

YARIM O'TKAZGICHLI ASBOBLARNI O'QITISHNI TAKOMILLASHTIRISH

Ergash Kilichovich Kalandarov Nizomiy

nomidagi O'zMPU dotsenti

Manzura Nurilla qizi Raxmatullayeva

Nizomiy nomidagi O'zMPU talabasi

Annotatsiya: Mazkur maqolada yarim o'tkazgichli yarim o'tkazgichli asboblarni o'qitishni takomillashtirish to'g'risida ma'lumotlar keltirilgan.

Yarim o'tkazgichli asboblardan termorezistorlarning fizik mohiyati, ishlash prinsipi, tuzilishi, afzalliklari va tarixiy taraqqiyoti, amaliy qo'llanilishi hamda zamonaviy elektronika tutgan o'rni yoritilgan.

Kalit so'zlar: yarim o'tkazgich, metall, sanoat, asbob, termorezistor, material, diod, harorat, metodika.

Аннотация: В данной статье представлена информация о совершенствовании преподавания полупроводниковых приборов. Освещены физическая сущность, принцип работы, устройство, преимущества и историческое развитие терморезисторов как полупроводниковых приборов, а также их практическое применение и роль в современной электронике.

Ключевые слова: полупроводник, металл, промышленность, прибор, терморезистор, материал, диод, температура, методика.

Abstract: This article presents information on improving the teaching of semiconductor devices. The physical nature, operating principle, structure, advantages, and historical development of thermistors as semiconductor devices are elucidated, along with their practical applications and role in modern electronics.

Keywords: semiconductor, metal, industry, device, thermistor, material, diode, temperature, methodology.

Fan va texnikaning jadal rivojlanishi yarim o'tkazgichlar fizikasiga chambarchas bog'liq ekanligi hech kimga sir emas. Yarim o'tkazgichli qurilmalarni o'rganish, yangilarini yaratish hamda ularni ta'lim oluvchilarga o'rgatish dolzarb muammolarimizdan biridir. Hozirgi kunda elektronika va avtomatika sohalarining jadal rivojlanishi natijasida haroratni aniq o'lchash, nazorat qilish va boshqarish masalalari muhim ahamiyat kasb etmoqda. Ayniqsa, turli sanoat jarayonlari, maishiy texnika vositalari hamda ilmiy tadqiqotlarda harorat o'zgarishlariga sezgir, ishonchli va ixcham o'lchov elementlaridan foydalanish zarurati ortib bormoqda. Shunday elementlardan biri — yarim o'tkazgichli termorezistor (termistor) bo'lib, u harorat o'zgarishiga nisbatan elektr qarshiligi o'zgaradigan yarim o'tkazgich materialdan tayyorlanadi.

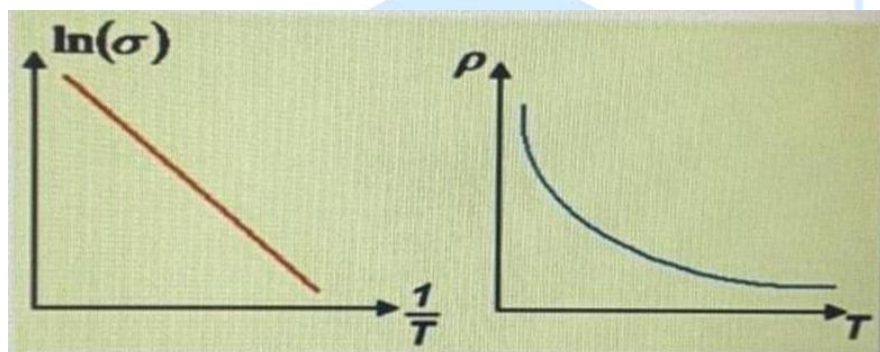
Yarim o'tkazgichli termorezistorlar an'anaviy metall o'tkazgichli harorat datchiklariga nisbatan bir qator ustunliklarga ega. Ular kichik o'lchamlari, yuqori sezgirligi, tez javob berish xususiyati hamda past narxi bilan ajralib turadi. Bunday elementlar hozirda kompyuterlar, avtomobil dvigatellari, maishiy konditsioner va isitish tizimlari, tibbiyot asboblari kabi ko'plab sohalarda keng qo'llanilmoqda[1].

Yarim o'tkazgichli asboblardan eng ko'p qo'llanilayotgan qurilma termorezistorlarning tavsifnomasini o'rganish nafaqat ularning fizik asoslarini chuqur anglash, balki amaliy jihatdan optimal datchiklarni tanlash, ularning ish rejimini aniqlash va aniqlik darajasini oshirish uchun ham muhimdir. Bu yo'nalish bo'yicha olib borilayotgan tadqiqotlar elektronika va avtomatika tizimlarining ishonchliligini oshirishga, energiya tejamkor texnologiyalarni yaratishga xizmat qiladi. Shuningdek, bugungi kunda "aqlli" qurilmalar va "Internet narsalar" (IoT) texnologiyalarining rivojlanishi natijasida harorat datchiklarining samaradorligi va aniqligiga bo'lgan talab yanada ortmoqda. Shu sababli yarim o'tkazgichli termorezistorlarning ishlash prinsiplari, ularning xarakteristikalarini tahlil qilish va amaliy qo'llash imkoniyatlarini o'rganish hamda ta'lim maskanlarida o'quvchi va talabalarga o'rgatish dolzarb ilmiy-amaliy masalalardan biri hisoblanadi.

Texnik taraqqiyotning bugungi bosqichida haroratni aniqlash va boshqarish masalalari ishlab chiqarish, tibbiyot, energetika hamda maishiy texnika sohalarida muhim o‘rin tutmoqda. Harorat o‘zgarishiga tez va aniq javob bera oladigan o‘lchov elementlari zamonaviy elektron qurilmalarning ajralmas qismi hisoblanadi. Shunday elementlardan biri bu yarim o‘tkazgichli termorezistor bo‘lib, u harorat o‘zgarishiga nisbatan o‘zining elektr qarshiligini keskin o‘zgartiradi.

Ta’lim tizimida yarim o‘tkazgichli qurilmalar haqidagi mavzularni o‘quvchi va talabalarga o‘rgatishda avvalom bor o‘tilayotgan mavzuning qisqacha tarixi hamda yarim o‘tkazgichlarning xususiyatlari to‘g‘risida qisqacha to‘xtalib o‘tish maqsadga muvofiq bo‘ladi. Undan keyin esa ularning tuzilishi va ishlash prinsiplari izchil keltirilishi zarur. 1900-yillarning boshlarida Boltsman va Frenkel yarim o‘tkazgichlarning issiqlik nazariyasini ishlab chiqdilar. 1930-yilda General Electric kompaniyasining muhandisi Samuel Ruben sanoat uchun birinchi amaliy termorezistorlarni ishlab chiqdi. 1935-yilda esa PTC (ijobiy harorat koefitsienti) turidagi termorezistorlar yaratildi. 1950-yillardan boshlab termorezistorlar radioelektronika sanoati, tibbiyot va harbiy texnikalarda joriy qilindi. Bugungi kunda Murata, EPCOS, Siemens, Vishay, Honeywell kabi yetakchi kompaniyalar termorezistorlarning yirik ishlab chiqaruvchilaridir [2].

Yarim o‘tkazgichning xususiy o‘tkazuvchanligi va solishtirma qarshiligini temperaturaga bog‘liqlik chizmalari yarim o‘tkazgichning xususiy o‘tkazuvchanligi va solishtirma qarshiligini temperaturaga bog‘liqlik chizmalari.



Temperatura ortishi bilan o'tkazuvchanlikning o'sishi – yarim o'tkazgichning xarakterli xususiyatidir.

Yarim o'tkazgichning solishtirma qarshiligi temperature ortishi bilan eksponensial qonun bo'yicha kamayib boradi.

Termorezistorlar harorat oshganda yoki kamayganda o'zining elektr qarshiligini sezilarli darajada o'zgartiradi. NTC termorezistorlarda harorat ortishi bilan aktiv zaryad tashuvchilar soni ortadi va natijada qarshilik kamayadi. Uning ishlash qonuni quyidagicha ifodalanadi:

$$R=R_0 e^{\left(\frac{1}{T}-\frac{1}{T_0}\right)}$$

Yarim o'tkazgichli termorezistorlar tarkibida metall oksidlari, masalan, marganes, nikel, kobalt, temir va mis oksidlarining aralashmalari ishlatiladi. Ularning o'ziga xosligi shundaki, harorat ortishi bilan elektronlarning o'tkazuvchanlik zonasi kengayadi va natijada elektr qarshilik kamayadi. Shu hodisa ularni haroratga juda sezgir elementga aylantiradi. Termorezistorlar turli shakl va o'lchamlarda ishlab chiqiladi: plastinka, shar, silindr yoki yupqa plastmassali qoplamali holda. Ushbu qurilmalarning asosiy afzalliklari — kichik o'lcham, arzonlik, ishonchlilik, yuqori sezgirlik va tezkor javob berishdir.

Shu sababli ular bugungi kunda avtomatik boshqaruv tizimlari, raqamli termometrlar, tibbiy datchiklar, energiya tejamkor isitish va sovutish tizimlari, avtomobil harorat nazorati kabi ko'plab sohalarda keng qo'llanilmoqda. Yarim o'tkazgichli termorezistorlarning tavsifnomasini o'rganish nafaqat ularning fizik asoslarini chuqur anglash, balki amaliy qurilmalarni loyihalashda optimal parametrlarni tanlash uchun ham zarurdir. Ayniqsa, bugungi raqamli texnologiyalar davrida harorat o'lchovlarining aniqligi va barqarorligi tizimlarning umumiy ishonchliligini belgilab beradi [3].

Mazkur qurilmaga oid jarayonlarni talabalarga o'rgatishda nazariy formulalardan tashqari AKT texnologiyasi va ko'rgazmali qurollardan foydalanish katta samara berishi tajribalardan ma'lum.

Termorezistor haqidagi dastlabki ilmiy ma'lumot 1833-yilda Maykl Faradey tajribalari orqali ochilgan bo'lib, u kumush sulfiddan o'tayotgan elektr qarshilik harorat oshishiga bog'liq ravishda kamayishini aniqlagan. Bu hodisa NTC (salbiy harorat koeffitsienti) hodisasi sifatida tarixga kirdi.

Aniq hisoblash uchun Steinhart–Hart tenglamasi ishlatiladi:

$$\frac{1}{T} = a + b \ln + e^{(\ln R)^3}$$

Bunda

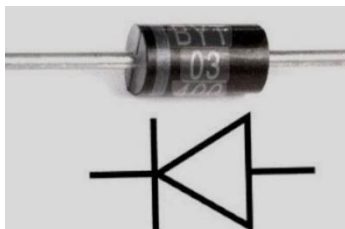
T-termorezistor harorati (K)

R-Termorezistor qarshiligi (Om)

a - 1- koeffitsient (1/K) Materialga xos tajribaviy koeffitsient

b – 2 – koeffitsient (1/K) Materialning logorifmik bog'lanish koeffitsienti

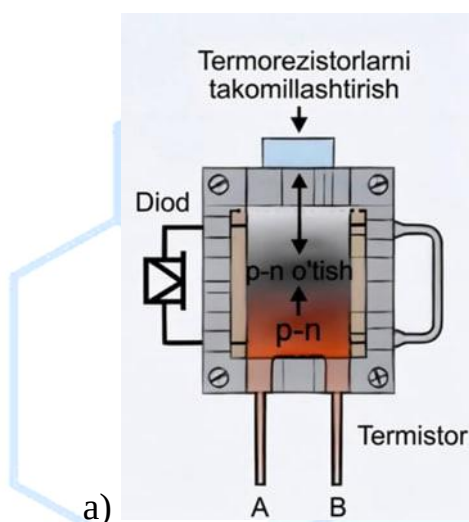
e – 3 – koeffitsient (1/K) Materialning yuqori darajali tuzatish koeffitsienti.



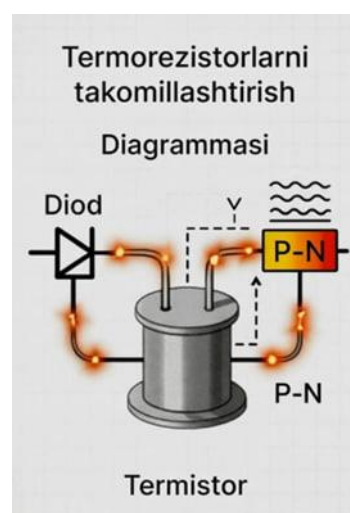
Gipoteza: Agar termorezistorlarning haroratga bog'liq qarshilik xarakteristikasi aniqligi oshirilsa va ularni yuqori aniqlikdagi mikroprotsessori tizimlari bilan birgalikda ishlatish imkoniyati yaratilsa, unda termorezistorlar tibbiyot va kosmik sanoatda platinali termodatchiklar (PT100, PT1000) ni to'liq almashtirishi mumkin.

Gipotezaning asoslanishi:

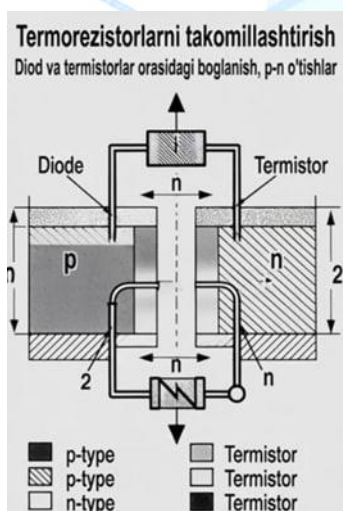
- Termorezistorlarning javob tezligi platinali datchiklarga nisbatan tezroq.
- Ular arzonroq va ixcham.
- Termik sezgirliigi juda yuqori ($\alpha \approx 4-5 \text{ \%}/\text{K}$).
- Raqamli signalni olish imkoniyati mavjud.



b)



c)



a) Rasmda p – n o'tishning qizishi va xususiyatlarini o'zgarishi aks etgan.

Bunda p-n o'tish hududi qiziydi, qizish natijasida yarim o'tkazgichdagi zaryad tashuvchilar soni ortadi, p-n o'tishning elektr qarshiligi o'zgaradi.

Termistor haroratga sezgir hisoblanadi:

- NTC bo'lsa, - harorat oshishi bilan qarshilik kamayadi.
- PTC bo'lsa, - harorat oshishi bilan qarshilik ortadi.

Bu yerda diodning vazifasi:

- Termistorni qayta teskari oqimdan himoya qiladi
- p-n o'tishdagi issiqlik jarayonlarini nazorat qiladi
- Zanjir orqali faqat kerakli yo'nalishda tok o'tishini ta'minlash hisoblanadi.

b) Rasmda diod+termistor+p-n o'tishli yarim o'tkazgich elementlari berilgan.

Termistorning o'zi (markazdagi metal silindr)hisoblanadi.

- Termistor haroratga juda sezgir bo'ladi.

- Uning ichida p-n tip yarim o'tkazgich moddading legirlash darajasi o'zgartirilgan.

- Harorat oshsa zaryad tashuvchilar soni o'sadi, qarshilik o'zgaradi.

Termorezistorlar harorat oshgandayoki kamaygandayozining elektr qarshiliginisizil arli darajada o'zgartiradi. NTC termorezistorlarda harorat o'tirish bilan aktiv zaryad tashuvchilar soni ortadi va natijada qarshilik kamayadi. Uning ishlash qonuni quyidagicha ifodalanadi:

Diodning vazifasi bu yerda ham yuqoridagi a) jarayon kabi tokni faqat bitta yo'nalishda o'tkazadi.

c) Rasmda uchta asosiy qism bor:

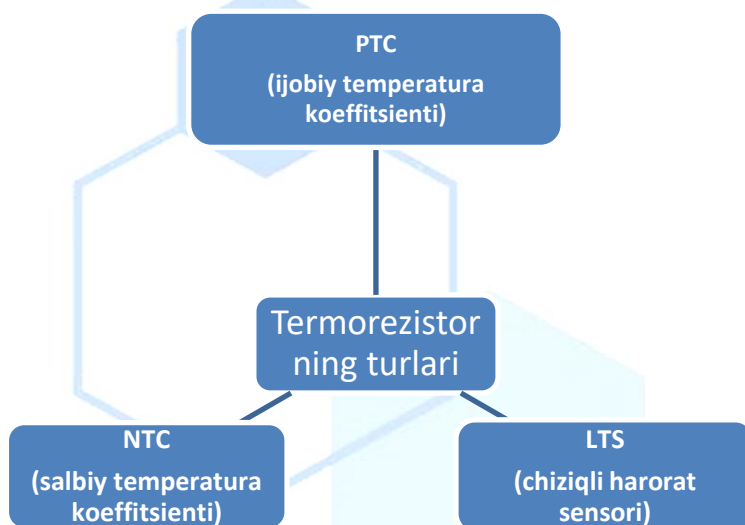
- Chap tomonda diod (p-n o'tishli element)
- O'rta qism p-n kanal orqali o'tuvchi elektron (n-tashuvchilar yo'li)
- O'ng tomonda esa – termistor (n-tip materiali asosida) lardan iborat.

Bu rasmda ham yuqoridagi a) va b) rasmlardagi kabi vazifalarni bajaradi (diod va termistorlarda).

Bu uchala rasmda ham yarim o'tkazgichli elementlari - diod, p-n o'tish va termistor larning o'zaro bog'langan holda haroratni o'lchash jarayonini yanada sezgir, aniq va barqaror qilish holatda ifodalanishi aks etgan.

Mashg'ulot davomida termistorlarning tuzilishi va ishlashini o'rgangandan keyin ularning qo'llanilmish soxalarini izchil keltirib o'tish maqsadga muvofiq sanaladi. Yarim o'tkazgichli termorezistorlar (termistorlar) bugungi kunda elektronika, avtomatika, energetika, tibbiyot va maishiy texnika sohalarida keng qo'llanilayotgan eng muhim harorat o'lchov elementlaridan biridir. Ularning asosiy afzalliklari — kichik o'lcham, yuqori sezgirlik, past narx, ishonchlilik va tezkor javob berish

xususiyatlaridir. Haroratning kichik o'zgarishlariga sezgirliigi tufayli termorezistorlar haroratni nazorat qilish, o'lchash va himoya tizimlarida muhim rol o'ynaydi [3].



NTC: Termometrlarda, harorat sensorlarda, elektr tarmoqlarida tokni cheklash uchun qo'llanilinadi.

PTC: Tokni cheklash isitish elementlarida, himoya rezistorlar

sifatida qo'llanilinadi.

LTS: Muzlatgichlar, sovuqdan himoya qilish tizimlarida, avtomatik o'chirish Kalitlarida qo'llanilinadi.

1. Elektronika va avtomatika sohasida

Termorezistorlar ko'plab elektron qurilmalarda haroratni avtomatik boshqarish uchun ishlatiladi. Masalan, mikroprotessorlar, quvvat tranzistorlari, batareyalar va LED chiroqlarda harorat oshib ketmasligi uchun harorat kompensatsiya zanjirlari o'rnatiladi. Bu tizimlarda termorezistor harorat ortganda qarshiligi kamayadi (NTC turida), natijada zanjir orqali o'tayotgan tok kamayadi yoki mos ravishda signal beriladi. Shu tarzda qurilma o'zini avtomatik himoya qiladi.

Avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimlarida termorezistorlar PID regulyatorlar va sensorli boshqaruv modullari tarkibida ishlatiladi. Masalan, ishlab chiqarish liniyalarida yoki laboratoriya jihozlarida haroratni doimiy ushlab turish uchun NTC termorezistorlar ishlatiladi. Ular o'lchangan qiymatni elektr signaliga aylantirib, kontrollerga uzatadi va tizim haroratni avtomatik tarzda rostlaydi [4].

2. Energetika va transport tizimlarida. Yarim o'tkazgichli termorezistorlar generatorlar, transformatorlar, elektromotorlar, batareyalar va quvvat elektronika tizimlarida issiqlik nazoratini ta'minlash uchun keng ishlatiladi. Elektr dvigatellarida termorezistorlar sarg'ish qismi yoki statorga joylashtiriladi va harorat xavfli darajaga

yetganda signal beradi. Shu orqali ortiqcha qizish va qurilmaning kuyish xavfi oldi olinadi.

Avtomobillarda esa termorezistorlar dvigatel sovutish suyuqligi, havo oqimi, kabina ichki harorati, akumulyator harorati va yoqilg'i tizimini nazorat qilishda ishlatiladi. Masalan, zamonaviy avtomobillarning iqlim nazorati tizimlarida bir nechta termorezistorlar mavjud bo'lib, ular haroratni doimiy o'lchab, sovutish yoki isitish tizimini avtomatik boshqaradi.

3. *Tibbiyot sohasida.* Tibbiyotda termorezistorlar juda nozik harorat o'lchovlari uchun ishlatiladi, chunki inson tanasi haroratining ozgina o'zgarishi ham diagnostika uchun muhimdir. Masalan, elektron termometrlar, yurak faoliyatini kuzatuvchi apparatlar, inkubatorlar, sterilizatsiya tizimlari va rentgen apparatlarida termorezistorlardan foydalaniladi. Ular haroratni aniq va tez o'lchaydi, shuningdek, elektr signalini raqamli o'qishga oson imkon beradi. Tibbiy apparatlarda termorezistorlarning afzalligi shundaki, ular biologik muhit bilan bevosita aloqa qilgan holatda ham xavfsiz ishlay oladi, past quvvatda ishonchli natija beradi va uzoq muddatda kalibrlashga hojat qoldirmaydi.

4. *Maishiy texnika vositalarida.* Bugungi kundagi ko'plab maishiy texnika vositalari — muzlatkichlar, kir yuvish mashinalari, dazmollar, konditsionerlar, issiq suv qozonlari (geyzerlar), elektr choynaklar, pechlar va boshqalarda termorezistorlar mavjud. Ularning vazifasi qurilma haroratini o'lchash, foydalanuvchi tanlagan qiymatni saqlab turish va ortiqcha qizishdan himoya qilishdir.

Masalan, elektr choynakda suv qaynaganda termorezistor harorat oshganini sezib, avtomatik ravishda o'chirish mexanizmini faollashtiradi. Konditsionerlarda esa ichki va tashqi havo haroratini o'lchash uchun bir nechta termorezistorlar ishlatiladi — ular kompressor va ventilyator tezligini avtomatik tarzda boshqaradi.

5. *Telekommunikatsiya va sanoat sohalarida.* Sanoat jihozlari, signalizatsiya tizimlari va aloqa qurilmalarida ham termorezistorlar muhim rol o'ynaydi. Telekommunikatsiya uzatgichlari, serverlar, lazer modullari va radiochastota

qurilmalarida termorezistorlar ishlash haroratini doimiy nazorat qilib turadi, shunday qilib, qurilmaning uzoq muddatli barqarorligini ta'minlaydi.

Bulardan tashqari ko'plab soxalarda qo'llanilishini keltirib o'tishimiz mumkin.

Xulosa қилиб шуни айтишимиз мумкин, yarim o'tkazgichli termorezistorlar zamonaviy texnika va fan-texnologiyaning deyarli barcha sohalarida o'z o'rniga ega. Termistorlar va boshqa yarim o'tkazgichli asboblarning tuzilishi va ishlash prinsiplari hamda qo'llanilishini to'g'risida mashg'ulotlar o'quvchi va talabalarda fanga bo'lgan qiziqishlarini orttiribgina qolmasdan, ulaarning ilmiy layoqatlarini ham rivojlaantiradi.

Foydalanilgan adabiyotlar:

1. E.K.Kalandarov, O'.Xushvaqto'v "Qattiq jismlar fizikasi" Toshkent : «Zuxra baraka biznes» nashriyoti, 2023. 263 b.
2. E.K.Kalandarov Педагогика олий таълим юртларида қаттиқ жисмлар физикасини изчиллик асосида ўқитиш (Монография) Тошкент – 2020 "Бизнес полиграф" нашриёти. 148 б.
3. Зайнобиддинов С.З., Тешабоев А. Яримўтказгичлар физикаси. Т.: Ўқитувчи, 2000. – 244 б.
4. Турсунметов К.А., Валиев У.Қ., Мавлянов Х.Ю. "О проблеме организаций решения задачи по физике полупроводников" // Научно - технический журнал. - Воронеж, 2010. -№2. – С. 38-40.