



# Beynəlxalq Konfrans "Fizika-2005" International Conference "Fizika-2005" Международная Конференция "Fizika-2005"

7 - 9  
İyun  
June 2005  
Июнь

№178  
səhifə  
page 679-681  
стр.

Bakı, Azərbaycan

Baku, Azerbaijan

Баку, Азербайджан

## SEQNETOELEKTRİK MAYE KRİSTALLARIN KEÇİD XARAKTERİSTİKALARININ MODELƏŞDİRİLMƏSİ

İMAMƏLİYEV A.R.

Bakı Dövlət Universiteti, AZ148, Bakı, Z.Xəlilov, 23  
[Rahimoglu@mail.ru](mailto:Rahimoglu@mail.ru)

Seqnetoelektrik maye kristalın (SMK) nazik rlanar təbəqəsində baş verən Klark-Laqervoll effektinin keçid müddətinin SMK-yuvacığa verilən gərginlikdən, spontan polyarizasiyadan və dielektrik nüfuzluğunun anizotropiyasından asılılığı nəzəri tədqiq olunmuş və alınan nəticələrin izahı verilmişdir.

Spontan polyarizasiyanın varlığı seqnetoelektrik maye kristalların (SMK) xarici elektrik sahəsi ilə çox güclü qarşılıqlı təsirinə səbəb olur. Bunun nəticəsində bu növ maye kristallarda baş verən elektrooptik effekt yüksək sürətə malik olur. SMK-nın nazik planar təbəqəsində mikrosaniyədən tez keçidlər almaq olur [1,2] və displey texnikasında tətbiq baxımından bu maddələrin böyük perspektivi var. Bu baxımdan SMK-ların zaman xarakteristikalarının həm təcrübi, həm də nəzəri öyrənilməsi öz aktuallığını itirmir.

Bu işdə kompüter modelləşdirilməsi yolu ilə nazik SMK yuvacıqda Klark - Laqervoll effektinin keçid müddətinin həm xarici elektrik sahəsindən, həm də bəzi maddi parametrlərdən (spontan polyarizasiya və dielektrik nüfuzluğunun anizotropiyası) asılılığına baxılmış və alınan nəticələrin izahı verilmişdir.

Şəkil 1- də SMK yuvacığın həndəsi verilmişdir. Molekulların lokal yönəlməsi  $\vec{n}(r,t)$  direktor sahəsi ilə verilir. Sonuncu isə fəzanın verilmiş nöqtəsində iki bucaqla verilir:  $\theta$  meyl bucağı və  $\phi$  azimutal bucaq.

$$\vec{n} = \vec{n}(\sin \theta \cos \phi, \sin \theta \sin \phi, \cos \theta) \quad (1)$$

Meyl bucağı, əsasən temperaturdan asılıdır və elektrik sahəsi onun qiymətini əhəmiyyətli dərəcədə dəyişir. Azimutal bucaq isə sahə olmadıqda fəzaca, sahə olduqda isə həm də zamanca dəyişir. Qalın nümunələrdə spiralvarı quruluş mövcud olur və  $\phi$  bucağı həm lay daxilində, həm də laylara perpendikulyar istiqamətdə dəyişir ( $\phi = \phi(x, z)$ ). Nazik nümunələrdə isə spiral quruluş açılır və bu bucaq yalnız lay müstəvisində dəyişir:  $\phi = \phi(x)$ . Buna görə də çox da yüksək olmayan sahələrdə direktor sahəsinin tapılması azimutal bucağın  $\phi(x, t)$  tapılmasına gətirilir. Bu isə elastik, səth və elektrik qüvvələrin rəqabəti ilə müəyyən olunur.

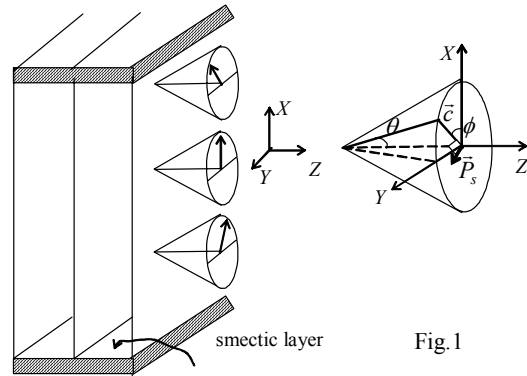


Fig.1

Sistemin  $\phi(x)$  tarazlıq konfigurasiyasını tapmaq üçün lazım olan moment balansı tənliyini çıxarmaq çətin deyil [3] (nümunənin qalınlığı spiral quruluşu addımından kiçikdir  $d < L$ ):

$$G\theta^2 \frac{d^2 \phi}{dx^2} + P_s E \cos \phi + \left( \frac{P_s^2}{2\chi_{\perp} \varepsilon_0} + \frac{\Delta \varepsilon \varepsilon_0 \theta^2}{2} E^2 \right) \sin 2\phi = 0 \quad (2)$$

Göstərilən diferensial tənliyə uyğun gələn sərhəd şərtləri aşağıdakı kimidir:

$$G \frac{d\phi}{dx} \Big|_{\pm d/2} = (W_1 \cos \phi \pm W_2 \sin 2\phi)_{\pm d/2} \quad (3)$$

$$0 \leq x \leq d/2, \quad -\pi/2 \leq \phi \leq \pi/2$$

Burada aşağıdakı işarələr qəbul olunmuşdur:  $G$  - elastik sabit,  $P_s$ - spontan polyarizasiya,  $E$  - elektrik sahəsinin intensivliyi,  $\Delta \varepsilon = \varepsilon_{\parallel} - \varepsilon_{\perp}$  - dielektrik nüfuzluğunun anizotropiyası,  $\chi_{\perp}$  - dielektrik qavrayıcılığının eninə toplananı,  $\varepsilon_0 = 8,85 \text{ pF/m}$  - elektrik sabitidir.

(3) tənliyinin sağ tərəfindəki birinci hədd SMK molekullarının yuvacığın səthi ilə polyar qarşılıqlı təsir ilə əlaqədardır. Polyar qarşılıqlı təsir çalışır ki, spontan polyarizasiya vektorunu ya səthə doğru, ya da əksinə yönəltsin. Bu bizim həndəsədə  $\phi(d/2) = -\phi(-d/2) = \pi/2$  şərtinə uyğun gəlir. İkinci hədd molekulların səthlə qarşılıqlı təsirinin dispersion hissəsidir: bu hissə smektik A fazanın planar teksturunun alınması üçün cavabdehdir və molekulları sadəcə səthə paralel yönəltməyə ( $\phi(d/2) = -\phi(-d/2) = \pi/2$ ) çalışır. Uyğun ilişmə enerjiləri  $W_1$  və  $W_2$  kimi işarə olunmuşdur. “-” və “+” işarələri uyğun olaraq yuxarı və aşağı səthlərə aiddir.

Elektrooptik yuvacıqlarda istifadə olunan SMK-nın  $P_s$ ,  $G$ ,  $\theta$ ,  $\chi_\perp$  və  $\Delta\varepsilon$  maddi parametrləri uyğun olaraq  $10^{-4} \text{ KJ/m}^2$ ,  $10^{-11} \text{ N}$ ,  $0,4 \text{ rad}$ ,  $10$  və  $-3$  tərtibindədir. Digər xarici parametrlərin ( $W_1$ ,  $W_2$ ,  $d$  və  $E$ ) tərtibi uyğun olaraq  $10^{-4} \text{ C}\cdot\text{m}^{-2}$ ,  $10^{-5} \text{ C}\cdot\text{m}^{-2}$ ,  $5\cdot 10^{-6} \text{ m}$  və  $10^6 \text{ V/m}$  kimidir.

Bundan sonra ilişmə enerjisinin polyar hissəsini

$$W_1 = W_{10} + \alpha \cdot P_s \quad (4)$$

kimi göstərəcəyik. Burada  $W_{10}$  – spontan polyarizasiya ilə əlaqədar olmayan (permanent) hissədir. Polyar ilişmə enerjisinin ikinci hissəsi isə spontan polyarizasiya ilə mütənəşib qəbul olunur.  $W_{10} \sim 10^{-5} \text{ C/m}^2$  və  $\alpha \sim 0,5 \text{ V}$  götürmək realistik qiymətlər verir.

Keçid prosesinin dinamikası, yəni  $\phi(x,t)$  asılılığı (2) tənliyinə oxşar tənliklə tapılır:

$$\gamma\theta^2 \frac{\partial\phi}{\partial t} = G\theta^2 \frac{\partial^2\phi}{\partial x^2} + P_s E \cos\phi + \left( \frac{P_s^2}{2\chi_\perp \varepsilon_0} + \frac{\Delta\varepsilon\varepsilon_0\theta^2 E^2}{2} \right) \sin 2\phi \quad (5)$$

Sərhəd şərtləri əvvəlki kimi qalır,  $\gamma_\phi$  – fırlanma özlülüyüdür. (5) tənliyi ümumi şəkildə sərhəd şərtlərinə malik qeyri-xətti istilikkeçirmə tənliyidir və qovulma üsülü ilə həll oluna bilər [4].

Başlanğıc həl olaraq birinci hal (DOWN) götürülür

$\left( \phi(x) = -\frac{\pi}{2} \right)$ . Sabit elektrik sahəsi verdikdə bu hal digər

bircins hala  $\left( \phi(x) = \frac{\pi}{2} \right)$  keçir (UP). Şəkil 2-də yuvacığın

ortasında  $\phi(0)$  azimutal bucağının keçid dinamikası göstərilmişdir. Keçid müddəti olaraq  $\phi(0)$  - in  $\frac{\pi}{2} \cdot 0,9$  - a çatdığı zaman müddəti götürülür.

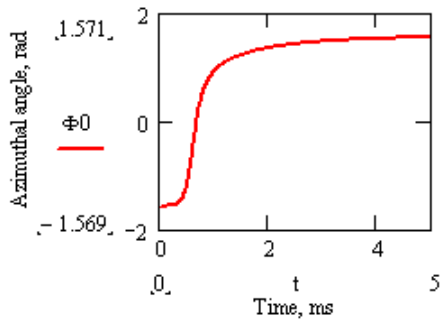


Fig.2

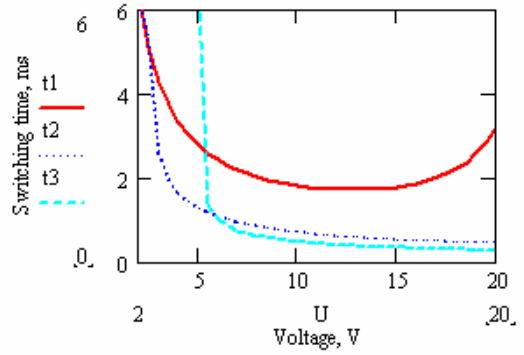


Fig.3

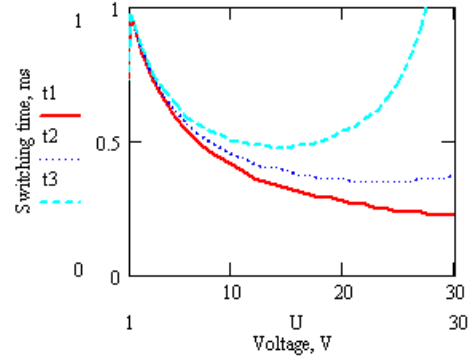


Fig.4

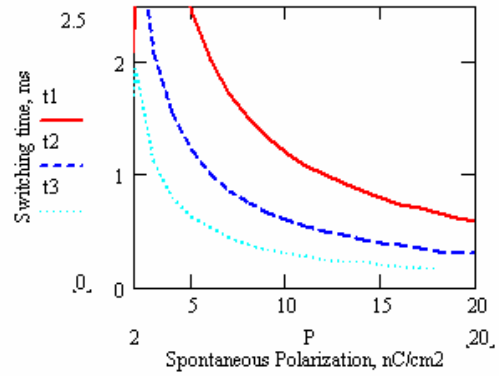


Fig.5

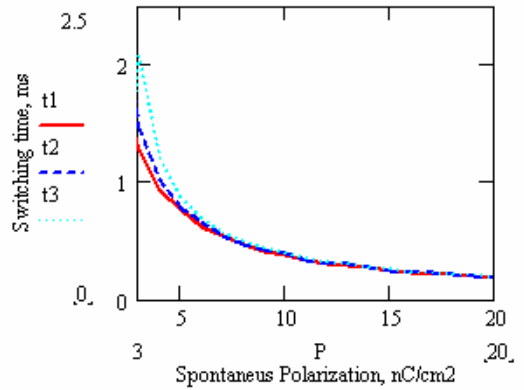


Fig.6

Şəkil 3 və spontan polyarizasiyanın ( $1-P_s = 4 \text{ nC/sm}^2$ ,  $2-P_s = 8 \text{ nC/sm}^2$ ,  $3-P_s = 12 \text{ nC/sm}^2$ ), şəkil 4-də isə dielektrik nüfuzluğunun anizotropiyasının (1, 2 və 3 üçün uyğun olaraq  $\Delta\varepsilon = -2$ ;  $\Delta\varepsilon = -6$  və  $\Delta\varepsilon = -10$  götürülür) müxtəlif qiymətlərində keçid müddətinin

elektrooptik yuvacığa verilən gərginlikdən asılılığı verilmişdir. Gözlənilədiyi kimi, gərginlik artdıqca keçid müddəti azalır. Lakin  $\tau \sim u^{-1}$  ideal asılılığı ümumiyyətlə ödənmir. Xüsusən dielektrik anizotropiyasının böyük, spontan polarizasiyanın isə kiçik qiymətlərində böyük gərginliklər oblastında  $\tau(u)$  asılılığında hətta monoton artma müşahidə olunur. Bu məlum fakt [5] onunla izah olunur ki, böyük gərginliklərdə elektrik sahəsi ilə avadratik qarşılıqlı təsir  $\left(\frac{1}{2}\Delta\epsilon\epsilon_0 E^2\right)$  xətti qarşılıqlı təsiri  $(P_s E)$  üstələyir və keçidə mane olur.

Şəkil 5- də və 6- da yuvacığa verilən gərginliyin və dielektrik anizotropiyasının  $(1-\Delta\epsilon = -2, 2-\Delta\epsilon = -6, 3-\Delta\epsilon = -10)$  müxtəlif qiymətlərində  $(1-U = 2,5 V, 2-U = 5 V, 3-U = 10 V)$  keçid müddətinin spontan polarizasiyadan asılılıq qrafikləri verilir. Ümumən spontan polarizasiya artdıqca keçid müddəti azalır. Yalnız spontan polarizasiyanın kiçik qiymətlərində dielektrik nüfuzluğunun anizotropiyasının təsiri hiss olunur.

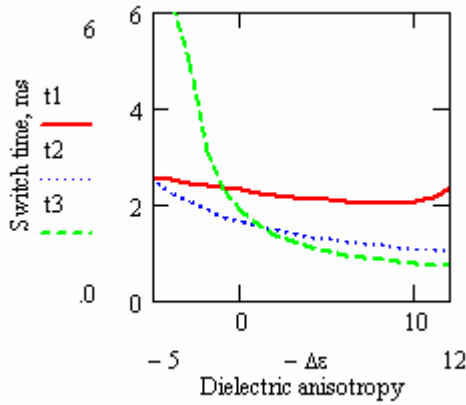


Fig.7

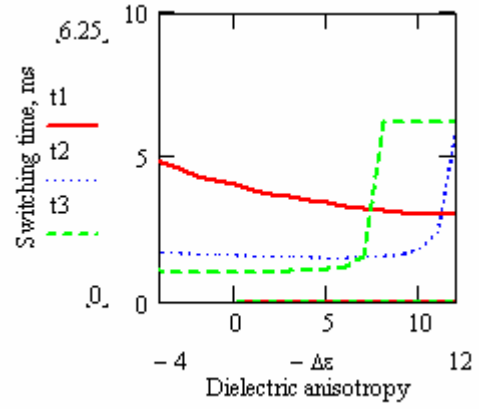


Fig.8

Spontan polarizasiyanın  $(1-P_s = 4 nC/sm^2, 2-P_s = 8 nC/sm^2, 3-P_s = 12 nC/sm^2)$  və gərginliyin  $(1-U = 2,5 V, 2-U = 5 V, 3-U = 10 V)$  müxtəlif qiymətlərində keçid müddətinin dielektrik nüfuzluğunun anizotropiyasından asılılığı şəkil 7 və 8-də göstərilmişdir. Kiçik gərginliklərdə mənfi dielektrik nüfuzluğunun anizotropiyası artdıqca keçid müddəti zəif azalır, orta və güclü sahələrdə isə demək olar ki, sabit qalır, hətta böyük dielektrik anizotropiyalarında keçid müddəti artmağa başlayır. Bu da yuxarıda qeyd olunduğu kimi stabilizədirici rol oynayan kvadratik qarşılıqlı təsirin güclənməsi ilə əlaqədardır. Həmin səbəblərlə əlaqədar spontan polarizasiyanın kiçik qiymətlərində də  $t(-\Delta\epsilon)$  asılılığında uyğun anomaliya müşahidə olunur (şəkil 7, 1 əyrisi).

[1]. Clark N.A., Lagerwall S.T. – Appl.Phys.Lett – 1980,v.36, 899  
 [2]. Garoff S., Meyer R.B. – Phys.Rev.A., 1979, v.19, №1, 338-347  
 [3]. 3.H.F.Abbasov, A.R.İmamaliyev – Journal "Fizika" ANAS, 2003, v.9, №1, p.6.

[4]. Тихонов А.Н., Самарский А.А. – Уравнения математической физики, М. Наука, 1972, 735с.  
 [5]. Orihara H., Nakamura K., Ishibashi Y., Yamada Y., Yamamoto N., Yamawaka M. – Jap.J.Appl.Phys., 1986,v.25,№10,L.839