

**РЕШЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА УрФУ 01.02.11  
ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ  
КАНДИДАТА НАУК**

от «30» ноября 2021 г. № 6

о присуждении Коробейникову Игорю Витальевичу, гражданство Российской Федерации, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Термоэлектрические явления в твердых растворах Si-Ge и  $(\text{Bi,Sb})_2(\text{Te,Se})_3$  при высоком давлении» по специальности 01.04.10 – Физика полупроводников принята к защите диссертационным советом УрФУ 01.02.11 «26» октября 2021 г., протокол № 5.

Соискатель, Коробейников Игорь Витальевич 1986 года рождения, в 2010 году окончил ГОУ ВПО «Уральский государственный университет им. А.М. Горького» по направлению «Механика. Прикладная математика»; был прикреплен в качестве экстерна к ФГБУН Институт физики металлов УрО РАН с 25.09.2020 г. по 25.10.2020 г. по направлению подготовки 03.06.01 Физика и астрономия (Физика полупроводников) для сдачи кандидатских экзаменов; был прикреплен к ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого президента России Б.Н. Ельцина» в качестве экстерна по направлению подготовки 03.06.01 Физика и астрономия (Физика полупроводников) с 11.03.2021 г. по 10.08.2021 г. для сдачи кандидатского экзамена; работает в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институт физики металлов имени М.Н. Михеева Уральского отделения Российской академии наук в лаборатории полупроводников и полуметаллов в должности научного сотрудника.

Диссертация выполнена в лаборатории полупроводников и полуметаллов Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт физики металлов имени М.Н. Михеева Уральского отделения Российской академии наук, Минобрнауки России.

Научный руководитель – кандидат физико-математических наук Сергей Владимирович Овсянников, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт химии твердого тела Уральского отделения Российской академии наук, лаборатория структурного и фазового анализа, старший научный сотрудник.

Официальные оппоненты:

**Баркалов Олег Игоревич**, доктор физико-математических наук, ФГБУН Институт физики твердого тела имени Ю.А. Осипяна Российской академии наук (г. Черноголовка, Московская область), лаборатория физики высоких давлений, ведущий научный сотрудник;

**Орлов Лев Константинович**, доктор физико-математических наук, старший научный сотрудник, Институт физики микроструктур РАН – филиал ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики Российской академии наук» (г. Нижний Новгород), отдел физики полупроводников, ведущий научный сотрудник;

**Волкова Яна Юрьевна**, кандидат физико-математических наук, доцент, ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина» (г. Екатеринбург), кафедра физики конденсированного состояния и наноразмерных систем, доцент,

дали положительные отзывы на диссертацию.

Соискатель имеет 31 опубликованную работу, в том числе по теме диссертации – 31 работу, из них 12 статей, опубликованных в рецензируемых научных изданиях и проиндексированных в международных базах цитирования Scopus и Web of Science. Общий объем опубликованных работ – 17.54 п.л., авторский вклад – 5.13 п.л.

Наиболее значительные научные работы по теме диссертации:

*статьи, опубликованные в рецензируемых научных журналах и изданиях, определенных ВАК РФ и Аттестационным советом УрФУ:*

1. Morozova N.V., **Korobeinikov I.V.**, Kurochka K.V., Ovsyannikov S.V. Colossal variations in the thermopower and n–p conductivity switching in

- topological tellurides under pressure // *Journal of Applied Physics*. — 2020. — V. 128(24). — P. 245902; 2 п.л./ 0,6 п.л. (WOS, Scopus).
2. Morozova N.V., **Korobeinikov I.V.**, Abrosimov N.V., Ovsyannikov S.V. Controlling the thermoelectric power of silicon–germanium alloys in different crystalline phases by applying high pressure // *CrystEngComm*. — 2020. — V. 22(33). — P. 5416—5435; 2,75 п.л./ 0.83 п.л. (WOS, Scopus).
  3. Morozova N.V., **Korobeinikov I.V.**, Ovsyannikov S.V. Strategies and challenges of high-pressure methods applied to thermoelectric materials // *Journal of Applied Physics*. — 2019. — V. 125(22). — P. 220901; 3,05 п.л./ 1 п.л. (WOS, Scopus).
  4. **Korobeinikov I.V.**, Morozova N.V., Lukyanova L.N., Usov O.A., Ovsyannikov S.V. On the Power Factor of Bismuth-Telluride-Based Alloys near Topological Phase Transitions at High Pressures // *Semiconductors*. — 2019. — V. 53(6). — P. 732—736; 0,5 п.л./ 0,18 п.л. (Scopus).
  5. **Korobeinikov I.V.**, Morozova N.V., Lukyanova L.N., Usov O.A., Kulbachinskii V.A., Shchennikov V.V., Ovsyannikov S.V. Stress-controlled thermoelectric module for energy harvesting and its application for the significant enhancement of the power factor of Bi<sub>2</sub>Te<sub>3</sub>-based thermoelectrics // *Journal of Physics D: Applied Physics*. — 2018. — V. 51(2). — P. 25501; 1,8 п.л./ 0,45 п.л. (WOS, Scopus).
  6. **Korobeinikov I.V.**, Morozova N.V., Shchennikov V.V., Ovsyannikov S.V. Dramatic Changes in Thermoelectric Power of Germanium under Pressure: Printing n–p Junctions by Applied Stress // *Scientific Reports*. — 2017. — V. 7. — P. 44220; 2,05 п.л./ 0,62 п.л. (WOS, Scopus).
  7. Ovsyannikov S.V., Morozova N.V., **Korobeinikov I.V.**, Lukyanova L.N., Manakov A.Y., Likhacheva A.Y., Ancharov A.I., Vokhmyanin A.P., Berger I.F., Usov O.A., Kutasov V.A., Kulbachinskii V.A., Okada T., Shchennikov V.V. Enhanced power factor and high-pressure effects in (Bi,Sb)<sub>2</sub>(Te,Se)<sub>3</sub> thermoelectrics // *Applied Physics Letters*. — 2015. — V. 106(14). — P. 143901; 0,65 п.л./ 0,12 п.л. (WOS, Scopus).

8. **Korobeinikov I.V.**, Luk'yanova L.N., Vorontsov G.V., Shchennikov V.V., Kutasov V.A. Thermoelectric Properties of n-Bi<sub>2</sub>Te<sub>3-x-y</sub>SexSy Solid Solutions under High Pressure // *Physics of the Solid State*. — 2014. — V. 56(2). — P. 263—269; 0,85 п.л./ 0,2 п.л. (Scopus).
9. Shchennikov V.V., Shchennikov Vs.V., Streltsov S.V., **Korobeynikov I.V.**, Ovsyannikov S.V., Thermoelectric Power of Different Phases and States of Silicon at High Pressure // *Journal of Electronic Materials*. — 2013. — V. 42(7). — P. 2249—2256; 0,95 п.л./ 0,24 п.л. (WOS, Scopus).
10. Shchennikov V.V., Shchennikov Vs.V., **Korobeynikov I.V.**, Morozova N.V., High-Pressure treatment up to 25 GPa of Czochralski grown Si samples containing different admixtures and defects // *Acta Physica Polonica A*. — 2013. — V. 124(2). — P. 244—249; 0,68 п.л./ 0,27 п.л. (WOS, Scopus).
11. Shchennikov V.V., Shchennikov Vs.V., Streltsov S.V., **Korobeynikov I.V.**, Morozova N.V., Ovsyannikov S.V. Thermopower of phases and states of Si under high pressure // *Proceedings of SPIE*. — 2013. — V. 8612. — P. 86120; 0,76 п.л./ 0,2 п.л. (WOS, Scopus).
12. Ovsyannikov S.V., **Korobeinikov I.V.**, Morozova N.V., Misiuk A., Abrosimov N.V., Shchennikov V.V. “Smart” silicon: Switching between p- and n-conduction under compression // *Applied Physics Letters*. — 2012. — V. 101(6). — P. 62107; 0,43 п.л./ 0,1 п.л. (WOS, Scopus).

На автореферат поступил 1 положительный отзыв:

**Поносова Юрия Сергеевича**, кандидата физико-математических наук, старшего научного сотрудника лаборатории оптики металлов ФГБУН Институт физики металлов им. М. Н. Михеева УрО РАН, г. Екатеринбург.

В отзыве содержатся следующие вопросы:

1. Проводятся ли подобные исследования данных материалов в других лабораториях. Если да, то как соотносятся их результаты с полученными диссертантом?
2. В автореферате очень кратко написано о модели термоэлектрического модуля. В чем ее суть? Чем определяется его эффективность?

Выбор официальных оппонентов обосновывается их авторитетом и высокой научной компетентностью, а также широко известными достижениями в области физики полупроводников и физики высоких давлений.

Диссертационный совет отмечает, что представленная диссертация на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук соответствует п. 9 Положения о присуждении ученых степеней в УрФУ, является научно-квалификационной работой, в которой содержится решение научной задачи по выявлению особенностей влияния высокого давления на термоэлектрические и электронные свойства полупроводниковых материалов: кремния и германия, их твердых растворов, а также бинарных полупроводников V-VI группы и их твердых растворов, имеющее значение для физики полупроводников.

Диссертация представляет собой самостоятельное законченное исследование, обладающее внутренним единством. Положения, выносимые на защиту, содержат новые научные результаты и свидетельствуют о личном вкладе автора в науку:

- показано, что величина и знак термоЭДС кремния и германия в металлических фазах высокого давления не зависят от их исходных значений в образцах и являются собственными характеристиками этих фаз;
- обнаружена инверсия типа проводимости в германии под действием высокого давления, которая объяснена расщеплением перекрывающихся зон «тяжелых» и «легких» дырок, и последующим переносом заряда в зону «легких» дырок с более подвижными носителями;
- показано, что под действием давления термоэлектрический фактор мощности твердых многокомпонентных растворов  $n\text{-Bi}_2\text{Te}_{3-x-y}\text{Se}_x\text{S}_y$  ( $x = 0.27, 0.3, y = 0$  и  $x = y = 0.09$ ) и  $p\text{-Bi}_x\text{Sb}_{2-x}\text{Te}_3$  ( $x=0.4, 0.5, 0.6$ ) увеличивается в 2.5-3 раза.

- установлены структурные фазовые переходы в кристалле  $(\text{Bi}_{0.25}, \text{Sb}_{0.75})_2\text{Te}_3$  из ромбоэдрической фазы со структурой типа  $\text{Bi}_2\text{Te}_3$ , в моноклинную структуру с симметрией  $C2/m$ , а затем, выше 18 ГПа, в моноклинную фазу с симметрией  $C2/c$ .

Обнаруженные эффекты указывают на перспективность использования механических методов для создания диодных и транзисторных элементов на подложках Si-Ge. Установленное повышение термоэлектрического фактора мощности под давлением в твердых растворах бинарных полупроводников V-VI группы в перспективе может быть применимо для создания термоэлектрических генераторов с улучшенными рабочими характеристиками.

На заседании 30 ноября 2021 г. диссертационный совет УрФУ 01.02.11 принял решение присудить Коробейникову И.В. ученую степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет УрФУ 01.02.11 в количестве 15 человек, из них 5 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 21 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 14, против – нет, недействительных бюллетеней – 1.

Председатель

диссертационного совета  
УрФУ 01.02.11

Ученый секретарь  
диссертационного совета  
УрФУ 01.02.11



Германенко Александр Викторович

Овчинников Александр Сергеевич

30 ноября 2021 г.