

Karimov Ibroximjon Nabievich
Andijon davlat universiteti professori
Foziljonov Mirzabaxrom Baxtiyorjon o'g'li
Andijon davlat universiteti doktoranti
Raxmonkulova Nargizaxon Baxromjon qizi
Andijon davlat universiteti magistranti
Email: foziljonov.mirzabahrom.1991@gmail.com
Tel: +998999037009

UO'K 537.534

**OKSID QATLAMIDAGI LOKAL ZARYAD VAZIYATINING
O'ZGARISHINI FinFET TRANZISTORLARI VOLT-AMPER
XARAKTERISTIKASIGA TA'SIRI**

Annotatsiya: Ushbu maqolada vertikal maydoniy tranzistorni zatvor osti oksid qatlamdagi nuqsonlarda zaryad qamralgan lokal sohani kanal bo'ylab vaziyati o'zgarishida, tranzistorni o'tish volt-amper xarakteristikasiga ta'siri o'rganilgan. Zaryad qamralgan lokal sohaning kanal o'rtasidagi vaziyatga nisbatan istok va stok sohalarga yaqin vaziyatlarda stok tokiga kam ta'siri ko'rsatishi aniqlandi. Olingan natijani izohlashda zaryad qamralgan lokal sohani kanal bo'ylab stokdan istokka tomon siljib borish vaziyati uchun, zatvor ostidan 1nm chuqurlikda kanal bo'ylab potentsial taqsimot hisoblandi. Bunda kanal bo'ylab stokdan istokka zaryad qamralgan lokal sohani siljib borishida stok tokining o'zgarishi kanal bo'ylab potentsial taqsimotni o'zgarish bilan mos tushushi aniqlandi.

Kalit so'zlar: Vertikal maydoniy tranzistor, Sentaurus TCAD, zaryad qamralgan lokal soha, volt-amper xarakteristika, bo'sag'a kuchlanishi, stok toki, hajmiy va sirtiy nuqsonlar.

Каримов Иброхим Набиевич
профессор Андижанский государственный университет

Фозилжонов Мирзабахром Бахромжон ўғли
докторант Андижанский государственный университет
Рахмонкулова Наргизахон Бахромжон қизи
магистр Андижанский государственный университет
Email: foziljonov.mirzabahrom.1991@gmail.com
тел: +998999037009

ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЕ ЛОКАЛЬНОГО ЗАРЯДА ОКСИДНОГО СЛОЯ НА ВОЛЬТ-АМПЕРНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ FinFET ТРАНЗИСТОРОВ

Аннотация: Целью данной статьи является исследование влияния изменения локального заряда, накопленного в дефектах оксидного слоя под затвором по ходу канала, на вольт-амперные характеристики транзистора. В статье методом моделирования в программе Sentaurus TCAD исследовано влияние локального заряда под затвором на вольт-амперные характеристики, пороговое напряжение и пороговый ток в ситуациях движения к источнику.

Ключевые слова: FinFET, Sentaurus TCAD, вольт-амперная характеристика, пороговое напряжение, пороговый ток, объемные и поверхностные дефекты.

Karimov Ibroxim Nabievich
professor of Andijan State University,
Foziljonov Mirzabahrom Baxtiyorjon o'g'li
PhD student of Andijan State University,
Raxmonkulova Nargizaxon Baxromjon qizi
Master student at Andijan State University,
Email: foziljonov.mirzabahrom.1991@gmail.com

INFLUENCE OF CHANGE IN THE LOCAL CHARGE OF THE OXIDE LAYER ON THE VOLTAGE CHARACTERISTICS OF FinFET TRANSISTORS

Annotation: *The purpose of this article is to study the influence of changes in the local charge accumulated in defects of the oxide layer under the gate along the channel on the current-voltage characteristics of the transistor. In this article, using modeling in the Sentaurus TCAD program, the influence of the local charge under the gate on the current-voltage characteristics, threshold voltage and threshold current in situations of movement towards the source is studied.*

Key words: *FinFET, Sentaurus TCAD, current-voltage characteristic, threshold voltage, threshold current, volumetric and surface defects.*

Kirish.

Mikroelektronika sohasida har doim yarimo'tkazgichli qurilmalarni geometrik o'lchamlarini kichiklashtirish va energiya isrofini kamaytirish, ish bajarish funksiyasini tezligini oshirish ustida tadqiqotlar olib borilgan. Bunda izolyator ustida kremniy texnologiyasi asosida tayyorlanuvchi maydoniy tranzistorlarning integratsiyasi yani bitta chipdagi tranzistorlar soni Mur qonuni asosida oshib bormoqda[1]. Unga ko'ra, integral sxemadagi tranzistorlar soni har ikki yilda ikki barobar ortib boradi. Shunga ko'ra tranzistorlarning geometrik o'lchamlari nanometer mashtablarga yetib keldi. Nanometr o'lchamli maydoniy tranzistorlarni ishlab chiqarishda va ularning ideal ishlashida buzilishlar (degradatsiyalar) kuzatila boshladi[2,3].

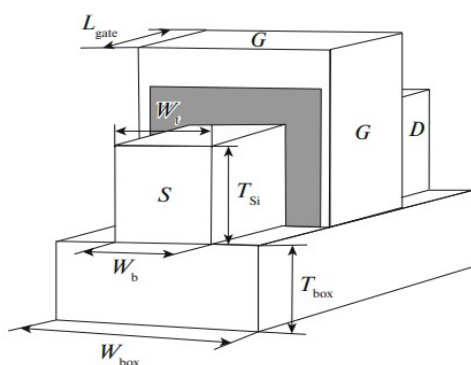
Bunday degradatsiyalarga quyidagilarni misol qilib aytish mumkin. Ishlab chiqarish texnologiyasining murakkabligi bilan bog'liq texnologik fluktuatsiyalar, zatvor osti oksid qatlami va istok-stok sohalari orasida tunnel toklarning ortishi, tranzistorning o'z-o'zidan qizib ketishi, qisqa kanal effektlarning yuzaga kelishi va zatvor osti oksid qatlamida qaynoq zaryad tashuvchilarning nuqsonlarda to'planib qolishi kabi salbiy omillarni aytish mumkin[4].

Adabiyotlar tahlili

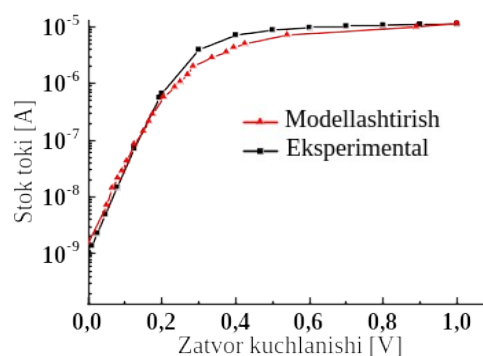
Maydoniy tranzistorlarni zatvor osti oksid qatlamida va oksid-yarimo'tkazgich chegarasidagi nuqsonlarda zaryadlarning to'planishi nuqtaviy yoki lokal soha shaklida bo'lishi mumkin[5]. Ushbu maqolada biz maydon tranzistorining zatvor osti oksid qatlamida yig'ilgan zaryadni lokal soxa shaklida Sentaurus TCAD dasturi yordamida modellashtirdik. «1-rasm»da modellashtirilgan, izolyator-ustida-kremniy (IUK) texnologiyasi asosidagi FinFET 3D strukturasi, «2-rasm»da esa tajriba natijalari va modellashtirishda olingan natijalari taqqoslangan va model kalibrofka qilingan. Adabiyotlar va ilmiy maqolalar tahlili shuni ko'rsatadiki, oksid-yarimo'tkazgich chegarasida sirtiyl nuqsonlar zichligi 10^{12} cm^{-2} va 10^{13} cm^{-2} qiymatda bo'lishi ma'lum. Agar uning xajm miqdorida hisoblaydigan bo'lsak nuqsonlarning hajmiy zichligi $9,3 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ va $5 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ qiymatda bo'lishi mumkin.

Tadqiqot metodologiyasi

Modellashtirilayotgan tranzistorning zatvor ostidagi oksid qatlamidagi nuqsonda to'plangan lokal zaryadning stok tokiga ta'sirini o'rganishda lokal zaryad kengligi $d=5 \text{ nm}$ ga teng qilib olingan. Biz modellashtirgan tranzistorda sirtiyl nuqsonlar zichligi 10^{12} cm^{-2} qilib olingan va uni xajm miqdorida xisoblaydigan bo'lsak, modellashtirishdagi tranzistorimizning oksid qatlami qalinligi $t_{\text{ox}}=2,5 \text{ nm}$ ekanligidan kelib chiqib xajmiy zaryad zichligi $4 \cdot 10^{18} \text{ C/sm}^3$ ga teng deb olingan. Zatvor-istok (zatvor-stok) bog'lanishlar volt-ampere xarakteristikasi kuchsiz o'zgaruvchi signal usuli asosida modellashtirildi. Modellashtirishda 1 MGs o'zgaruvchi signal chastotasi tanlanildi.



1-rasm. Vertikal maydoniy tranzistorning geometrik tuzilishi.



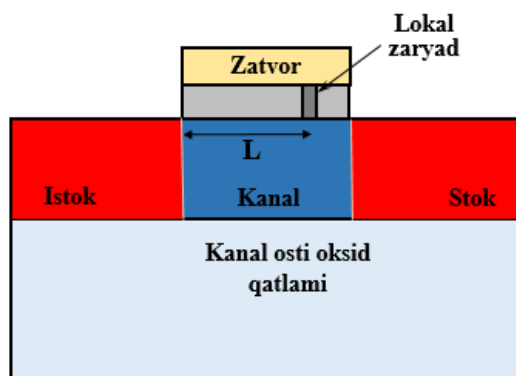
2-rasm. Modellashtirilayotgan vertikal maydoniy tranzistorning o'tish volt-

amper xarakteristikasi. $L_{gate} = 25 \text{ nm}$ va $V_{gate} = 750 \text{ mV}$. Bo'lgan holat uchun (1) modellashtirishda, (2) tajribada olingan natija.

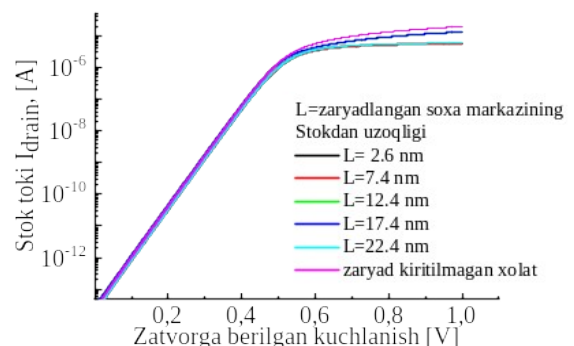
«3-rasm»da FinFET strukturasi kanal bo'ylab kesimi ko'rinishi ko'rsatilgan. Tranzistor zatvor uzunligi L_{gate} 25 nm va zatvor osti oksid qatlami qalinligi 2.5 nm ni tashkil qiladi. Kanal qalinligi T_{Si} va orqa oksid qatlami qalinligi T_{box} mos ravishda 30 va 100 nm ga teng. Kanal kengligi 12 nm. p-Si taglik (baza) legirlanish darajasi $1 \cdot 10^{15} \text{ cm}^{-3}$. Oksid qatlamidagi lokal zaryadning kanal bo'ylab turli vaziyatlari L da olingan stok toki o'zgarishi volt-amper xarakteristikasi modellashtirish natijalari mos ravishda «4-rasm»da keltirilgan.

Tahlillar va natijalar

Oksid qatlamida qamralgan zaryadlangan lokal sohaning istok-kanal chegarasigacha bo'lgan vaziyati L stokdan istok tomonga siljib borishi o'tish VAX sig'a ta'sir qiladi.



3-rasm. Izolyator-ustida-kremniy texnologiyasi asosidagi FinFET 3D strukturasi kanal bo'ylab kesimi ko'rinishi.



4-rasm. Zaryadlangan lokal sohaning istok-kanal chegarasigacha bo'lgan vaziyatini o'tish VAX sig'a ta'siri.

«5-rasm»da olingan natijalarni izohlash uchun kanal markazida zatvor ostidan 1nm chuqurlikda kanal bo'ylab potensial taqsimot o'rganildi va olingan natijalar «4-rasm»da keltirilgan. «6-rasm»da esa zatvorga 1 V qiymat berilganda lokal zaryadning kanal bo'ylab turli vaziyatlari L da stok toki o'zgarishining natijalari ko'rsatilgan. Potensial taqsimotning L vaziyatga bog'liqligi va stok tokining L ga

bog'liqligi natijalari shuni ko'rsatadiki, istok va stok sohalarga yaqin ya'ni 2,6 nm va 22,4 nm vaziyatlarda stok tokining qiymati kichik bo'lar ekan. Stok tokining kichik bo'lishiga sabab esa shu nuqталarda zatvor ostida patensial taqsimot kichik qiymatda bo'lishligi bilan bog'liq ekanligi aniqlandi.



5-rasm. zatvor osti 1nm chuqurlikda kanal bo'ylab potensial taqsimotni L vaziyatga bog'liq o'zgarishi.



6-rasm. Zatvorga 1 V qiymat berilganda lokal zaryadning kanal bo'ylab turli vaziyatlari L da stok toki o'zgarishi

Xulosa

Olingan natijalardan quyidagicha xulosa qilish mumkin. Oksid qatlamidagi lokal zaryadning kanal bo'ylab turli vaziyatlari L da olingan yon istok-kanal o'tish toklari VAX ga qarab oksid qatlamda qamralgan lokal zaryadning vaziyatini aniqlash bo'yicha diagnostika xulosalarini chiqarish mumkin.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Takeshi Ohshima¹, Masahito Yoshikawa¹, Hisayoshi Itoh¹, Yasushi Aoki¹ and Isamu Nashiyama¹., Generation of Interface Traps and Oxide-Trapped Charge in 6H-SiC Metal-Oxide-Semiconductor Transistors by Gamma-Ray Irradiation., Copyright (c) 1998 The Japan Society of Applied Physics., [Japanese Journal of Applied Physics, Volume 37, Number 8B](#)
2. Z. Lun, D.S. Ang, and C.H. Ling, "A novel subthreshold slope technique for the extraction of the buried-oxide interface trap density in the fully depleted SOI MOSFET", IEEE Electron Device Lett., vol. 21, no. 8, pp. 411-413, 2000.

3. S. Zafar, A. Callegari, V. Narayanan, and S. Guha, "Impact of moisture on charge trapping and flatband voltage in Al₂O₃ gate dielectric films," Appl. Phys. Lett., vol. 81, p. 2608, 2002.
4. W. J. Zhu, T. P. Ma, S. Zafar, and T. Tamagawa, "Charge trapping in ultrathin hafnium oxide," IEEE Electron Dev. Lett., vol. 23, p. 597, 2002.
5. M. Houssa, A. Stesmans, M. Naili, and M. M. Heyns, "Charge trapping in very thin high permittivity gate dielectric layers," Appl. Phys. Lett., vol. 77, p. 1381, 2000.