

(ОЗНАКОМИТЕЛЬНЫЙ ФРАГМЕНТ)

БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УДК 542.65:669.87'86

ГРЕЧАННИКОВ Эдуард Евгеньевич

**СТРУКТУРА И ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА
ЛЕГИРОВАННЫХ СПЛАВОВ $Vi_{0.85}Sb_{0.15}$, ПОЛУЧЕННЫХ
СВЕРХБЫСТРОЙ ЗАКАЛКОЙ ИЗ РАСПЛАВА**

01.04.07 – физика конденсированного состояния

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук

Минск, 2002

(ОЗНАКОМИТЕЛЬНЫЙ ФРАГМЕНТ)

Работа выполнена в Белорусском государственном университете

Научный руководитель

доктор физико-математических наук,
профессор Шепелевич Василий Григорьевич
Белорусский государственный университет,
кафедра физики твердого тела

Официальные оппоненты:

доктор физико-математических наук,
профессор Федотов Александр Кириллович
Белорусский государственный университет,
кафедра энергофизики

доктор технических наук, профессор
Лухвич Александр Александрович
Институт прикладной физики НАН Беларуси,

Оппонирующая:

Защита состоится 24 мая 2002 года в 14.00 на заседании совета по защите диссертаций Д 02.01.16 при Белорусском государственном университете по адресу: 220050, г. Минск, пр-т Ф.Скорины 4, ауд. 206 гл. корпуса, тел. 226-55-41

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Белорусского государственного университета.

Автореферат разослан «24» апреля 2002 г.

Ученый секретарь совета
по защите диссертаций, кандидат
физико-математических наук



В.Ф.Стельмах

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы диссертации.

В настоящее время, в связи с использованием во многих областях промышленности технологий высокотемпературной сверхпроводимости, актуальным является разработка и совершенствование термоэлектрических материалов, обладающих максимальной эффективностью при температурах 125–150 К. Термоэлементы, изготовленные на их основе, применяются в качестве датчиков, охлаждающих устройств, преобразователей энергии. Наиболее удачными термоэлектрическими параметрами при низких температурах обладают монокристаллы полупроводниковых сплавов $\text{Bi}_{1-x}\text{Sb}_x$ ($7\% \leq x \leq 22\%$), среди которых максимальной термоэлектрической эффективностью при $T=150\text{--}300\text{ К}$ обладает сплав состава $\text{Bi}\text{--}8\text{ ат.}\% \text{ Sb}$. При более низких температурах наиболее высокая эффективность характерна для сплавов, содержащих 12–15 ат. % Sb. В большинстве работ, посвященных изучению полупроводниковых сплавов $\text{Bi}\text{--Sb}$, исследовался сплав содержащий 12 ат. % Sb в связи с тем, что для него характерно наиболее высокое значение термо-э.д.с. Однако значительное удельное электросопротивление ухудшает такие технические параметры, как термоэлектрический коэффициент мощности и термоэлектрическую добротность (критерий Июффе). Кроме того, монокристаллы сплавов $\text{Bi}\text{--Sb}$ обладают низкой механической прочностью, склонны к образованию дендритной структуры и сложны в изготовлении, что вынуждает искать возможность использования поликристаллических материалов.

В середине 90-х г. возрос интерес к сплаву состава $\text{Bi}\text{--}15\text{ ат.}\% \text{ Sb}$, для которого в поликристаллическом состоянии указанные параметры оказались выше, чем для сплавов других составов, что делает сплав $\text{Bi}\text{--}15\text{ ат.}\% \text{ Sb}$ технически важным материалом. В настоящее время ведутся исследования структуры и свойств поликристаллов сплава $\text{Bi}\text{--}15\text{ ат.}\% \text{ Sb}$, полученных методом экструзии. Отмечается, что последующая термообработка повышает термоэлектрическую эффективность материала. Одним из наиболее эффективных способов модифицирования свойств полупроводниковых материалов является легирование, однако его влияние на свойства данного сплава изучено в незначительной степени, что связано с низкой растворимостью элементов II, III, IV и VI групп в висмуте и сурьме. Известны несколько работ, посвященных влиянию на свойства сплава данного состава Pb, Te и ZrO_2 . Применение сверхбыстрой закалки из расплава дает возможность увеличить взаимную растворимость компонентов сплавов и тем самым усилить действие легирующих компонентов. Снижение фоновой составляющей теплопроводности материала за счет измельчения структуры и возрастания рассеяния на границах зерен и блоков увеличивает эффективность термоэлектрических материалов и может быть достигнуто с помощью сверхбыстрой закалки из жидкой фазы. В литературе отсутствуют данные по структуре и свойствам сплава $\text{Bi}\text{--}15\text{ ат.}\% \text{ Sb}$, полученного методом сверхбыстрой закалки из расплава. В связи с этим, значительный интерес представляет собой исследование структуры и электрофизических свойств быстрозатвердевших фольг сплава $\text{Bi}\text{--}15\text{ ат.}\% \text{ Sb}$, изучение влияния на них легирования элементами II, III, IV и VI групп а также термической обработки.

(ОЗНАКОМИТЕЛЬНЫЙ ФРАГМЕНТ)

Связь работы с крупными научными программами, темами.

Диссертационная работа выполнена в рамках проекта «Исследование влияния термодинамически сильно неравновесных условий кристаллизации на структуру и процессы переноса в материалах $\Lambda^{III}V^V$ » Белорусского республиканского Фонда фундаментальных исследований (проект № Ф98–054) 1999–2001 г.г. и Государственной программы фундаментальных исследований «Кристаллофизика» (2001–2005 г.г.).

Цель и задачи исследования.

Целью работы является установление закономерностей формирования и изменения в процессе термической обработки структуры и ее связи с электрофизическими свойствами быстрозатвердевших фольг бинарного и легированного элементами II, III, IV и VI групп сплавов Bi–15 ат.% Sb.

Для достижения данной цели выполнялись следующие задачи:

- получение образцов быстрозатвердевших фольг бинарного Bi–15 ат.% Sb и легированных сплавов Bi–15 ат.% Sb (Zn, Al, Ga, Ge, In, Sn, S);
- исследование зеренной структуры и текстуры быстрозатвердевших фольг указанных сплавов;
- исследование распределения основных компонентов в быстрозатвердевших фольгах и растворимости легирующих элементов в твердом растворе Bi–15 ат.% Sb при сверхбыстрой закалке из жидкой фазы;
- исследование электрофизических свойств быстрозатвердевших фольг бинарного сплава Bi–15 ат.% Sb в интервале температур 77–290 К;
- исследование влияния легирующих элементов II, III, IV и VI групп периодической системы элементов Д.И.Менделеева на электрофизические свойства быстрозатвердевших фольг сплава Bi–15 ат.% Sb;
- исследование закономерностей изменения структуры и электрофизических свойств быстрозатвердевших фольг исследуемых сплавов в процессе термической обработки.

Объект и предмет исследования.

В качестве объекта исследования использовались быстрозатвердевшие фольги бинарного сплава Bi–15 ат.% Sb и легированных сплавов Bi–15 ат.% Sb–(Zn, Al, Ga, Ge, In, Sn, S). Предметом исследования являлись структура и электрофизические свойства быстрозакаленных фольг указанных сплавов, а также их изменения в процессе термической обработки.

Методология и методы проведенного исследования.

В качестве методов исследования были использованы:

- металлографические исследования – для изучения зеренной структуры;
- рентгеноструктурный анализ – для изучения текстуры быстрозатвердевших фольг и определения межплоскостных расстояний кристаллической решетки;
- рентгеноспектральный микроанализ – для изучения распределения компонентов;
- измерения электрофизических свойств (удельного электросопротивления, магнетосопротивления, коэффициента Холла, дифференциальной термо-э.д.с.).

(ОЗНАКОМИТЕЛЬНЫЙ ФРАГМЕНТ)

Научная новизна и значимость полученных результатов.

- Впервые установлено, что фольги сплава Bi–15 ат.% Sb, полученные сверхбыстрой закалкой из расплава, имеют столбчатую микрокристаллическую структуру, четкую текстуру ($10\bar{1}2$), и характеризуются однородным распределением компонентов.
- Впервые выявлено, что легирование бинарного сплава Bi–15 ат.% Sb третьим компонентом в количестве, превышающем предел равновесной растворимости, приводит к образованию пересыщенного твердого раствора, способствует формированию равноосных зерен, уменьшению их средних размеров и не изменяет текстуры при сверхбыстрой закалке из жидкой фазы. Впервые проведено комплексное исследование электрофизических свойств быстрозатвердевших фольг бинарного сплава Bi–15 ат.% Sb в интервале температур 77–290 К, позволяющее определить концентрацию и подвижность носителей заряда.
- Впервые проведено комплексное исследование электрофизических свойств быстрозатвердевших фольг легированных сплавов Bi–15 ат.% Sb–(Al, Ga, Ge, In, S, Sn, Zn), позволившее установить, что в сплаве Bi–15 ат.% Sb сера является донором, олово, германий, алюминий, галлий и индий – акцепторами, цинк – электрически нейтральным легирующим элементом.
- Установлено, что отжиг быстрозатвердевших фольг сплава Bi–15 ат.% Sb при температуре выше 180 °С вызывает протекание собирательной рекристаллизации, приводящей к увеличению среднего размера зерен, ослаблению текстуры ($10\bar{1}2$) и появлению текстуры ($10\bar{1}0$), обуславливающих изменение электрофизических свойств.
- Установлено, что изменение электрофизических свойств быстрозатвердевших фольг сплавов Bi–15 ат.% Sb, легированных серой, германием, алюминием, галлием, индием и цинком при отжиге вызвано распадом пересыщенных твердых растворов и последующей собирательной рекристаллизацией.

Практическая значимость полученных результатов.

- Практическую значимость могут иметь следующие результаты:
- однородное распределение компонентов в быстрозатвердевших фольгах сплава Bi–15 ат.% Sb, в связи с чем не требуется проведение дополнительного длительного гомогенизационного отжига;
 - электрическая активность Al, Ga, Ge, In, S, Sn, Zn, в сплаве Bi–15 ат.% Sb, что позволяет выбрать легирующий элемент при модифицировании свойств сплавов Bi–Sb, а также при разработке контактного материала, соединяющего р- и n-ветви термоэлектрических устройств на основе сплава Bi–15 ат.% Sb. Возрастают термоэлектрический коэффициент мощности быстрозатвердевших фольг сплава Bi–15 ат.% Sb в области температур 100–130 К в процессе рекристаллизационного отжига до значений, характерных для монокристаллов, что делает их перспективными для разработки низкотемпературных термоэлектрических устройств.

Основные положения диссертации, выносимые на защиту.

1. Закономерности формирования структуры быстрозатвердевших фольг сплава Bi–15 ат.% Sb: а) образование микрокристаллической структуры со средним

(ОЗНАКОМИТЕЛЬНЫЙ ФРАГМЕНТ)

- размером зерен не более 5 мкм и формирование текстуры ($10\bar{1}2$) в фольгах, обусловленное ориентацией ковалентных связей относительно плоскостей $\{10\bar{1}2\}$; б) однородное распределение висмута и сурьмы по объему быстрозатвердевших фольг бинарного сплава Bi-15 ат.% Sb и образование пересыщенных твердых растворов в быстрозатвердевших фольгах сплавов Bi-15 ат.% Sb-(Zn, Al, Ga, Ge, In, S), вызванные протеканием бездиффузионной кристаллизации.
2. Закономерности изменения электрических свойств быстрозатвердевших фольг сплавов Bi-15 ат.% Sb-(Zn, Al, Ga, Ge, In, Sn, S) в зависимости от температуры определяются характером электрической активности третьего компонента, а именно: сера является донором, германий, олово, индий, галлий и алюминий – акцепторами, цинк – электрически нейтральным элементом.
 3. Изменения структуры и свойств быстрозатвердевших фольг сплава Bi-15 ат.% Sb в процессе отжига при температуре выше 180 °С вызваны протеканием собирательной рекристаллизации, приводящей к увеличению среднего размера зерен в 5-6 раз, исчезновению текстуры ($10\bar{1}2$) и формированию текстуры ($10\bar{1}0$), а фольг сплавов Bi-15 ат.% Sb (Zn, Al, Ga, Ge, In, S), кроме того, распадом пересыщенного твердого раствора, предшествующего собирательной рекристаллизации.

Личный вклад соискателя.

Экспериментальная и теоретическая часть работы по получению быстрозатвердевших фольг исследуемых сплавов, исследованию структуры и электрофизических свойств, влиянию на них отжига при различных температурах, обработке полученных результатов и формулированию выводов была полностью проделана соискателем. Работа выполнялась под руководством доктора физико-математических наук, профессора Шенелевича Василия Григорьевича, которым была сформулирована научная идея исследования, принималось участие в обсуждении результатов, решались организационные вопросы.

Апробация результатов работы.

- Результаты работы докладывались на следующих конференциях и семинарах:
- VI республиканской конференции «Физика конденсированных сред» г.Гродно, 1998 г.
 - VII республиканской конференции «Физика конденсированных сред» г.Гродно, 1999 г.
 - VIII республиканской конференции «Физика конденсированных сред» г.Гродно, 2000 г.
 - IX республиканской конференции «Физика конденсированных сред» г.Гродно, 2001 г.
 - I международной конференции “Аморфные и микрокристаллические полупроводники”, С.-Петербург 1998 г.
 - II международной конференции “Аморфные и микрокристаллические полупроводники”, С. Петербург 2000 г.
 - I международной конференции “Методы нетрадиционных технологий”, г.Обнинск 1999 г.

(ОЗНАКОМИТЕЛЬНЫЙ ФРАГМЕНТ)

II международной конференции “Методы нетрадиционных технологий”, г. Обнинск 2001 г.

VIII международной конференции “Физика и технология тонких пленок”, г. И.-Франковск, 2001 г.

Опубликованность результатов.

Основные результаты диссертации опубликованы в 14 научных работах: 5 статьях в рецензируемых научных журналах и 9 тезисах. Общий объем опубликованных материалов составляет 31 страницу.

Структура и объем диссертации

Диссертационная работа состоит из введения, общей характеристики работы, 5 глав, заключения, списка использованных источников. Полный объем диссертации составляет 123 страницы, в том числе 51 рисунок на 50 страницах и 17 таблиц на 10 страницах. Список использованных источников содержит 146 наименований.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во **введении** и **общей характеристике работы** обоснованы актуальность темы диссертационного исследования, сформулированы цель и задачи работы, изложены основные положения, выносимые на защиту, охарактеризованы новизна, научная и практическая значимость полученных в ходе исследования результатов.

В **первой главе** представлен аналитический обзор литературы, посвященной исследованию структуры и физических свойств висмута, сурьмы и их сплавов. Рассмотрена кристаллическая и зонная структура висмута и сурьмы, проанализировано влияние легирующих элементов на свойства висмута, сурьмы и их сплавов. Отмечается, что действие легирующих элементов II, III, IV и VI групп на электрофизические свойства сплавов системы Bi-Sb изучено в недостаточной степени, показано, что коэффициент отдачи легирующей примеси зависит от содержания сурьмы в сплавах системы Bi-Sb. Особое внимание в аналитическом обзоре уделено сплаву $\text{Bi}_{0.85}\text{Sb}_{0.15}$. Показано, что сплав данного состава представляет наибольший практический интерес как перспективный материал для изготовления низкотемпературных термоэлектрических преобразователей энергии. Отмечается, что влияние легирования на свойства сплава данного состава изучено в незначительной степени.

В данной главе рассматриваются также структура и электрофизические свойства полупроводниковых сплавов на основе висмута и сурьмы, полученных сверхбыстрой закалкой из жидкого состояния. Показано, что данный метод получения приводит к измельчению структуры, однородному распределению компонентов сплавов, расширению области существования твердых растворов и изменению электрофизических свойств по сравнению с равновесными сплавами. Показано, что быстрозатвердевшие фольги находятся в метастабильном состоянии и при отжиге в них протекает собирательная рекристаллизация. При этом уменьшается удельное сопротивление, что важно для технических параметров термоэлектрических материалов. Отмечается, что отсутствуют данные по влиянию сверхбыстрой закалки из жидкого состояния и последующей термической обработки на структуру и свойства полупроводникового сплава Bi-15 ат.% Sb.

(ОЗНАКОМИТЕЛЬНЫЙ ФРАГМЕНТ)

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ДИССЕРТАЦИИ ОПУБЛИКОВАНЫ В СЛЕДУЮЩИХ РАБОТАХ

Статьи

1. Гречаников Э.Е., Шепелевич В.Г. Структура и электрические свойства сплава Bi-15 ат.% Sb, легированного серой и германием //Вестн БГУ. сер.1, Физика, математика, информатика. – 2000.– №2. – С.41–43.
2. Шепелевич В.Г., Гречаников Э.Е. Влияние легирования на зеренную структуру быстрозатвердевших фольг сплава Bi-15 ат.% Sb //Вестн. БГУ. сер.1. Физика, математика, информатика.– 2000. №3.– С.22–24.
3. Гречаников Э.Е., Шепелевич В.Г. Структура и процессы переноса в быстрозатвердевших фольгах сплавов Bi-15 ат.% Sb-Ge //Неорганич. материалы.– 2000. – Т.36, №11.–С.1287–1289.
4. Шепелевич В.Г., Гречаников Э.Е. Электрическая активность In, Ga и Ge в сплаве Bi-15 ат.% Sb //Вестн НАНБ, сер. физ.-мат. наук.– 2000.– №4.– С.99–101.
5. Шепелевич В.Г., Гречаников Э.Е. Стабильность зеренной структуры быстрозатвердевших фольг сплава Bi-15 ат.% Sb, легированного Al, Ga, Ge, In, Sn, S и Zn //Физика и химия обработок материалов.– 2001.– №2.– С.78–80.

Тезисы докладов

6. Гречаников Э.Е. Текстура быстрозатвердевших фольг сплава Bi-15 ат.% Sb //Физика конденсированных сред: Тез. докл. научн. конф., Гродно, 4–6 мая. 1998 г. /Гр.ГУ.–Гродно, 1998.–С.45.
7. Гречаников Э.Е., Шепелевич В.Г. Структура быстрозатвердевших фольг сплавов Bi-15 ат.% Sb //Аморфные и микрокристаллические полупроводники: Тез. докл. научн. конф., С.-Петербург, 5–9 июля 1998 г. /Российская акад. наук. Физ.-техн. ин-т им. А.Ф.Иоффе. С.-Петербург, 1998. –С.165.
8. Гречаников Э.Е. Электрические свойства быстрозатвердевших фольг сплавов Bi-15 ат.% Sb-Ge //Физика конденсированных сред: Тез. докл. научн. конф., Гродно, 5–7 мая. 1999 г. /Гр.ГУ.–Гродно, 1999.–С.66–67.
9. Гречаников Э.Е., Шепелевич В.Г. Структура и электрические свойства быстрозатвердевших фольг сплавов Bi-15 ат.% Sb-Ge //Структурные основы модификации материалов методами нетрадиционных технологий (МНТ- V): Тез. докл. научн. конф., Обнинск 9–12 июня 1999 г. /ИАТЭ.– Обнинск, 1999.– С.125–126.
10. Гречаников Э.Е. Влияние серы на структуру и электрические свойства быстрозатвердевших фольг сплава Bi-15 ат.% Sb //Физика конденсированных сред: Тез. докл. научн. конф., Гродно, 3–5 мая. 2000 г. /Гр.ГУ.–Гродно, 2000.–С.82–83.
11. Гречаников Э.Е., Шепелевич В.Г. Зеренная структура быстрозатвердевших фольг сплавов Bi-15 ат.% Sb-Ge //Аморфные и микрокристаллические полупроводники: Тез. докл. научн. конф., С.-Петербург, 3–6 июля 2000 г. /РАН. Физ.-техн. ин-т им. А.Ф.Иоффе.–С.-Петербург, 2000. –С.170.
12. Гречаников Э.Е. Электрическая активность олова, алюминия и цинка в сплаве Bi-15 ат.% Sb //Физика конденсированных сред: Тез. докл. научн. конф., Гродно, 2–4 мая. 2001 г. /Гр.ГУ.–Гродно, 2001.– С.69–71.

(ОЗНАКОМИТЕЛЬНЫЙ ФРАГМЕНТ)

13. Гречаников Э.Е., Шенелевич В.Г. Структура и электрические свойства быстрозатвердевших фольг сплава $\text{Bi}-15 \text{ ат.}\% \text{ Sb}$, легированного оловом // Физика и технология тонких пленок (МКФТПП-VIII): тез. докл. научн. конф., И.-Франковск 14-19 мая, 2001 г. / Прикарпатский университет им.В.Стефаника. И.-Франковск, 2001. – С.62.
14. Гречаников Э.Е., Шенелевич В.Г. Структура сплавов на основе $\text{Bi}-15 \text{ ат.}\% \text{ Sb}$, полученных сверхбыстрой закалкой из расплава // Структурные основы модификации материалов методами нетрадиционных технологий (МНГ-VI): Тез. докл. научн. конф., Обнинск 12-15 июня 2001 г. / ИАГЭ. – Обнинск, 2001. – С.121.



(ОЗНАКОМИТЕЛЬНЫЙ ФРАГМЕНТ) РЕЗЮМЕ

Гречанников Эдуард Евгеньевич «Структура и электрофизические свойства легированных сплавов $\text{Bi}_{0,85}\text{Sb}_{0,15}$, полученных сверхбыстрой закалкой из расплава»

Ключевые слова: сверхбыстрая закалка из расплава, сплавы висмут–сурьма, легирующий элемент, быстрозатвердевшие фольги, пересыщенный твердый раствор, зеренная структура, текстура, отжиг, электрофизические свойства.

Целью настоящей работы является комплексное исследование структуры и электрофизических свойств сплава $\text{Bi}_{0,85}\text{Sb}_{0,15}$, полученного сверхбыстрой закалкой из жидкой фазы, исследование влияния на них легирования и термообработки.

В качестве методов исследования были использованы: металлографический и рентгеноструктурный анализ, рентгеноспектральный микроанализ, измерения термоэлектрических и гальваномангнитных свойств.

Установлено, что при сверхбыстрой закалке из жидкой фазы сплава $\text{Bi}_{0,85}\text{Sb}_{0,15}$ образуется микрокристаллическая структура и четко выраженная текстура (1012). Легирование сплава уменьшает размеры зерен и не оказывает существенного влияния на текстуру. Распределение компонентов сплава является однородным. Быстрозатвердевшие фольги сплава $\text{Bi}_{0,85}\text{Sb}_{0,15}$, легированного 0,8 ат.% S, Ge, In, Ga, Al и Zn являются пересыщенными твердыми растворами.

Впервые изучено влияние легирования элементами II, III, IV, и VI групп на электрофизические свойства быстрозатвердевших фольг сплава $\text{Bi}_{0,85}\text{Sb}_{0,15}$. Установлено, что сера проявляет донорные свойства в сплаве $\text{Bi}_{0,85}\text{Sb}_{0,15}$, Al, Ga, In, Ge и Sn – акцепторные свойства, цинк является электрически нейтральным элементом.

Установлено, что изменения электрофизических свойств быстрозатвердевших фольг при отжиге обусловлены следующими изменениями структуры: собирательной рекристаллизацией, изменяющей рассеяние носителей заряда, а фольг легированных сплавов, кроме того – распадом пересыщенного твердого раствора, уменьшающего влияние третьего компонента. Температура начала указанных процессов зависит от легирующего элемента.

Результаты данной работы могут быть использованы при разработке низкотемпературных термоэлектрических устройств, применяемых в криогенной технике.

(ОЗНАКОМИТЕЛЬНЫЙ ФРАГМЕНТ)

РЭЗЮМЕ

Грачаннікаў Эдуард Яўгеневіч «Структура і электрафізічныя ўласцівасці лягіраваных сплаваў $\text{Bi}_{0,85}\text{Sb}_{0,15}$, атрыманых звышхуткім гартаваннем з расплаву».

Ключавыя словы: звышхуткае гартаванне з расплаву, сплавы вісмут-сурма, лягіруючы элемент, хутказацвярдзелыя фольгі, зерневая структура, тэкстура, перанасычаны цвёрды раствор, аднал, электрафізічныя ўласцівасці.

Мэтай гэтай работы з'яўляецца комплекснае даследванне структуры і электрафізічных ўласцівасцей сплава $\text{Bi}_{0,85}\text{Sb}_{0,15}$, атрыманага звышхуткім гартаваннем з вадкай фазы, даследванне ўплыву на іх лягіравання і тэрмаапрацоўкі.

У якасці метадаў даследвання былі выкарыстаны металаграфічны і рэнтгенаструктурны аналіз, рэнтгенаўскі лакальны зондавы мікрааналіз, вымярэнні тэрмаэлектрычных і гальванамагнітных ўласцівасцяў.

Вызначана, што пры звышхуткім прыгатаванні з вадкай фазы сплава $\text{Bi}_{0,85}\text{Sb}_{0,15}$ утвараецца мікракрышталічная структура і выразна выяўленая тэкстура (1012). Лягіраванне сплава памяншае памеры зерняў і не аказвае істотнага ўплыву на тэкстуру. Размеркаванне кампанентаў сплава з'яўляецца аднародным. Хутказацвярдзелыя фольгі сплава $\text{Bi}_{0,85}\text{Sb}_{0,15}$, лягіраванага 0,8 ат.% 0,8 ат.% S, Ge, In, Ga, Al і Zn з'яўляюцца перанасычанымі цвёрдымі растворамі.

Упершыню вывучаны ўплыў лягіравання элементамі II, III, IV, і VI груп на электрофізічныя ўласцівасці хутказацвярдзелых фольг сплава $\text{Bi}_{0,85}\text{Sb}_{0,15}$. Вызначана, што сера праяўляе донорныя ўласцівасці ў сплаве $\text{Bi}_{0,85}\text{Sb}_{0,15}$, Al, Ga, In, Ge і Sn – акцептарныя ўласцівасці, цынк з'яўляецца электрычна нейтральным элементам.

Вызначана, што змяненні электрафізічных ўласцівасцей хутказацвярдзелых фольг пры воднале абумоўлены наступнымі змяненнямі структуры: працяканнем збіральнай рэкрышталізацыі, змяняючай рассейанне носбітаў зараду, а фольг лягіраваных сплаваў, акрамя таго, – распадам перанасычанага цвёрдага раствору, змяняючага ўплыў трэцяга кампаненту. Тэмпература пачатку гэтых працэсаў залежыць ад лягіруючага элемента.

Вынікі дадзенай работы могуць быць выкарыстаны пры распрацоўцы нізкатэмпературных тэрмаэлектрычных прыстасаванняў, прымяняемых у крытэінай тэхніцы.

(ОЗНАКОМИТЕЛЬНЫЙ ФРАГМЕНТ)

SUMMARY

Grechannicov Eduard Evgenyevich "Structure and electrophysical properties of doped $\text{Bi}_{0.85}\text{Sb}_{0.15}$ alloys prepared by means of ultrarapid quenching from the melt".

Keywords: ultrarapid quenching from the melt, bismuth-antimony alloys, doped element, rapidly quenched foils, over-saturated solid solution, grain structure, texture, annealing, electrophysical properties.

The aim of work is study of the structure and electrophysical properties of $\text{Bi}_{0.85}\text{Sb}_{0.15}$ alloy prepared by means of ultrarapid quenching from the liquid phase, doping and annealing influence on structure and electrophysical properties.

The metallography, X-ray diffraction, X-ray microanalysis, thermoelectrical and galvanomagnetic properties measurements have been used as investigation technique. It has been established that microcrystal structure and clear predominated texture (1012) is formed during ultrarapid quenching from the liquid phase of $\text{Bi}_{0.85}\text{Sb}_{0.15}$. Alloy dopind decreases size of grain and does not have influence on the texture. Alloy component distribution is homogeneous. Rapidly quenched foils of $\text{Bi}_{0.85}\text{Sb}_{0.15}$ alloy doped by 0,8 at.% S, Ge, In, Ga, Al and Zn are over-saturated solid solutions.

The influence of doping by elements of II, III, IV and VI groups on the electrophysical properties of rapidly quenched foils of $\text{Bi}_{0.85}\text{Sb}_{0.15}$ alloy has been studied for the first time. It has been established that sulfur is donor in the $\text{Bi}_{0.85}\text{Sb}_{0.15}$ alloy, Al, Ga, In, Ge Sn are acceptors, zinc is electric neutral.

It has been established that changes of rapidly quenched foils electrophysical properties during annealing are caused by collective recrystallisation modifying electric charge dispersion. The change of electrophysical properties of rapidly quenched foils of doping alloys during annealing are caused by decay of over-saturated solid solution decreasing of third component influence. Start temperature of mentioned processes depends on doping element.

The results of the thesis can be used during development of low-temperature thermoelectrical devices which are found application in cryogenic engineering.