

# ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА ЯКР Cu ДЛЯ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ТЕКСТУРИРОВАННЫХ ВТСП-МАТЕРИАЛОВ

Ю.А. Сахратов, В.Л. Матухин, А.И. Погорельцев

Казанский Государственный Энергетический Университет, 420066 Казань, Россия

К.Л. Ковалев

Московский Авиационный Институт, 125993 Москва, Россия

За последнее время наблюдается существенный прогресс в технологии получения технических высокотемпературных сверхпроводников (ВТСП) с необходимыми эксплуатационными характеристиками [1]. В этой связи, актуально развитие неразрушающих методов контроля ВТСП-материалов. Эти методы нужны для дальнейшего улучшения и оптимизации материалов, создаваемых для прикладных целей. В настоящей работе предпринята попытка использовать ядерный квадрупольный резонанс (ЯКР) плоскостной меди для характеристики текстурированных ВТСП-материалов.

Нами были изучены три текстурированных образца – “чистый”  $YBa_2Cu_3O_7$ , и два образца с добавками –  $Y_{1.5}Ba_2Cu_3O_{7.8} + 1\% CeO_2 + 2.5\% Ag_2O$  и  $Y_{1.5}Ba_2Cu_3O_{7.8} + 1\% PtO_2 + 2.5\% Ag_2O$ . Применение добавок обусловлено стремлением улучшить прикладные свойства материалов. Известно [2], что Ag положительно влияет на механическую прочность материалов, когда замещает Cu в решетке 123 (критическая температура при этом не уменьшается). Добавки  $CeO_2$  и  $PtO_2$  увеличивают критическую плотность тока [3].

Измерения спектров ЯКР меди проводились с помощью широкодиапазонного когерентного импульсного ЯКР/ЯМР спектрометра при температуре 4.2 К. На рис. 1 представлены спектры всех трех образцов. Полная ширина на полувысоте линии  $^{63}Cu(2)$  в чистом образце составляет 660 кГц, в образцах с добавками ширины линий примерно одинаковы и составляют 930 кГц. Видно, что в текстурированных образцах линии достаточно широкие. Для сравнения, ширина линии  $^{63}Cu(2)$  в образцах  $YBa_2Cu_3O_7$ , полученных обычным методом твердо-

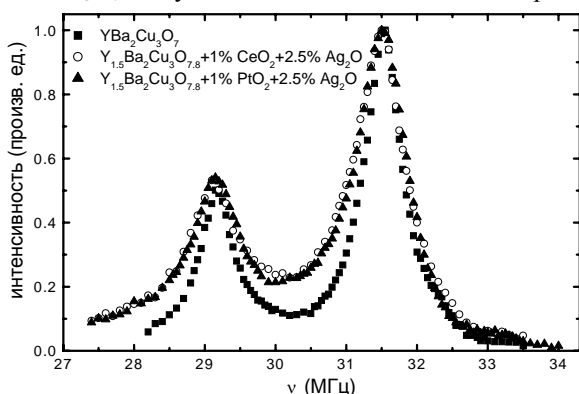


Рис. 1. Спектры ЯКР Cu(2) в текстурированных образцах при  $T = 4,2K$ .

фазного синтеза (нетекстурированные), варьировалась в пределах 350÷650 кГц [4, 5]. Помимо ширины, в образцах с добавками обращает на себя внимание форма линии ЯКР. Она асимметричная, с более пологим левым крылом. Такая асимметрия, но в меньшей степени, присутствует также и в большинстве нетекстурированных образцов  $YBa_2Cu_3O_7$ . Мы полагаем, что асимметрия обусловлена наличием в спектре пьедестала, шириной порядка 1.5÷2 МГц. Спектр пьедестала обязан ядрам меди, расположенным в областях с дефектами (например, вблизи добавок).

Помимо спектров, во всех образцах была изучена спин-решеточная релаксация Cu(2). Кривые восстановления продольной намагниченности описывались функцией

$$\frac{M_0 - M(t)}{M_0} = \exp\left[-\left(\frac{t}{T_1}\right)^N\right],$$

где  $M_0$  – равновесная намагниченность,  $M(t)$  – продольная намагниченность через время  $t$  после насыщающего  $\pi/2$ -импульса, а параметр  $N$  характеризует степень распределения времен релаксации отдельных ядерных спинов:  $N = 1$  для однородной системы, в которой все спины релаксируют с одинаковой скоростью, и  $N < 1$  для неоднородной системы, в которой флуктуирующие поля, вызывающие релаксацию, неодинаковы на разных спинах. Кривые восстановления продольной намагниченности показаны на рис 2. Видно, что в нашем случае кинетика релаксации оказалась неэкспоненциальной, с  $N \approx 0.5$ . Времена  $T_1$  приведены на рисунке. Обращает на себя внимание то, что в образце  $Y_{1.5}Ba_2Cu_3O_{7.8} + 1\% CeO_2 + 2.5\% Ag_2O$   $T_1$  получи-

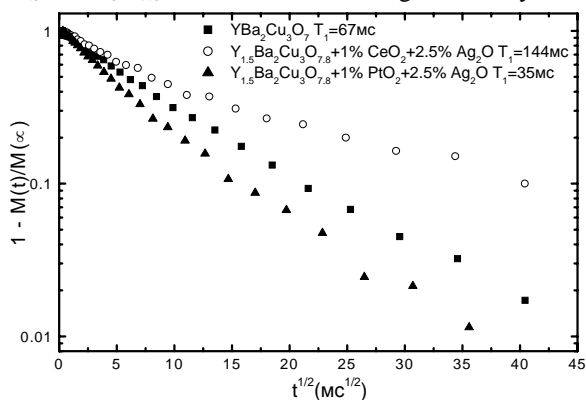


Рис. 2. Кривые восстановления продольной намагниченности ядер  $^{63}Cu(2)$  при  $T = 4,2K$ .

лось самое длинное, даже больше, чем в чистом образце. Кинетика с  $N \approx 0.5$  характерна и для нетекстурированных образцов  $YBa_2Cu_3O_7$  при температуре жидкого гелия. Для сравнения  $T_1$  в этих образцах варьируется в пределах 800÷2800 мс, т.е. на порядок больше.

Предварительные результаты показывают, что ЯКР может быть полезен для контроля качества текстурированных образцов.

1. Н.А. Черноплеков. *Сверхпроводниковые технологии: Современное состояние и перспективы практического применения* // Вестник РАН, т. 71, № 4, с. 303-319 (2001).

2. P. Diko, G. Krabbes and C. Wende. *Influence of Ag addition on crystallization and microstructure of melt-grown single-grain  $YBa_2Cu_3O_7$  bulk superconductors* // Supercond. Sci. Technol., т. 14, 486–495 (2001).

3. M.P. Delamare, I. Monot, J. Wang, J. Provost and G. Desgardin. *Influence of  $CeO_2$ ,  $BaCeO_3$  or  $PtO_2$  additions on the microstructure and the critical current density of melt processed YBCO samples* // Supercond. Sci. Technol., т. 9, 534–542 (1996).

4. А.В. Дуглав, М.В. Ерёмин, Ю.А. Сахратов, А.В. Савинков. *Температурная зависимость ширины линии ЯКР  $Cu(2)$  в  $YBa_2Cu_3O_{7-y}$*  // Письма в ЖЭТФ, т. 74, вып. 2, стр. 108-111 (2001).

5. А.И.Погорельцев, Матухина Л.Е., Ковалев Л.К., Ковалев К.Л., Матухин В. Л., Невхзоров Н.А. *Исследование текстурированной керамики YBCO методом ядерного квадрупольного резонанса* //Проблемы энергетики, №3-4, стр. 78-82(2002).