

ЛИТЕРАТУРА

1. Мортина Т.Н., Мортин К.В., 2022 Научно-образовательный журнал для студентов и преподавателей «StudNet» №6/2022.с.5348-5356
2. Petin V.A. "New features of Arduino, ESP, Raspberry Pi in IoT projects" BHVPetersburg, 2022, 320 p.
3. Yatsenkov V. S. "Health, sport and the environment in Arduino projects" BHVPetersburg, 2020, 336 p
4. Башкатов А.С., Мещерова Д.Н. Основные тенденции развития оптоэлектронной техники до 2030 года // Тезисы докладов Российской конференции и школы молодых ученых по актуальным проблемам полупроводниковой фотонике «Фотоника-2019». 2019. doi: 10.34077/rcsp2019-25. С.25-26.

ISTOK VA STOK SOHALARINI ZATVOR OSTI OKSID BILAN QOPLANISH DARAJASINI MAYDONIY TRANZISTORLARNING QIZISH TEMPERATURASIGA TA'SIRI

Xidoyat Abdikarimov, Asror Khasanov, Muhammad Olimboyev.

Urganch davlat Universiteti

Annotatsiya. Ushbu maqolada Sentaurus TCAD dasturi yordamida 3D o'lchovli modellashtirish orqali kanal ko'ndalang kesim yuzasi doira va kvadrat bo'lgan nano o'lchamdagi zatvor bilan to'liq o'ralgan maydoniy tranzistorni qizish temperaturasi istok va stok sohalarini zatvor osti oksid bilan qoplanib borish darajasining ta'siri o'rganilgan.

Kalit so'zlar. Maydoniy tranzistor, to'liq o'ralgan zatvor, istok, stok, kanal, temperatura, oksid-yarimo'tkazgich, zatvor osti oksid qatlam.

Hozirgi kunda maydoniy tranzistorlar barcha elektron qurilmalarda xotira vazifasini bajaruvchi integral sxemalarda asosiy mantiqiy elementlar sifatida xizmat qiladi. Bunday elektron qurilmalarning ish bajarish funksiyasining yildan-yilga oshib borishi chiplardagi tranzistorlar sonining oshib borishi bilan bog'liq [1,2,3]. Bu esa o'z navbatida chipdagi tranzistorlarning integratsiya darajasini oshishi tranzistorlarning geometrik o'lchamlarini kamaytirishni talab qiladi. Buning natijasida chiplardagi tranzistorlarning geometrik o'lchamlar nanometr mashtablarga yetib keldi[4]. tranzistorlarning geometrik o'lchamlar nanometr mashtablarga kichiklashishi ularning ideal ishlashdan chetlashishlarga ya'ni salbiy buzilishlarga olib keladi. Bunday salbiy buzilishlar degradatsiyalar yoki degradatsion effektlar deyiladi. Bunday degradatsion effektlarga qisqa qanal effektlari, tunnel toklarining oshib ketishi hamda tranzistorning o'z-o'zidan qizib ketish effektlarini misol qilib aytish mumkin. Tranzistorning o'z-o'zidan qizib ketish effektini yuzaga kelishi ularning geometrik o'lchamini kichiklashishi bilan chanbarcha bog'liq [5,6]. Bunday nano o'lchamdagi maydoniy tranzistorlarning o'z-o'zidan qizib ketishiga ta'sir qiluvchi omlillar bugungi kunda yaxshi o'rganilmagan. Nano o'lchamdagi maydoniy tranzistorlarning o'z-o'zidan qizib ketishiga ta'sir qiluvchi omlillarni o'rganish energiya tejashda va tranzistorlarni normal ishlashini boshqarishda juda muhim ahamiyatga ega va hozirda dolzarb masalalardan biri hisoblanadi. Ushbu maqolada aynan nano o'lchamdagi maydoniy tranzistorlarning o'z-o'zidan qizib ketishiga ta'sir qiluvchi omlillar birining ta'siri o'rganilgan.

Olib borilgan tadqiqotda kanal ko'ndalang kisimi yuzasi 126 nm^2 kvadrat (tomonlari 11,23nm) va doira (radiusi 6,34 nm) bo'lgan va zatvor bilan to'liq o'ralgan maydoniy tarnzistorning qizish temperaturasiga istok va stok sohalarining zatvor osti oksid bilan qoplanish darajasining ta'siri Sentaurus TCAD dasturida modellashtirib o'rganiladi.

Modellashtirish yordamida o'rganilayotgan zatvor bilan to'liq o'raglan maydoniy tranzistorni barcha geometrik parametrlari jumladan, har bir sohasining uzunligi, qo'llanilgan materiali va legirlanish darajasi 1-jadvalda keltirilgan.

1-jadval.

Soha nomlari	Soha materiali	Sohalarning legirlanish konsentratsiyasi [sm ⁻³]	Sohalarni uzunligi [nm]	Taqiqlangan zona kengligi [eV]	Sohalarni qalinligi [nm]
Istok	Si	5e19 (Fosfor)	30.8	1.12	12,68
Stok	Si	5e19 (Fosfor)	30.8	1.12	12,68
Zatvor	TiN	-	22	-	2
Kanal	Si	1e15 (Bor)	22	1.12	12,68
Zatvor osti oksid qatlam	HfO2	-	22	5.9	2

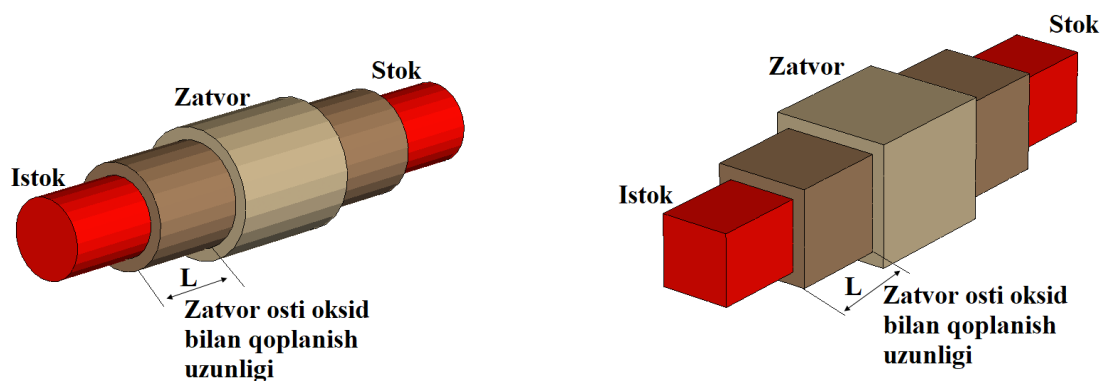
Tadqiq qilinayotgan maydoniy tranzistor [7]adabiyotda keltirilgan real tajribada o'rganilgan maydoniy tranzistor bilan ekvivalent qilib olingan. Modellashtirish yordamida tadqiq qilingan maydoniy tranzistorning o'tish volt-ampere xarakteristikasi (VAX) [7] adabiyotda keltirilgan real tajribada o'rganilgan maydoniy tranzistorning o'tish volt-ampere xarakteristikasi (VAX) bilan kalibrovka qilingan.

Kalibrovkalash jarayonida tok tashuvchilarning harakatchanligi uchun termodinamik, drift-diffusion, high-field saturation transport modellari hamda modellashtirilayotgan tranzistor nanometer masshtabda bo'lganligi uchun kvant effektlarni e'tiborga olib Quantum Potential korrektrivka qo'llanildi.

Modellashtirish orqali o'rganilayotgan kanal ko'ndalang kesim yuzasi doira va kvadrat bo'lgan nano o'lchamdagi zatvor bilan to'liq o'ralgan maydoniy tranzistorni istok va stok sohalarini zatvor osti oksid bilan qoplanish darajasi "1-rasm"da keltirilgan. Rasmda ko'rsatilgan L oksid qatlamning zatvor ostidan tashqaridagi uzunligi. Modellashtirishda zatvor kuchlanishi 1V istok-stok orasidagi kuchlanish esa 750mV qilib olingan.

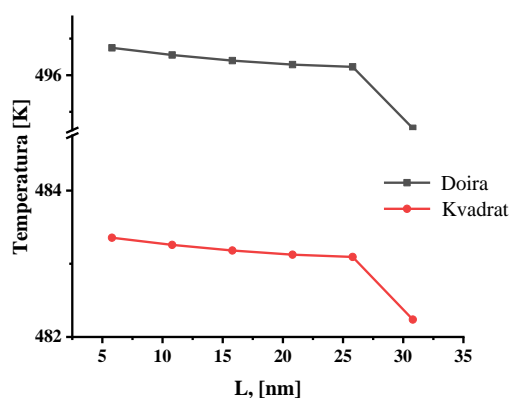
Modellashtirib tadqiq qilishda zatvor osti oksid qatlamining istok va stok sohalarining qoplash uzunligi L ning qiymati 5,8 nm dan 30,8 nm gacha 5nm qadam bilan oshirib borildi. Buning natijasida tranzistorning qizish temperaturasi va istok tokining to'yinish qiymati hisoblandi. Olingan natijalar "2-rasm" da keltirilgan.

Olingan natijalarni tahlil qilish shuni izohlaydiki, istok va stok sohalarni zatvor osti oksid bilan to'liq qoplanishi tranzistordan issiqlik atrofga tez tarqallishiga sabab bo'ladi. Buning natijasida uning qizish temperaturasini kamayadi.



1-rasm. Istok va stok sohalarining zatvor osti oksid bilan qoplanish darajasi

Kanal kesim yuzasi kvadrat bo'lgan tranzistor kanal kesim yuzasi doira bo'lgan tranzistorga nisbatan kamroq qizishiga sabab, yuzalari teng bo'lganda kvadratning perimetri doiraning perimetridan katta bo'ladi. Shuning uchun kanal kesim yuzasi kvadrat bo'lgan tranzistorda issiqlik tarqaluvchi yuz katta bo'ladi va issiqlik atrofga tez tarqaladi. Natijada qizish temperaturasi pasayadi.



2-rasm. Maydoniy tranzistorning qizish temperaturasini istok va stok sohalarining zatvor osti oksid bilan qoplanish uzunligiga bog'liqligi

ADABIYOTLAR

1. Moore More: International Roadmap for Devices and Systems (IRDS). https://irds.ieee.org/images/files/pdf/2017/2017IRDS_ES.pdf, 2017 (Accessed 09 March 2021).
2. Kim, Y-B., Challenges for Nanoscale MOSFETs and Emerging Nanoelectronics, *Trans. On Electronics and Electronic materials* 11 (2010) 93-105. <https://doi.org/10.4313/TEEM.2010.11.3.093>.
3. Colinge, J. P., Multiple-gate SOI MOSFETs, *Solid-state Electronics* 48 (2004) 897-905. <https://doi.org/10.1016/j.sse.2003.12.020>.
4. Colinge, J. P., Multiple-gate SOI MOSFETs, *Microelectronics Engineering* 84 (2007) 2071-2076. <https://doi.org/10.1016/j.mee.2007.04.038>.
5. Colinge, J. P., *FinFET and other multi-gate transistors*, In New York: Springer-Verlag. ISBN 978-0-387-71751-7

6. Jimenez, D., Jimenez, J. J. Saenz, Iniguez, B., Sune, J., Marsal, L. F., Pallares, J., Modeling nanoscale gate-all-around MOSFETs, IEEE Electron Device Letter 25(5) (2004) 314-316. <https://doi.org/10.1109/LED.2004.826526>.

7. S. Bangsaruntip, "Density scaling with gate-all-around silicon nanowire MOSFETs for the 10 nm node and beyond," in Proc. IEEE Electron Devices Meeting (IEDM), Washington, DC, USA, Dec. 2013, pp. 20.2.1–20.2.4

ТЕРМИЧЕСКИЕ ДИФФУЗИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ В ПОЛИКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ СЛОЯХ PbTe И PbSe

М.Х.Рахманкулов,

Ферганский государственный университет

Аннотация: В статье исследуется влияние термической диффузионные процессы обработки на в слоях халькогенида свинца.

Ключевые слова: халькогенид свинца, термообработка, кислородная среда, процесс диффузии, граница кристаллов, свободный поверхность.

Поликристаллические пленки PbTe толщиной 2 мкм получали на кварцевые и слюдяные подложки термическим испарением в вакууме $\sim 10^{-4}$ Па. Температуру испарителя ($T_{и}$) изменяли от 953 до 1073 К, а температуру подложки ($T_{п}$) от 393 до 473 К. Пленки получались исходно p-тип проводимости, которые после термоотжига на воздухе переходили в r-тип. Поликристаллические слои PbSe получались химическим осаждением из раствора, содержащего селеномочевину на кварцевые подложки. Фоточувствительность слоев измеряли непосредственно после осаждения и на тех же образцах после отжига на воздухе при $T_{отж} = 673$ К в течение 3 часов. Все исследованные образцы после осаждения заметной фоточувствительностью не обладали и только после высокотемпературного термоотжига стали фоточувствительными. Изменялись темновая проводимость (σ_T), отношение напряжения фотосигнала (U_c) к шуму ($U_{ш}$) и коэффициент термоэдс (α) до и после термической обработки (ТО) при температуре $T_{т} = 360 - 420$ К [1-5].

На рис. 13 и 14 приведены изменения (σ_T), α и (U_c)/($U_{ш}$) образцов от времени ТО при температуре $T_{т} = 330$ К (рис 14) и $T_{т} = 423$ К (рис 15) на воздухе, типичные для всех исследованных образцов. Из рис 13 и 14 видно, что при ТО характер изменений типичен для тех изменений, которые происходят в результате диффузионных процессов [6-8].

Обсуждение полученных экспериментальных результатов делим на два этапа: 1) термоотжиг пленок и появление фоточувствительности, 2) изменение свойств пленок при ТО.

Как было отмечено, халькогениды свинца очень чувствительны к присутствию кислорода или его комплексов. Поэтому появление фоточувствительности в пленках PbTe и PbSe при термоотжиге на воздухе связано с адсорбцией кислорода и поверхностным окислением. По данным рентгенофазового анализа, в фоточувствительных пленках PbTe наряду с основной фазой имеются и оксидные фазы: α - PbTe O_3 , Pb $_3$ O $_4$, Te O $_2$, а в пленках PbSe: Pb $_3$ O $_4$, PbSeO $_3$. Кроме оксидных фаз в поликристаллических пленках