

## ИЗУЧЕНИЕ ДИАМАГНИТНОГО ОТКЛИКА В СИСТЕМЕ ПВДФ - $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$

**Ю.А.ВИДАДИ, Т.Г.САФАРОВА, Ф.В.АЛИЕВА, М.А.НИЗАМЕТДИНОВА**

*Азербайджанский Архитектурно-Строительный университет  
AZ 1073, г.Баку, ул. А.Султановой, 5*

Изготовлены композиты поливинилиденфторида (ПВДФ) с высокотемпературным сверхпроводником (ВТСП)  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$  и проведены их исследования. Измерения проводились в интервалах температур  $77 \div 300\text{K}$  на частоте  $f=50\text{кГц}$ , содержание ВТСП варьировалось в пределах  $C=0-1.0$  с шагом 0.05. Представленные результаты позволяют заключить, что диамагнитное поведение композитов действительно носит перколяционный характер, а критическая объемная доля ВТСП находится в области  $0.20 < C < 0.30$ . Увеличение диамагнитного отклика в композитах с ростом  $C$  является результатом образования и слияния извилистых сверхпроводниковых лабиринтов, составленных из зерен  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ .

Расширение областей практического использования сверхпроводящих керамик зависит от создания композиционных материалов на их основе. Однако до сих пор попытки изготовить такие материалы, используя для этого высоконаполненные линейные полимеры, не привели к успеху. Одна из причин такой ситуации – отсутствие полимеров стойких к воздействию с купратами, содержащими медь с высокой степенью окисления. Следовательно, поиск материалов – композитов типа  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ -наполнитель, является актуальным.

С другой стороны, в высокотемпературных сверхпроводниках с некоторой добавкой полимера деструкционные процессы могут замедляться в значительной степени из-за изоляции гранул от атмосферной влаги. Полимеры – диэлектрики, обогащенные электропроводящими добавками, обладают проводимостью, зависящей от природы наполнителя и его распределения в непроводящей матрице.

Смеси полимеров-диэлектриков с проводниками сочетают свойства полимерной матрицы с электропроводностью, зависящей от природы наполнителя и его распределения в матрице [1-5]. В них зависимость электросопротивления от содержания проводящего наполнителя имеет пороговый характер [6-9]. Для анализа этой зависимости применяют теорию, учитывающую как характер контакта между частицами наполнителя, так и особенности их распределения в непроводящей матрице [7].

Эффект протекания электрического тока с явным пороговым характером ранее изучался во многих двухфазных системах, в частности с наполнителем из порошка  $\text{Cu}$ ,  $\text{Al}$ ,  $\text{Ni}$ ,  $\text{Ag}$  [1,10,11]. Представляет интерес изучение свойств двухфазных систем: непроводящий полимер – сверхпроводник. С этой целью нами в данной работе были изучены проводимость и диамагнитный отклик в системе поливинилиденфторид -  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ . ПВДФ в качестве матрицы при получении композиционных материалов обеспечивает прочность, долговечность и другие свойства композиции.

Сверхпроводник  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$  приготавливался по обычной керамической технологии из высушенных порошков  $\text{Y}_2\text{O}_3$ ,  $\text{BaCO}_3$  и  $\text{CuO}$ . Рентгенографический анализ показал, что по используемой технологии получен поликристаллический сверхпроводящий материал с кристаллографическими параметрами  $a=3.826\text{Å}$ ,  $b=3.889\text{Å}$  и  $c=11.668\text{Å}$ . Синтезированный материал имеет температуру перехода в сверхпроводящее состояние  $T_c=93\text{K}$  при ширине перехода  $\Delta T=2.5\text{K}$ . Спекание образцов проводили при температуре  $\sim 1220\text{K}$  с последующим медленным охлаждением до комнатной температуры. В них в области  $T > T_c$  зависимость электросопротивления от температуры имеет металлический характер. Бинарную

композицию получали из порошка мелкодисперсного поливинилиденфторида (ПВДФ) (теплостойкость 450К) и измельченного ВТСП  $YBa_2Cu_3O_{7-8}$  (размер частиц менее 20мкм). При этом целенаправленно варьировалась в составе объемная доля ВТСП с шагом 0.05. Из полученной смеси при температуре 400К прессовали под давлением  $6 \cdot 10^3 \text{ кг/см}^2$  диски диаметром 1.2см для проведения магнитных измерений и прямоугольные пластины  $1.2 \times 0.5 \times 0.4 \text{ см}^3$  для проведения измерений электросопротивления  $\rho$  композитов. Контакты изготавливались методом горячего втирания индия. Магнитный отклик композитов измеряли бесконтактным резонансным методом в его видоизмененном варианте на частоте 50кГц. Диамагнитный отклик регистрировали путем проведения записи добротности контура в резонансе и его расстройке при изменении температуры или состава образца, помещенного в середину контурной катушки.

На Рис.1 приведены температурные зависимости диамагнитного отклика  $\Delta Q/Q_{300}$  ( $Q_{300}$ -добротность контура при 300К,  $\Delta Q$ - его измерение при различных Т) десяти образцов композитов с различным содержанием в них ВТСП. При малом его содержании (доля ВТСП в композите  $C < 0,20$ ) диамагнитный отклик отсутствует во всем температурном интервале измерений. отклика.

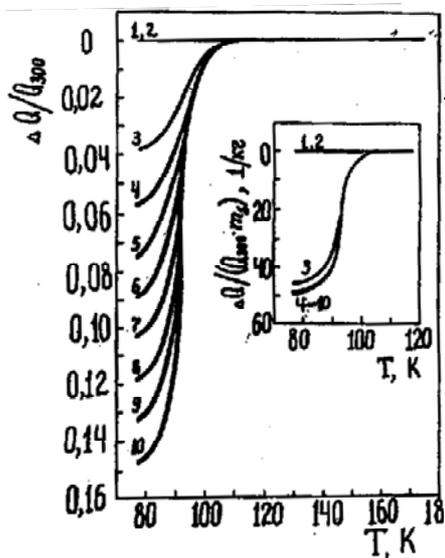


Рис.1.

Температурные зависимости диамагнитного отклика резонансного контура с композитами поливинилиден фторид ВТСП  $YBa_2Cu_3O_{7-8}$ , полученные в режиме медленного нагрева образца. Содержание ВТСП в составе, об.доля: 1-0.1; 2-0.2; 3-0.3; 4-0.4; 5-0.5; 6-0.6; 7-0.7; 8-0.8; 9-0.9; 10-1.0. Частота 50кГц. На вставке – зависимости диамагнитного отклика композитов, приведенные к ед.массы ВТСП, от температуры.

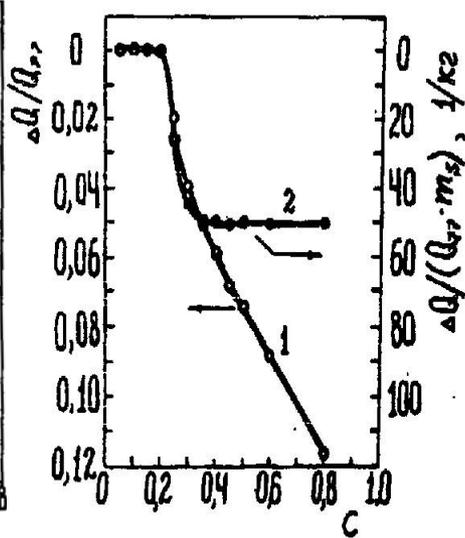


Рис.2.

Зависимости диамагнитного отклика  $\Delta Q/Q_{300}$  (1) и его приведенных к ед.массы ВТСП значений (2) от доли ВТСП в композитах ( $f=50\text{кГц}$ ,  $T=77\text{К}$ ).

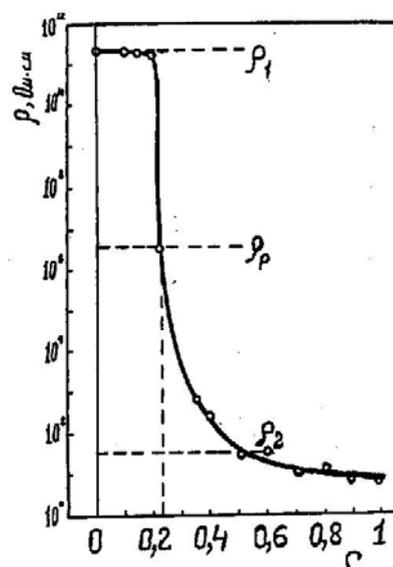


Рис.3.

Зависимость электросопротивления композитов поливинилиденфторид - ВТСП  $YBa_2Cu_3O_{7-8}$  от объемной доли сверхпроводника при температуре 293К.

В композитах, содержащих ВТСП  $C > 0,20$ , отклик проявляется при температурах  $T < T_c$ , причем его величина зависит от  $C$ . На вставке Рис.1 приведена температурная зависимость приведенного к единице массы ВТСП в композите

диамагнитного отклика ( $\Delta Q \backslash (Q_{300} \cdot m_s)$ ). Видно, что отклик наблюдается в области фазового перехода и определяется относительным объемным содержанием ВТСП в композите. Эти особенности являются подтверждением диамагнитной природы наблюдаемого

Перколяционный характер диамагнитного отклика виден и из приведенных на Рис.2 зависимостей  $\Delta Q \backslash Q_{300}$  и  $\Delta Q \backslash (Q_{300} \cdot m_s)$  от доли ВТСП в композитах. Из этих зависимостей получено, что наиболее резкое изменение величины диамагнитного отклика наблюдается в области  $0.20 < C < 0.30$ . Величина отклика, приведенного к единице массы ВТСП при  $C < 0.20$  и  $C > 0.30$  не зависит от доли ВТСП в композите. Представленные результаты позволяют заключить, что диамагнитное поведение композитов действительно носит перколяционный характер, а критическая объемная доля ВТСП находится в области  $0.20 < C < 0.30$ . Увеличение диамагнитного отклика в композитах с ростом  $C$  является результатом образования и слияния извилистых сверхпроводниковых лабиринтов, составленных из зерен  $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ . Можно предположить, что лабиринт состоит из скелетной сетки и тупиковых ветвей - "мертвых" концов. С ростом доли ВТСП в составе происходит дальнейшее слияние "мертвых" концов между собой и скелетной сеткой, приводящей к образованию единой извилистой сверхпроводниковой сетки – бесконечного диамагнитного кластера в поливинилиденфторидной матрице.

Измерения электросопротивления  $\rho$  композитов в режиме постоянного тока показывают (Рис.3), что в зависимости  $\rho$  от  $C$  в области  $0.20 < C < 0.30$  наблюдается резкое падение  $\rho$  (от  $10^{14}$  Ом·см до  $10^3$  Ом·см). Следовательно, наблюдается эффект перколяции в электропереносе с резким переходом от высокоомного состояния к относительно низкоомному состоянию. Из измерений электропереноса получено  $C_p = 0.23$  (критическая объемная доля наполнителя), что согласуется с результатами измерений диамагнитного отклика в композитах. Эти данные соответствуют расчетной величине порога перколяции (0.25), полученной решением трехмерной задачи связей (кубическая решетка) [7].

Приведенные результаты показывают правомерность использования общих представлений теории перколяции для описания как процесса электропереноса, так и диамагнитных свойств макроскопической неоднородной двухфазной системы полимер-сверхпроводниковый наполнитель. Необходимо учитывать, что такие бинарные системы образуют более богатые структуры, чем простые решетки, рассмотренные в теории обобщенной проводимости.

1. А.А.Овчинников, К.А.Пронин, *ФТТ*, **28** (1986) 89.
2. Т.Г.Сафарова, *Физико-химические особенности высокотемпературных сверхпроводящих соединений типа  $ABa_2Cu_3O_{7-\delta}$  ( $A=Y, Er$ ) и композитов на их основе, дисс. на соискание степени физ.-мат. наук, (2000)125.*
3. А.В.Прихотко, Н.М.Шибанова, *ФТТ*, **44** (2002)1940.
4. С.С.Рагимов, *Azerbaijan National Transaction of Azerbaijan Academy of Sciences, Series of Physical-mathematical and Technical sciences, Physics and Astronomy*, **XXIV** №2 (2004) 58.
5. W.Waclawek, M.Zabrowska-Waclawek, *J.Mater.Sci.Lett.*, **6** (1987) 784.
6. Б.И.Шкловский, А.П.Эфрос, *Электронные свойства легированных полупроводников*. М.: Наука, (1979) 416.
7. S.V.Subramanyam and H.Naik, *in: The Metallic and Nonmetallic States of Matter*, **8** (1985)185.
8. S.S.Damyanov, S.M.Miloshev, *Болг.физ.Ж.*, **115** (1988) 276.
9. Ю.А.Видади, Т.Г.Сафарова, Ф.В.Алиева, *Научные известия Сумгаитского государственного университета*, **4** (2004)18.

10. А.П.Лосото, В.М.Усиченко и др. *ДАН СССР*, **294** (1990) 1410.

11. J.Unsworth, J. Du, B.J. Crosby and J.C.Macfarlane, *IEE Trans.Magn.*, **29** (1993) 108.

### PVDF - $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7.8}$ SİSTEMİNDƏ DİAMAQNİT ƏKSİN ÖYRƏNİLMƏSİ

Y.Ə.VİDADI, T.Q.SƏFƏROVA, F.V.ƏLİYEVƏ, M.Ə.NİZAMƏTDİNOVA

Tərkibində polivinilidenftorid (PVDF) və yüksəktemperaturlu ifratkeçirici  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7.8}$  (YTİK üçün  $C=0-1.0$  0.05 addımı ilə dəyişdirilmişdir) olan ikifazlı sistemlər hazırlanmış və onların  $T=77-300\text{K}$  temperatur intervalında xüsusi müqaviməti və diamaqnit xassələri öyrənilmişdir ( $f=50\text{kHz}$ ). Diamaqnit əksin yaranması və onun qiymətinin ən kəskin dəyişməsi  $0.20 < C < 0.30$  halında olur və nəticələr perkolyasiya nəzəriyyəsi ilə izah olunur. Xüsusi müqavimətin və diamaqnit əksin kəskin surətdə azalması YTİK hissəciklərindən ibarət bir-birlərindən izolə olunmuş klasterlərin birləşmələri nəticəsində sonsuz keçirici vahid klasterin yaranmasına uyğun gəlir.

### THE STUDY OF DIAMAGNETIC RESPONSE OF PVDF – $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7.8}$

Y.A.VIDADI, T.G.SAFAROVA, F.V.ALIYEVA, M.A.NIZAMETDINOVA

Polyvinylidenefluoride compositions with the high- $T_c$  superconductor (HTSC)  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7.8}$  were prepared and a study of their diamagnetic responses has been carried out at the frequency  $f=50\text{kHz}$ , depending on HTSC content ( $C=0-0.1$  with 0.05 steps) and temperature ( $T=77-300\text{K}$ ). The results has been presented allow us to conclude that the diamagnetic behaviour of composites was of percolation character, and the critical volume fraction of HTSC was in the region of  $0.20 < C < 0.30$ . The increase of the diamagnetic response in composites with increasing  $C$  was the result of formation and merging of a winding superconductive labyrinth consisting of  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7.8}$  grains.

Редактор: С.Мехтиева