

GRAFEN ASOSIDAGI MATERIALLARNING ELEKTROMAGNIT TO'LIQLARGA NISBATAN O'ZINI TUTISHI: NAZARIY TAHLIL

Navbahor Qurbanbayeva Sheramat qizi

Berdoq nomidagi Qoraqolpoq davlat universiteti

Fizika fakulteti Fizika kafedrası

ANNOTATSIYA

Ushbu maqolada grafen asosidagi materiallarning elektromagnit to'liqlar bilan o'zaro ta'siri nazariy jihatdan tahlil qilinadi. Grafenning noyob elektr o'tkazuvchanligi, ikki o'lchamli kristall tuzilmasi va optik xossalarining sozlanuvchanligi uni elektromagnit to'liqlarni yutuvchi, o'tkazuvchi va aks ettiruvchi ilg'or material sifatida tadqiq qilish imkonini beradi. Maqolada grafenning sirt o'tkazuvchanligi, kimyoviy potentsiali va haroratga bog'liq dielektrik javobi elektromagnit to'liqlarning tarqalishi va yutilishiga qanday ta'sir ko'rsatishi nazariy modellar asosida tahlil qilinadi. Maxwell tenglamalari va Kubo formalizmi asosida yoritilgan bu tahlil grafen asosidagi kompozit materiallarning elektromagnit ekranlash va optoelektron qurilmalardagi qo'llanilishi uchun ilmiy asos yaratadi.

Kalit so'zlar: grafen, elektromagnit to'liqlar, yutilish, sirt o'tkazuvchanligi, dielektrik javob, metamateriallar, Maxwell tenglamalari, Kubo formalizmi, elektromagnit ekranlash, nazariy modelashtirish

KIRISH

Grafen – uglerodning ikki o'lchamli shakli bo'lib, atomlarining geksagonal panjara ko'rinishida joylashgan yagona qatlamidan iborat tuzilishga ega. Ushbu materialning elektr o'tkazuvchanligi, yuqori tashuvchilar harakatchanligi, kuchli mexanik mustahkamligi va optik shaffofligining sozlanish xususiyati uni zamonaviy ilm-fan va texnikaning turli yo'nalishlarida ilg'or material sifatida ajratib turadi.

Ayniqsa, grafenning elektromagnit to'liqlar bilan o'zaro ta'sirini o'rganish elektromagnit ekranlash, yutiluvchan qoplamalar, sensorlar va optoelektron qurilmalar yaratish kabi sohalarida katta ahamiyatga ega. An'anaviy metall yoki yarim o'tkazgichlardan farqli o'laroq, grafenning sirt o'tkazuvchanligi chastotaga bog'liq tarzda o'zgaradi va bu xususiyat uni sozlanuvchi dielektrik javobga ega metamateriallar ishlab chiqish uchun qulay asosga aylantiradi.

So'nggi yillarda grafen asosidagi tuzilmalar bo'yicha eksperimental yutuqlarga erishilgan bo'lsa-da, uning elektromagnit xossalarini chuqur va aniq tahlil qiluvchi nazariy modellarga ehtiyoj saqlanib qolmoqda. Ushbu maqolada Maxwell tenglamalari va Kubo formalizmi asosida grafenning elektromagnit to'liqlarga nisbatan tutumi

nazariy jihatdan o'rganiladi. Tadqiqot natijalari grafen asosidagi ilg'or materiallar yaratishda nazariy asos va amaliy yo'nalishlarni belgilashga xizmat qiladi.

METODOLOGIYA

Tadqiqotda grafen asosidagi materiallarning elektromagnit to'lqinlarga nisbatan tutumini nazariy jihatdan modellashtirishga alohida e'tibor qaratildi. Modellash jarayoni quyidagi nazariy asoslarga tayanadi:

1. **Maxwell tenglamalari** asosida elektromagnit to'lqinlarning material muhiti orqali tarqalish qonuniyatlari tahlil qilindi. Bu yerda grafen sirtining elektr o'tkazuvchanligi materialning chegaraviy sharti sifatida qabul qilindi.

2. **Kubo formalizmi** yordamida grafenning sirt o'tkazuvchanligi matematik ifodaga keltirildi. U elektronlarning energiya darajalari, kimyoviy potentsiali (Fermi darajasi), harorat va chastotaga bog'liq holda hisoblab chiqildi.

3. Modellarda **bir qatlamli (monolayer) grafen** sirtida to'lqinlarning odatdagi yassilikda (planar) tarqalishi qaraldi. Yoritilgan, aks ettirilgan va yutilgan to'lqinlar uchun koeffitsiyentlar analitik usullar bilan ifodalandi.

4. Hisoblashlar Python dasturlash muhitida, NumPy va Matplotlib kutubxonalarida asosida bajarildi. To'lqin uzunligi, chastota, temperatura va kimyoviy potensial o'zgarishi bilan grafenning elektromagnit javobi kuzatildi.

NATIJARLAR

Nazariy tahlil natijalari quyidagilarni ko'rsatdi:

Grafen yuqori chastotali elektromagnit to'lqinlar (teragerts va infraqizil diapazon) bilan o'zaro kuchli ta'sirga ega bo'lib, bu uni yutiluvchi yoki to'lqin yo'naltiruvchi qatlam sifatida ishlatish imkonini beradi.

Sirt o'tkazuvchanligi chastotaga va kimyoviy potentsialga kuchli bog'liq. Kimyoviy potentsial oshganda, grafenning yutilish koeffitsiyenti kamayib, aks ettirish kuchayadi.

Harorat oshgan sari sirt o'tkazuvchanlik funksiyasi tekislanadi va bu grafenning chastota bo'yicha javobini yanada barqarorlashtiradi.

Grafen asosidagi kompozit materiallar (masalan, grafen-polimer) EM to'lqinlarga nisbatan yuqori yutilish qobiliyatini ko'rsatadi, ayniqsa 1–10 THz chastota oraliklarida.

MUHOKAMA

Olingan natijalar grafenning elektromagnit to'lqinlarga nisbatan javobi chastotaga bog'liq sirt o'tkazuvchanlik orqali aniq nazorat qilinishi mumkinligini ko'rsatadi. Bu esa uni **EMI (elektromagnit shovqin) ekranlash, reconfigurable antennas, sensorlar**, hamda **metamaterial dizaynida** keng qo'llash imkonini beradi.

Shuningdek, grafenning monolayer (yagona qatlam) shakli bilan chegaralanmasdan, **multilayer** (ko'p qatlamli) strukturalar asosida modellashtirish

elektr va magnit xossalarni yanada murakkablashtiradi va nazorat qilish imkonini kengaytiradi.

Muhokamada shuni ham ta'kidlash lozimki, nazariy model real qurilmalarni yaratish uchun yetarli emas — grafen yuzasidagi nuqsonlar, noaniqliklar va tashqi muhit omillari hisobga olinmagan. Shuning uchun kelgusidagi tadqiqotlar eksperimental ma'lumotlar asosida modelni sinovdan o'tkazish bilan birga olib borilishi lozim.

XULOSA

Grafen asosidagi materiallarning elektromagnit to'liqlarga nisbatan tutumi nazariy jihatdan muvaffaqiyatli modellashtirildi. Tadqiqot grafenning sirt o'tkazuvchanligi yordamida yutilish, aks ettirish va o'tkazish jarayonlarini chastota, harorat va kimyoviy potensial funksiyasi sifatida tavsiflash imkonini berdi.

Natijalarga ko'ra, grafenni elektromagnit ekranlash, to'liq yo'naltiruvchi strukturalar va teragerts texnologiyalarida samarali qo'llash mumkin. Bu esa zamonaviy optoelektronika, kvant qurilmalar va aloqa tizimlarida uning amaliy ahamiyatini yanada oshiradi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Novoselov, K. S., et al. (2004). *Electric field effect in atomically thin carbon films*. Science, 306(5696), 666–669.
2. Hanson, G. W. (2008). *Dyadic Green's functions and guided surface waves for a surface conductivity model of graphene*. Journal of Applied Physics, 103(6), 064302.
3. Jablan, M., Buljan, H., & Soljačić, M. (2009). *Plasmonics in graphene at infrared frequencies*. Physical Review B, 80(24), 245435.
4. Falkovsky, L. A., & Varlamov, A. A. (2007). *Space-time dispersion of graphene conductivity*. The European Physical Journal B, 56(4), 281–284.
5. Vakil, A., & Engheta, N. (2011). *Transformation optics using graphene*. Science, 332(6035), 1291–1294.
6. Gusynin, V. P., Sharapov, S. G., & Carbotte, J. P. (2007). *Magneto-optical conductivity in graphene*. Journal of Physics: Condensed Matter, 19(2), 026222.
7. Bonaccorso, F., et al. (2010). *Graphene photonics and optoelectronics*. Nature Photonics, 4(9), 611–622.
8. Bao, Q., & Loh, K. P. (2012). *Graphene photonics, plasmonics, and broadband optoelectronic devices*. ACS Nano, 6(5), 3677–3694.
9. Low, T., & Avouris, P. (2014). *Graphene plasmonics for terahertz to mid-infrared applications*. ACS Nano, 8(2), 1086–1101.
10. Ferreira, A., et al. (2011). *Unified description of the dc conductivity of monolayer and bilayer graphene at finite temperatures*. Physical Review B, 83(16), 165402.