

UDK 621.317.3

## SUBNASEKUNDLI DIAPAZONDAGI DIODLI O'TKIRLATGICHLARDA KO'CHKI INJEKSIYASI MEXANIZMLARI

**M.B.Tagayev**-professor.

**A.A.Abdreymov** – stajyor o'qituvchi.

**Arziyeva A. A** – magistrant.

**Kalbayeva U. D.** – magistrant

*Berdaq nomidagi Qoraqalpoq davlat universiteti, Nukus shahri,  
O'zbekiston E-mail: prof.tagayev@mail.ru*

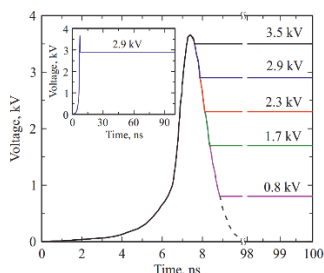
### **Kirish**

Kuchli yuqori kuchlanishli  $p^+-n-n^+$  tuzilmalarda teskari kuchlanish tez oshganda (100ps dan kam) diod bazasida zich elektron-kovak plazmasini hosil qiluvchi zarbali ionlanish sodir bo'ladi. Bunda kuchlanish odatdagi ko'chki kuchlanishidan deyarli ikki baravar ortiq bo'lishi mumkin. Diod teshilgandan so'ng o'tkazuvchan bo'lib qoladi, ammo bu holat o'z-o'zidan saqlanib qolmaydi, chunki elektron-kovak plazmasi teskari siljigan sohada mavjud. Ilgari plazma tashuvchilar dreyfi tufayli "so'rilib" ketganda (kuch diodlariga o'xshash) tok to'xtaydi deb hisoblangan. Biroq, subnanosekund rejimda bunday emasligi ko'rsatilgan - dreyf so'rilishi sodir bo'lishga ulgurmaydi. Buning o'rniga diodning teshilgandan keyingi xatti-harakati quyidagicha aniqlanadi: Ikki karra ko'chkili injeksiya - tashuvchilarning ko'chkili ko'payishi o'tishning ikkala tomonida ham davom etadi. Tokning izotermik shnurlanishi - tok tor sohalarda (shnurlarda) to'planadi, bu esa impulsning shakli va davomiyligini belgilaydi [1-3]. Shunday qilib, o'tkazuvchanlik holatining davomiyligini cheklash dreyf jarayonlari bilan emas, balki ichki ko'chki-injeksion va issiqlik effektlari bilan belgilanadi.

### **Asosiy qism**

Kremniyli diodli kuchaytirgichning ishlashini tahlil qilish uchun elektronlar va kovaklar uchun uzluksizlik tenglamalarini, Puasson tenglamalarini va tashqi zanjir uchun Kirxgof tenglamalarini sonli yechishni o'z ichiga olgan diffuzion-dreyf modelidan foydalanildi. Modellashtirish kremniy  $p^+-n-n^+$  n-baza qalinligi, legirlovchi aralashma konsentratsiyasi va Si-tuzilmalarga xos bo'lgan ko'chki teshilish kuchlanishi ko'rsatilgan holda dioddan foydalaniladi. Hisob-kitoblar TCAD SILVACO dasturida amalga oshirildi, bu esa  $p^+-n-n^+$  hamda ulangan yuklamaning (50 Om) ta'siri. Modellashtirilgan tuzilma quyidagi parametrlarga ega edi:  $S = 1 \text{ mm}^2$ , n-baza qalinligi  $d = 100 \text{ mkm}$ , legirlovchi aralashmaning konsentratsiyasi  $N_d = 1.7 \times 10^{14} \text{ cm}^{-3}$ , ko'chkili teshilish kuchlanishi  $U_{\Pi} \approx 1 \text{ kV}$ . Diodga nanosekundli front va submikrosekundli davomiylikdagi platoga ega bo'lgan  $V(t)$  kuchlanish impulsi

berildi. Impuls amplitudasi 800 V dan 3.5 kV gacha o'zgardi, bu esa tajribalarda kuzatilgan kechiktirilgan zarbali-ionizatsion teshilish sharoitlarini qayta tiklash imkonini berdi.



1-rasm. Diodga qo'yilgan  $V(t)$  kuchlanish impulslari va  $R=50$  Om ketma-ket yuklama ossillogrammalari. Boshlang'ich qismda impulslar bir-biriga mos keladi, ammo platoda farq kuzatiladi, bu yerda amplituda diapazonda o'zgaradi.  $V_d = 800-3500$  V. Ilovada quyidagi submikrosekundli impulsqa misol keltirilgan:  $V_d = 2900$  V.

Elektr maydonining fazoviy taqsimoti va diod strukturasiidagi zaryad tashuvchilar konsentratsiyasining tahlili shuni ko'rsatadiki, elektron-kovakli plazmaning so'rilish jarayoni zarbali ionlanish frontining tarqalish bosqichidayoq boshlanadi. Ushbu jarayon o'ta tez ko'chkili o'tish tugagandan so'ng 10 ns atrofida davom etadi, bu esa bazadagi nomuvozanatli tashuvchilar konsentratsiyasining asta-sekin pasayishiga olib keladi. Hisob-kitoblarda 1,5 ns yarim kenglik va 3,7 kV amplitudali, kechiktirilgan zarbali-ionizatsion teshilishni qo'zg'atuvchi kuchlanish impulsi, shuningdek,  $V_d = 0,8-3,5$  kV amplitudali submikrosekund davomiylikdagi plato qo'llanildi, bu esa [4-5] tajriba sharoitlariga mos keladi. Diodli kuchaytirgichlardagi jarayonlarning past chastotali kuch diodlaridagi jarayonlardan asosiy farqi shundaki, kommutatsiyada statsionar ko'chki teshilish kuchlanishi ( $U_p$ ) dan ancha katta bo'lgan teskari kuchlanish qo'llaniladi. Kuchaytirgichning ishlashi uchun amplitudasi  $U_p$  dan kamida ikki baravar yuqori bo'lgan impuls talab etiladi, shuning uchun diod va yuklamaga ulangandan so'ng, ko'chki teshilish chegarasidan sezilarli darajada yuqori kuchlanish beriladi. Bunday sharoitlarda elektron-kovak plazmasining dreyf so'rilishi hal qiluvchi rol o'ynay olmaydi, chunki tok to'xtab qolmaydi, aksincha, zarba-ionizatsiya jarayonlari, birinchi navbatda qo'shaloq ko'chki injeksiyasi tufayli saqlanib qoladi. Bu shuni anglatadiki, bunday yuqori teskari kuchlanishda p-n-o'tishning yopilish qobiliyatini tiklash mumkin emas, chunki uni amalga oshirish uchun tokning to'liq to'xtatilishi va shunga mos ravishda dioddagi kuchlanishning  $U_p$  dan oshishi talab etiladi, bu esa ushbu rejimda fizik jihatdan amalga oshirib bo'lmaydi.

### Xulosa

Sonli modellashtirish shuni ko'rsatdiki, yuqori kuchlanishli kvazi-to'g'ri burchakli impulslarni katta davomiylikda kommutatsiyalashda diodli kuchaytirgich strukturaning o'tkazuvchanlik holatini saqlab turadigan qo'shaloq ko'chkili injeksiya rejimiga o'tadi. Ushbu rejimga o'tish ko'chkili almashishdan taxminan 10 ns keyin sodir bo'ladi. Qo'sh injeksiya rejimida struktura manfiy differensial

qarshilikka ega bo'lib, tokning izotermik shnurlanishi (alohida sohalarda tokning lokal konsentratsiyasi) rivojlanishiga olib keladi. Shnurlash qayta ulashdan keyin bir necha o'n nanosekunddan keyin yuzaga keladi va o'tkazuvchanlik holatining davomiyligini va shunga mos ravishda kommutatsiyalanadigan impulsning maksimal davomiyligini cheklovchi asosiy omilga aylanadi. Shunday qilib, diodli kuchaytirgichning ishlash cheklanishi

plazmaning dreyf so'rilishi bilan, shnurlash tufayli esa tok zichligining ortishi bilan bog'liq.

### Adabiyotlar:

- 1.Sze S.M., Ng K.K. Physics of Semiconductor Devices, 3rd Ed., Wiley, 2006.
- 2.Грехов И.В., Кардо-Сысоев А.Ф. Письма в ЖТФ, 1979, т.5, в.15, с.950–953.
3. Тагаев М., Абдreymov А. Modern state of physics in the research of microplasma breakdown in silicon p-n junctions and diodes and schottky. 2023 EPRA.IJRD | Journal.DOI:<https://doi.org/10.36713/epra.2016>.
- 4.Гусев А.И., Ляпутин С.К., Рукин С.Н., Словиковский Б.Г., Цыранов С.Н. ФТП., 2014, т.48, в.8, с.1095–1106.
- 5.Kardo - Sysoev A.F. Ultra-Wideband Radar Technology, Ed. J.D. Taylor, CRC Press, 2001.