

HAJMIY TOR SOHALI YARIMO'TKAZGICHLARDA KO'NDALANG MAGNITOQARSHILIK OSSILLYATSIYALARINING HARORATGA BOG'LIQLIGI

U.I.Erkaboyev, R.G'.Raximov
Namangan muhandislik-texnologiya instituti

Annotatsiya. Ushbu maqolada hajmiy tor sohali yarimo'tkazgichlarning ko'ndalang magnitoqarshilik ossillyatsiyalarining haroratga bog'liqligi tadbiiq etilgan. Hajmiy yarimo'tkazgichlarda ko'ndalang magnitoqarshilik ossillyatsiyalari $\rho_{zz}^{3d}(E, B, T)$ ni hajmiy tor sohali yarimo'tkazgichning ta'qiqlangan soha kengligi $E_g^{3d}(T)$ ga bog'liqligini hisoblashning yangi usuli taklif etilgan.

Kalit so'zlar: yarimo'tkazgich, magnitoqarshilik, ta'qiqlangan soha kengligi, ossillyatsiya, harorat.

Kvantlovchi magnet maydonda ko'ndalang magnitoqarshilik quyidagi ifoda yordamida aniqlanadi[1]:

$$\rho_{zz}^{3d}(E, B) = \frac{1}{\sigma_{zz}^{3d}(E, B)} = \left[-\frac{(2m)^{\frac{1}{2}} e^2}{\pi^2 \hbar^3} \hbar \omega_c \int_{\hbar \omega_c/2}^{\infty} \sum_{N_L} \left[E - \left(N_L + \frac{1}{2} \right) \hbar \omega_c \right]^{1/2} \tau_{N_L}^{3d}(E) \frac{\partial f_0^{3d}(E)}{\partial E} dE \right]^{-1} \quad (1)$$

Bu yerda, N_L^{3d} – ruxsat etilgan sohadagi diskret Landau sathlari soni, ω_c -magnet maydonining siklotron chastotasi, $\tau_{N_L}^{3d}(E)$ - hajmiy yarimo'tkazgichlarda erkin elektronlarning impuls bo'yicha relaksasiya vaqti. E – kvantlovchi magnet maydondagi erkin elektron energiyasi. $\frac{\partial f_0^{3d}(E)}{\partial E}$

hajmiy yarimo'tkazgichlar uchun Fermi-Dirak taqsimot funksiyasining energiya bo'yicha olingan hosilasi. Ushbu formuladan ko'rinib turibdiki, effektiv massa energiya bo'yicha o'zgaraydi, ya'ni bu ifoda faqat kvadratik dispersiya qonuni uchun amal qiladi. Lekin, shunday yarimo'tkazgichlar mavjudki, o'tkazuvchanlik sohasining tubi va valent sohasining shiftida joylashgan erkin zaryad tashuvchilarning effektiv massasi energiya bo'yicha kuchli o'zgaradi ($m^*(E_n^{3d})$ va $m^*(E_p^{3d})$). Bu holat ko'proq ta'qiqlangan sohasi kichikroq bo'lgan, ya'ni tor sohali yarimo'tkazgichlarda kuzatiladi[2-8]. Agar dispersiya qonuni kvadratik bo'lmasa, unda zaryad tashuvchilarning effektiv massasi energiyaga kuchli bog'liq bo'ladi ($m^*(E)$). [2-4].

Mavjud ilmiy adabiyotlardan ma'lumki, kuchli magnet maydondagi erkin elektronlarning energiyasi quyidagi ifoda bilan aniqlanadi [1]:

$$E_{N\pm}^{3d} = -\frac{E_g^{3d}}{2} + \frac{1}{2} \sqrt{(E_g^{3d})^2 + 4E_g^{3d} \left[\left(N + \frac{1}{2} \right) \hbar \omega_c + \frac{\hbar^2 k_z^2}{2m_n} \right]} \quad (2)$$

Bu ifoda hajmiy yarimo'tkazgichlar uchun o'rinli bo'lib, $\pm \frac{1}{2} g_0 \mu B$ spinning hadi hisobga olinmagan. E_N^{3d} -nokvadratik dispersiya qonuni uchun hajmiy yarimo'tkazgichlarning o'tkazuvchanlik sohasidagi erkin elektron energiyasi. E_g^{3d} - uch o'lchovli tor sohali yarimo'tkazgichning ta'qiqlangan soha kengligi.

Bu yerda E_N - parabolik bo'lmagan dispersiya qonuniga ega kvantlovchi magnit maydondagi o'tkazuvchanlik zonasining elektron energiyalari. E_g - tor zonali yarim o'tkazgichlarning ta'qiqlangan zona kengligi.

(2) ifodadan k_z^{3d} ni aniqlab, uni differensiallaymiz:

$$dk_z^{3d} = \frac{\sqrt{2m}}{\hbar} \frac{\frac{2E_N}{E_g} + 1}{2\sqrt{\frac{E_N^2}{E_g} + E_N - \left(N + \frac{1}{2}\right)\hbar\omega_c}} \quad (3)$$

U holda, (3) ifodadan foydalanib, hajmiy yarimo'tkazgichlarda ko'ndalang magnitoqarshilik ossillyatsiyalari quyidagi formula orqali hisoblanadi:

$$\rho_{zz}^{3d} = \left[-\frac{(2m)^{\frac{1}{2}} e^2}{\pi^2 \hbar^3} \hbar\omega_c \int_{\hbar\omega_c/2}^{\infty} \sum_N \left(\frac{2E_N^{3d}}{E_g^{3d}} + 1 \right) \left[\frac{E_N^2}{E_g^{3d}} + E_N^{3d} - \left(N + \frac{1}{2} \right) \hbar\omega_c \right]^{1/2} \tau_N^{3d}(E) \frac{\partial f_0^{3d}(E)}{\partial E} dE \right]^{-1} \quad (4)$$

Ushbu formuladan ma'lum bo'ldiki, $E_g^{3d} \rightarrow \infty$, ya'ni, material hajmiy keng sohali yarimo'tkazgichga aylansa, $\frac{2E_N}{E_g} \rightarrow 0$ va $\frac{E_N^2}{E_g} \rightarrow 0$ bo'ladi, bunda (4) ifoda (1) ga aylanadi.

Ma'lumki, erkin elektronlarning sochilish mexanizmida relaksasiya vaqtini aniqlashning bir qator turlari mavjud (optik, akustik va boshqalar). Biroq, ularning umumiy formulasi $\tau^{3d} = \tau_0^{3d} E^r$ - relaksasiya vaqtini aniqlash ifodasidan topiladi. Bunda, darajaning qiymati r ga qarab tarqalish mexanizmi o'zgaradi: $r = -\frac{1}{2}$ - akustik tebranish, $r = \frac{3}{2}$ - ionli tebranish.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. U.I.Erkaboev, G.Gulyamov, J.I.Mirzaev, R.G.Rakhimov. International journal of modern physics B. 2020. Vol. 34, Iss.07, 2050052
2. G.Gulyamov, U.I.Erkaboev, N.A.Sayidov, R.G.Rakhimov. Journal of Applied Science and Engineering. 2020. Vol. 23, Iss.3, pp.453-460
3. U.I.Erkaboev, R.G.Rakhimov, N.A.Sayidov. Modern Physics Letters B. 2021. Vol. 35, Iss.17, 2150293
4. U.I.Erkaboev, G.Gulyamov, R.G.Rakhimov. Indian Journal of Physics. 2022. Vol.96, Iss.8, pp.2359-2368
5. U.I.Erkaboev, G.Gulyamov, J.I.Mirzaev, R.G.Rakhimov, N.A.Sayidov. Nano. 2021. Vol.16, Iss.09, 2150102
6. U.I.Erkaboev, U.M.Negmatov, R.G.Rakhimov, J.I.Mirzaev, N.A.Sayidov. International Journal of Applied Science and Engineering. 2022. Vol.19, Iss.2, pp.1-8
7. U.I.Erkaboev, R.G.Rakhimov. East European Journal of Physics. 2023. Iss.3, pp.133-145
8. U.I.Erkaboev, R.G.Rakhimov. e-Prime-Advances in Electrical Engineering, Electronics and Energy. 2023. Vol.5, Article ID 100236