

YARIMO'TKAZGICHLARDA MUVOZANAT VA NOMUVOZANAT  
HOLATLARDAGI ZARYAD TASHUVCHILAR.

Raxmonov Mufazzalshoh Alisher o'g'li  
Chirchiq davlat pedagogika universiteti

**Annotasiya:** Ushbu maqolada yarimo'tkazgichlarda muvozanat va nomuvozanat zaryad tashuvchilar haqida qisqacha ma'lumot berilgan. Yarimo'tkazgichda ortiqcha (muvozanatdagi miqdorga nisbatan) zaryad tashuvchilar kontakt (yoki n-p — o'tish) orqali injeksiyalanish hisobiga, kuchli elektr maydonlar ta'sirida, yuqori energiyali zarralar nurlari ta'siri oqibatida va boshqa sabablar tufayli yuzaga kelishi mumkinligi tushuntirilgan.

**Kalit so'zlar:** muvozanat va nomuvozanat zaryad tashuvchilar, termodinamik muvozanat, erkin elektronlar va kovaklar, zaryad tashuvchilarning konsentratsiyasi, tebranishlari amplitudasi, Fermi sathi.

НОСИТЕЛИ ЗАРЯДА В ПОЛУПРОВОДНИКАХ В РАВНОВЕСНОМ И  
НЕРАВНОВЕСНОМ СОСТОЯНИИ.

Рахмонов Муфаззалшоҳ Алишер угли  
Чирчикский государственный педагогический университет

**Аннотация:** В данной статье представлена краткая информация о равновесных и неравновесных носителях заряда в полупроводниках. Объяснено, что избыток носителей заряда (по сравнению с равновесным количеством) в полупроводнике может возникнуть за счет инжекции носителей заряда через контакт (или n-p - переход), под действием сильных электрических полей, в результате воздействия пучков частиц высоких энергий и по другим причинам.

**Ключевые слова:** равновесные и неравновесные носители заряда, термодинамическое равновесие, свободные электроны и дырки, концентрация носителей заряда, амплитуда колебаний, уровень Ферми.

CHARGE CARRIERS IN SEMICONDUCTORS IN EQUILIBRIUM AND  
NONEQUILIBRIUM STATES.

Rakhmonov Mufazzalshokh Alisher Ugli  
Chirchik State Pedagogical University.

**Abstract:** This article provides brief information about equilibrium and nonequilibrium charge carriers in semiconductors. It is explained that an excess of charge carriers (compared to the equilibrium amount) in a semiconductor can arise due to the injection of charge carriers through a contact (or n-p

junction), under the influence of strong electric fields, as a result of exposure to high-energy particle beams, and for other reasons.

**Key words:** equilibrium and nonequilibrium charge carriers, thermodynamic equilibrium, free electrons and holes, charge carrier concentration, oscillation amplitude, Fermi level.

Qattiq jismlarda, xususan yarimo'tkazgichlarda zaryad tashuvchilar energiyalari spektri zonaviy tuzilishga egadir. Ko'chish hodisalarida (masalan, tokda) qatnasha oladigan erkin zaryad tashuvchilarni hosil qilish jarayoni ta'qiqlangan zonani yoki mahalliy (lokal) sathlar va ruxsatlangan zonalar orasidagi to'siqlarni yengib o'tish uchun energiya sarflashni talab qiladi.

Termodinamik muvozanat sharoitida bu energiya kristallning issiqlik energiyasi jamg'armasidan olinadi. SHu bilan bir vaqtda kristalldagi elektronlar kristall panjarasi bilan kuchli o'zaro ta'sirlashadi va shuning uchun odatda panjara bilan elektronlar gazi temperaturasi bir xil bo'ladi. Yarimo'tkazgichning temperaturasi ko'tarilganda bir vaqtda ham zaryadlarining (atomlarining yoki ionlarning) panjara tugunlari atrofida tebranishlari amplitudasi ortadi, ham elektronlarning energiyalari bo'yicha taqsimoti o'zgaradi, termik ionlanish kuchayadi, ya'ni zonalarda erkin elektronlar va kovaklar soni ortadi [1].

Biror temperaturada termodinamik muvozanat sharoitida Yarimo'tkazgichda mavjud bo'lgan erkin zaryad tashuvchilar (elektronlar va kovaklar) muvozanatliy zaryad tashuvchilar deyiladi. Zonalarda erkin zaryad tashuvchilar termik ionlanishdan tashqari tashqi ta'sirlar oqibatida (masalan, yorug'lik ta'sirida) ham paydo bo'lishi mumkin. yorug'lik ta'siri oqibatida zonalarda erkin zaryad tashuvchilar paydo bo'lishi hodisasi ichki fotoeffekt deb ataladi.

Yarimo'tkazgichda ortiqcha (muvozanatdagi miqdorga nisbatan) zaryad tashuvchilar kontakt (yoki n-p — o'tish ) orqali injeksiyalanish hisobiga, kuchli elektr maydonlar ta'sirida, yuqori energiyali zarralar nurlari ta'siri oqibatida va boshqa sabablar tufayli yuzaga kelishi mumkin. Bunda elektronlarga energetik to'siqlarni yengish uchun zarur bo'lgan energiyani tashqi manba beradi va uni asosan elektronlar jamg'aradi, biroq kristall panjaraning issiqlik energiyasi (temperaturasi) deyarli o'zgarmay qoladi. Tashqi ta'sir mavjud bo'lganida shu tarzda kristall panjara va elektronlar orasidagi muvozanat buziladi. Shu sababdan yarimo'tkazgichda tashqi ta'sir tufayli vujudga keladigan zaryad tashuvchilarni nomuvozanatliy zaryad tashuvchilar deyiladi [2].

Tashqi ta'sirning mavjud bo'lishi va bo'lmasligi (masalan, yarimo'tkazgichni yoritish va yoritmay qo'yish) nomuvozanatliy zaryad tashuvchilar konsentrasiyasini o'zgartiradi, ammo muvozanatliy konsentrasiyaga ta'sir qilmaydi. SHuning uchun elektronlar va kovaklarning to'la konsentrasiyalari (n, p) muvozanatliy ( $p_0, n_0$ ) va ortiqcha ( $\Delta n, \Delta p$ ) konsentrasiyalar yig'indisiga teng bo'ladi:

$$n = n_0 + \Delta n, \quad (1)$$

$$p = p_0 + \Delta p. \quad (2)$$

Endi muvozanat holatdagi elektronlar va kovaklarning energiyalar bo'yicha taqsimoti masalasini ko'rib chiqaylik.

Katta h $\omega$  energiyali fotonlar vujudga keltirgan nomuvozanat holatdagi zaryad tashuvchilar energiyasi dastlab muvozanatdagi tashuvchilarning  $k_0T$  tartibidagi o'rtacha energiyasidan ancha katta bo'lishi mumkin. Keyin nomuvozanat holatdagi tashuvchilar fononlar bilan va panjaraning turli nuqsonlari bilan to'qnashganda ularga o'z energiyasining bir qismini uzatib, temperaturasi panjara temperaturasi bilan tenglashadi.

Ma'lumki, termodinamik muvozanat sharoitida elektronning  $E$  energiyali holatni egallaganligi ehtimolligini Fermi funksiyasi

$$f = \left[ 1 + \exp\left(\frac{E - F}{k_0T}\right) \right]^{-1} \quad (3)$$

ifodalaydi; bu yerda  $F$  — Fermi sathi.

Muvozanatliy o'tkazuvchanlik elektronlari va kovaklari yetarlicha kichik konsentrasiyali bo'lsa (siyrak (aynimagan) elektronlar yoki kovaklar gazi),  $k_0T \gg 1$  bo'ladi va (3) Fermi taqsimoti Maksvell-Bolsman taqsimotiga aylanadi: a) o'tkazuvchanlik zonasidagi elektronlar uchun

$$f = 1 + \exp\left(\frac{F - E}{k_0T}\right) \quad (4)$$

b) valent zonadagi kovaklar uchun

$$f^1 = 1 + \exp\left(\frac{E - F}{k_0T}\right) \quad (5)$$

Bu holda muvozanatliy erkin elektronlar va kovaklarning to'la konsentrasiyasi mos ravishda

$$n_0 = N_s \exp(F/k_0T) \quad (6)$$

$$p_0 = N_v \exp[-(F + E_g)/k_0T] \quad (7)$$

ko'rinishda bo'ladi; bu yerda  $N_s = 2(2\pi m_n k_0T/h^2)^{3/2}$ ,  $N_v = 2(2\pi m_r k_0T/h^2)^{3/2}$ ,  $E_g$  — ta'qiqlangan zona kengligi [3].

(6) va (7) ifodalarga asosan, muvozanatliy zaryad tashuvchilarning konsentrasiyasi temperaturaga va Fermi sathi vaziyatiga bog'liq. Fermi sathi mazkur Yarimo'tkazgich uchun tuzilgan elektroneytrallik tenglamasidan aniqlanadi. Nomuvozanatliy tashqi ta'sir mavjud bo'lgan holda (1) va (2) ifodalarni (6) va (7) ifodalarga o'xshash ko'rinishda tasvirlash mumkin:

$$n = n_0 + \Delta n = N_s \exp(F_n/k_0T) \quad (8)$$

$$p = p_0 + \Delta p = N_v \exp[-(F_p + E_g)/k_0T] \quad (9)$$

$F_n$  va  $F_p$  energetik sathlarni mos ravishda elektronlar va kovaklar uchun Fermi kvazisathlari deyiladi. Ravshanki, ular rasman kiritiladi, aslida  $F_n$  va  $F_p$  turlicha bo'ladi, vaholanki, muvozanat sharoitida butun Yarimo'tkazgich uchun Fermi sathi bitta bo'ladi  $p = p_0$ ,  $r = r_0$  bo'lganda  $G'_p = G'_r = G'$  (6) va (8) hamda (7) va (9) ifodalardan:

$$G'_n - G' = k_0T \ln(p/p_0), \quad (10)$$

$$G' - G'_r = k_0T \ln(r/r_0). \quad (11)$$

Bundan chiqadigan xulosa: nomuvozanat holatdagi  $n$ ,  $p$  konsentrasiyalar muvozanatdagi  $n_0$ ,  $p_0$  konsentrasiyalardan qancha ko'p farq qilsa,  $F_n$  va  $F_p$  lar  $F$  dan shuncha ko'proq uzoqda bo'ladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR:

1. Axmedov A.M. Yarim o'tkazgichlar fizikasi. O'quv qo'llanma. Toshkent 2022. - 137 b.
2. Зайнобидинов С, Тешабоев А.Т. Яримўтказгичлар физикаси. Дарслик. Тошкент. «Ўқитувчи». 1999. -252 б.
3. Киреев П.. Физика полупроводников. Учебное пособие для вузов. М.: Высшая школа, 1982. -560 с.