

кислорода полиэфирных цепей. Это приводит к снижению подвижности ионов и падению удельной электропроводности в изученной области концентраций при невысоких температурах (рисунок).

Проводимость полимерных электролитов на основе смешанного ПДМПЭГ и LiClO_4 не уступает проводимости электролитов на основе гребнеобразного полиметакрилата метоксиполиэтиленгликоля. Доступность исходных компонентов и простота синтеза обуславливают перспективность изученных систем.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Kobayashi N., Uchiyama M., Shigebara K., Tshushida E. // J. Phys. Chem. 1985. V. 89. P. 987.
2. Fish D., Xia D. W., Smid J. // Makromolek. Chem. Rapid Commun. 1985. V. 67. S. 761.
3. Armand M. // Solid State Ionics. 1983. № 9/10. P. 745.
4. Vogel H. // Phys. Z. 1921. V. 22. S. 645.

Институт химии
Башкирского научного центра
УрО АН СССР

Поступила в редакцию
27.08.90

УДК 541.64 : 532.58

© 1991 г. Х. С. Каримов, Х. М. Ахмедов, Т. М. Муинов,
Ш. М. Мавлонов

О НИЗКОЙ ТЕНЗОЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ КОМПОЗИЦИИ НА ОСНОВЕ ПОЛИ-Н-ЭПОКСИПРОПИЛКАРБАЗОЛА И УГЛЕВОЛОКОН

На основе ПАН-углеволокон и поли-Н-эпоксипропилкарбазола, содержащего 3 вес.% 2,4,7-тринитрофлуоренона, получены композиции, обладающие стабильностью сопротивления под действием механических напряжений. Продольный тензоэффект в композиции значительно ниже, чем в углеволокнах, что дает возможность разработать на их основе резистивные материалы, стабильно работающие в условиях механических напряжений.

Интерес к исследованию свойств композиций на основе органических полимерных материалов обусловлен возможностью их использования в электронике, в частности, в качестве тензорезисторов для датчиков деформаций, давлений, перемещений, что стимулирует развитие работ в области получения новых композиционных материалов и разработку приборов на их основе [1–4]. В этом отношении прикладное значение имеет разработка датчиков на основе углеволокон и их композиций [5–7]. Наряду с этим существенным представляется также получение резисторов, обладающих стабильностью работы под действием механических напряжений. С этой целью в настоящей работе на примере композиций углеволокон и поли-Н-эпоксипропилкарбазола (ПЭПК) изучено влияние механических напряжений на резистивные свойства полимерной смеси.

Основу использованных углеволокон представляет ПАН. Электрофизические свойства термообработанных при 1500° углеволокон на основе ПАН приведены в работах [6, 7]. Второй компонент композиции ПЭПК относится к классу органических фоточувствительных полимерных материалов, обладающих широким спектром физико-химических свойств [8].

Для приготовления образцов использовали ПЭПК с $M=1160$, электропроводностью $(1-8) \cdot 10^{-7}$ См/м [9] и акцептор электронов 2,4,7-тринитро-

Тензорезистивные параметры композиции углеволокно—ПЭПК + ТНФ

Материал	K_{\parallel}	K_{\perp}	R , Ом
Углеволокно	3,0—6,0	—(0,5—1,0)	10—20
Углеволокно—ПЭПК+ТНФ	—2,0—2,0	—(1,0—1,5)	50—200

флуоренон (ТНФ). Раствор полимера с акцептором получали растворением смеси 8 г ПЭПК и 0,240 г ТНФ (3 вес. % от полимера) в 91,76 г толуола. Композицию полимера и углеволокон получали непосредственно на измерительной балочке устройства для измерения тензорезистивного эффекта [10].

На поверхность балки с помощью клея БФ-2 наклеивали полоску папиросной бумаги и сушили при комнатной температуре 4—6 ч. Первый пучок углеволокон, предварительно смочив в толуольном растворе ПЭПК + ТНФ, прикладывали к полоске папиросной бумаги таким образом, что после 20—30 мин высыхания углеволокна приклеивались к балке посредством раствора полимера. Смачивая аналогично, второй пучок углеволокон прикладывали к первому пучку и высушивали также 20—30 мин. Таким образом, полученная композиция из двух пучков углеволокон с прослойкой ПЭПК с ТНФ между ними составляли ячейку типа «сандвич». При измерении продольной тензочувствительности продольные оси пучков углеволокон и упругой балочки были параллельны, а при измерении поперечной — перпендикулярны. Размер пучка углеволокон составлял $150 \times 0,7 \times 0,1$ мм. Полимерный материал покрывал 3—4 мм части пучка углеволокон по длине. Контакты к образцам (непокрытой полимерной части углеволокон) осуществляли с помощью графитовой проводящей пасты. Электропроводность композиции измеряли потенциометром Р-348 четырехэлектродным методом. Продольный K_{\parallel} и поперечный K_{\perp} по отношению к действующему механическому напряжению коэффициенты тензочувствительности определяли по следующим формулам: $K_{\parallel} = \Delta R_{\parallel}/R_{\parallel}\Delta l$ и $K_{\perp} = \Delta R_{\perp}/R_{\perp}\Delta l$, где $\Delta R_{\parallel}/R_{\parallel}$ и $\Delta R_{\perp}/R_{\perp}$ — относительные изменения продольного и поперечного сопротивления образца, $\Delta l/l$ — продольная относительная деформация. Величина относительной деформации достигала 10^{-3} .

В таблице представлены экспериментальные значения K_{\parallel} и K_{\perp} , величины сопротивлений R углеволокон и их композиции.

Как видно продольный тензоэффект в композиции значительно ниже, чем в углеволокнах. Измерения, проведенные на 10 образцах композиции, в среднем дают нулевое значение K_{\parallel} с погрешностью $\pm 0,3$, что означает частичную или полную компенсацию продольного тензорезистивного эффекта. При этом значения K_{\perp} композиции и углеволокон различаются незначительно. Сопротивление композиции ПЭПК — ТНФ с углеволокнами практически не зависит от температуры в интервале 300—355 К. Вольт-амперные характеристики композиции линейны до величины токов 400—500 мА и напряжений 10—12 В.

На рис. 1 приведены характерные зависимости $\Delta R_{\parallel}/R_{\parallel}$ от $\Delta l/l$ для исследованной композиции и углеволокон. Видно, что указанные зависимости являются практически линейными и симметричными при деформациях растяжения и сжатия.

Компенсация продольного тензорезистивного эффекта в первом приближении может быть объяснена по эквивалентной электрической схеме (рис. 2). Сопротивления каждого пучка углеволокон R_1 и полимерной прослойки R_2 относительно электродов соединяются последовательно. В случае продольного тензоэффекта при деформации, например растяжении, по-видимому, R_1 растет вследствие растяжения углеволокон, а R_2

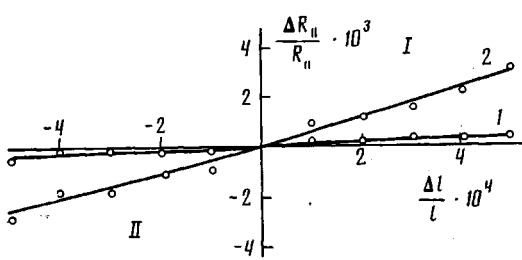


Рис. 1

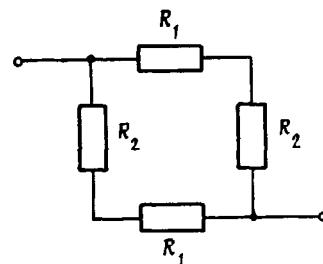


Рис. 2

Рис. 1. Зависимость относительного изменения продольного сопротивления композиции ПЭПК+ТНФ с углеволокнами (1) и углеволокон (2) от деформации. I – область растяжения, II – область сжатия

Рис. 2. Эквивалентная электрическая схема композиции

падает из-за сжатия в поперечном растяжению направлении. Это приводит к незначительному изменению полного сопротивления R_2 композиции или его постоянству, что видно из выражения

$$R = \frac{1}{2}(R_1 + R_2)$$

В случае поперечного тензоэффекта при растяжении балочки в поперечных направлениях происходят сжатие и соответственно снижение как R_1 так и R_2 . Вследствие этого компенсация тензоэффекта в данном случае не наблюдается.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Гуль В. Е., Шенфиль Л. З. Электропроводящие полимерные композиции. М., 1984. С. 240.
- Фиалков А. С., Тян Л. С., Александров Ю. В., Васильев Е. В. А. с. 491027 СССР // Б. И. 1975. № 41. С. 25.
- Баранов В. С. А. с. 507770 СССР // Б. И. 1976. № 11. С. 13.
- Каримов Х. С., Ахмедов Х. М. // Высокомолек. соед. Б. 1988. Т. 30. № 11. С. 849.
- Шалыгин В. В., Шилимов Л. М., Оханов А. Г. А. с. 932211 СССР // Б. И. 1982. № 20. С. 32.
- Левит Р. М., Райкин В. Т. Углеродные волокна и волокнистые материалы с регулируемыми электрофизическими свойствами и изделия на их основе. Обзорная информация. М., 1978. 52 с.
- Левит Р. М., Харченков В. М., Райкин В. Г., Галюков О. В., Буланова М. А. Углеволокнистые композиционные нагреватели и опыт их применения. Л., 1979. 23 с.
- Ундеренас А. И., Гайдялис В. И., Сидаравичюс И. Д. Б., Кавалюнас Р. И., Зданавичюс И. И., Дубинис Н. К. А. с. 503200 СССР // Б. И. 1976. № 6. С. 110.
- Ахмедов Х., Рахимова М. М., Каримов Х. С., Черкашин М. И. // Докл. АН ТаджССР, 1982. Т. 25. № 1. С. 24.
- Каримов Х. С., Ахмедов Х. М., Мавлонов Ш. М., 1988. 16 с. – Деп. в ВИНТИ 27.09.88. № 7227-В88 // РЖФиз. 1989. № 1. 1A275 Деп.

Физико-технический институт
им. С. У. Умарова АН ТаджССР

Поступила в редакцию
31.08.90