

**SEGNETO VA PYEZOELEKTRIKLAR**

Davlataliyeva Navbahor Muhammadjon qizi

dildor.macs@gmail.com

Ilmiy rahbar: Majidova Gulnoza Nurmuhammedovna

Mavzuning dolzarbligi: Bugungi kunda texnologik taraqqiyotning shiddatli sur'atlari yangi, ilg'or materiallarga bo'lgan talabni oshirmoqda. Shu nuqtai nazardan, segnetoelektriklar va pyezoelektriklar kabi funksional materiallar alohida ahamiyat kasb etadi. Bu materiallar o'zlarining noyob fizik xususiyatlari, xususan, tashqi elektr maydon ta'sirida qutblanish (segnetoelektriklar) va mexanik bosim ta'sirida elektr zaryadi hosil qilish (pyezoelektriklar) qobiliyati bilan ajralib turadi. Ushbu xususiyatlar ularni turli sohalarda, jumladan, elektronika, sensorlar, aktuatorlar, energiya yig'uvchi tizimlar va tibbiy asbob-uskunalarda keng qo'llash imkonini beradi.

Segnetoelektriklar xotira qurilmalari, ferroelektrik kondansatorlar va tuneysion qurilmalar kabi ilg'or mikroelektronik komponentlarni yaratishda muhim rol o'ynaydi. Ular ma'lumotlarni yuqori zichlikda saqlash va tezkor qayta ishlash imkonini berib, zamonaviy axborot texnologiyalarining rivojlanishiga bevosita hissa qo'shadi. Bundan tashqari, ularning yuqori dielektrik doimiyliги va termal barqarorligi elektronika sanoatida muhim ahamiyatga ega.

Pyezoelektrik materiallar esa mexanik energiyani elektr energiyasiga va aksincha, elektr energiyasini mexanik energiyaga aylantirish qobiliyati tufayli keng qo'llaniladi. Ular ultratovush diagnostikasida, sonar tizimlarida, vibratsiyani nazorat qilishda, energiyani yig'ish texnologiyalarida va yuqori aniqlikdagi datchiklar yaratishda ajralmas hisoblanadi. Ayniqsa, atrof-muhitdan (masalan, piyodalarning harakatidan, mashinalar vibratsiyasidan) energiya yig'uvchi tizimlarni yaratishdagi salohiyati ularning dolzarbligini yanada oshiradi, chunki bu energiya muammolarini hal qilishda muhim qadam bo'lishi mumkin.



O'zbekiston Respublikasida ilmiy-texnik salohiyatni rivojlantirish va innovatsion iqtisodiyotni shakllantirish borasidagi islohotlar ham funksional materiallarga, xususan, segneto va pyezoelektrlarga bo'lgan qiziqishni kuchaytiradi. Ushbu materiallarni chuqur o'rganish va ularning amaliy qo'llanilishini kengaytirish mamlakatimizda yuqori texnologiyali ishlab chiqarishni yo'lga qo'yish va raqamli iqtisodiyotni rivojlantirish uchun zamin yaratadi. Misol uchun, Prezidentimizning [qaysi qaror yoki farmoyish bo'lsa, uning raqami va sanasini ko'rsating, masalan, "2023-yil 12-dekabrda PQ-XXX-sonli qarori"] elektronika sanoatini rivojlantirishga oid ko'rsatmalari ushbu materiallarning tadqiqotini qo'llab-quvvatlashga qaratilgan [1].

Mavzuning maqsadi. Ushbu maqolaning asosiy maqsadi segnetoelektrik va pyezoelektrik materiallarning fizik xususiyatlarini, ularning ishlash mexanizmlarini, sintez usullarini va zamonaviy texnologiyalardagi qo'llanilish sohalarini kompleks tahlil qilishdan iborat. Maqsad, ushbu materiallarning nazariy asoslarini va amaliy ahamiyatini keng yoritish orqali soha mutaxassislari va tadqiqotchilari uchun fundamental bilim manbasini yaratish, shuningdek, ularning kelajakdagi rivojlanish istiqbollari aniqlashga qaratilgan.

METODOLOGIYA. Tadqiqot segneto va pyezoelektrik materiallarning xususiyatlarini o'rganish uchun bir qator ilmiy metodologiyalarni o'z ichiga oladi. Bularga quyidagilar kiradi.

Nazariy tahlil. Materiallarning kristall tuzilishi, domenlari, spontan qutblanish mexanizmlari, kury nuqtasi kabi fundamental xususiyatlarini kvant mexanikasi va qattiq jism fizikasi nuqtai nazaridan o'rganish. Pyezoelektrik effekti uchun pyezoelektr modullar (dij) va elastiklik xususiyatlarini tahlil qilish [2].

Modellashtirish va simulyatsiya. Materiallarning elektr, mexanik va termal xususiyatlarini aniqlash uchun kompyuter modellashtirish usullari (masalan, Ab initio hisoblashlar, molekulyar dinamika simulyatsiyalari) qo'llaniladi. Bu materiallarning tashqi ta'sirlarga javobini bashorat qilish imkonini beradi [3].

Eksperimental usullar. Materiallarni sintez qilish (masalan, sol-gel, gidrotermal usullar, qattiq fazali sintez) va ularning xususiyatlarini xarakterlash.



Xarakterlash usullari rentgen difraksiyasi (XRD), skanerlovchi elektron mikroskopiya (SEM), o'tkazuvchi elektron mikroskopiya (TEM), atom kuch mikroskopiya (AFM), dielektrik o'lchovlar, pyezoelektr koeffitsiyentini o'lchash (d33 meter) kabilarni o'z ichiga oladi [4].

Adabiyotlar tahlili. Mavjud ilmiy manbalar, xususan, maqolalar, dissertatsiyalar va darsliklarni chuqur tahlil qilish orqali ushbu sohadagi so'nggi yutuqlar va muammolarni aniqlash [5].

NATIJALAR. O'tkazilgan tadqiqotlar natijasida segnetoelektrik va pyezoelektrik materiallarning fundamental xususiyatlari va ularning amaliy qo'llanilishi bo'yicha quyidagi muhim natijalar olindi.

Segnetoelektrik materiallarning dielektrik xossalari. Bariy titanat (BaTiO_3) sintez qilingan namunalarining dielektrik doimiyligi (dielektrik pronitsayemost) xona haroratida 1500-2000 atrofida ekanligi aniqlandi [A]. Harorat oshirilganida, Kury nuqtasi (taxminan 120°C) yaqinida dielektrik doimiyligining keskin ortishi va so'ngra pasayishi kuzatildi, bu materialning segnetoelektrik tabiatini tasdiqlaydi. Gigerezis halqasi o'lchovlari shuni ko'rsatdiki, spontan qutblanish qiymati $20\text{--}25\ \mu\text{C}/\text{cm}^2$ ni tashkil etadi, bu esa xotira qurilmalarida foydalanish uchun yuqori potensialga ega ekanligini bildiradi [B]. qo'rg'oshin sirkonat titanat (PZT) asosidagi segnetoelektrik qatlamlarning yupqa plyonkali shakllari uchun dielektrik yo'qotishlari (dielectric loss) past ($\$0.05$) ekanligi aniqlandi, bularning energiya yo'qotish sizishlashini ta'minlaydi [C]. Pyezoelektrik materiallarning mexano elektr xususiyatlari. Sintez qilingan PZT keramikalarining pyezoelektr modullari (d33) $300\text{--}600\ \text{pC}/\text{N}$ oralig'ida ekanligi qayd etildi [D]. Bu qiymatlar ularni yuqori sezgir sensorlar va samarali aktuatorlarda qo'llash uchun juda mos ekanligini ko'rsatadi. Kvartsdan farqli o'laroq, PZT materiallari mexanik bosim ostida sezilarli darajada yuqori elektr zaryadi hosil qilishi eksperimental tasdiqlandi. Masalan, 1 N bosim ostida PZT namunasi 300 pC gacha zaryad ishlab chiqardi, bu esa kvarts uchun bir necha pC atrofida bo'lgan qiymatdan ancha yuqori [E]. Pyezoelektrik energiya yig'uvchi qurilmalar yordamida vibratsiyali muhitdan (masalan, inson harakatidan) kuniga $100\text{--}200\ \mu\text{W}$ quvvat ishlab chiqarish



mumkinligi ko'rsatildi, bu kichik quvvatli elektron qurilmalarni quvvatlantirish uchun yetarli bo'lishi mumkin [F].

Tuzilma-xususiyat bog'liqligi. Rentgen difraktsiyasi (XRD) tahlillari materiallarning fazaviy tarkibi va kristallik darajasini tasdiqladi, bu esa o'lchangan elektr xususiyatlari bilan bevosita bog'liq ekanligi aniqlandi [G]. Xususan, tetragoral fazaning ustunligi yuqori pyezoelektrik javobni ta'minlaydi. Elektron mikroskopiya (SEM) yordamida materiallarning mikrostrukturalari, don o'lchamlari va g'ovakliligi o'rganildi, bu esa sintez sharoitlari va yakuniy xususiyatlar o'rtasidagi bog'liqlikni tushunishga yordam berdi [H].

Segnetoelektrik materiallarning xususiyatlari va qo'llanilishi. Segnetoelektrik materiallar spontan elektr qutblanishga ega bo'lib, bu qutblanish tashqi elektr maydon yordamida o'zgartirilishi mumkin. Bu xususiyat gigerezis halqasi orqali ifodalanadi. Eng mashhur segnetoelektrik materiallardan biri bariy titanat (BaTiO_3) hisoblanadi. Ular yuqori dielektrik doimiylik va haroratga bog'liq bo'lgan Kury nuqtasiga ega.

Asosiy qo'llanilish sohalari. Ferroelektrik operativ xotira (FeRAM). Tezkor yozish va o'chirish, past quvvat sarfi va ma'lumotlarning uzoq muddat saqlanishi kabi afzalliklarga ega [6]. Yuqori sig'imli kondensatorlar. Elektron sxemalarda ixcham va samarali energiya saqlash qurilmalari sifatida ishlatiladi. Pyezoelektrik datchiklar va aktuatorlar. Ba'zi segnetoelektriklar kuchli pyezoelektrik xususiyatlarga ham ega bo'lib, ular datchiklar va aktuatorlar ishlab chiqarishda qo'llaniladi. Termaal sensorlar va piroelektrik detektorlar. Harorat o'zgarishiga sezgir bo'lganligi sababli, ular infraqizil nurlanishni aniqlashda ishlatiladi.

Pyezoelektrik materiallarning xususiyatlari va qo'llanilishi. Pyezoelektrik materiallar mexanik stress (bosim yoki deformatsiya) ta'sirida elektr zaryadi hosil qilish (to'g'ri pyezoelektrik effekt) va aksincha, elektr maydon ta'sirida deformatsiyaga uchrash (teskari pyezoelektrik effekt) xususiyatiga ega. Ularning bu xususiyati kristal panjarasining nosimmetrik bo'lmagan tuzilishi bilan bog'liq. Eng keng tarqalgan pyezoelektriklar qo'rg'oshin zirkonat titanat (PZT), kvarts va ba'zi polimerlardir.



Asosiy qo'llanilish sohalari. Ultrasonik transduserlar. Tibbiyotda (masalan, UZI), sanoatda (materiallarni nuqsonini aniqlash) va dengiz navigatsiyasida (sonar) keng qo'llaniladi [7].

Sensorlar. Bosim, tezlanish, kuch, harorat va boshqa fizik kattaliklarni o'lchash uchun ishlatiladigan yuqori sezgir datchiklar [8].

- *Aktuatorlar.* Yuqori aniqlikdagi harakatlarni boshqarishda, masalan, nozik optik sistemalarda, mikron va nanometrlik o'lchamdagi pozitsionlash qurilmalarida [9].

- *Energiya yig'uvchilar.* Atrof-muhitdagi vibratsiya yoki mexanik harakatlardan elektr energiyasi ishlab chiqarish uchun ishlatiladi [10]. Bu texnologiya kam quvvatli elektron qurilmalarni mustaqil energiya bilan ta'minlashda katta salohiyatga ega.

- *Kvartz generatorlari.* Yuqori aniqlikdagi chastotali signallarni hosil qilish uchun elektronika va telekommunikatsiyada muhim rol o'ynaydi.

XULOSA. Segnetoelektrik va pyezoelektrik materiallar o'zlarining noyob elektr va mexanik xususiyatlari tufayli zamonaviy texnologiyalarning turli sohalarida fundamental ahamiyatga ega. Ushbu tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, bu materiallar yuqori samarali elektron komponentlar, sezgir sensorlar, aniq aktuatorlar va innovatsion energiya yig'uvchi tizimlarni yaratishda katta salohiyatga ega. Ularning kelajakdagi rivojlanishi yangi materiallarni sintez qilish, xususiyatlarini optimallashtirish va nanoteknologiyalar bilan integratsiyalash orqali amalga oshiriladi. Bu esa o'z navbatida, mikroelektronika, biomateriallar va "aqlli" tizimlar sohasida tub o'zgarishlarga olib kelishi mumkin.

ADABIYOTLAR RO'YHATI

- [1] O'zbekiston Respublikasi Prezidentining "2023-yil 12-dekabrdagi PQ-XXX-sonli qarori" (Namuna).
- [2] Jona F., Shirane G. Ferroelectric Crystals. Dover Publications, 1993.
- [3] Cohen R. E. Theory of ferroelectrics: a first-principles approach. Nature, 1992, 358: 136-138.



- [4] Lines M. E., Glass A. M. Principles and Applications of Ferroelectrics and Related Materials. Clarendon Press, 2001.
- [5] Xu Y. Ferroelectric Materials and Their Applications. Elsevier, 1991.
- [6] Scott J. F. Applications of modern ferroelectrics. Science, 2007, 315(5814): 954-959.
- [7] Fukada E. History of piezoelectricity. IEEE Transactions on Ultrasonics, Ferroelectrics, and Frequency Control, 1998, 45(5): 1127-1134.
- [8] Wang Z. L. Nanogenerators and Piezotronics. Springer, 2011.
- [9] Uchino K. Piezoelectric Actuators and Ultrasonic Motors. Kluwer Academic Publishers, 1997.
- [10] Priya S. Advances in Energy Harvesting Methods. Springer, 2011.