

ΜΕΤΡΗΣΗ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΣΗΜΕΙΑΚΩΝ ΑΤΕΛΕΙΩΝ LiF + Be<sup>++</sup>  
Ι. Γραμματικάκης, Χ. Λόντος, Β. Κατσίκα και Ν. Μπόγρης  
Φυσικό Τμήμα Πανεπιστημίου Αθηνών

Με την μέθοδο των ρευμάτων αποπόλωσης σε σταθερή θερμοκρασία και την μέθοδο των διηλεκτρικών απωλειών μετρήσαμε την ενθαλπία μετάβασης  $h_m$  και τον προεκθετικό παράγοντα το  $\tau_0$  της σχέσης Arrhenius για τα κενά του LiF + Be<sup>++</sup>. Τα αποτελέσματα είναι συμβιβαστά και σύμφωνα με την διεθνή βιβλιογραφία.

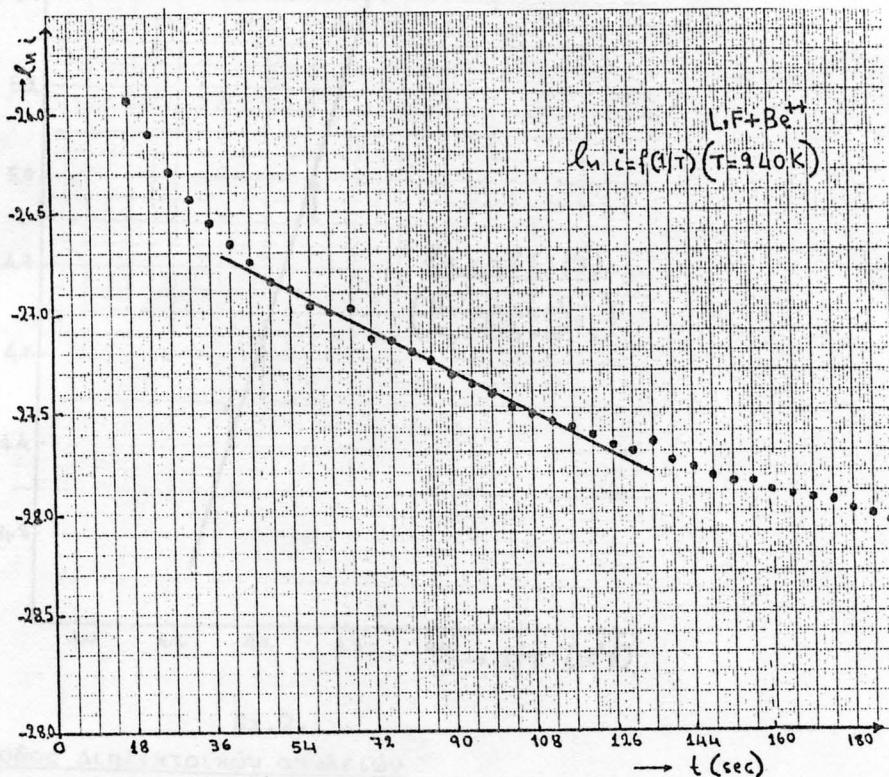
The method of depolarization currents and that of dielectric losses have been used to determine  $\tau_0$  and  $h_m$  (the pre-exponential factor and the migration energy) of the Arrhenius relation for the vacancies in LiF + Be<sup>++</sup>. Our results are in considerable agreement with previous reports in literature.

Το LiF τα τελευταία χρόνια έχει αποκτήσει μεγάλο τεχνολογικό ενδιαφέρον (χρησιμοποιείται για παράδειγμα σε στερεές μπαταρίες) λόγω των ιδιοτήτων που έχει αποδειχθεί ότι έχει (1,2,3,4). Το LiF ανήκει στους λεγόμενους "υπεριοντικούς αγωγούς" λόγω της ασυνήθιστα μεγάλης αύξησης της αγωγιμότητας όταν πλησιάζει στο σημείο τήξης (1140K). Η αύξηση αυτή φτάνει 7 τάξεις μεγέθους από την θερμοκρασία περιβάλλοντος.

Πριν δύο χρόνια είχαμε υπολογίσει σε εργασία μας (5) την ενθαλπία μετάβασης των κενών που δημιουργούνται σε ηρύσταλλο LiF λόγω των προσμείξεων Be<sup>++</sup> με την μέθοδο των θερμικά διεγειρούμενων ρευμάτων αποπόλωσης (T.S.D.C.). Οι τιμές που υπολογίσαμε ήταν  $h_m = 0.65$  eV,  $\tau_0 = 1.82 \cdot 10^{-12}$  sec. Στην εργασία αυτή υπολογίσαμε τα ίδια μεγέθη με δύο άλλες μεθόδους: α) την μέθοδο αποπόλωσης υπό σταθερή θερμοκρασία και β) την μέθοδο των διηλεκτρικών απωλειών. Είναι χαρακτηριστικό ότι οι τιμές που βρίσκουμε με τις δύο παραπάνω μεθόδους είναι συμβιβαστές με αυτές που υπολογίσαμε από την μέθοδο T.S.D.C.

a) Μέθοδος ρευμάτων αποπόλωσης σε σταθερή θερμοκρασία.

Η μέθοδος συνίσταται εις την πόλωση του κρυστάλλου σε θερμοκρασία σταθερή και επί χρόνο  $t \gg \tau(T)$  όπου  $\tau(T)$  ο χρόνος αποκατάστασης των διπόλων στην θερμοκρασία  $T$ . Έτσι επιτυγχάνεται ο προσανατολισμός όλων των διπόλων κατά την διεύθυνση του ηλεκτρικού πεδίου. Μηδενίζουμε το πεδίο και βραχυκυλώνουμε τον κρύσταλλο. Διατηρούμε την θερμοκρασία σταθερή και μετρούμε το ρεύμα αποπόλωσης μετά του χρόνου (Σχ.1.)



Σχ.1.

Το ρεύμα αυτό δίδεται από την σχέση:

$$i = i_0 \exp(-t/\tau)$$

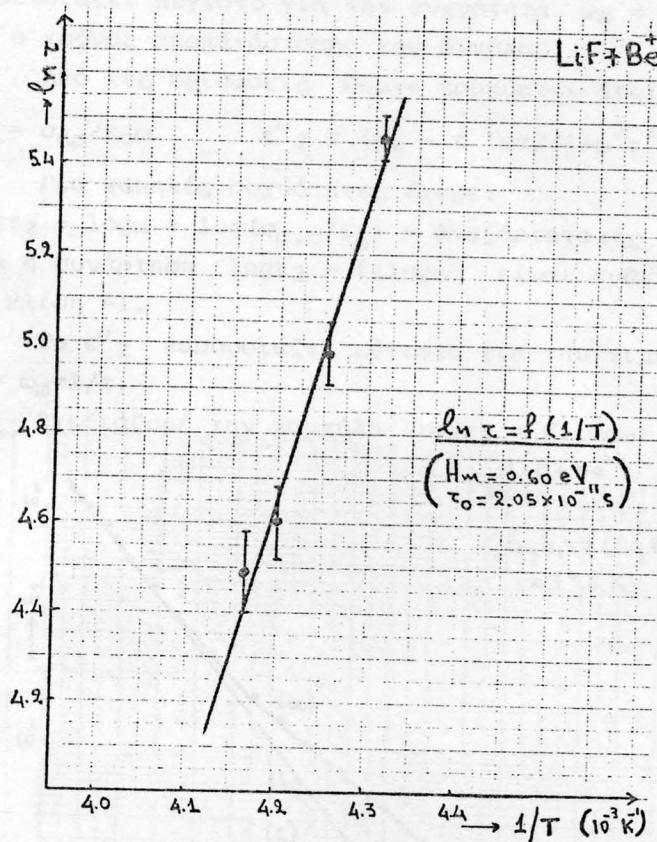
$$\ln i = \ln i_0 - \frac{1}{\tau} \cdot t$$

όπου  $\tau$  ο χρόνος αποκατάστασης των διπόλων για θερμο-

κρασία Τ. Επαναλαμβάνουμε το πείραμα για διάφορες θερμοκρασίες οπότε από την σχέση Arrhenius :

$$\tau = \tau_0 \exp(h_m/RT)$$

υπολογίζουμε το  $h_m = 0.60 \text{ eV}$   
και το  $\tau_0 = 2.05 \cdot 10^{-11} \text{ sec}$  (Σχ.2.)



Σχ.2.

β) Μέθοδος διηλεκτρικών απώλειών

Το μέγεθος που μετρά τις διηλεκτρικές απώλειες των διηλεκτρικών είναι το φανταστικό μέρος της διηλεκτρικής σταθεράς  $\epsilon_2$ . Το  $\epsilon_2$  είναι άθροισμα δύο συνεισφορών  $\epsilon_2 = \epsilon'_2 + \epsilon''_2$

Το  $\epsilon'_2$  οφείλεται στα ελεύθερα ιόντα τα οποία μπο-

ρούν να εκτελούν, λόγω των κενών μεταφορική κίνηση στο διηλεκτρικό και κατά συνέπεια συμβάλλουν στην D.C. αγωγιμότητα.

Το  $\epsilon''_2$  οφείλεται στην ταλάντωση των διπόλων και παρουσιάζει μέγιστο για την συχνότητα  $\omega_m = 1/\tau$  όπου το χρόνος αποκατάστασης του διπόλου.

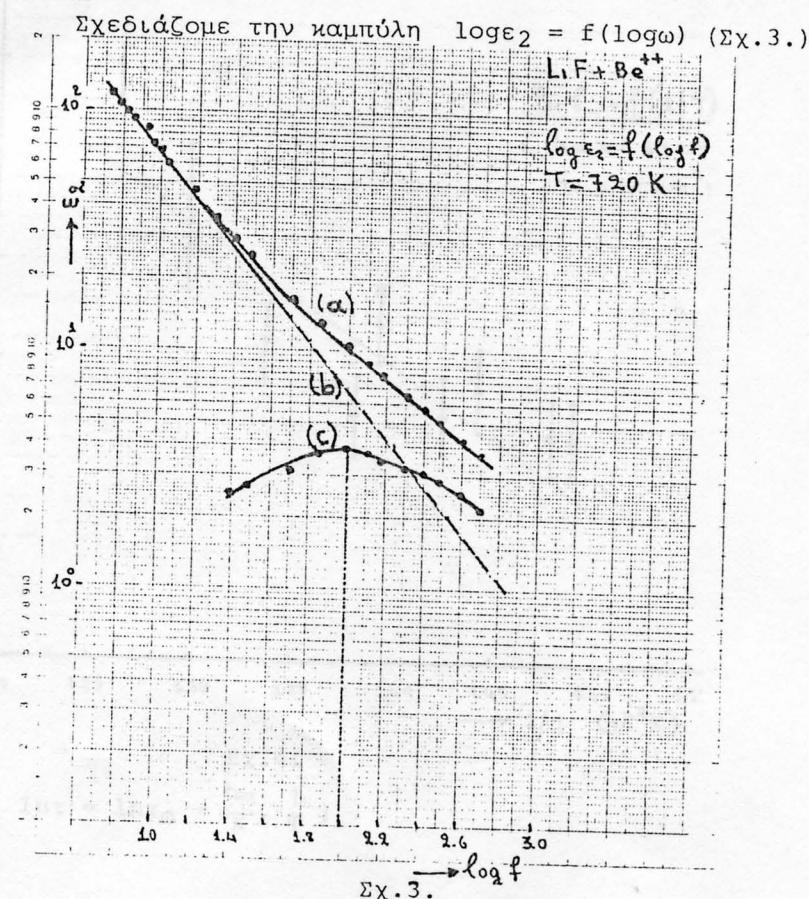
Από τις εξισώσεις Debye προκύπτει ότι:

$$\epsilon'_2 = \sigma_{dc}/\epsilon_0 \omega \quad \epsilon''_2 = (\epsilon_s - \epsilon) \omega \tau / (1 + \omega^2 \tau^2)$$

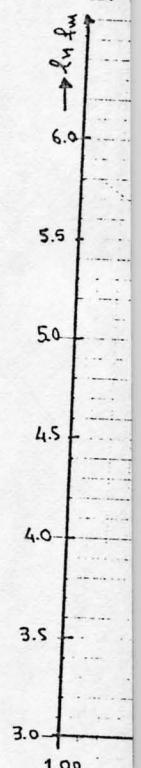
Για χαμηλές συχνότητες έχουμε:

$\log \epsilon_2 + \log \omega = \log(\sigma_{dc}/\epsilon_0) =$  ανεξάρτητο της συχνότητας άρα η συνάρτηση  $\log \epsilon_2 = f(\log \omega)$  είναι ευθεία γραμμή με κλίση  $-1$ .

Το  $\epsilon''_2$  παρουσιάζει μέγιστο για την τιμή του  $\omega = \omega_m = 1/\tau$ .



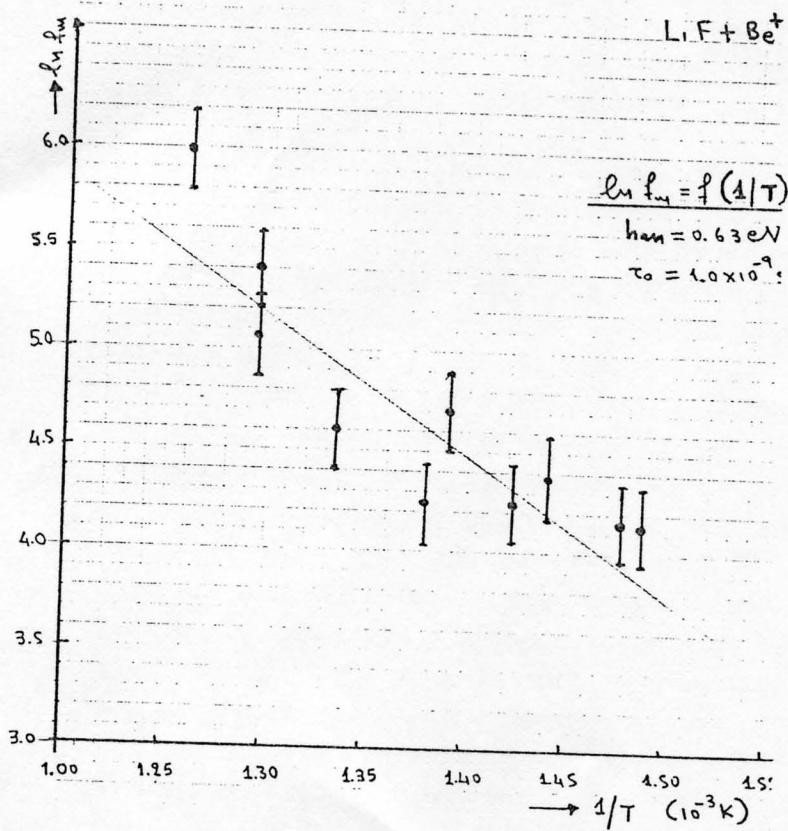
Παρατηρείναι εχνότητα γραμμή, ο μπύλη (Οπότε η σκουμεζουμε τοι μετρητή για διάσταση ευθείας)



(διότι ln τ

Παρατηρούμε ότι για μικρές συχνότητες η καμπύλη (a) είναι ευθεία γραμμή, με ιλίση -1. Αυξανομένης της συχνότητας, η καμπύλη (a) αποκλείνει από την ευθεία γραμμή, γιατί γίνεται υπολογισμός και ο όρος  $\epsilon''_2$ .

Ο όρος  $\epsilon''_2$  μπορεί να υπολογισθεί αν από την καμπύλη (a), αφαιρέσουμε την ευθύγραμμη προέκταση της (b). Οπότε η (c) παριστάνει το  $\log \epsilon''_2 = f(\log \omega)$  και έτσι βρίσκουμε το μέγιστο  $\omega_m$  της (c). Άλλα  $\omega_m = 1/\tau$  άρα γνωρίζουμε το τ για την θερμοκρασία T στην οποία ελήφθησαν οι μετρήσεις. Αν πάρουμε την καμπύλη  $\log \epsilon_2 = f(\log \omega)$  για διάφορες θερμοκρασίες, μπορούμε να χαράξουμε την ευθεία  $\ln f_m = f(1/\tau)$  (Σχ.4.).



Σχ.4.

$$(\text{διότι } \ln \tau = \ln \tau_0 + \frac{h_m}{K} \cdot \frac{1}{T})$$

από την κλίση της οποίας υπολογίζεται  $h_m = 0.63 \text{ eV}$   
και  $\tau_0 = 1.0 \cdot 10^{-9} \text{ sec.}$

#### ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Hayes W.J., J.de Phys, Supplement n°7, vol.41 p.C6-7 (1980)
2. Hooper A., Cont.phys. 19, 147 (1978)
3. Hayes W., Cont.phys.19, 470 (1978)
4. Salamon M.B. Editor, Physics of Superionic Conductors (Springer-Verlag) (1979)
5. J.Grammatikakis, V.Dova and C.A.Londos, J.phys.Chem. Sol. 47,727 (1986)

ΕΞΩΓΕΝΗΣ

Γ.Παπαϊων  
Τομέας Φ  
Πανεπιστ

Στη  
απόκριση  
νωτή GaP  
Για την  
Cr στην  
χειχ το

The  
photocond  
that of t  
to unders  
extrinsic  
spectral  
current.

Η χρ  
αγωγούς  
μονωτές  
Η υδατί<sup>τ</sup>  
υποστρώμα  
με τον  
ιδιότητέ

Στην  
μονωτή  
μεταβάσεω  
ζώνη αγωγ  
Τα δε  
θερμοκρασ  
μότητας  
είχαν υπο