

# МЕДИЦИНА, ПЕДАГОГИКА И ТЕХНОЛОГИЯ: ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА

Researchbib Impact factor: 13.14/2024

SJIF 2024 = 5.444

Том 4, Выпуск 02, Февраля

## YARIMO‘TKAZGICHLARDA ELEKTR MAYDONINING HOSIL BO‘LISHI VA UNI BOSHQARISHNING ZAMONAVIY METODLARI

**Boymurotov Bahrom Baxodirovich**

Fizika ta’lim yo’nalishi talabasi, NavDU

**Ilmiy rahbar: prof. D.I.Kamalova**

Navoiy davlat universiteti

**Annotatsiya.** Ushbu ilmiy maqolada yarimo‘tkazgichlarda elektr maydonining hosil bo‘lish jarayoni, uning fizikasiy asoslari, energetik zonalardagi potensial to‘siqlar va zaryad tashuvchilarning taqsimlanishi tahlil qilinadi. Shuningdek, elektr maydonini boshqarishning zamonaviy usullari — doping texnologiyasi, PN-o‘tishlarning shakllanishi, MOS tranzistorlarda gate potensialining roli, kvant o‘tish hodisalari va nanoelektron qurilmalar misolida ko‘rib chiqiladi. Maqola zamonaviy mikroelektronika, nanotexnologiyalar va integral sxemalar ishlab chiqarishdagi dolzarb masalalarni qamrab oladi.

**Kirish.** Yarimo‘tkazgichlar fizikasida elektr maydonini boshqarish eng asosiy vazifalardan biridir. Elektr maydon — zaryadlarning makon bo‘ylab taqsimlanishi va ular hosil qilgan potensial farqi natijasida vujudga keladi. Yarimo‘tkazgichlarda ushbu jarayon dielektrik va metallardagi holatlardan tubdan farq qiladi, chunki unda erkin elektronlar va kovaklar soni tashqi omillar — yorug‘lik, harorat, qo‘shimcha aralashmalar (doping) va elektr maydon ta’sirida o‘zgarib turadi.

Yarimo‘tkazgichlarda elektr maydonini chuqur o‘rganish mikrochiplar, sensorlar, diodlar, tranzistorlar va boshqa elektron qurilmalar samaradorligini oshirishda asosiy o‘rin tutadi. Ayniqsa, nanometr o‘lchamdagi tranzistorlarda maydonni boshqarish texnologiyasi energiya iste’molini kamaytirish va tezlikni oshirish uchun hal qiluvchi ahamiyatga ega.

**Yarimo‘tkazgichlarning elektr xossalari.** Yarimo‘tkazgichlarda elektronlar Fermi sathi, valent zona va o‘tish zonasining tuzilishiga ko‘ra taqsimlanadi. Elektr maydon aynan energiya zonalaridagi potensial gradient hisobiga hosil bo‘ladi.

Valent zona to‘la band bo‘lsa, o‘tish (taqiqlangan) zona esa elektronlar uchun yetishmaydigan energiya oralig‘ini tashkil qiladi. Yarimo‘tkazgichda elektr maydon

# МЕДИЦИНА, ПЕДАГОГИКА И ТЕХНОЛОГИЯ: ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА

Researchbib Impact factor: 13.14/2024

SJIF 2024 = 5.444

Том 4, Выпуск 02, Февраля

hosil bo‘lishining asosiy sababi — **zaryad tashuvchilar konsentratsiyasining notekisligi va potensial to‘siqlarning mavjudligi.**

Zaryad tashuvchilar ikki turga bo‘linadi:

- **Elektronlar (n-tur)**
- **Kovaklar (p-tur)**

Doping jarayonida donor yoki akseptor aralashmalar kiritilib, elektronlar yoki kovaklar konsentratsiyasi orttiriladi. Shu orqali yarimo‘tkazgich ichida ichki elektr maydoni shakllanadi.

**Elektr maydonining yarimo‘tkazgich ichida hosil bo‘lish mexanizmi.** N va P turdagi yarimo‘tkazgichlar tutashganda diffuziya jarayoni boshlanadi. Elektronlar P-tomonga, kovaklar esa N-tomonga o‘tadi. Bu jarayon natijasida quyidagi hodisa kuzatiladi:

- Zaryadlar rekombinatsiyasi
- Ionlangan donor va akseptor atomlarining qatlam hosil qilishi

Bu qatlamlar orasida ichki elektr maydon yuzaga keladi. Hosil bo‘lgan maydon zaryadlarning keyingi diffuziyasiga qarama-qarshi yo‘nalishda bo‘ladi.

## **PN-o‘tish zonasidagi elektr maydon kuchlanganligi**

Elektr maydon kuchlanganligi quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$E = -\frac{dV}{dx}$$

Bu yerda  $V$  — potensial farq. PN-o‘tishda ushbu potensial to‘siq  **$V_{bi}$  (built-in potential)** deb ataladi.

Tashqi kuchlanish berilganda elektr maydon kuchayadi va zaryad tashuvchilarning drift oqimi oshadi. Shuning uchun tranzistorlar darvoza (gate) kuchlanishiga juda sezgir bo‘ladi.

## **Elektr maydonini boshqarishning zamonaviy usullari.**

**Doping texnologiyasi.** Doping — yarimo‘tkazgichga donor (P, As, Sb) yoki akseptor (B, Al, Ga) atomlarini kiritish orqali elektr maydonini boshqarishning asosiy usuli. Konsentratsiyani o‘zgartirish orqali potensial gradienti va ichki elektr maydoni kuchi boshqariladi.

**MOS strukturalarda maydon boshqaruvi** – MOSFET tranzistorlaridagi **gate dielectric** orqali elektr maydon yaratiladi. Darvoza kuchlanishi kanalda zaryadlarni tortadi yoki qaytaradi, bu esa oqimni boshqarishga imkon beradi.

# МЕДИЦИНА, ПЕДАГОГИКА И ТЕХНОЛОГИЯ: ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА

Researchbib Impact factor: 13.14/2024

SJIF 2024 = 5.444

Том 4, Выпуск 02, Февраля

Elektr maydon kuchlanganligi taxminan:

$$E = \frac{V_g}{t_{ox}}$$

Bu yerda  $t_{ox}$  — dielektrik qalinligi. Nanomasshtabda  $t_{ox}$  1–2 nm ga teng bo‘ladi.

**Kvant maydon effektlari** – nanometr o‘lchamli yarimo‘tkazgichlarda kvant effektlari kuchayadi. Elektr maydon zonalar oralig‘ida elektronlarning ehtimollik taqsimotini o‘zgartiradi.

**Elektr maydon yordamida zaryad injeksiyasi** – LED, lazer diodlar va fotodiodlarda elektr maydon zaryadlarning o‘tishini boshqaradi. Zaryadlarni injeksiya qilish orqali yorug‘lik chiqarish samaradorligi oshiriladi.

**Amaliyotda qo‘llanilishi.** Yarimo‘tkazgichlarda elektr maydonni boshqarish mikrochiplarning ishlash tezligiga bevosita ta’sir qiladi. Maydonning o‘zgarishi quyidagilarga sabab bo‘ladi:

- Tranzistorlarning ochilish va yopilish tezligi;
- Energiyaning sarfi;
- Issiqlik hosil bo‘lishi.

Fotoelementlarda ichki elektr maydon yorug‘likdan hosil bo‘lgan elektron-kovak juftini ajratib, oqim hosil qiladi.

Hall sensorlari, piezoelektrik sensorlar, bosim o‘lchagichlar elektr maydonga asoslangan. Yarimo‘tkazgichdagi maydon o‘zgarishi sensor sezgirligiga ta’sir qiladi.

Nanotranzistorlar — 3 nm gacha kichraygan qurilmalar — elektr maydonni boshqarishning eng ilg‘or misollaridan biridir.

Bugungi kunda elektr maydonini boshqarish to‘g‘ri bajarilmasa, tranzistorlarda quyidagi muammolar yuzaga keladi:

- Short-channel effektlar;
- Issiqlik chiqishi va dielektrik yemirilishi;
- Zaryad tutilishi (charge trapping);
- Lekaj (oqish) toklar.

Shu sababli yangi dielektrik materiallar —  $HfO_2$ ,  $ZrO_2$ , SiON kabi yuqori dielektrik ko‘rsatkichli moddalar yaratildi.

Mikroelektronika sanoati **Moore qonuni chegarasiga** yaqinlashgani sababli, elektr maydonini boshqarish usullarini takomillashtirish juda dolzarb masalaga aylandi.

# МЕДИЦИНА, ПЕДАГОГИКА И ТЕХНОЛОГИЯ: ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА

Researchbib Impact factor: 13.14/2024

SJIF 2024 = 5.444

Том 4, Выпуск 02, Февраля

Elektr maydonini boshqarish yarimo'tkazgichlarda nafaqat klassik qurilmalar, balki yangi avlod texnologiyalarining ham asosi hisoblanadi. Quyida ushbu sohada rivojlanayotgan eng istiqbolli yo'nalishlar keltiriladi:

Grafen, MoS<sub>2</sub>, WS<sub>2</sub> kabi ikki o'lchamli materiallarda elektr maydon juda ingichka qatlam bo'ylab tarqaladi. Bu ularni quyidagi yo'nalishlarda qo'llashga imkon beradi:

- Ultratez tranzistorlar;
- Egiluvchan elektronika;
- Kvarckabi past energiya sarf qiladigan qurilmalar.

Spintronika elektronning spini orqali ma'lumot uzatadi. Spin oqimini boshqarishda elektr maydonning roli kuchaygan. Bu yo'nalish quyidagi qurilmalar uchun muhim:

- MRAM energiya tejoychi xotira chiplar;
- Kvant hisoblash qurilmalari;
- Spin-FET tranzistorlari.

Kvant nuqtalarda elektronlarning potensial quduqqa "qamalishi" natijasida elektr maydon ularning energiya sathlarini o'zgartiradi. Bu texnologiya:

- Kvant kriptografiya;
- Kvant kompyuterlar;
- Yangi avlod lazer texnologiyalarida qo'llanilmoqda.

Sun'iy neyron tarmoqlari yarimo'tkazgich strukturalarida elektr maydon taqsimotini tez va aniq modellashtirish imkonini beryapti. Bu quyidagi afzalliklarga ega:

- Sxemalarni loyihalash vaqtini qisqartirish;
- Optimal dielektriklarni avtomatik tanlash;
- Issiqlik va oqish toklarini oldindan prognoz qilish.

HfO<sub>2</sub>, Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> kabi materiallar asosida yangi qatlamlar ishlab chiqilmoqda. Ular:

- Yuqori kuchlanishga bardoshli;
- Elektr maydonni yaxshiroq ushlab turadi;
- Lekaj tokini kamaytiradi.

Shu yo'nalishlar yaqin kelajakdagi elektronika rivojining asosiy bo'g'inlari bo'lishi kutilmoqda.

**Xulosa.** Yarimo'tkazgichlarda elektr maydoni elektr qurilmalarning ishlash prinsipi, tezligi va energiya samaradorligini belgilovchi asosiy parametrdir. Doping,

# МЕДИЦИНА, ПЕДАГОГИКА И ТЕХНОЛОГИЯ: ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА

Researchbib Impact factor: 13.14/2024

SJIF 2024 = 5.444

Том 4, Выпуск 02, Февраля

PN-o'tishlar, MOS strukturalar va kvant effektlari yordamida elektr maydonini boshqarish zamonaviy mikroelektronikaning asosiy ustunliklarini yaratib bermoqda. Elektr maydonining nazariy asoslarini chuqur o'rganish, yangi yarimo'tkazgich materiallarini topish va nanoo'lchamli qurilmalarni yaratish – kelajak elektronikasining eng muhim yo'nalishlaridan biridir.

## Foydalanilgan adabiyotlar

1. S.M.Sze, "Physics of Semiconductor Devices".
2. Ben G.Streetman. "Solid State Electronic Devices".
3. Neamen. "Semiconductor Physics and Devices".
4. Modern Nanoelectronics Journals (2020-2025).