

3-14-2019

DEPENDENCE OF THE SIZE OF THE THERMOELECTRIC EFFECT IN THE VARIATION SOLID SOLUTION $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ ($0 \leq x \leq 1$) ON THE CONTENT OF GERMANIUM (Ge 100%, 100% ÷ 55%, 100% ÷ 20%).

Amin Safarbaevich Saidov

Physico-technical institute NPO "Physics-Solntse", dada@uzsci.net

Abduvohid Berkinovich Karshiev

Physico-technical institute NPO "Physics-Solntse"

Ibroxim Turdibekov

Samarkand State Architectural and Construction Institute

Shaxriddin Xolmurodov

Gulistan State University

Follow this and additional works at: <https://uzjournals.edu.uz/gulduvestnik>

 Part of the [Higher Education Administration Commons](#)

Recommended Citation

Saidov, Amin Safarbaevich; Karshiev, Abduvohid Berkinovich; Turdibekov, Ibroxim; and Xolmurodov, Shaxriddin (2019) "DEPENDENCE OF THE SIZE OF THE THERMOELECTRIC EFFECT IN THE VARIATION SOLID SOLUTION $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ ($0 \leq x \leq 1$) ON THE CONTENT OF GERMANIUM (Ge 100%, 100% ÷ 55%, 100% ÷ 20%).," *Bulletin of Gulistan State University*. Vol. 2020 : Iss. 1 , Article 17.

Available at: <https://uzjournals.edu.uz/gulduvestnik/vol2020/iss1/17>

This Article is brought to you for free and open access by 2030 Uzbekistan Research Online. It has been accepted for inclusion in Bulletin of Gulistan State University by an authorized editor of 2030 Uzbekistan Research Online. For more information, please contact sh.erkinov@edu.uz.

Fizika

УДК 666.3.017

**DEPENDENCE OF THE SIZE OF THE THERMOELECTRIC EFFECT IN THE VARIATION
SOLID SOLUTION $Si_{1-x}Ge_x$ ($0 \leq x \leq 1$) ON THE CONTENT OF GERMANIUM (Ge 100%, 100%
÷ 55%, 100% ÷ 20%).**

ТЕРМОЭЛЕКТРИК ЭФФЕКТ КАТТАЛИГИНИНГ $Si_{1-x}Ge_x$ ($0 \leq x \leq 1$) ВАРИЗОН ҚАТТИҚ
АРАЛАШМАСИ ТАРКИБИДАГИ ГЕРМАНИЙГА (Ge 100%, 100%÷55%, 100%÷20%)
БОҒЛИҚЛИГИ

ЗАВИСИМОСТЬ ВЕЛИЧИНЫ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА В ВАРИЗОННОМ
ТВЕРДОМ РАСТВОРЕ $Si_{1-x}Ge_x$ ($0 \leq x \leq 1$) ОТ СОДЕРЖАНИЯ ГЕРМАНИИ (Ge 100%,
100%÷55%, 100%÷20%).

¹Саидов Амин Сафарбаевич, ¹Каршиев Абдувохид Беркинович, ²Турдибеков Иброхим,
³Холмуродов Шахриддин.

¹Физико-технический институт НПО «Физика-Солнце» АН РУз., 100084, г.Ташкент
ул. Ч.Айтматова, 2^Б.

²Самаркандский государственный архитектурно-строительный институт, 140140, г.Самарканд,
улица Лолазор, 70.

³Гулистанский государственный университет, 120100, г. Гулистан, 4-й микрорайон.

E-mail: dada@uzsci.net

Abstract

For the first time, a thermoelectric effect was observed in a graded-gap continuous $Si_{1-x}Ge_x$ solid solution ($0 \leq x \leq 1$). The graded-gap $Si_{1-x}Ge_x$ solid solution ($0 \leq x \leq 1$) was grown from a limited volume of the Sn-Si-Ge melt solution by liquid-phase epitaxy on n-type silicon substrates with an orientation of <111> in the temperature range 1000 ÷ 750⁰C. Samples with dimensions were made from the obtained materials: length - 8mm; width - 5 mm. Solid solution films grown on substrates with an orientation of <111> had a single-crystal character. Ohmic contacts were made to the obtained structures by sputtering silver. On each film of the solid solution, 2 contacts with an area of 2 × 1 mm² were deposited. The obtained samples were subjected to uniform heating in vacuum. In the temperature range 40–250 ° C, with uniform heating in the heterostructures, a voltage of 0.3 mV and a current of 3.5 nA appeared, and after an oblique section of the film of the heterostructure was carried out, a voltage of 1.6 mV and a current of 16 nA were generated.

Keywords: solid solution, epitaxial layer, liquid phase, energy level, silicon molecule, semiconductor.

Аннотация

Таъқиқланган зонаси ўзгарувчан узлуксиз қаттиқ қоришма $Si_{1-x}Ge_x$ ($0 \leq x \leq 1$) да илк маротаба термоэлектрик эффекти кузатилди. Таъқиқланган зонаси ўзгарувчан узлуксиз қаттиқ қоришма $Si_{1-x}Ge_x$ ($0 \leq x \leq 1$) суюқ фазадан чекланган ҳажмдаги Sn-Si-Ge эритма-қоришмадан n-тип ўтказувчан ориентацияси <111> бўлган кремний тагликларга 1000÷750⁰С температура диапазонида ўстирилди. Олинган материаллардан узунлиги – 8мм, эни-5мм ўлчамдаги намуналар тайёрланди. Ориентацияси <111> бўлган кремний тагликларга ўстирилган қаттиқ қоришма қатламлари монокристаллардир. Қаттиқ қоришманинг ҳар бир қатламига кумуш учирлиш йўли билан омик контактлар қилинди. Олинган намуналар вакуумда биржинслик

киздирилди. Гетеротаркиблар $40 \div 250$ °С температура дапазонида биржинсли киздирилганида $0,3$ mV кучланиш ва $3,5$ nA ток кучи пайдо бўлди, гетеротаркиблар пленкалари қия сайқаллангандан кейин эса $1,6$ mV кучланиш ва 16 nA ток кучи юзага келди.

Калит сўзлар: қаттиқ қоришма, эпитаксиал қатлам, суюқ фаза, энергетик сатх, кремний молекуласи, ярим ўтказгич.

Одним из интереснейших новых эффектов был эффект возникновения ЭДС при однородном нагреве материалов на основе моносulfида самария SmS [1-3]. В работе [4] сообщается о наблюдении подобного же эффекта возникновения термоЭДС при однородном нагревании оксида цинка ZnO, неоднородно легированного примесями с переменной валентностью. Сходные эффекты для совершенно других материалов в последние годы наблюдались в ФТИ АН РУз. В работах [5-7] сообщалось о возникновении ЭДС и тока при однородном нагреве образцов с простыми омическими контактами, изготовленных из поликристаллического кремния, полученного многократной переплавкой технического кремния на открытом воздухе в солнечной печи. Подобный же эффект, т.е. возникновение ЭДС и тока при однородном нагревании образцов с простыми омическими контактами, изготовленных из полупроводников группы $A^{III}B^V$, обладающих n-типом проводимости и выращенных по методу Чохральского, описан в [8,9]. Следует особо подчеркнуть, что в последних двух случаях, т.е. в «солнечном» кремнии и n-полупроводниках типа $A^{III}B^V$, наблюдалась генерация и тока, и напряжения, в то время как в SmS и ZnO – только ЭДС, т.е. генерировалось только напряжение. Это явление представляется весьма интересным для развития таких областей технической физики как сенсорики и разработка мемристоров.

Цель данной работы – рассказать о наблюдении термоэлектрического эффекта в пленке варизонного твердого раствора $Si_{1-x}Ge_x$ ($0 \leq x \leq 1$) и о зависимости этого эффекта от содержания германии.

Материал и методы

Варизонный твердый раствор $Si_{1-x}Ge_x$ ($0 \leq x \leq 1$) выращивался из ограниченного объема раствора-расплава Sn-Si-Ge методом жидкофазной эпитаксии на кремниевых подложках n-типа проводимости с ориентацией $\langle 111 \rangle$ в температурном диапазоне $1000 \div 750$ °С. Из полученных материалов были изготовлены образцы с размерами: длина – 8mm; ширина – 5 mm. Пленки твердого раствора, выращенные на подложках с ориентацией $\langle 111 \rangle$, имели монокристаллический характер. После этого к полученным структурам напылением серебра изготавливались омические контакты. На каждую пленку твердого раствора наносилось 2 контакта площадью $2 \times 1 \text{ mm}^2$. Схема исследуемых образцов показана на рис.1. Толщина подложки $d_1=400$ mkm, а толщина варизонной пленки $d_2=90$ mkm. Полученные образцы подвергались однородному нагреву в вакууме.

Полученные результаты и их анализ

Варизонные полупроводники - это полупроводники с переменной шириной запрещенной зоны, т.е. с её зависимостью от длины образца $Eg(x)$. Структуры на основе таких полупроводников стали предметом изучения ещё в 80-ые годы прошлого века. В первую очередь, это работы, выполненные в ФТИ им А.Ф.Иоффе РАН под руководством Ж.И.Алферова, на основе гетеропереходов GaAs-AlGaAs[10]. Используемый в данной работе метод жидкофазной эпитаксии позволяет получать материалы с переменной концентрацией второго компонента и, соответственно, с переменной шириной запрещенной зоны в широком диапазоне.

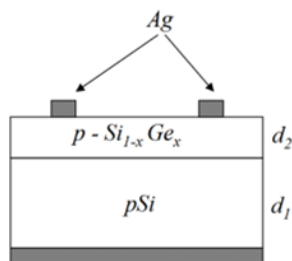


Рис.1.Схема исследуемой гетероструктуры n-Si-pSi_{1-x}Ge_x (0≤x≤1) d₁= 400 мкм, d₂=90 мкм.

Итак, полученные гетероструктуры n-Si-p-Si_{1-x}Ge_x изготовленные на основе пленок твердого раствора Si_{1-x}Ge_x, обладающего сильной варизонностью, подвергались однородному нагреву в вакууме. Проведенные исследования показали, что даже при небольшом увеличении температуры в этих образцах генерируются токи и напряжения, которые фиксируются аппаратурой, подключаемой между двумя омическими контактами, расположенными на поверхности варизонного твердого раствора (см. рис. 2 и 3).

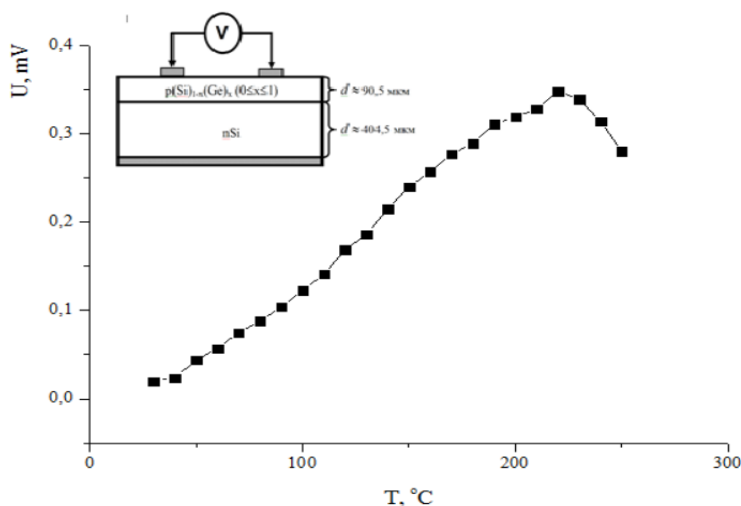


Рис. 2. Температурная зависимость напряжения, возникающего в варизонной пленке p – Si_{1-x}Ge_x (0≤x≤1) с простыми омическими контактами, изготовленной на подложке из n – Si с ориентацией (111).

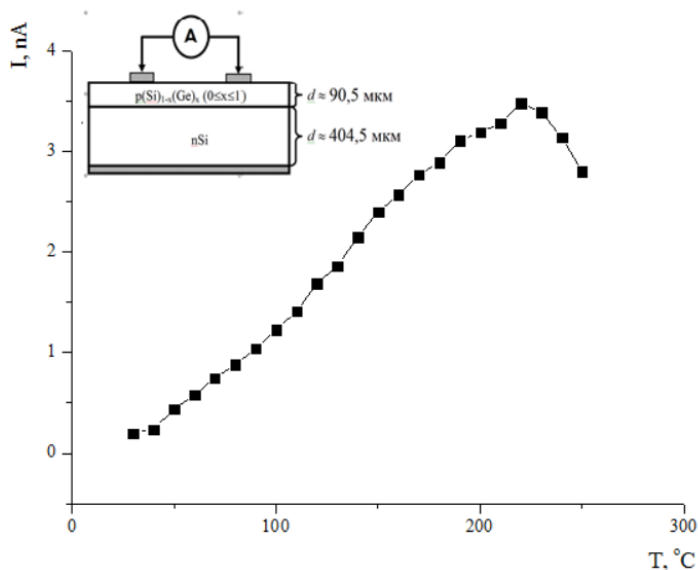


Рис. 3. Температурная зависимость тока, возникающего в варизонной пленке p-Si_{1-x}Ge_x (0≤x≤1) с простыми омическими контактами, изготовленной на подложке из n-Si с ориентацией (111).

Как видно из рис.2 и рис.3, варизонные пленки $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ ($0 \leq x \leq 1$) и изготовленные на их основе гетероструктуры $n\text{-Si-p-Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ генерируют напряжение и ток.

Далее для того, чтобы получить доступ к точкам с различным содержанием германия, мы проводили косой шлиф пленки твердого раствора. После этого к косой поверхности пленки напылением серебра изготавливались 3 омических контакта с размерами $2 \times 1 \text{ мм}^2$ (рис.4).

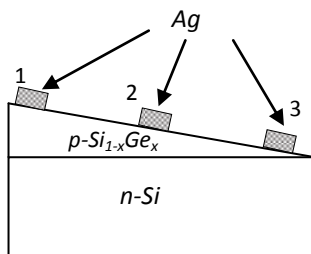
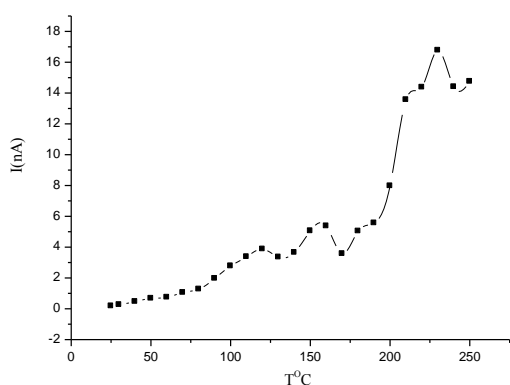


Рис.4. Схема исследуемой косой пленки $p\text{-Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ ($0 \leq x \leq 1$). 1,2,3 – контакты из серебра, причем у контакта 1 – в твердом растворе почти 100% Ge, у контакта 2 – 55% Ge, а у контакта 3 – 20% Ge.

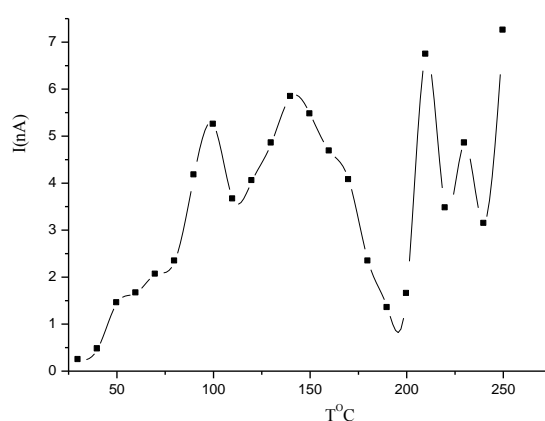
Проводилось однородное нагревание исследуемой структуры в вакууме при различном сочетании контактов – либо 1-3, либо 1-2. Результаты появившихся при этом термостимулированных токов и напряжений представлены на рис. 2 а и в и 3 а и в. Из рис. 2 и 3 видно, что величина генерируемых при однородном нагревании токов и напряжений, сильно зависит от положения контактов, т.е. от состава пленки по толщине образца.

Проведенные исследования показывают, что;

1. в пленке твердого раствора $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ ($0 \leq x \leq 1$) с простыми омическими контактами при однородном нагреве генерируются ток 3,5 нА и напряжение 0,3 мВ
2. в косой пленке твердого раствора $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ ($0 \leq x \leq 1$) с простыми омическими контактами при однородном нагреве генерируются ток 16 нА и напряжение 1,6 мВ
3. чем больше варизонность пленки, тем больше величина термовольтаического эффекта.



а)



б)

Рис.5. Температурные зависимости токов, возникающих в варизонной пленке $p\text{-Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ ($0 \leq x \leq 1$) с простыми омическими контактами: 1-3 (а) и 1-2 (б).

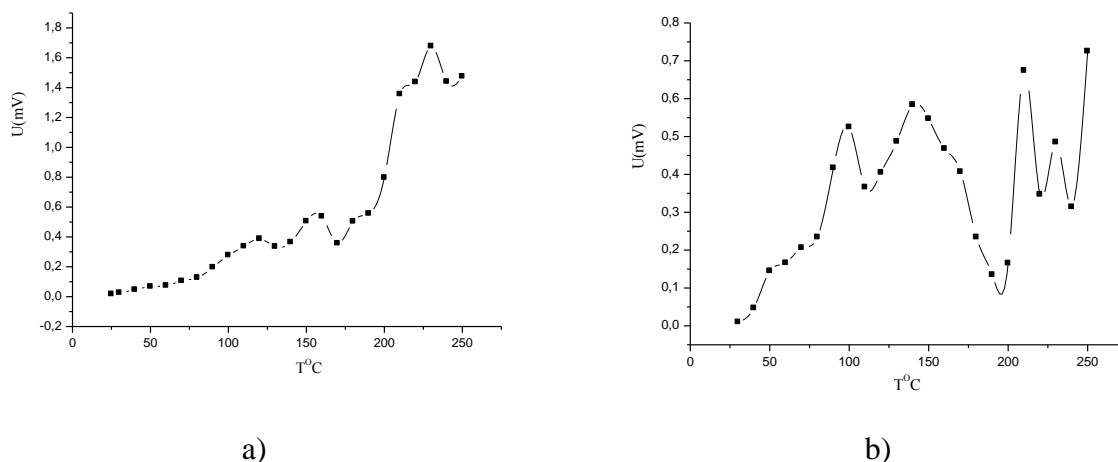


Рис.6. Температурные зависимости напряжений, возникающих в варизонной пленке p-Si1-xGex(0≤x≤1) с простыми омическими контактами: 1-3 (а) и 1-2 (б).

Список литературы

1. Казанин М.М., Каминский В.В., Соловьев С.М.// Письма в ЖТФ. 2000.Т.70.В.5.-С. 136-138.
2. Каминский В.В., Соловьев С.М.// ФТТ. 2001.Т.43.В.3.-С. 423-426.
3. Каминский В.В., Казанин М.М.//Письма в ЖТФ. 2008.Т.34.В.8.-С. 92-94.
4. Пронин И.А., Аверин И.А., Божинова А.С., Георгиева А.Ц., Димитров Д.Ц., Карманов А.А., Мошников В.А., Папазова К.И., Теруков Е.И., Якушова Н.Д. //Письма в ЖТФ. 2015.Т.41.В.19.-С. 23-29.
5. Саидов А.С.// Альтернативная энергетика и экология (International Scientific Journal for Alternative Energy and Ecology) 2010.В.3(83).-С.22-25.
6. Саидов А.С., Лейдерман А.Ю., Маншуров Ш.Т.// Альтернативная энергетика и экология (International Scientific Journal for Alternative Energy and Ecology) 2011.В.5(97).-С.27-33.
7. Саидов А.С., Лейдерман А.Ю., Аюханов Р.А., Маншуров Ш.Т., Абакумов А.А.// Альтернативная энергетика и экология (International Scientific Journal for Alternative Energy and Ecology), 2012.В.4(108).-С.42-47.
8. Leyderman A., Saidov A., Khashaev M., Rahmonov U.// Journal of Materials Science Research. 2013.Vol.2,N2.- P.14-21.
9. Лейдерман А.Ю., Саидов А.С., Хашаев М.М., Рахмонов У.Х.// Альтернативная энергетика и экология (International Scientific Journal for Alternative Energy and Ecology) 2015.В.7(171).-С.55-69.
10. Алфёров Ж.И., Андреев В.М., Корольков В.И., Третьяков Д.И., Тучкевич В.М. //ФТП.1967.Т.1.В.10.-С.1579-1581.

References:

1. Kazanin M.M., Kaminskiy V.V., Solovev S.M.// Pisma v JTF. 2000.T.70.V.5.- S. 136-138.
2. Kaminskiy V.V., Solovev S.M.// FTT. 2001.T.43.V.3.-S. 423-426.
3. Kaminskiy V.V., Kazanin M.M.//Pisma v JTF. 2008.T.34.V.8.-S. 92-94.
4. Pronin I.A., Averin I.A., Bojinova A.S., Georgieva A.Ts., Dimitrov D.Ts., Karmanov A.A., Moshnikov V.A., Papazova K.I., Terukov E.I., Yakushova N.D. //Pisma v JTF. 2015.T.41.V.19.-S. 23-29.
5. Saidov A.S.// Alternativnaya energetika i ekologiya (International Scientific Journal for Alternative Energy and Ecology) 2010.V.3(83).-S.22-25.
6. Saidov A.S., Leyderman A.Yu., Manshurov Sh.T.// Alternativnaya energetika i ekologiya (International Scientific Journal for Alternative Energy and Ecology) 2011.V.5(97).-S.27-33.
7. Saidov A.S., Leyderman A.Yu., Ayuxanov R.A., Manshurov Sh.T., Abakumov A.A.// Alternativnaya energetika i ekologiya (International Scientific Journal for Alternative Energy and Ecology) 2012.V.4(108).-S.42-47.
8. Leyderman A., Saidov A., Khashaev M., Rahmonov U. // Journal of Materials Science Research. 2013.Vol.2,N2/P-14-21.
9. Leyderman A.Yu., Saidov A.S., Xashaev M.M., Raxmonov U.X.// Alternativnaya energetika i ekologiya (International Scientific Journal for Alternative Energy and Ecology) 2015.V.7(171).-S.55-69.
10. Alfeyorov J.I., Andreev V.M., Korolkov V.I., Tretyakov D.I., Tuchkevich V.M. //FTP.1967.T.1.V.10.-S.1579-1581.