

Umarov Qudiratulla Bekboyevich

Namangan Davlat Texnika Universiteti

Fizika-matematika f.n.dotsent

Majidova Gulnoza Nurmuhammedovna

Namangan Davlat Texnika Universiteti dotsenti (PhD)

Email:m.gulnoza.1985@gmail.com

Madumarova Saodat Qudiratulla qizi

Namangan Davlat Texnika Universiteti doktoranti

Email:saodatmadumarova0609@gmail.com

Mamadaliyev Shoxjaxon Ozodbek o'g'li

Namangan Davlat Texnika Universiteti magistranti

**P-N-P-STRUKTURALI TRANZISTORLARNING MAGNIT MAYDON
TA'SIRIDA DIFFUZIYA SIG'IMNI O'ZGARISHI**

***Annotatsiya.** Ushbu maqolada bipolyar tranzistorga tashqi magnit maydon ta'siri o'rganilgan. Magnit maydon mavjudligida emitter va kollektor sohalaridagi kovak (teshik) toklarining o'zgarishi hisoblab chiqilgan. Shuningdek, diffuziya sig'imi va kuchlanish orasidagi bog'lanish magnit maydon ta'sirida qanday o'zgarishi tahlil qilingan. Natijalar tranzistorning elektr xossalriga magnit maydonning sezilarli ta'siri borligini ko'rsatadi, bu esa uni magnit sensorlarda va boshqa magnetoelektron qurilmalarda qo'llash imkoniyatlarini kengaytiradi.*

***Kalit so'zlar:** tranzistor, emitter, kollektor, baza, J va C xarakteristikasi, magint maydon.*

Умаров Қудиратулла Бекбоевич

Наманганский государственный
технический университет Физика-
математика ф.н.доцент

Мажидова Гулноза Нурмухаммедовна

Наманганский государственный технический университе доценти (PhD)

Email:m.gulnoza.1985@gmail.com

Мадумарова Саодат Қудиратулла қизи

Наманганский государственный технический университет докторант

Email:saodatmadumarova0609@gmail.com

Мамадалиев Шохжахон Озодбек ўғли

Наманганский государственный технический университет магистранти

ИЗМЕНЕНИЕ ДИФФУЗИОННОЙ ЕМКОСТИ ТРАНЗИСТОРОВ СТРУКТУРЫ P-N-P ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ МАГНИТНОГО ПОЛЯ

***Аннотация.** В данной статье исследуется влияние внешнего магнитного поля на биполярный транзистор. Рассчитаны изменения дырочных токов в области эмиттера и коллектора при наличии магнитного поля. Также проанализирована зависимость между диффузионной ёмкостью и напряжением под воздействием магнитного поля. Полученные результаты показывают, что магнитное поле оказывает значительное влияние на электрические характеристики транзистора, что расширяет возможности его применения в магнитных датчиках и других магнитоэлектронных устройствах.*

***Ключевое слово:** Транзистор, эмиттер, коллектор, база, J и C характеристики, магнитного поля.*

Umarov Qudiratulla Bekboyevich

Namangan State Technical University professor

Majidova Gulnoza Nurmuhammedovna

Namangan State Technical University professor

Email:m.gulnoza.1985@gmail.com

Madumarova Saodat Qudiratulla qizi

Namangan State Technical University doctor science

Email:saodatmadumarova0609@gmail.com

Mamadaliyev Shokhjakhon Ozodbek o'g'li

Namangan State Technical University master degree

CHANGE IN DIFFUSION CAPACITIVENESS OF P-N-P STRUCTURE TRANSISTORS UNDER THE INFLUENCE OF A MAGNETIC FIELD

Abstract. *This paper investigates the influence of an external magnetic field on a bipolar transistor. The variations of hole currents in the emitter and collector regions under the effect of the magnetic field are calculated. Additionally, the relationship between diffusion capacitance and voltage under the influence of the magnetic field is analyzed. The results demonstrate that the magnetic field significantly affects the electrical characteristics of the transistor, thereby expanding its potential applications in magnetic sensors and other magnetoelectronic devices.*

Key words: *Transistor, emitter, collector, base, J and C characteristics, magnetic field.*

Kirish

Butun dunyoda olimlar yarimo'tkazgichli asboblarning effektivligini oshirish ustida ilmiy izlanishlar olib borishmoqda. Shunday ishlardan biri tranzistorlarning elektr o'tkazuvchanligini oshirishdan iboratdir. Tranzistorlarning asosiy parametrlaridan biri uning difuziyaning sig'imidir. Transistorning difuziya sig'imiga magnit maydonning ta'siri — bu yarim o'tkazgich fizikasida nisbatan chuqur mavzu bo'lib, bu holat Hall effekti, magneto-transport hodisalari yoki spintronika bilan bog'liq bo'lib, ularni magnit maydon ta'sirida o'zgarishga uchrashi va tranzistorni ishlashiga katta ta'sir ko'rsatishi mumkin.

Difuziya sig'imi- bu tranzistorda (ayniqsa, baza-emitter o'tishida) teskari zaryadga ega bo'lgan va miqdori kam bo'lgan zaryad tashuvchilarining difuziyasi natijasida paydo bo'ladigan sig'imdir. U odatda faol tranzistor holatida ya'ni, o'tkazish holatida sezilarli bo'ladi va oqim o'zgarishlariga bog'liq bo'ladi.

Agar tranzistorga doimiy magnit maydon ta'sir qilsa, quyidagi hodisalar yuz beradi. Zaryad tashuvchilarning yo'nalishi o'zgaradi. Magnit maydon zaryadlangan zarralarga (elektronlar va teshiklarga) Lorents kuchi orqali ta'sir qiladi. Bu ularning harakat yo'nalishini o'zgartiradi, natijada difuziya jarayoni sekinlashishi yoki o'zgarishi kuzatiladi. Zaryad tashuvchilarning haydalanish yo'li

o'zgaradi. Bu, bazadagi bu teskari zaryadga ega bo'lgan va miqdori kam bo'lgan tashuvchilarning diffuziya masofasini kamaytiradi, bu esa diffuziya sig'imini o'zgartirishiga olib keladi.

Adabiyotlar tahlili

Tranzistorlarning elektr sig'imiga bo'yicha ilmiy izlanishlar turli davrlarda olib borilgan. Tadqiqotlarni uchta davrga ajratish mumkin: klassik (1960–70 yillar), oraliq (1980–2000 yillar), va yangi (2010–2020 yillar, magnitokapasitans va spintronika doirasida).

R. N. Misra va R. N. Srivastava (1968) – p-n-p qotishma tranzistorlar bazasida minoritar tashuvchilar diffuziya koeffitsientining magnit maydon ta'sirida kamayishini tajribada isbotlagan.

V. I. Kushnir va hamkorlari (SSSR maktabi) – yarimo'tkazgichlarda tashuvchilar transporti, Hall-effekt va diffuziya jarayonlarining magnit maydondagi o'zgarishlarini o'rganishgan.

J. Boiro va hamkorlari (2022) – pn-o'tishli quyosh elementlarida diffuziya sig'imining magnit maydonga bog'liqligini nazariy va eksperimental tadqiq qilgan. Bu natijalar p-n-p tranzistorlarga analog sifatida qo'llanadi. Lekin aynan magnit maydon ta'sirida diffuziya sig'imini o'zgarishi ko'rilmagan.

Natijalar va ularning tahlili

Bilamizki oddiy holda tashqi ta'sirsiz tranzistorning difuziya sig'imi quyidagicha hisoblanadi [1].

$$C_d = \frac{dQ}{dV} = \frac{d}{dV} \left(\frac{J\tau}{q} \right) = \frac{\tau}{q} \frac{dJ}{dV} \quad (1)$$

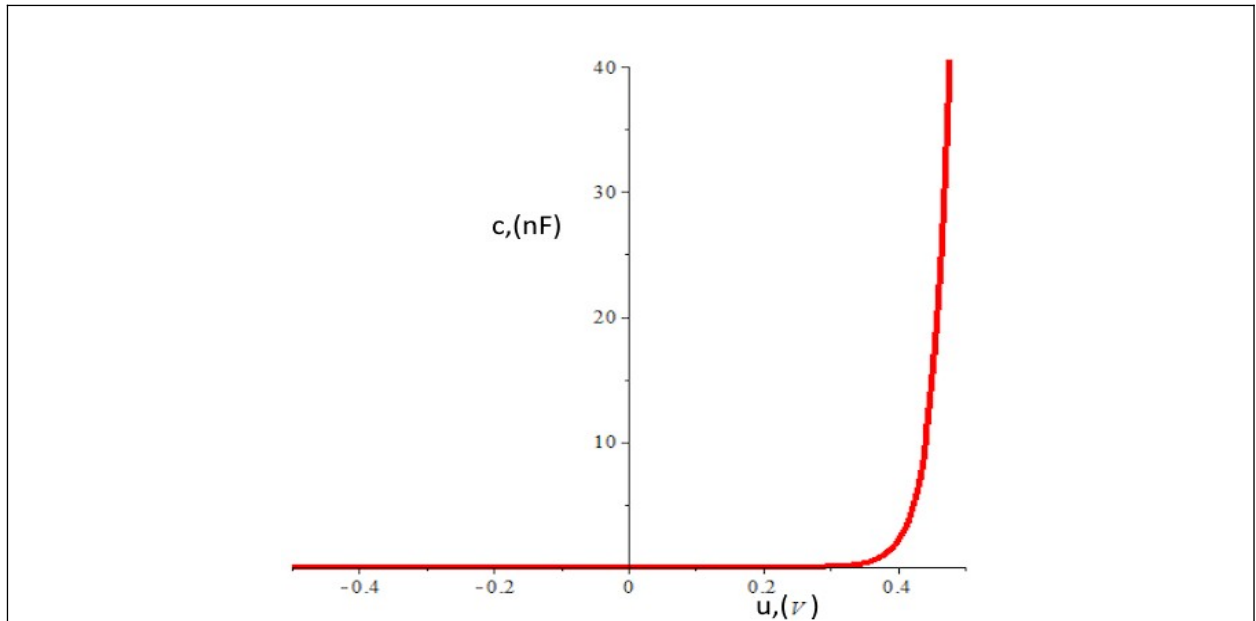
Bu yerda Q-zaryadmiqdori V -termal kuchlaish τ -zaryadli zarralarni yashash vaqti q-elektron zaryadi J-toyinish toki.

$$J = J_s \left(e^{\frac{qV}{kT}} \right) \quad (2)$$

(1) Va (2) ifodalardan foydalanib, magnit ta'sirisiz kollektor va emittordagi

τ difuziya sig'implarni va $V_T = \frac{kT}{q}$ termal volt orqali bog'lanishlari keltrilgan.

$$\frac{dJ}{dV} = J_S * e^{\frac{qV}{kT}} * \frac{q}{kT} = J \frac{q}{kT} \quad (3)$$



1-rasm. Tranzistorning diffuziya sig'imi va kuchlanish orasidagi bog'lanishi

Topilgan natijani sg'im ifodasiga olib borib qo'ysak

$$C_d = \frac{\tau}{q} * J * \frac{q}{kT} = \frac{\tau}{kT} J \quad (4)$$

Bu yerda C_d difuziyon sg'im J tok zichligini topamiz

$$J = \frac{kT}{\tau} C_d$$

ushbu xollatta tashqi tasirlar bo'lmaganda sig'im va tok qo'yidagicha ko'rinishni oladi va yashash vaqtlariga bog'lanadi. Agar J ni yoyib ifodallasak quyidagicha ko'rinishga keladi

$$J_S * e^{\frac{qV}{kT}} = \frac{kT}{\tau} C_d \quad (5)$$

Bu munosabattan foydalanib U ni C ga bog'lig'ligi chiqadi yani

$$C_d = \frac{j_s \tau}{kT} e^{\frac{q\varphi}{kT}} \quad (6)$$

Tranzistorga tashqi magnit maydon ta'sir qilmagan holatda (6) ifodaga sonli qiymatlarni qo'yib, quyidagicha grafikga ega bo'lamiz (1rasm).

Agar tranzistorga magnit maydon ta'sir ettirilsa uning diffuziya sig'imini o'zgartiradi.

Elektron yoki teshiklarning tok zichligi zaryad q , ularning zichligi n va o'rtacha tezligi v bilan ifodalanadi: $j_0 = qnv$ Bu yerda j_0 — magnit maydonsiz tok zichligi.

Magnit maydon B harakatlanuvchi zaryadga quyidagi kuchni ta'sir qiladi: $F = q(vB)$ Bu kuch zaryad tashuvchilarni buradi va ularning harakat yo'nalishini o'zgartiradi, ya'ni zaryad tashuvchilarning tezligiga yangi komponent qo'shiladi.

Magnit maydon ta'siridan zaryad tashuvchilarga perpendikulyar yo'nalishda qo'shimcha tezlik hosil bo'ladi: $u = vB$ Ya'ni magnit maydon va zaryad tezligining ko'paytmasi o'lchamida. Tok zichligi j zaryad zichligi va tezlik ko'paytmasi ekan, qo'shimcha tezlik sababli tok zichligi ham oshadi:

$$\Delta j = qn\Delta u = qnBv = j_0 Bv$$

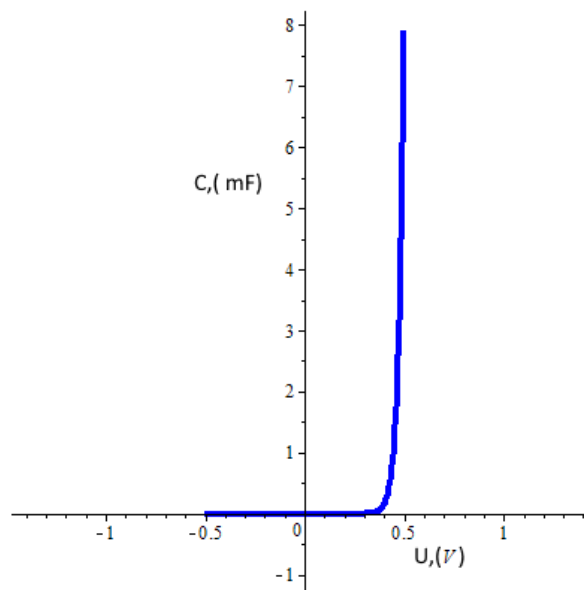
Magnit maydon ta'sirini hisobga olganda tok zichligi:

$$J = j_0 + \Delta j = j_0 + j_0 Bv = J(1 + Bv) \quad (7)$$

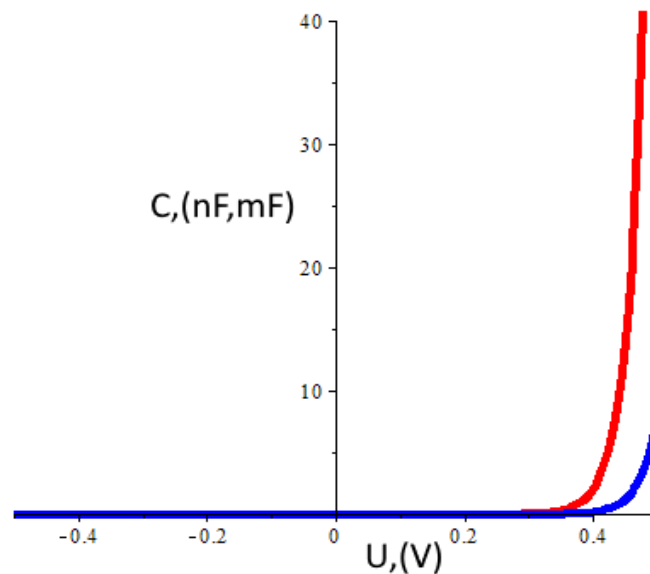
$$J = J(1 + Bv) = \frac{V_T}{\tau} C_d (1 + Bv) \quad (8)$$

$$C = \frac{j_s \tau}{kT} \frac{e^{\frac{q\varphi}{kT}}}{1+Bv} \quad (9)$$

Bundan ko'rinadiki τ va B lar teskari proporsiyonaldir magnit tasiri ortsa yashash vaqti qisqaradi shuning uchun sig'im ortmaydi lekin tok ortishi kuzatiladi. (9) ifodaga tajriba natijalarida olingan sonli qiymatlarni qo'yish orqali qo'yidagi grafikga ega bo'lamiz.



2-rasm. Tranzistorga magnit maydon ta'sirida diffuziya sig'imi va kuchlanish orasidagi bog'lanishi



3-rasm. Magnit maydoni ta'siri va ta'sirisiz hollar uchun diffuziya sig'imi va kuchlanish orasidagi bog'lanish

Xulosa

Grafiklardan ko'rinadiki tranzistorni ishlashida muxim rol o'ynaydigan parametirlardan biri bu diffuziya sig'im bo'lib, uning magnit maydon ta'sirida kamayishiga olib keladi. magnit maydonsiz holat: sig'im kuchlanish ortgani sari

tez va silliq o'sadi. Chunki diffuziya sig'imi odatda kuchlanishga eksponensial tarzda bog'liq bo'lgani uchun kuchlanish oshgani sayin, sig'im ham tez oshadi. Magnit maydon ta'sirida esa zaryadlarning harakatini buzadi. Bu esa diffuziya sig'imini pasaytiradi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Шалимова К. В., Физика полупроводников //М.Энергоатомиздат, 1985, с. 113.
2. Егиазарян Г., Стафеев В., Магнитодиоды и магнитотранзисторы и их применение // М. Радио и связь, 1987, с. 26.
3. Chen J., Zhang X., Luo Z., Wang J., Piao H-G. Large positive magnetoresistance in germanium// Journal of Applied Physics 2014. **116**, 114511 pp. 1-5 <http://dx.doi.org/10.1063/1.4896173>
4. Gulyamova G., Majidova G., R. Muhitdinov F., Madumarova S. Diodning volt-amper xarakteritikasini turli ta'sirlarga sezgirligi // NamDU ilmiy axborotnoma 2022 5-son. 38-46-b.
5. Gulyamov G., Majidova G. Changes in diodes with a p-n-transition under the influence of microwave radiation // AIP Conference Proceedings 2023. 2700, 050008. pp. 1-5 <https://doi.org/10.1063/5.0126385>
6. Gulyamov G., Shaxobiddinov B., Soliyev A. Change in the quasi-Fermi level and current - Voltage characteristics of diodes with a p-n junction under the action of light and deformation // : AIP Conference Proceedings 2023. 2700, 020016 pp. 1-9 <https://doi.org/10.1063/5.0124940>

7. Гулямов Г., Дадамирзаев М.Г., Бойдедаев С.Р. Эдс горячих носителей, обусловленная модуляцией поверхностного потенциала в сильном СВЧ поле // Физика и техника полупроводников, 2000, том 34, вып. 5. с. 38-46 <https://j.ioffe.ru/articles/viewPDF/37142>
8. Gulyamov G., Shakhobiddinov B.B., Majidova G.N., Влияние сверхвысокочастотных полей на фотоэлектрические характеристики р-п проводящих полупроводниковых диодов, Semiconductor Physics and Microelectronics 3 (2) 2021 с.29-34