

MAPLE DASTURI YORDAMIDA SHOTTKI DIODIDA ELEKTRONLAR VA FONONLAR QIZISHINI POTENSIAL TO'SIQ BALANDLIGIGA TA'SIRINI O'RGANISH

Umarov K.B., Soliyev A.Z., Abdunazarova D.A.

Namangan davlat texnika universiteti

DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.19828680>

Annotatsiya: Shottki diodiga elektron va fononning qizishi katta toklarda kontakt qarshiligini oshiradi va potensial to'siq balandligini pasaytiradi. Elektron va fononning qizishi termoelektron emissiyani kuchaytiradi, zaryad tashuvchilarni to'xtatish uchun zarur bo'lgan ichki maydonni kamaytiradi. Elektron va fonon harorati oshgani sayin to'siq balandligi pasayadi, bu esa zaryad tashuvchini injeksiya qilish uchun zarur bo'lgan kuchlanishning pasayishiga olib kelishi mumkin.

Kalit so'zlar: Shottki diodi, kontakt qarshiligi, zaryad tashuvchi va fononning qizishi, zaryad tashuvchi va fonon harorati, potensial to'siq balandligi.

Аннотация: Разогрев электронов и фононов в диоде Шоттки приводит к увеличению контактного сопротивления при высоких токах и уменьшению высоты потенциального барьера. Разогрев электронов и фононов усиливает термоэлектронную эмиссию, уменьшая внутреннее поле, необходимое для блокировки носителей заряда. По мере повышения температуры электронов и фононов высота барьера уменьшается, что может привести к снижению напряжения, необходимого для инжекции носителей заряда.

Ключевые слова: Шоттки диод, контактное сопротивление, разогрева носителей заряда и фононов, температуры носителей заряда и фонона, высоты потенциального барьера.

Abstract: Heating of electrons and phonons in a Schottky diode increases contact resistance at high currents and reduces the potential barrier height. Heating of electrons and phonons enhances thermionic emission, reducing the internal field required to block charge carriers. As the electron and phonon temperature increases, the barrier height decreases, which can lead to a reduction in the voltage required for charge carrier injection.

Keywords: Schottky diode, contact resistance, heating of charge carriers and phonons, temperatures of charge carriers and phonons, potential barrier height

1. Kirish. Texnologik nuqtai nazardan, ishlab chiqarilishi mumkin bo'lgan eng sodda qattiq holatdagi elektron qurilmalar bu metal-yarimo'tkazgich kontaktlari bo'lib, ular elektron qurilmalarni yaratishda keng qo'llaniladi. Metall turiga va termik ishlov berishga qarab, to'g'rilovchi (Shottki) yoki qarshilikli (Omik) kontaktlar olinishi mumkin.

To'g'rilovchi Shottki diodini olishdagi texnologik jarayonlarda kontaktlarda sirt holatlari bir xilda tekis bo'lmisligi yuzaga keladi [1; 181-192 b], bu esa qurilmaning eng muhim parametrlaridan biri – Shottki to'siq balandligiga ta'sir qiladi [2; 1-138 b]. Shu sababli, bu qurilmalar ko'p yillar davomida o'rganilgan bo'lsada, Shottki diodining samarali ishlashini baholash hanuzgacha murakkab masala bo'lib qolmoqda [3; 403-4014 b, 4; 15343–15351 b]. Ushbu turdagi kontaktlarning elektr xususiyatlarini o'rganish haligacha dolzarbligicha qolmoqda.

Ushbu ishda to'g'rilovchi Shottki diodining potensial to'siq balandligini panjara qizishi hisobiga yoki boshqa sabablarga ko'ra o'zgarishini o'rganishdan iborat.

2. Nazariy ma'lumotlar va tahlillar. Metall-yarimo'tkazgich kontaktidan zaryad tashuvchilarning kontakt orqali potensial to'siqdan o'tishida potensial to'siq qalinligi d elektronning o'rtacha erkin yugurish yo'li l dan kichik bo'ladi, yani diod *yupqa* va harakatlanchanligi katta bo'lsin deb hisoblansa, zaryad tashuvchilar panjara orqali deyarli to'qnashmay o'tadi va kontakt orqali tok faqat potensial to'siqni yengish uchun yetarli energiyaga ega bo'lgan zaryad tashuvchilar soni bilan aniqlanadi. Bu holda Shottki kontakti orqali tokni tavsiflash uchun diod to'g'rilash nazariyasi qo'llaniladi. Diod nazariyasiga ko'ra, zaryad tashuvchilar va fononlar qizishini hisobga olgandagi kontakt orqali hosil bo'lgan natijaviy tok:

$$j = j_s \left[\exp\left(\frac{e\varphi_0}{kT} - \frac{e(\varphi - U)}{kT_e}\right) - 1 \right] \quad (1)$$

Bu yerda j_s - to'yinish toki. φ - potensial to'siq balandligi bo'lib, diodga kuchlanish berilmagan holdagi panjara temperaturasi T ning funksiyasi hisoblanadi, ya'ni $\varphi = \varphi(T)$. Termodinamik muvozanat holatida panjara temperaturasi T tashqi muhit temperaturasi T_0 ga teng bo'lib, potensial to'siq balandligi $\varphi(T_0)$ orqali ifodalanadi, ya'ni $\varphi(T_0) = \varphi_0$ ga teng bo'ladi. Panjara temperaturasi T o'zgarganda potensial to'siq balandligi $\Delta\varphi(T)$ ga o'zgaradi. Panjara

temperaturasi T ortishi bilan potensial to'siq balandligi $\varphi = \varphi_0 - \Delta\varphi$ kamayadi va u yuqori temperaturalarda nolga intila boradi.

Potensial to'siq balandligi φ ni zaryad tashuvchilar va panjara temperaturalariga bog'liqligini quyidagi mulohazalar orqali topish mumkin. Buning uchun, dioddan oqayotgan tokni nolga tenglash orqali amalga oshirish mumkin. Hajmiy zaryadlar sohasidagi elektronlar konsentratsiyalari taqsimoti $x=0$ da, ya'ni potensial to'siq chegarasida quyidagicha bo'ladi:

$$n(0) = n_0 \exp\left(\frac{e\varphi_0}{kT} - \frac{e(\varphi_0 - \varphi)}{kT_e}\right) \quad (2)$$

bundan

$$\varphi = \varphi_0 \left(\frac{T_e}{T} - 1\right) - \frac{kT_e}{e} \ln \frac{n(0)}{n(d)} \quad (3)$$

bu yerda $n(d)=n_0$ -yarimo'tkazgich hajmidagi elektronlar konsentratsiyasi, $n(0)$ -potensial to'siq chegarasidagi elektronlar konsentratsiyasi.

(1) va (2) ifodalardan foydalanib $\ln(n(0)/n_0)$ uchun quyidagini hosil qilish mumkin:

$$\ln \frac{n(0)}{n_0} = \ln\left(\frac{j}{j_s} + 1\right) - \frac{eU}{kT_e} \quad (4)$$

U holda (3) ni quyidagicha ifodalash mumkin:

$$\varphi = \varphi_0 \left(\frac{T_e}{T} - 1\right) - \frac{kT_e}{e} \ln\left(\frac{j}{j_s} + 1\right) + U \quad (5)$$

Demak, Shottki diodidan tok o'tganda elektronlar va fononlarning qizishlari sodir bo'lib, bu esa kontakt qarshiligining va potensial to'siq balandligining o'zgarishiga olib keladi. Potensial to'siq balandligi elektronlar va fononlarning haroratlariga, dioddan oqayotgan tok zichligiga va tashqi kuchlanishga bog'liq bo'lar ekan.

3. Xulosa. Shottki diodidagi elektronlar va fononlarning qizishlari yuqori toklarda kontakt qarshiligining oshishiga va potensial to'siq balandligining pasayishiga olib keladi, ya'ni elektronlar haroratining oshishi bilan ular energiya oladi, bu esa Shottki to'sig'ini osonroq yengib o'tishga imkon beradi. Elektron-fonon o'zaro ta'sirida energiya almashinishi natijasida fononlar harorati

termodinamik muvozanat holatidagiga nisbatan oshadi va bu ham o'z navbatida to'siq xususiyatlarining o'zgarishiga olib keladi.

Elektronlar va fononlarning qizishi termoelektron emissiyasini kuchaytiradi, zaryad tashuvchilarni bloklash uchun zarur bo'lgan ichki maydonni kamaytiradi. Elektronlar va fononlarning haroratlarini oshishi elektronlar o'tkazishining kuchayishi tufayli Shottki to'siq balandligini pasayishiga olib keladi. Elektronlar va fononlarning haroratlarini oshishi bilan to'siq balandligi pasayadi, buning natijasida zaryad tashuvchisi injeksiyanishi uchun zarur bo'lgan kuchlanishi kamayishiga olib kelishi mumkin.

4. Foydalanilgan adabiyotlar:

1. Pascu R., Pristavu G., Oneata D., Stoian M., Romanitan C., Kusko M., Draghici F., and Brezeanu G. Romanian Journal of Information Science and Technology. Volume 26, Number 2, 2023, 181–192.
2. Tung R.T., Recent advances in Schottky barrier concepts. Materials Science and Engineering R: Reports 35(1–3), pp. 1–138, 2001. [https://doi.org/10.1016/S0927-796X\(01\)00037-7](https://doi.org/10.1016/S0927-796X(01)00037-7).
3. Cowley A.M., Titanium-silicon Schottky barrier diodes, Solid-State Electronics 13(4), pp. 403–414, 1970. [https://doi.org/10.1016/0038-1101\(70\)90151-6](https://doi.org/10.1016/0038-1101(70)90151-6).
4. Asil Ugurlu H., Cinar Demir K.C., and Coskun C. The effect of thermal annealing on Ti/p-Si Schottky diodes, Journal of Materials Science: Materials in Electronics 32(11), pp. 15343–15351, 2021. <https://doi.org/10.1007/s10854-021-06084-1>.