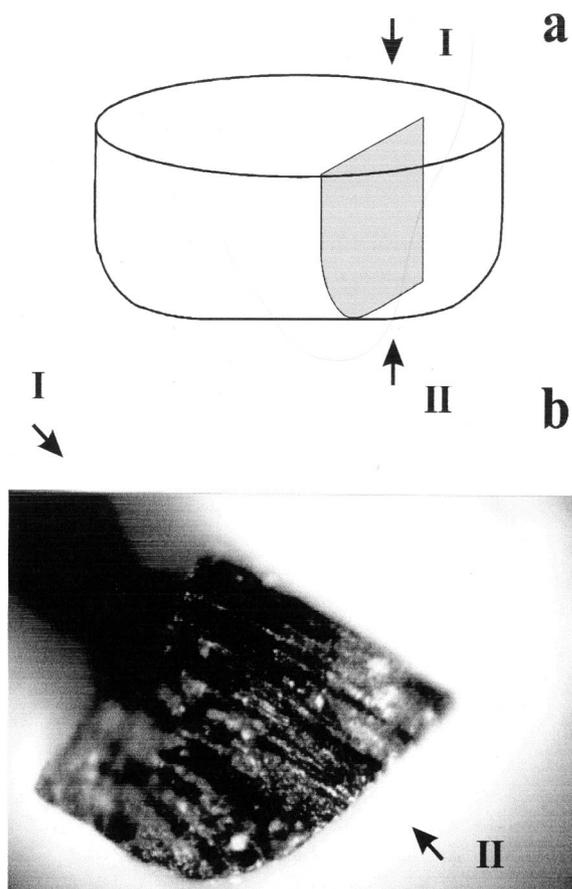


Рис. 1. Схематический вид (а) и фотография среза мембраны (b).

ре. Прошедшая через образец мощность (P) регистрировалась спектроанализатором С4-27. Измерения проводились при непрерывном нагревании образца в интервале температур 260–360 К, со средней скоростью 10 К/мин. В процессе измерения образец 5–8 раз обдувался газом в течение 10–30 с. При проведении серии последовательных измерений образец охлаждали в течение 5 мин до начальной темпе-

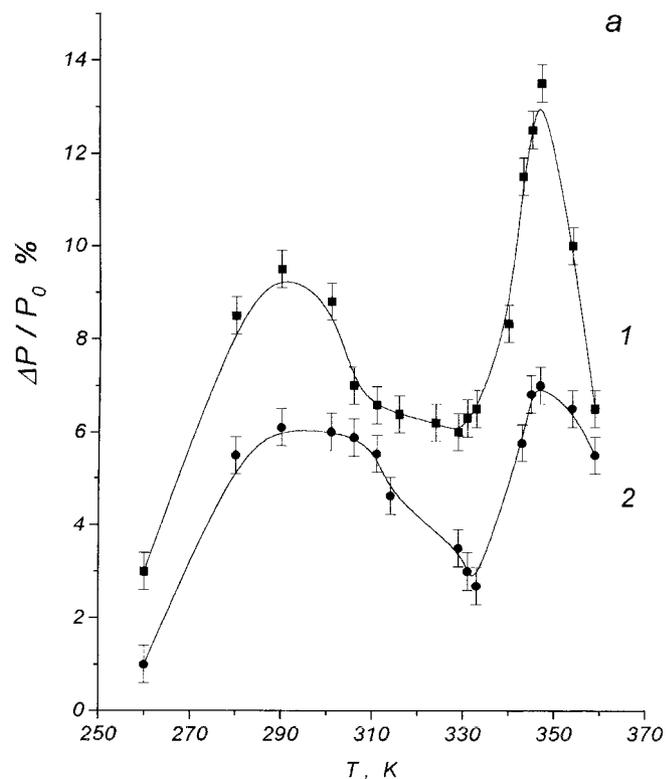


Рис. 2. *a* — зависимость относительного изменения прошедшего сигнала $\Delta P/P_0$ от температуры для двух ориентаций образца ($1 - n \parallel E$, $2 - n \perp E$). *b* — влияние термоциклирования на газочувствительные свойства мембраны: 1 — первый термоцикл, 2 — второй термоцикл, 3 — третий термоцикл.

ратуры. В качестве газа использовались пары, образовавшиеся при продувании воздуха через жидкий изопропиловый спирт (C_3H_7OH).

Измерения показали, что в атмосфере паров изопропилового спирта увеличивается $\Delta P = P_0 - P$ (где P_0 соответствует воздуху) поглощение образцом СВЧ-поля по сравнению с воздухом. Газ, подаваемый в волно-

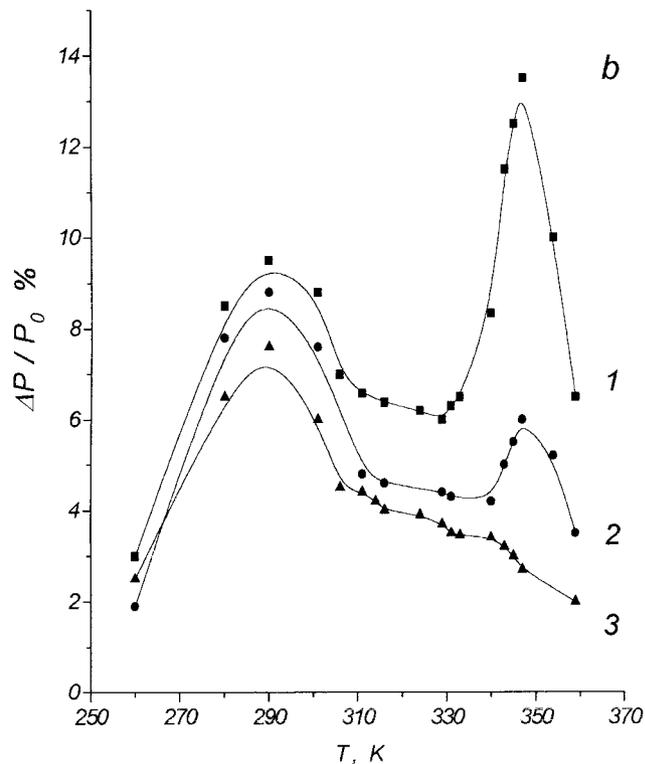


Рис. 2 (продолжение).

вод без образца, не вызывал изменения прошедшего сигнала. Измерения были проведены для двух ориентаций образца относительно электрического вектора СВЧ-поля: ось роста монокристаллов (n) параллельна или перпендикулярна вектору электрической составляющей СВЧ-поля (E). На рис. 2,а представлены графики зависимости относительного изменения прошедшего сигнала $\Delta P/P_0$ (по сравнению с воздухом) от температуры в диапазоне 260–360 К для двух ориентаций образца (1 — $n \parallel E$, 2 — $n \perp E$). Видно, что для ориентации образца вдоль поля чувствительность в 1.5–2 раза выше. Последующие измерения проводились для этой ориентации. Регистрируется отчетливый макси-

мум чувствительности при температуре около 350 К, проявляющийся при обеих ориентациях образца. Кроме того, обнаружен более слабый максимум при 290 К.

Образец был исследован в режиме последовательных измерений, когда он подвергался серии непрерывных нагреваний и охлаждений до начальной температуры (термоциклировании). На рис. 2, *b* показаны результаты таких измерений. Цифрам 1–3 соответствуют номера последовательных циклов нагревания. Видно, как постепенно сглаживается максимум чувствительности при 350 К, тогда как второй максимум при 290 К остается стабильным. В последнем измерении чувствительность образца приближается к 1% при температуре 350 К.

Полученные результаты позволяют сравнить газочувствительные свойства исследованных образцов с уже известными. В рассмотренном диапазоне температур чувствительность медьсодержащих фуллереновых мембран превосходит таковую тонких пленок SnO_x, чистых и легированных сурьмой [1], а также тонких пленок оксида меди, чистых и легированных аморфным углеродом [2].

Можно предположить из сравнения с [2], что чувствительность образцов, подобным рассмотренным, увеличится при повышении концентрации меди.

Работа поддержана Научным советом по направлению "Фуллерены и атомные кластеры" (проект 98063 "Градиент") и Российским фондом фундаментальных исследований (грант 96–02–16886а).

Список литературы

- [1] *Gaggiotti G., Galdicas A., Kaciulis S., Mattogn G., Setkus A.* // J. Appl. Phys. 1994. V. 76. N 9. P. 4467.
- [2] *Galdicas A., Mironas A., Setkus A., Dapkus L., Kazlauskiene V., Miskinis J., Prikhodko A.V., Ivanov-Omskii V.I.* // Lithuanian Journal of Physics. 1995. V. 95. N 4. P. 314–320.
- [3] *Synowczyk A.W., Heinze J.* Application of fullerenes as sensor materials. Electron. Properties of fullerenes. Berlin, 1993. Springer ser. Sol. State sci. V. 117. P. 73–77.
- [4] *Мастеров В.Ф., Приходько А.В., Степанов Т.Р., Давыдов В.Ю., Коньков О.И.* // ФТТ. 1998. Т. 40. № 3. С. 580–583.