SEGNETOELEKTRIKDA FAZAVIY O‘TISHLAR VA $Y_3Al_5O_{12}$ KRISTALINING RAMAN SPEKTRI TAHLILI

Avezov Ismoil Yoshuzoq o‘g‘li[1], Choriyeva M.J.[2]

[1] Buxoro davlat universiteti o‘qituvchisi, Buxoro, O‘zbekiston

[2] Buxoro davlat universiteti magistranti, Buxoro, O‘zbekiston

Annotatsiya: Ushbu maqolada segnetoelektriklarda fazaviy o‘tishlarning fizik mohiyati va $Y_3Al_5O_{12}$ kristalining Raman spektri asosida strukturaviy holati tahlil qilindi. Segnetoelektrik fazaviy o‘tishda asosiy fizik jarayon yuqori simmetriyali paraelektrik fazadan past simmetriyali qutbli fazaga o‘tish bilan bog‘liq bo‘lib, bunda spontan qutblanish paydo bo‘ladi yoki yo‘qoladi. $Y_3Al_5O_{12}$ klassik segnetoelektrik material emas, biroq uning Raman spektri kristall panjara tartibi, fonon modalar va strukturaviy barqarorlikni baholash uchun muhimdir. Tajriba spektrida eng kuchli maksimumlar 355.71 cm^{-1} va 753.23 cm^{-1} da kuzatildi. Bu cho‘qqilar YAG kristall panjarasida tartibli Raman-faol tebranish modlari yaxshi shakllanganini ko‘rsatadi.

Kalit so‘zlar: segnetoelektrik, fazaviy o‘tish, spontan qutblanish, Kyuri nuqtasi, $Y_3Al_5O_{12}$, Raman spektri, fonon modalar.

Kirish

Segnetoelektrik materiallarda fazaviy o‘tish — bu kristall tuzilishida simmetriya o‘zgarishi bilan kechadigan fizik jarayondir. Yuqori haroratda material odatda paraelektrik holatda bo‘ladi, ya’ni unda spontan qutblanish mavjud emas. Harorat **Kyuri nuqtasi**dan pastga tushganda kristall panjarada ionlarning siljishi natijasida qutbli holat yuzaga keladi. Shu sababli segnetoelektrik fazaviy o‘tishning asosiy belgisi spontan qutblanishning paydo bo‘lishidir:

$$P_s \neq 0 (T < T_K) \qquad (1)$$

Kyuri nuqtasidan yuqorida esa:

$$P_s = 0 (T > T_K) \qquad (2)$$

Bu yerda P_s— spontan qutblanish, T_K— Kyuri harorati. Demak, fazaviy o‘tishda kristall panjara simmetriyasi va elektr qutblanish holati o‘zgaradi.

Fazaviy o‘tishning fizik mazmuni

Segnetoelektriklarda tartib parametri sifatida odatda qutblanish olinadi. **Landau nazariyasi**da erkin energiya qutblanish orqali quyidagicha yoziladi:

$$F = F_0 + \frac{1}{2} a(T - T_K)P^2 + \frac{1}{4} bP^4 \qquad (3)$$

Agar $T > T_K$bo‘lsa, erkin energiya minimumi $P = 0$da joylashadi va modda paraelektrik holatda bo‘ladi. Agar $T < T_K$bo‘lsa, $P = 0$holat barqaror bo‘lmay qoladi va $P_s \neq 0$bo‘lgan segnetoelektrik faza yuzaga keladi. Fizik jihatdan bu ionlarning muvozanat holatidan siljishi, kristall simmetriyasining pasayishi va ichki elektr dipollarining tartiblanishi bilan tushuntiriladi.

Dielektrik singdiruvchanlik Kyuri nuqtasi yaqinida keskin ortadi. Bu holat **Kyuri–Veys qonuni** orqali ifodalanadi:

$$\varepsilon = \frac{C}{T - T_K} \qquad (4)$$

Bu yerda C— Kyuri–Veys doimiysi, T— absolyut harorat. Ushbu formula fazaviy o‘tish yaqinida materialning tashqi elektr maydonga juda sezgir bo‘lishini ko‘rsatadi.

$Y_3Al_5O_{12}$ kristalining Raman spektri natijalari

$Y_3Al_5O_{12}$, ya’ni YAG, kubik granat tuzilishga ega materialdir. U klassik segnetoelektrik emas, chunki markaziy simmetriyali kristall tuzilishga ega. Shuning uchun sof YAGda spontan qutblanish kuzatilmaydi. Biroq Raman spektri orqali uning panjara tebranishlari va strukturaviy tartiblanganlik darajasi baholanadi.

Tajriba natijalariga ko‘ra, Raman spektridagi eng kuchli maksimum **355.71 cm^{-1}** da kuzatildi. Uning intensivligi **21852.09** birlikka teng. Ikkinchi kuchli maksimum **753.23**

cm^{-1} da joylashgan bo‘lib, uning intensivligi **10081.96** birlikni tashkil qiladi. Bu ikki cho‘qqi $Y_3Al_5O_{12}$ kristalining asosiy Raman-faol tebranish modlari sifatida baholanadi.

Nisbiy intensivlik quyidagicha hisoblanadi:

$$I_n = \frac{I}{I_{\max}} \qquad (5)$$

bu yerda I_n— nisbiy intensivlik, I— tanlangan cho‘qqi intensivligi, $I_{\max}$— maksimal intensivlik.

Raman siljishi, cm^{-1}	**Intensivlik**	**Fizik talqin**
355.71	21852.09	Eng kuchli panjara tebranish modasi
753.23	10081.96	Ikkinchi asosiy Raman-faol moda
526.71	4342.06	O‘rta chastotali tebranish
595.29	2726.27	Qo‘shimcha fonon moda
1228.53	2128.97	Yuqori chastotali sust tebranish

Spektrdan ko‘rinadiki, asosiy strukturaviy axborot **100–800 cm^{-1}** oralig‘ida jamlangan. Ayniqsa 355.71 va 753.23 cm^{-1} cho‘qqilarining aniq va kuchli chiqishi kristall panjarada tartibli tebranishlar mavjudligini bildiradi. Yuqori chastota sohasida, ya’ni **1228–1416 cm^{-1}** oralig‘ida ham maksimumlar mavjud, lekin ularning intensivligi pastroq. Bu esa asosiy Raman javob past va o‘rta chastota sohasida kuchli ekanini ko‘rsatadi.

2000–4000 cm^{-1} oralig‘ida esa keskin Raman cho‘qqilari kuzatilmadi. Bu diapazonda intensivlik keng fon ko‘rinishida o‘zgaradi. Shuning uchun ushbu soha YAG kristall panjarasining asosiy Raman-faol tebranishlari sohasi sifatida baholanmaydi.

Muhokama

Segnetoelektrik fazaviy o‘tishda Raman spektrida odatda fonon chiziqlarining siljishi, kengayishi yoki yangi modalar paydo bo‘lishi kuzatiladi. Bu holat kristall simmetriyasi o‘zgarishi bilan bog‘liq. $Y_3Al_5O_{12}$ spektrida esa kuchli va aniq cho‘qqilar saqlangan. Bu natija namunada keskin strukturaviy buzilish yoki fazaviy beqarorlik belgisi kuchli

emasligini ko‘rsatadi. Demak, berilgan Raman spektri YAG kristalining tartibli va barqaror panjara tuzilishga ega ekanini tasdiqlaydi.

Xulosa

Segnetoelektriklarda fazaviy o‘tish spontan qutblanish va kristall simmetriyasi o‘zgarishi bilan bog‘liq. $Y_3Al_5O_{12}$ sof holatda segnetoelektrik bo‘lmasa-da, uning Raman spektri strukturaviy holatni baholash uchun muhim natija beradi. Spektrda **355.71 cm^{-1}** va **753.23 cm^{-1}** cho‘qqilarining kuchli namoyon bo‘lishi YAG kristall panjarasida Raman-faol tebranish modlari yaxshi shakllanganini ko‘rsatadi. Asosiy fizik xulosa shuki, o‘rganilgan $Y_3Al_5O_{12}$ namunasi tartibli kristall tuzilishga ega va uning asosiy tebranish modlari past hamda o‘rta chastota diapazonida joylashgan.

Foydalanilgan adabiyotlar

[1] Hurrell J.P., Porto S.P.S., Chang I.F., Mitra S.S., Bauman R.P. *Optical Phonons of Yttrium Aluminum Garnet*. Physical Review, 1968.

[2] Poulos M. va boshqalar. *Lattice dynamics and thermodynamic properties of $Y_3Al_5O_{12}$*. Journal of Physics and Chemistry of Solids, 2021.

[3] Kaminskii A.A. va boshqalar. *Observation of stimulated Raman scattering in $Y_3Al_5O_{12}$ single crystals and nanocrystalline ceramics*. JETP Letters, 2000.

[4] Chandra P., Littlewood P.B. *A Landau Primer for Ferroelectrics*. Springer, 2007.