

O‘Ta O‘Tkazuvchanlikning Elektr Maydonida Kuzatilishi

D. R. Djuraev¹, N. O. Bozorova²

Annotatsiya: Ushbu maqolada o‘ta o‘tkazuvchan materiallarning texnikada keng qo‘llanilishi, xossalari, yuqori haroratli o‘ta o‘tkazuvchanlik fizikasining ahamiyati, yuqori haroratli o‘ta o‘tkazuvchanlikni ifodalovchi modellar, turlari, yuqori haroratli o‘ta o‘tkazuvchanlikdagi xossalari va ularning fan va texnikadagi roli yoritib beriladi.

Kalit so'zlar: O‘ta o‘tkazuvchanlik, Bardin, Kuper va Shrifferlar (B.K.Sh nazariyasi), Bogolyubov o‘ta o‘tkazuvchanlik modellari, yuqori haroratli o‘ta o‘tkazuvchanlik modellari.

O‘ta o‘tkazuvchanlik nazariyasi 1957-yilda Bardin, Kuper va Shrifferlar tomonidan ishlab chiqilgan (B.K.Sh nazariyasi) va H.H. Bogolyubov takomillashtirgan. Mazkur nazariyaga binoan metallidagi elektronlar bir-biridan kulon kuchlri bilan o‘zaro itarishishdan tashqari, ular tortishishning maxsus turi bilan bir-birlariga tortishadilar ham. O‘zaro tortishish va itarishishdan ustun bo‘lganda o‘ta o‘tkazuvchanlik hodisasi sodir bo‘ladi. O‘zaro tortishish natijasida o‘tkazuvchanlik elektronlari birlashib kuper juftlarini hosil qiladilar. Bunday juftlikka kirgan elektronlar qarama-qarshi yo‘nalgan spinga ega bo‘ladilar. Shuning uchun juftliklarning spini nolga teng va ular bezonga aylanadilar. Bezonlar asosiy energetik holatda to‘planishga moyil bo‘ladilar va ularni uyg‘ongan holatga o‘tkazish nisbatan qiyin. Agar kuper juftlar muvofiqlashgan harakatga keltirilsa shu holatda ular cheksiz uzoq vaqt qolishlari mumkin. Bunday juftlarning muvofiqlashgan harakati o‘ta o‘tkazuvchanlik tokini hosil qiladi.

Elektronlarning o‘zaro tortishishi elektronlar va kristall panjara issiqlik tebranishlari (kristall panjaraning uyg‘ongan holatlari kvazizarralar- zononlar yordamida tavsiflanishi) orasidagi o‘zaro ta’sirlashish tufayli vujudga keladi. Bu ta’sirlashishda Fermi sathiga yaqin joylashgan sathlardagi elektronlar fononlarni chiqarishi (nurlantirishi) va yutishi mumkin. Mazkur jarayonni elektronlarning fononlar almashinishi (ya’ni birinchi elektron fonon chiqaradi, ikkinchisi esa bu fononni yutadi yoki aksincha) tarzda tasavvur etish mumkin. Bunday fonon almashinuv elektronlar orasidagi o‘zaro ta’sirni vujudga keltirishi B.K.Sh nazariyasiga asoslanadi. O‘ta o‘tkazuvchanlik xususiyatiga ega bo‘lgan moddalarda past temperaturalarda elektronlar orasidaga o‘zaro tortishish kuchi kulon itarishish kuchidan katta bo‘lib qoladi. Natijada qarama-qarshi yo‘nalgan spinli va impulsli ikki elektron “juft” bo‘lib bog‘lanib qoladi. Bunday juft elektronlarni bir-biriga yopishib qolgan ikki elektron tarzida tasavvur etish no‘to‘g‘ri. Aksincha, juft elektronlar orasidagi masofa 10^{-6} m bo‘lib, u kristall panjara doimiysi 10^{-10} m dan taxminan 10^4 marta katta. Binobarin, o‘ta o‘tkazgichlarda tabiatda kam uchraydigan uzoqdan bog‘lanish sodir bo‘ladi. Juft elektronlarning spini nolga teng, ya’ni ular bozonlardir. O‘ta o‘tkazuvchanlik nazariyasida qayd qilinganidek, bozonlar yetarlicha past temperaturalarda o‘ta oquvchan holatda bo‘la oladi, ya’ni ichki ishqalanishsiz oqadi. Demak, o‘ta oquvchanlik boze-gaz (juft elektronlar) ning o‘ta oquvchanligi deb tushunish mumkin. O‘ta o‘tkazuvchan moddada juft elektronlardan tashqari oddiy elektronlar ham mavjud. Shuning uchun o‘ta o‘tkazgichda ikki xil suyuqlik oddiy va o‘ta oquvchan komponentlar mavjud, deya olamiz. O‘ta o‘tkazgich temperaturasi 0 K dan boshlab ortib borayotganda issiqlik harakat juft elektronlarni uzib yubora boshlaydi. Kritik temperatura T^k da esa juft elektronlar mutloqo yo‘qoladi. Shuning uchun T^k dan yuqori temperaturalarda moddaning o‘ta o‘tkazuvchanlik xususiyati yo‘qoladi.

¹ BuxDU, f-m.f.d., professor

² BuxDU, 2-bosqich magistri



Aytilgan gaplarni yanada boshqacharoq tushuntiradigan bo'lsak, T^k dan past temperaturalarda metallarda harakatlanayotgan elektronlar, musbat ionlardan tashkil topgan metallning kristall panjarasini deformatsiyalaydi, ya'ni qutblaydi. Deformatsiya natijasida elektronlar, panjara bo'ylab elektron bilan kuchanadigan, musbat zaryadli bulut bilan chor atrofidan o'ralib qoladi. Elektronlar va uni o'rab olgan bulut boshqa elektronlarni o'ziga tortadigan, musbat zaryadlangan sistemaga aylanadi. Shunday qilib kristall panjara, elektronlar orasida tortishishni yuzaga keltiruvchi, oraliq muhit vazifasi o'tayda.

Kvant mexanikasi tili bilan aytganda bu hodisa elektronlar orasida fonon bilan almashishning natijasidir. Metallarda harakatlanayotgan elektron panjaraning tebranish tartibini o'zgartirib fonon hosil qiladi (uyg'otadi). Panjaraning uyg'onish energiyasi boshqa elektronga uzatiladi, bu esa o'z navbatida fononni yutadi. Bu tarzda fonon almashish oqibatid elektronlar orasida, tortishish xarakteriga ega bo'lgan qo'shimcha o'zaro ta'sirlashish payda bo'ladi. Past temperaturalarda o'ta o'tkazgich moddalarda bu tortishish kulon tortishishdan ustun bo'ladi. Fonon almashish bilan bog'liq bo'lgan o'zaro ta'sirlashuvlar, impuls va spinlari qarama-qarshi bo'lgan elektronlar orasida kuchliroq namoyon bo'ladi. Natijada bunday ikkita elektron kuper juftliklarga birlashadi. Hamma o'tkazuvchanlik elektronlari kuper juftliklarni hosil qilishmaydi. Temperatura absolyut noldan farqli bo'lganda juftliklarning buzilishining ma'lum ehtimolligi mavjud. Shuning uchun har doim juftliklar bilan bir qatorda kristall bo'ylab oddiy tarzda harakatlanadigan "normal" elektronlar bo'ladi. Temperatura T^k ga yaqinlashgan sari normal elektronlarning hissi ortib boradi va T^k da birga teng bo'ladi. Demak, T^k dan yuqori temperaturalarda o'ta o'tkazuvchanlik holati bo'lishi mumkin emas.

O'tkazuvchanlik energetik zonasida siljiy oladigan tirqishga ega metal uchun elektron o'tkazuvchanlikni cheklovchi sochilish jarayonining yuz bermasligi kelib chiqadi. Natijada, metallarda tashqi elektr maydon E ta'sirida Δp_ε impulsli elektronlar holati so'nmaydigan tok vujudga keladi.

O'ta o'tkazgichning tashqi elektr maydon bo'lmagandagi asosiy holati qarama-qarshi spinli va impulsli (ya'ni umumiy impulse nolga teng) elektron juftlari bilan xarakterlansa, tashqi maydon ta'sirida ushbu qarama-qarshi impulslar bir-biridan farq qiladi va Δp_ε natijaviy impulsni vujudga keltiradi.

O'ta o'tkazgichda tashqi elektr maydon qo'yilgandan so'ng vujudga kelgan Δp_ε va elektr toki

$$i = en v_\varepsilon = en \frac{\Delta p_\varepsilon}{2m_e} = \frac{en}{2m_e} e \varepsilon \Delta t = \frac{e^2 n}{2m_e} \varepsilon \Delta t \quad (1)$$

kabi vaqtga proporsional cheksiz o'sishi kerakdek tuyuladi. Aslida o'tkazgichda tokning o'sishi uni vujudga keltiradigan magnit maydon H ning ham o'sishiga olib keladi. Natijada, tashqi elektr maydon ε ga qarama-qarshi yo'nalgan induksion elektr maydon ε^{ind} vujudga keladi. Bu esa, o'z navbatida, i ga teskari induksion tokni i^{ind} hosil qiladi. i^{ind} esa induksion magnit maydonni H^{ind} vujudga keltiradi. Tashqi maydon ε ta'sirida i tokning o'sishi ma'lum vaqtdan so'ng $E^{ichki} = \varepsilon - \varepsilon^{ind} = 0$ va $H^{ichki} = H - H^{ind} = 0$ ga olib keladi. Ushbu muvozanatning saqlanishi uchun kuper juftlari (i) tokining istalgancha uzoq saqlanishi talab qilinadi. Buning uchun o'ta o'tkazgichning elektr qarshiligi nolga teng bo'lishi kerak.

Xulosa

Hozirgi paytda AQSh va Rossiya fanlari akademiyasida keramika materiallardan tayyorlangan yangi o'ta o'tkazuvchan moddalar hosil qilingan bo'lib, ulardan o'ta o'tkazuvchanlik hodisasi $T=250K$ dan boshlab (-23 C) kuzatiladi. Lekin bu holat turg'un bo'lmay, ba'zan o'zining xossasini yo'qotadi. Hozirgi paytda bunday moddalarning o'ta o'tkazuvchanlik holatiga o'tishlarining tabiatini o'rganish va yangi o'ta o'tkazuvchan moddalarni aniqlash sohasida katta ilmiy tadqiqot ishlari davom etmoqda.

O'ta o'tkazuvchan materiallarning texnikada keng qo'llanilishi imkoniyati ochildi.



Yuqori temperaturali o‘ta o‘tkazuvchan qo‘llanishi mumkin sohalardan biri electron texnikadir. Bu asosda integral sxemalarda elementlar zichligini 10 /sm ga yetkazish mumkin.

Transport sohasida ham o‘ta o‘tkazuvchanlik katta samasra beradi. Kelejakda o‘ta o‘tkazuvchan materiallardan elektr harakatlantirgich yasash mumkin. Uning hajmi o‘shanday quvvatli odatdagsidan 10marta kichik bo‘ladi.

Materiallardan magnet osmali transport elektro energiya jamg‘argichlar MID- generatorlar va elektr energiyani uzatish yo‘llari ishlab chiqishda foydalansa bo‘ladi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. R.Bekjonov B.Ahmadxo‘jayev “Atom fizikasi” Toshkent-“O‘qituvchi” nashriyoti 1979-yil
2. A.O‘.Rahimov,.B.O.Otaqulov “Eektro dinamika va nisbiylik nazariyasi”I-kitob Toshkent – “O‘qituvchi” nashriyoti 1985-yil
3. D.R.Djuraev. “O‘TA O‘TKAZUVCHANLIK FIZIKASI”. Buxoro-2013, 307-b.
4. D.R.Djuraev va boshqalar. “O‘ta o‘tkazuvchanlikning ba’zi masalalari”. Toshkent, Press-Dizayin, 2012.
5. Джураев Д.Р, Курбанов М. “Ўта ўтказгичлар”. Ёш куч, 1990.
6. www.ziyonet.uz kutubxonasi.

