

MONOKRISTALL KREMNIYDA RUX KIRISHMA ATOMLARI ISHTIROKIDA OLINGAN KOMPENSATSIYALANGAN NAMUNALARNING ELEKTROFIZIK VA FOTOELEKTRIK XOSSALARI

Nurulla Zikrillayev, Samandar Abduraxmonov, Bobir Isakov, G'iyosiddin Kushiyeu,
Shahzodbek Hamroqulov

Toshkent davlat texnika universiteti, Toshkent, 700095 O'zbekiston

email: samandarabdurahmonov00@gmail.com

<https://doi.org/10.5281/zenodo.10471026>

Kalit so'zlar: kremniy, rux, diffuziya, legirlash, kirishma, kompensatsiya.

Annotatsiya: Ushbu ishda, kirishma atomi sifatida Zn elementini n-tipli monokristall Si yarimo'tkazgich namunasiga diffuziya usulida kiritib, n-tipli va p-tipli solishtirma qarshiligi yuqori bo'lgan namunalar olishni ko'rib chiqamiz. Kremniy kristall panjarasiga rux kirishma atomlari diffuziya usuli yordamida kiritilib uning elektrofizik parametrlari xoll effekti yordamida o'rganildi. SiZn namunalarining IQ nurlarga sezgirliги past haroratda legirlangan namunalarnikiga qaraganda yuqori bo'ladi. Shunday qilib kremniyga legirlangan rux kirishma atomlari yordamida solishtirma qarshiligi ($2,3 \cdot 10^2$ - $1,85 \cdot 10^3$ om*sm) va fotoo'tkazuvchanligi yuqori bo'lgan yangi material olish mumkin.

KIRISH

O'z-o'zidan tebranish - bu namunaga davriy bo'lmagan tashqi qo'zg'atuvchi ta'sir berilganda davriy harakatni davom ettiradigan hodisa. Bunga atrofimizdan, yurak urishi, dengiz to'lqinlari va barglarning titrashi kabi bir nechta misollarni keltirishimiz mumkin. Namunalar energiya turli shakllari, masalan, issiqlik, yorug'lik va elektr maydon ta'sirida o'z-o'zidan tebranishlarni yaratishga imkon beradi, ular energiya ishlab chiqarish, avtonom ommaviy transport, qattiq jismlar generatorlar va o'ziyurar mikrorobotikada qo'llash uchun katta imkoniyatlarni namoyish etadi. Biroq, o'z-o'zidan tebranishlarning ko'pchiligi egilish deformatsiyasiga asoslanadi va shu bilan ularning amaliy qo'llanmalarda qo'llash imkoniyatlarini cheklaydi [1-4]. Lekin qattiq jismlar xususan yarimo'tkazgichlar asosidagi o'z-o'zidan tebranishlarda bunday kamchilik uchramaydi va ularni amaliy qo'llash imkoniyatlari cheklanmagan.

Yarimo'tkazgich materiallarda ma'lum termodinamik shart-sharoitlarda vujudga keladigan tokning avtotebranishi muhim ilmiy va amaliy ahamiyatga ega. Mualliflar tomonidan turli yarimo'tkazgich materiallar asosidagi tabiiy turli mexanizmlarga bog'liq bo'lgan, tokning avtotebranishlari o'rganilgan [5-8].

Kirishma atomlar (marganets, rux, selen, oltinugurt) bilan kompensatsiyalangan kremniyda vujudga keladigan tokni avtotebranishlarini har tomonlama va tizimli o'rganishlar natijasi shuni ko'rsatdiki, avtotebranishlarning termodinamik sharoitlarini boshqarib (elektr maydon kuchlanganligi, yoritilganlik, harorat va boshqalar), bitta namunada mexanizmi turli bo'lgan avtotebranishlarni vujudga keltirish mumkin bo'lar ekan. Ilmiy adabiyotlarning tahlili asosida, shu davrgacha birorta materialda tabiiy turli xil bo'lgan hamda mexanizmlari, parametrlari va vujudga kelish shartlari ham bir-biridan keskin farq qiladigan avtotebranishlar bir materialda kuzatilmagan. Shu sababli, kompensatsiyalangan kremniydagi turli xil avtotebranishlarni bir turdan boshqasiga o'tish jarayonlari va har bir turdagi avtotebranishlarning kuzatilishining chegaraviy qiymatlarini aniqlash fundamental va amaliy jihatdan katta qiziqish uyg'otadi. Nazariy jihatdan avtotebranish jarayonlarining mexanizmini tushuntirish yarim o'tkazgichlar fizikasida katta ahamiyatga ega bo'lsa, amaliy tarafdin kremniydagi avtotebranishlar asosida hozirda tubdan yangi bo'lgan qattiq jismlar generatorlarni hamda amplituda - chastotali chiqish signaliga ega bo'lgan tashqi tasirni sezuvchi ko'p funksiyali datchiklarni yaratish imkonini beradi [9-10]. Shuning uchun kremniyda avtotebranishlar hosil

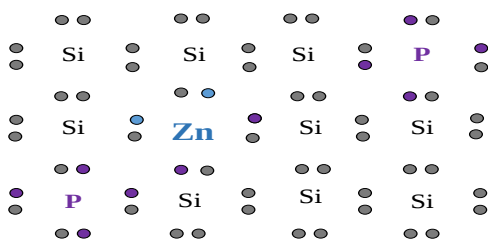
bo'lishi, namunaning solishtirma qarshiligi ya'ni kompensatsiyalangan namunalar olishga uzviy bog'liq.

TAJIRIBA NATIJALARI

Ushbu ishda, kirishma atomi sifatida Zn elementini n-tipli monokristall Si yarimo'tkazgich namunasiga diffuziya usulida kiritib, n-tipli va p-tipli solishtirma qarshiligi yuqori bo'lgan namunalar olishni ko'rib chiqamiz.

Sinov uchun boshlang'ich material sifatida n-tip Si ($\rho \approx 1 \text{ cm} \cdot \Omega$, $n \approx 5 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$), kirishma sifatida rux (II guruh) elementi tanlab olindi. Ma'lumki rux elementi kremniyda 2 ta akseptor energetik satxlar ($E_v=0.55$, $E_v=0.26$) hosil qiladi [11]. Shu sababli Zn elementi Si kristall panjarasida 3 xil holatda o'zini namoyon qiladi: 1– Zn^0 neytral ruh atomi; 2– Zn^{-1} ruh atomi bitta elektron qabul qilib manfiy zaryadlangan ion ko'rinishida; 3– Zn^{-2} ruh atomi 2ta elektron qabul qilib ikki karra manfiy zaryadlangan ion ko'rinishida.

Shunga ko'ra nazariy jihatdan bitta Zn atomi, ikkita P atomlaridagi kovalent bog'da qatnashmayotgan ortiqcha elektronlarni qabul qilib, to'lmay qolgan kovalent bog'larini to'ldiradi (1-rasm).



1-rasm. Zn kirishma atomlari bilan legirlangan kremniy kristall panjarasining sxematik ko'rinishi.

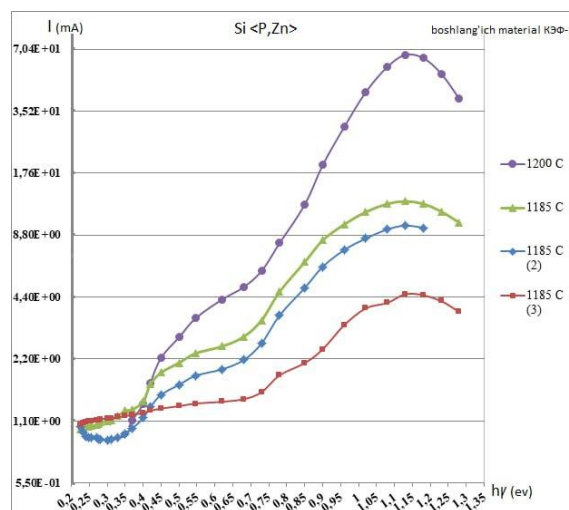
Olingan natijalar shuni kursatdiki kremniy hajmida mavjud bo'lgan zaryad tashuvchilar (fosfor atomining kovalent bog'lanishda qatnashmagan ortiqcha elektronlari) soni (konsentratsiyasi) Zn kirishma atomlarining to'lmay qolgan kovalent bog'larini to'ldirishi natijasida kamayadi va natijada namunaning qarshiligi ortadi. Bu holatda Zn kirishma atomlarini kremniy kristaiga kiritishda, diffuziya harorati va vaqti muhim omil hisoblanadi. Tajriba natijalaridan ma'lumki kremniy materialiga rux kirishma atomlarini uzoq vaqt mobaynida legirlanganda uning solishtirma qarshiligi va tashqi tasirga (yorug'likka) sezgirligi oshadi [12].

Kremniy kristall panjarasiga rux (Zn) kirishma atomlarini legirlashda $T=1150^\circ\text{C}-1200^\circ\text{C}$, yuqori harorat tanlab olindi. Bunga sabab Zn atomlarini kremniyga yuqori tezlikda kiritilganda uning elektrofizik xossalari kam o'rganilganligidir. Kremniy kristall panjarasiga rux kirishma atomlari diffuziya usuli yordamida kiritilib uning elektrofizik parametrlari xoll effekti yordamida o'rganildi 1-jadvalda.

1-jadval

T, t	ρ ($\Omega \cdot \text{cm}$)	n (cm^{-3})	μ (cm^2/Vs)	I_{TEM} (mA)	I_{OCB} (mA)
1200 C 30-min	227,9	$2.2 \cdot 10^{14}$	124.315	0,021	0,0934
1185 C 30-min	1858	$2.6 \cdot 10^{13}$	129.174	0,0214	0,0918
1175 C 30-min	953,5	$3.3 \cdot 10^{13}$	198.238	0.0221	0.0551
1150 C 30-min	536,271	$5.8 \cdot 10^{13}$	199.54	0,0541	0,0780

Olingan natijalar shuni ko'rsatadiki yuqori haroratda legirlangan SiZn namunalarining solishtirma qarshiligi past haroratda legirlangan SiZn namunalarinikiga yaqin bulsa ham, ularning yorug'likka sezgirligi sezilarli darajada yuqori bo'lgan. Tajriba jarayonida olingan SiZn namunalarini azot haroratgacha sovutish imkonini beruvchi maxsus kriostat bilan jihozlangan IKS-21 spektrometrida fotoo'tkazuvchanlikning spektral bog'liqligi o'rganildi (1-rasm).



1-rasm. SiZn namunalari fotoo'tkazuvchanligining spektral bog'liqlik grafigi ($T=77K$).

XULOSA

Olingan natijalar taglili shuni ko'rsatadiki rux kirishma atomlari kremniy kristal panjarasiga legirlanganda uning fotosezgiligi sezilari oshgan yani yuqori haroratdagi diffuziya jarayonida olingan SiZn namunalarning IQ nurlarga sezgirliги past haroratda legirlangan namunalarnikiga qaraganda yuqori bo'ladi. Shunday qilib kremniyga legirlangan rux kirishma atomlari yordamida solishtirma qarshiligi ($2,3 \cdot 10^2 - 1,85 \cdot 10^3 \text{ om} \cdot \text{sm}$) va fotoo'tkazuvchanligi yuqori bo'lgan yangi material olish mumkin. Hamda ular asosida elektronika va optoelektronika sohasi uchun turli datchik va optik qurilmalar yaratish imkoniyati mavjud bo'ladi.

ADABIYOTLAR

- Hao Zeng, Markus Lahikainen, Li Liu, Zafar Ahmed, Owies M. Wani, Meng Wang, Hong Yang & Arri Priimagi Light-fuelled freestyle self-oscillators *Nature communications* (2019) 10:5057 <https://doi.org/10.1038/s41467-019-13077-6>
- M. K. Bakhadirkanov, N. F. Zikrillayev, K. S. Ayupov, D. T. Bobonov, F. A. Kadirova, and N. Il'khomzhonov Spectral Range of Current Self-Oscillation in Manganese-Doped Silicon *Technical Physics*, 2006, Vol. 51, No. 9, pp. 1235–1236
- N.F. Zikrillayev, G.A. Kushiev, S.B. Isamov, B.A. Abdurakhmanov, O.B. Tursunov. Photovoltaic Properties of Silicon Doped with Manganese and Germanium. *J. NANO- ELECTRON. PHYS.* 15 №1, 01021 2023.
- N.F. Zikrillayev, G.A. Kushiev, Sh.I. Hamrokulov, Y.A. Abduganiev "Optical Properties of $\text{Ge}_x\text{Si}_{1-x}$ binary compounds in silicon" *Journal of nano- and electronic physics*, Vol. 15, No. 3, pp. 03024-1 - 03024-4, 2023.
- X.M. Iliyev, S.B. Isamov, B.O. Isakov, U.X. Qurbonova, and S.A. Abduraxmonov, "A surface study of Si doped simultaneously with Ga and Sb," *East Eur. J. Phys.* 3, 303, 2023.
- Iliyev, V.B. Odzhaev, S.B. Isamov, B.O. Isakov, B.K. Ismaylov, K.S. Ayupov, S.I. Hamrokulov, and S.O. Khasanbaeva, "X-ray diffraction and raman spectroscopy analyses of GaSb-enriched Si surface formed by applying diffusion doping technique," *East Eur. J. Phys.* 3, 363 (2023).
- Iliyev, X., Xudoynazarov, Z., Isakov, B., Uralbayev, X. and Kushiev, G., 2023. IMPURITY OF ATOMS OF MANGANESE DIFFUSION BY OUTSIDE ELECTRIC FIELD INTO SILICON. *Science and innovation*, 2(A8), pp.107-111
- B Isakov, Z Xudoynazarov, G Kushiev, A Sattorov, F Abduqahhorov, 2023. THERMODYNAMIC CONDITIONS FOR THE FORMATION OF GaSb BINARY COMPOUND IN Si SAMPLE. *Science and innovation*, 2(A10), pp.29-34.
- N.F. Zikrillayev, G.A. Kushiev, S.V. Koveshnikov, B.A. Abdurakhmanov, U.Kh. Kurbanova, and A.A. Sattorov, "Current status of silicon studies with $\text{Ge}_x\text{Si}_{1-x}$ binary compounds and possibilities of their applications in electronics" *East European journal of physics*, No. 3, pp. 334-339, 2023.
- S Hamrokulov, G Kushiev, B Isakov, Z Umarkhodjaeva DIGITAL MICROSCOPE Analysis of chemically cleaned silicon surface *Science and innovation*, 2023. T.2 №5 Pp.138-142
- Абдурахманов Б.А., Исамов С.Б., Кушиев Г.А. Автоматизированная установка определения параметров полупроводников методом Ван Дер Пау. *Приборы*, 2022 №2. С.14-18. I
- N. F. Zikrillayev, O. B. Tursunov, G. A. Kushiev. "Development and Creation of a New Class of Graded-Gap Structures Based on Silicon with the Participation of Zn and Se Atoms". *ISSN 1068-3755, Surface Engineering and Applied Electrochemistry*, Vol. 59, No. 5, pp. 670–673. © Allerton Press, Inc., 2023