



IKKI O'LCHOVLI ANIZOTROP JISMLARNING FIZIK-MEXANIK XOSSALARI

Sayfiyeva Muxlisa Fazliddin qizi

Kalit so'zlar: anizotropiya, ikki o'lchovli tuzilma, grafen, qatlamli materiallar, tenzor xossalari, elastiklik moduli, issiqlik va elektr o'tkazuvchanligi.

Kirish

Zamonaviy materialshunoslik va qattiq jismlar fizikasida ikki o'lchovli (2D) tuzilmalarni o'rganish alohida ilmiy va amaliy ahamiyat kasb etmoqda. Anizotropiya — jismning fizik xossalari yo'nalishga bog'liq holda o'zgarishi bilan tavsiflanadigan hodisa bo'lib, ikki o'lchovli jismlarda bu hodisa o'ziga xos tarzda namoyon bo'ladi. 2004-yilda grafenning kashf etilishidan so'ng, ikki o'lchovli materiallar — grafen, geksagonal bor nitrid (h-BN), o'tish metallari dixalkogenidlari (MoS_2 , WS_2) va fosforen kabi tuzilmalar — nanoelektronika, energetika va materialshunoslik sohalarida faol tadqiq etilmoqda.

Ikki o'lchovli anizotrop jismlar tushunchasi

Ikki o'lchovli jism deganda qalinligi bir yoki bir necha atom qatlamiga teng bo'lgan, biroq qolgan ikki yo'nalishda (tekislikda) katta o'lchamlarga ega bo'lgan tuzilma tushuniladi. Bunday jismlarda atomlar asosan bitta tekislik ichida kovalent bog'lar orqali mustahkam bog'langan bo'ladi, tekislikka perpendikulyar yo'nalishda esa bog'lanish kuchi ancha zaif (ko'pincha Van-der-Vaals turidagi) bo'ladi. Natijada tekislik ichidagi (in-plane) va tekislikka perpendikulyar (out-of-plane) xossalari o'rtasida keskin farq yuzaga keladi — bu hodisa ikki o'lchovli anizotropiya deb ataladi. Bunga misol qilib grafen, h-BN, MoS_2 kabi qatlamli kristallarni keltirish mumkin.

Matematik tavsif



Ikki o'lchovli anizotrop jismning fizik xossalari ikkinchi darajali tenzor orqali ifodalanadi, biroq tekislik simmetriyasi tufayli tenzor komponentalari soddalashadi. Masalan, elastiklik moduli tekislik ichida $E_{\parallel}$ va tekislikka perpendikulyar yo'nalishda $E_{\perp}$ sifatida ikkiga ajratiladi, bunda odatda $E_{\parallel} \gg E_{\perp}$ munosabati o'rinli bo'ladi. Xuddi shunday, issiqlik o'tkazuvchanlik tenzori κ_{ij} ham diagonal shaklga keltirilib, tekislik ichidagi $\kappa_{\parallel}$ va ko'ndalang $\kappa_{\perp}$ komponentalarga ajratiladi. Ba'zi holatlarda tekislik ichida ham yo'nalishga bog'liq anizotropiya kuzatiladi (masalan, fosforenda armcheyr va zigzag yo'nalishlari bo'yicha xossalar farqlanadi), bu esa qo'shimcha tenzor komponentalarining kiritilishini talab qiladi.

Fizik xossalarining o'ziga xosligi

Ikki o'lchovli anizotrop jismlarda quyidagi xossalar alohida ahamiyatga ega:

1) Mexanik xossalar — tekislik ichidagi kovalent bog'lar tufayli grafen kabi materiallar yuqori mustahkamlik va elastiklik moduliga ega bo'ladi, tekislikka perpendikulyar yo'nalishda esa qatlamlar bir-biridan oson ajraladi (ekfoliatsiya hodisasi).

2) Issiqlik o'tkazuvchanligi — fononlarning tekislik ichida tarqalishi ancha samarali bo'lganligi sababli, in-plane issiqlik o'tkazuvchanlik out-of-plane ko'rsatkichdan bir necha marta yuqori bo'ladi (grafenda bu farq ayniqsa katta).

3) Elektr o'tkazuvchanligi — elektronlarning harakati asosan tekislik ichida cheklangan bo'lib, bu holat ikki o'lchovli elektron gazi (2DEG) hosil bo'lishiga va yuqori tashuvchilar harakatchanligiga olib keladi.

4) Optik va elektron xossalar — qatlamlar soniga qarab taqiqlangan zona kengligi o'zgaradi (masalan, MoS_2 bir qatlamda to'g'ri zonali yarim o'tkazgichga aylanadi), bu esa optoelektron qurilmalar uchun muhim xususiyat hisoblanadi.

Amaliy ahamiyati va qo'llanilish sohalari



Ikki o'lchovli anizotrop jismlarni o'rganish nanoelektronika, energetika, sensor texnologiyalari va kompozit materiallar sohalarida katta amaliy ahamiyatga ega. Grafen asosida yuqori tezlikdagi tranzistorlar va egiluvchan elektron qurilmalar yaratilmoqda; o'tish metallari dixalkogenidlari optoelektron va fotovoltaik qurilmalarda qo'llanilmoqda; h-BN esa boshqa 2D materiallar uchun izolyator qatlam sifatida ishlatilmoqda. Bundan tashqari, ikki o'lchovli materiallarning anizotrop issiqlik va elektr o'tkazuvchanligi termoelektrik generatorlar va issiqlikni boshqarish tizimlarini yaratishda muhim rol o'ynaydi.

Xulosa

Ikki o'lchovli anizotrop jismlar zamonaviy nanofizika va materialshunoslikning eng dolzarb tadqiqot yo'nalishlaridan biri hisoblanadi. Ularning tekislik ichidagi va tekislikka perpendikulyar yo'nalishlardagi keskin farqlanuvchi mexanik, issiqlik, elektr va optik xossalarini chuqur o'rganish yangi avlod elektron qurilmalar, energiya saqlash tizimlari va funksional kompozit materiallarni yaratishda muhim ilmiy asos bo'lib xizmat qiladi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Geim A.K., Novoselov K.S. The rise of graphene // Nature Materials. — 2007. — Vol. 6. — P. 183–191.
2. Nye J.F. Physical Properties of Crystals: Their Representation by Tensors and Matrices. — Oxford University Press, 1985.
3. Wang Q.H., Kalantar-Zadeh K., Kis A. et al. Electronics and optoelectronics of two-dimensional transition metal dichalcogenides // Nature Nanotechnology. — 2012. — Vol. 7. — P. 699–712.