

VI Παντεγγίνιο Συνδριό Φυσικής Επικέντρου Καραϊβανης
Ηράκλειο, 26-29 Σεπτεμβρίου 1990

4

ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥ ΕΠΙΔΕΡΜΙΚΟΥ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟΥ ΣΤΗΝ ΕΝΤΑΣΗ ΤΩΝ EPR ΦΑΣΜΑΤΩΝ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ $REBa_2Cu_3O_{7-\delta}$, ($RE = Y, Pr$)

N. ΓΚΟΥΣΚΟΣ¹, A. ΚΟΝΤΟΣ¹, X. ΛΟΝΤΟΣ¹, S. ΠΑΡΑΣΚΕΥΑΣ²,
A. ΚΟΥΦΟΥΔΑΚΗΣ³, X. ΜΗΤΡΟΣ³, E. ΓΚΑΜΑΡΗ-SEALE³, Δ. ΝΙΑΡΧΟΣ³.

1. Τμήμα Φυσικής, Τομέας Φυσικής Στερεάς Κατάστασης, Πανεπιστήμιο Αθηνών.
2. Τμήμα Χημείας, Τομέας Οργανικής Χημείας, Πανεπιστήμιο Αθηνών
3. Ινστιτούτο Επιστήμης Υλικών, ΕΚΕΦΕ ΔΗΜΟΚΡΙΤΟΣ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ
ΠΕΡΙΛΗΨΗ 1: Κανονικά λογαριασμές σταθερές και κρίσιμες θερμοκρασίες για τα δείγματα $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ (I) και $Y_{0.5}Pr_{0.5}Ba_2Cu_3O_{7-\delta}$ (II).

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Μελετήθηκαν με τη μέθοδο EPR τα φάσματα ιόντων Cu^{2+} στα υλικά $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$, $PrBa_2Cu_3O_{7-\delta}$, $Y_{0.5}Pr_{0.5}Ba_2Cu_3O_{7-\delta}$ σε ορθορομβική δομή και θερμοκρασία δωματίου. Οι διαφορές στις εντάσεις των γραμμών αποδίδονται στο επιδερμικό φαινόμενο (skin effect). Οι υπεραγώγιμες ιδιότητες συσχετίζονται με τις αγωγιμότητες των υλικών σε θερμοκρασία δωματίου.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η μέθοδος EPR έχει χρησιμοποιηθεί, από της ανακαλύψεως των υπεραγώγιων υψηλών θερμοκρασιών, για τη μελέτη των ιδιοτήτων των ιόντων Cu^{2+} και των σπανίων γαιών. Στη βιβλιογραφία παραμένει ανοικτό το ζήτημα του κατά πόσο τα παρατηρούμενα φάσματα ιόντων Cu^{2+} ανήκουν στη φάση που δημιουργεί την υπεραγώγιμη κατάσταση ή σε άλλες φάσεις [1,2]. Στη παρούσα εργασία μελετήθηκαν τα υλικά $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$, $PrBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ και $Y_{0.5}Pr_{0.5}Ba_2Cu_3O_{7-\delta}$.

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ: Τα δείγματα παρασκευάστηκαν με τη μέθοδο της αντιεδράσεως στερεάς κατάστασης (solid state reaction). Λεπτομέρειες μπορούν να βρεθούν στην εργασία [3].

ΜΑΓΝΗΤΙΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ: Από μετρήσεις μαγνητίσεως σε πεδίο 0.02T βρέθηκε ότι η θερμοκρασία μεταβάσεως για το $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ είναι $T_c=92K$ και για το $Y_{0.5}Pr_{0.5}Ba_2Cu_3O_{7-\delta}$ είναι $T_c=24.5K$. Για το $PrBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ η μαγνήτιση ακολούθησε τη συμπεριφορά ενός παραμαγνητικού υλικού.

ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΠΕΡΙΘΛΑΣΗΣ ΑΚΤΙΝΩΝ X (XRD): Οι μετρήσεις με ακτίνες X έδειξαν ότι τα δείγματα $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ και $Y_{0.5}Pr_{0.5}Ba_2Cu_3O_{7-\delta}$ είναι σε ορθορομβική δομή με σταθερές πλέγματος (a, b, c) που καταχωρούνται στον πίνακα 1. Στην περίπτωση του $PrBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ οι XRD μετρήσεις έδειξαν την ύπαρξη δύο διαφορετικών κυψελίδων ορθορομβικής δομής, ωστόσο δεν επιλύθηκε το περιθλασιόγραμμα.

ΠΙΝΑΚΑΣ 1: Κρυσταλλογραφικές σταθερές και κρίσιμες θερμοκρασίες για τα δείγματα $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ (I) και $Y_{0.5}Pr_{0.5}Ba_2Cu_3O_{7-\delta}$ (II)

	T_c (K)	a(A)	b(A)	c(A)
(I)	92	3.8132(3)	3.8843(4)	11.6731(9)
(II)	24.5	3.8373(3)	3.8963(4)	11.6996(9)

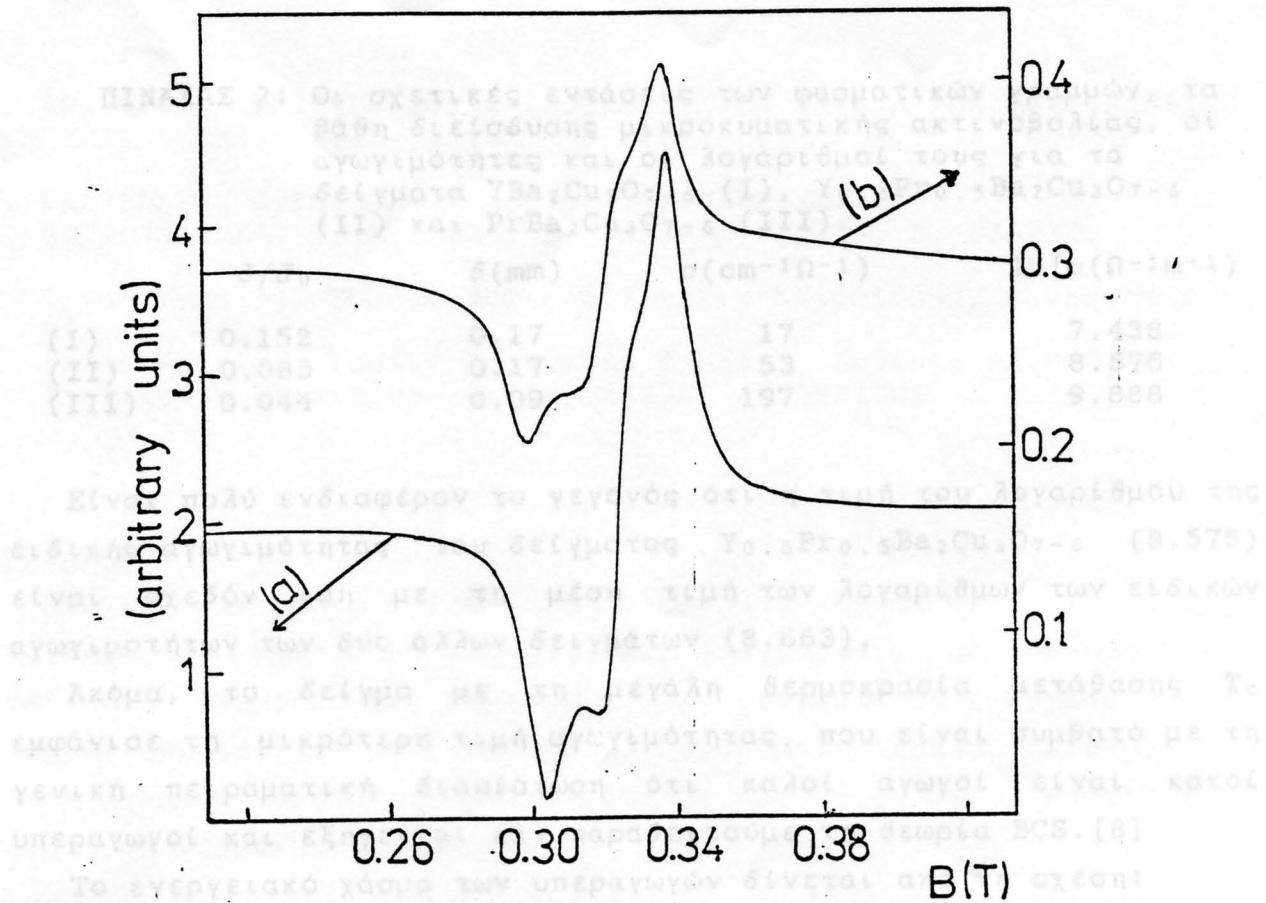
EPR ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ: Οι EPR μετρήσεις έγιναν σε Varian-standar φασματόμετρο ($\nu=9.4$ GHz) και συχνότητα διαμόρφωσης πεδίου τα 100 KHz. Η βαθμολόγηση του πεδίου ελέχθηκε με DPPH ($g=2.0037$). Τα δείγματα ήταν σε κατάσταση σκόνης, υπό κυλινδρική μορφή και ζύγιζαν περίπου 50 mg. Όλα τα δείγματα έδειξαν σε RT την χαρακτηριστική γραμμή του Cu^{2+} σε ορθορομβική τοπική συμμετρία. Οι τιμές του ανισοτροπικού παράγοντα- σ και το εύρος της φασματικής γραμμής ήταν παραπλήσια και για τα τρία δείγματα. Αντίθετα παρατηρήθηκαν μεγάλες διαφορές στις εντάσεις των φασματικών γραμμών.

Ενδειχτικά παραθέτουμε στο σχ.1 EPR φάσματα των $PrBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ και $Y_{0.5}Pr_{0.5}Ba_2Cu_3O_{7-\delta}$. Στις εργασίες [4] και [5] αποδείχτηκε ότι στα αγώγιμα υλικά μικραίνει το βάθος διείσδυσης ακτινοβολίας [Skin Depth] όταν μεγαλώνει η αγωγιμότητά τους. Αυτό επηρρεάζει τον δύκο του δείγματος στον οποίο διεισδύουν τα μικροκύματα και κατά συνέπεια και τις εντάσεις των EPR φασματικών γραμμών.

Έχει υπολογιστεί ότι η αλλαγή στις εντάσεις των EPR φασματικών γραμμών σαν συνάρτηση της αγωγιμότητας σ δίνεται από τη σχέση:

$$(J_{EPR}/J_0) = \{2\exp(-w) + [1 - \exp(-2w)]/w\} / [1 + \exp(-w)]^2 \quad (1)$$

όπου $w=d/\delta$ με $\delta=[2/\mu_0\omega]^1/2$, όπου d =διαστάσεις του δείγματος,



Σχ.1: Τα φάσματα EPR των $Y_{0.5}Pr_{0.5}Ba_2Cu_3O_{7-\delta}$ (a) και $PrBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ (b) σε RT. Τα φάσματα αυτά διαφέρουν ως προς την ένταση του σήματος που για την (a) περίπτωση βαθμολογείται σε αυθαίρετες μονάδες στον αριστερό κάθετο άξονα και για την (b) στον δεξιό κάθετο άξονα.

ω=συχνότητα της μικροκυματικής ακτινοβολίας και $J_0=\eta$ ένταση του EPR σήματος εάν το μικροκύμα παιρνούσε από όλο το δείγμα.

Στην εργασία [6] υπολογίστηκε ότι το $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ όταν εξετάζεται σε μορφή συμπιεσμένων δισκίων έχει $\sigma = 500 \Omega^{-1} m^{-1}$. Επιπλέον στην [7] μελετήθηκε η ένταση της γραμμής EPR του Cu^{2+} όταν τα δείγματα είναι σε σκόνη και βρέθηκε ότι αυξάνει 5.4 φορές σε σύγκριση με την περίπτωση που τα δείγματα είναι σε μορφή δισκίων.

$$J_{(\text{σκόνη})} = 5.4 J_{(\text{δισκία})} \quad (2)$$

Υπολογίζοντας πειραματικά τις εντάσεις των EPR φασματικών γραμμών για τα δείγματά μας και λαμβάνοντας υπόψη τις (2) και (3) εξάγεται ο πίνακας 2.

ΠΙΝΑΚΑΣ 2: Οι σχετικές εντάσεις των φασματικών γραμμών, τα βάθη διεσδυσης μικροκυματικής ακτινοβολίας, οι αγωγιμότητες και οι λογαρίθμοι τους για τα δείγματα $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ (I), $\text{Y}_{0.5}\text{Pr}_{0.5}\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ (II) και $\text{PrBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ (III).

	J/J_0	$\delta(\text{mm})$	$\sigma(\text{cm}^{-1}\Omega^{-1})$	$\ln[\sigma(\Omega^{-1}\text{m}^{-1})]$
I.	(I)	0.152	0.17	17
	(II)	0.085	0.17	53
	(III)	0.044	0.09	197

Είναι πολύ ενδιαφέρον το γεγονός ότι η τιμή του λογαρίθμου της ειδικής αγωγιμότητας του δείγματος $\text{Y}_{0.5}\text{Pr}_{0.5}\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ (8.575) είναι σχεδόν ίση με τη μέση τιμή των λογαρίθμων των ειδικών αγωγιμοτήτων των δύο άλλων δειγμάτων (8.663).

Ακόμα, το δείγμα με τη μεγάλη θερμοκρασία μετάβασης T_c εμφάνισε τη μικρότερη τιμή αγωγιμότητας, που είναι συμβατό με τη γενική πειραματική διαπίστωση ότι καλοί αγωγοί είναι κακοί υπεραγωγοί και εξηγείται εάν παραδεχτούμε τη θεωρία BCS. [8]

Το ενεργειακό χάσμα των υπεραγωγών δίνεται από τη σχέση:

$$\Delta_0 = 4\hbar\omega_D \exp[-2/g(E_F)V] \quad (3)$$

όπου $V=\eta$ ένταση της αλληλεπίδρασης ηλεκτρονίου πλέγματος (electron-lattice), ω_D =συχνότητα Debye και $g(E_F)$ =πυκνότητα καταστάσεων στο επίπεδο Fermi.

Η σχ.(3) δείχνει ότι η αύξηση του V ευνοεί την υπεραγωγιμότητα. Η αλληλεπίδραση ηλεκτρονίου-πλέγματος λειτουργεί αντίστροφα για τους αγωγούς των οποίων η αγωγιμότητα αυξάνεται με τη μείωση του V .

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- [1] Amoretti G. et al: 1988 J. Phys. 17, 1372
- [2] Genossar J. et al: 1989 J. Phys. Condens. Matter 1, 9471
- [3] Guskos N. et al: On the influence of oxygen deficiency on EPR spectra of $\text{NdBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ Phys. Stat. Sol. (to be published)
- [4] Godlewski M., Przybilinska H., and Langer J.: Appl. Phys. A30 105 (1983)
- [5] Guskos N., Kuriata J. and Salikhov I. :J. Phys. C17, 2157 (1984)
- [6] Babic E., Marohnic I., Prester M. and Brniecevic N. :Phil. Mag. Lett. 56, 91 (1987)
- [7] Guskos, unpublished data
- [8] Omar M. Ali Elementary Solid State Physics σελ. 514-515 (Addison-Wesley Publishing Company, 1975)