

**pSi-p(Si<sub>2</sub>)<sub>1-x-y</sub>-(Ge<sub>2</sub>)<sub>x</sub>-(GaAs)<sub>y</sub> ҚАТТИҚ ҚОРИШМАСИДА  
ТЕРМОВОЛТАИК ЭФФЕКТ****А.С. Саидов**

ЎзФА “Физика-Техника” институти

**С.О. Садуллаев**

“ТИҚХММИ” миллий тадқиқот университети

**Абстракт.** Ўтказувчанлиги р-тип бўлган Si тагликка суюқ фазали эпитаксия усули билан ўстирилган pSi-p(Si<sub>2</sub>)<sub>1-x-y</sub>-(Ge<sub>2</sub>)<sub>x</sub>-(GaAs)<sub>y</sub> қаттиқ қоришмаларида термоволтаик эффект биринчи марта ўрганилди. Намунанинг температурасини 30 °C дан 150 °C гача қиздирилганда, намунада қиздириш натижасида ҳосил бўлган термик кучланиш 0.149 - 0.271 мВ ва ток кучи еса 0.2 – 7.4 мкА бўлиши аниқланди.

**Keywords:** термоволтаик эффект, суюқ фазали эпитаксия, қаттиқ қоришма, ЭЮК, концентрация градиенти

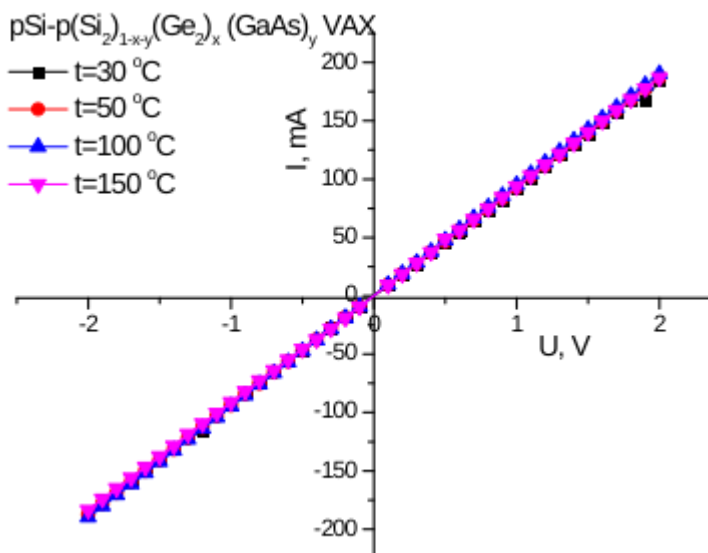
**Кириш.** Техника шиддат билан ривожланаётган ҳозирги даврда электр энергиясига бўлган талаб кун сайин ошиб бормоқда. Бу эса арзон ва экологик тоза энергия манбаларини излаб топишни талаб қилади. Атроф муҳитга сочилаётган иссиқлик энергиясидан фойдаланиб электр энергиясини олиш муҳим аҳамиятга эга. Ташқи ҳарорат градиенти бўлмаганда (икки яримўтказгич ёки металл ўтказгичлар ўртасида ҳарорат градиентини яратишни талаб қиладиган аъъанавий Зеебек эффектидан фарқли ўлароқ) электрюритувчи кучнинг (ЭЮК) ҳосил бўлиши - термоволтаик эффектдир [1]. Яримўтказгич қурилмаларда термоволтаик эффектдан фойдаланиб иссиқлик энергиясини электр энергиясига айлантириш қулай ҳисобланади. Шунинг учун бугунги кунда юқори кучланишга эга бўлган янги термоволтаик материалларни олиш долзарб масалаларидан биридир.

Бу эффект биринчи бўлиб SmS яримўтказгич материалда аниқланган ҳамда кўплаб изланишлар олиб борилган [2-6], ундан кейин бу эффект ZnO бирикмасида [7], Si ва Ge қаттиқ қоришмасида [8], Se<sub>2</sub>S<sub>3</sub> яримўтказгич бирикмасида [9] ва бошқа кўплаб яримўтказгич материалларда ҳам худди шундай эффект кузатилган [10-12]. Адабиётлар таҳлили шуни кўрсатадики, SmS ва ZnO намуналарида фақат ЭЮК пайдо бўлиши кўрсатилган бўлиб, пайдо бўладиган термик ток ҳақида маълумотлар келтирилмаган. Чохралский усулида ўстирилган оддий омик контактли n-InP-Te ҳамда n-GaAs-Sn каби намуналарни бир хил қиздириш натижасида термик ток пайдо бўлиши аниқланган [13,14]. Бу эса термоэлементнинг қувватини баҳолашда муҳим катталиқ ҳисобланади.

Ушбу илмий мақола pSi-p(Si<sub>2</sub>)<sub>1-x-y</sub>-(Ge<sub>2</sub>)<sub>x</sub>-(GaAs)<sub>y</sub> асосидаги қаттиқ қоришмаларида термоволтаик эффектни тадқиқ қилишга бағишланган.

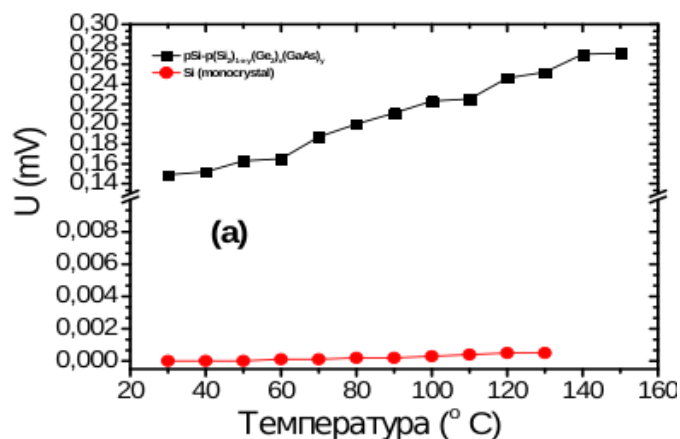
**Резултатлар ва унинг муҳокамаси.** Олинган омик контактларнинг турли ҳароратларда вольт-ампер характеристикаси (ВАХ) ўлчанди (3-расм). 3-

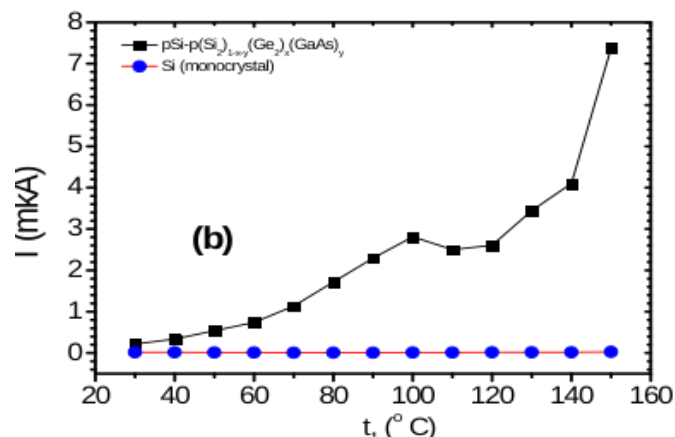
расмдан кўринадики олинган контактлар чизиқли омик характерга ега ва тадқиқотлар юқори ҳароратларда ҳам ўтказилишини инобатга олиб контактлар 150°C ҳароратгача текшириб кўрилди. Олинган контактлар намунага яхши адгезия бўлган 150°C ҳароратда ҳам ўз стабиллигини кўрсатди.



3-расм. Температурага боғлиқ ҳолдаги ВАХ

Экспериментал ўлчашлар вакуумда қоронғу ҳолда олиб борилди. Махсус қурилмада намунани бир хил иситиш вақтида ундаги электр токи ва кучланиш қийматлари 30 – 150 °C оралиқда ўлчаб олинди. 4-расмдан кўринадики ҳарорат ошиши билан U, I ортиб бориши кузатилди ва унинг қийматлари Si монокристалнинг ўлчанган қийматлари билан солиштириб кўрилди (4а, б -расм). 433K да ҳосил бўлган кучланиш 0.271 мВ қийматга ва ток зичлиги еса 7,4 мкА/см<sup>2</sup> ни ташкил қилди. Текширилган намунадаги ток зичлиги n-типли кремний тағлиқка ўстирилган p(Si<sub>2</sub>)<sub>1-x-y</sub>-(Ge<sub>2</sub>)<sub>x</sub>-(GaAs)<sub>y</sub> қаттиқ қоришмасида ҳосил бўлган токнинг қийматидан катта эканлигини кўриш мумкин [15].





4-расм. Кучланишнинг температурага боғлиги (а) ва ток кучининг температурага боғлиги (б).

Натижаларимизни бошқа ишда [8] кўриб ўтилган Si<sub>1-x</sub>-Ge<sub>x</sub> қаттиқ қоришмаси билан солиштирганда ток кучининг 10<sup>3</sup> марта катта эканлигини кўришимиз мумкин.

Намунанинг қалинлиги бўйича таркибининг (Енергетик зонаси) ўзгариши туфайли бу қатламда электр майдон пайдо бўлади. Намунада ҳарорат градиенти йўқ еди ва бир хилда иситилганди. Намуна қизиши натижасида ҳосил бўлувчи заряд ташувчиларнинг ўзгариши ва концентрация градиенти (dn/dx) туфайли электр тоқининг оқими пайдо бўлади [15]. Термоволтаик эффект натижасида электр тоқини ҳосил қилиш механизми бўйича қилинган изланишлар бу тадқиқотларни янада чуқурроқ ўрганиш кераклигини кўрсатади. Шунини такидлаш жоизки, иссиқлик энергиясини электр энергиясига айлантириш соҳасида келажакда термоволтаик эффект истиқболли соҳалардан бири бўлиши мумкин.

**Хулоса.** Биринчи марта намуна pSi-p(Si<sub>2</sub>)<sub>1-x-y</sub>-(Ge<sub>2</sub>)<sub>x</sub>-(GaAs)<sub>y</sub> қаттиқ қоришмасида термоволтаик эффект ўрганилди. Ўлчанган натижалар моноқристал Si намунасининг термоволтаик хусусиятлари билан солиштирилганда pSi-p(Si<sub>2</sub>)<sub>1-x-y</sub>-(Ge<sub>2</sub>)<sub>x</sub>-(GaAs)<sub>y</sub> намунасида ток ва кучланишнинг қийматлари юқори эканлиги аниқланди. Si<sub>1-x</sub>-Ge<sub>x</sub> материали билан солиштирганда ток кучининг 10<sup>3</sup> га ҳамда n-типли Si тағлиқка ўстирилган p(Si<sub>2</sub>)<sub>1-x-y</sub>-(Ge<sub>2</sub>)<sub>x</sub>-(GaAs)<sub>y</sub> билан солиштирганда ток зичлигининг 6 марта катта эканлиги аниқланди.

**Acknowledgments.** This work was financially supported on the basis of the fundamental research program of the Uzbekistan Academy of Sciences on the topic "Photovoltaic, thermal-voltaic, photo-thermal-voltaic and radiative effects in two and multicomponent semiconductor solid solutions with nanocrystals, obtained on silicon substrates from the liquid phase".

**References**

1. M. Turkiewicz et al. "Thermovoltic Effect in a Multilayer Junction Structure with an Oxide Insulation Barrie" Acta Polytechnica Hungarica Vol. 17, No. 9, 2020.

2. M. M. Kazanin, V. V. Kaminskii, and S. M. Solov'ev, *Tech. Phys.* 45 (5), 659 (2000).
3. V. V. Kaminskii and S. M. Solov'ev, *Phys. Solid State* 43, 439 (2001).
4. V. V. Kaminskii and M. M. Kazanin, *Tech. Phys. Lett.* 34 (4), 361 (2008).
5. V. M. Egorov, V. V. Kaminskii, M. M. Kazanin, S. M. Solov'ev, and A. V. Golubkov, *Tech. Phys. Lett.* 39 (7), 650 (2013).
6. V. M. Egorov, V. V. Kaminskii, M. M. Kazanin, S. M. Solov'ev, and A. V. Golubkov, *Tech. Phys. Lett.* 41 (4), 381 (2015).
- I. A. Pronin, I. A. Averin, A. S. Bozhinova, A. Ts. Georgieva, D. Ts. Dimitrov, A. A. Karmanov, V. A. Moshnikov, K. I. Papazova, E. I. Terukov, and N. D. Yakushova, *Tech. Phys. Lett.* 41, 930 (2015).
- A. S. Saidov, A. Yu. Leiderman, and A. B. Karshiev, *Tech. Phys. Lett.* 42, 725 (2016).
7. V.V. Kaminskii, S.M. Solov'ev, N.V. Sharenkova, Shinji Hirai, Yohei Kubota, *Technical Physics Letters*, 2018, Vol. 44, No. 12, pp. 1087–1088.
- A. S. Saidov, *Altern. Energ. Ecol. (Int. Sci. J. Altern. Energy Ecol.)*, No. 3, 22 (2010).
- A. S. Saidov, A. Yu. Leiderman, and Sh. T. Manshurov, *Altern. Energ. Ecol. (Int. Sci. J. Altern. Energy Ecol.)*, No. 5, 27 (2011).
- A. S. Saidov, A. Yu. Leiderman, R. A. Ayukhanov, Sh. T. Manshurov, and A. A. Abakumov, *Altern. Energ. Ecol. (Int. Sci. J. Altern. Energy Ecol.)*, No. 4, 42 (2012).
- A. Leyderman, A. Saidov, M. Khashaev, and U. Rahmonov, *J. Mater. Sci. Res.* 2 (2), 14 (2013).
- A. Yu. Leiderman, A. S. Saidov, M. M. Khashaev, and U. Kh. Rakhmonov, *Altern. Energ. Ecol. (Int. Sci. J. Altern. Energy Ecol.)*, No. 7, 55 (2015).
8. А.С. Саидов, Ш.Н. Усмонов, У.Х. Рахмонов, У. Ахмедов фото- и тепловольтаические свойства  $\text{NSi-p}(\text{Si}_2)_{1-x-y}(\text{Ge}_2)_x(\text{GaAs})_y$  структур. Материалы конференции, «использование возобновляемых источников энергии: новые исследования, технологии и инновационные подходы», 25-26 сентября Ташкент 2018 г., pp-231-234.