

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

ФИЗИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Кафедра физики твердого тела

РУСАК

Глеб Александрович

**СТРУКТУРА БЫСТРОЗАТВЕРДЕВШИХ ФОЛЬГ СПЛАВОВ
СИСТЕМЫ BI-SN-IN**

Дипломная работа

Научный руководитель:

Доктор физико-математических наук,
профессор Шепелевич В.Г.

Рецензент:

Доктор физико-математических наук
профессор Чернявская Э.А.

Допущен к защите

«4» 01 2021 г.



Заведующий кафедрой физики твердого тела

доктор физико-математических наук, профессор, В. В. Углов

Минск, 2021

ОГЛАВЛЕНИЕ

РЕФЕРАТ	3
РЭФЕРАТ	4
ANNOTATION	5
ВВЕДЕНИЕ	6
ГЛАВА 1 ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР	7
1.1 Патентный поиск	7
1.2 Поиск по научной литературе	16
1.2.1 Диаграмма состояния Bi-In-Sn	16
1.2.2 Микроструктура Bi-In-Sn	23
1.2.3 Влияние отжига на микроструктуру Bi-In-Sn	27
1.2.4 Влияние легирования индием на структуру Bi-Sn	28
1.2.5 Вывод по литературному обзору	30
ГЛАВА 2 МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТА	34
2.1 Получение фольги сплава системы Bi-In-Sn	34
2.2 Растровая электронная микроскопия	35
2.3 Определение параметров сплавов	36
ГЛАВА 3 РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРЕМЕНТА	38
3.1 Структура бинарного сплава $\text{In}_{57,0}\text{Bi}_{43,0}$	38
3.2 Структура тройного сплава $\text{In}_{35,5}\text{Sn}_{39,0}\text{Bi}_{25,5}$	40
3.3 Структура тройного сплава $\text{In}_{40,0}\text{Sn}_{28,0}\text{Bi}_{32,0}$	43
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	48
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	49

РЕФЕРАТ

Дипломная работа: 51 с., 44 рис., 12 табл., 36 источников.

Ключевые слова: МИКРОСТРУКТУРА Bi–Sn–In, ОТЖИГ, МЕТОД СЛУЧАЙНЫХ СЕКУЩИХ, ВЫСОКОСКОРОСТНОЕ ЗАТВЕРДЕВАНИЕ РАСТРОВАЯ ЭЛЕКТРОННАЯ МИКРОСКОПИЯ.

Объект исследования: Сплавы фольг системы Bi–Sn–In.

Цель исследования: Изучение микроструктуры на основании литературных источников, проведение патентного поиска по сплавам системы Bi–Sn–In; исследование микроструктуры бинарного сплава $\text{In}_{57,0}\text{Bi}_{43,0}$ и тройных сплавов $\text{In}_{35,5}\text{Sn}_{39,0}\text{Bi}_{25,5}$, $\text{In}_{40,0}\text{Sn}_{28,0}\text{Bi}_{32,0}$; определение параметров микроструктуры.

Методы исследования: Растровая электронная микроскопия.

Полученные результаты и их новизна: В результате проведенного патентного поиска и анализа литературных источников установлено, что в период 1990 – 2020 гг. наблюдается значительный рост опубликованных научных исследований. В проведении исследований участвуют передовые страны: США, Канада, Япония, Корея и Китай. Обнаружено, что микроструктуры сплавов фольги $\text{In}_{57,0}\text{Bi}_{43,0}$, $\text{In}_{35,5}\text{Sn}_{39,0}\text{Bi}_{25,5}$ и $\text{In}_{40,0}\text{Sn}_{28,0}\text{Bi}_{32,0}$ являются двухфазными и дисперсными. Установлены следующие фазы: Bi_3In_5 , ϵ -фаза и γ -фаза. Проведен изотермический отжиг. Установлено, что с увеличением выдержки фольги при комнатной температуре уменьшается удельная поверхность межфазовой границы. Средняя хорда напротив – увеличивается. Получены уравнения этих величин.

Область возможного практического применения: В качестве замены токсичных свинцово-кадмиевых сплавов в электронике, электротехнике, машиностроения и других отраслях промышленности.

Автор работы подтверждает, что приведенный в ней расчетно-аналитический материал правильно и объективно отражает состояние исследуемого процесса, а все заимствованные из литературных и других источников теоретические, методологические и методические положения и концепции сопровождаются ссылками на их авторов.

(подпись студента)

РЭФЕРАТ

Дыпломная праца: 51 с., 44 мал., 12 табл., 36 крыніц.

Ключавыя словы: МІКРАСТРУКТУРА BI-SN-IN, АДПАЛ, МЕТАД ВЫПАДКОВЫХ СЕЧНЫХ, ВЫСАКАХУТКАСНАЕ ЗАЦВЯРДЗЕННЕ, РАСТРАВАЯ ЭЛЕКТРОННАЯ МІКРАСКАПІЯ.

Аб'ект даследавання: Сплавы фальг сістэмы Bi-Sn-In.

Цэль даследавання: Вывучэнне мікраструктуру на падставе літаратурных крыніц, правядзенне патэнтнага пошуку па сплавах сістэмы Bi-Sn-In; даследаванне мікраструктуру бінарнага сплаву $\text{In}_{57,0}\text{Bi}_{43,0}$ і трайных сплаваў $\text{In}_{35,5}\text{Sn}_{39,0}\text{Bi}_{25,5}$, $\text{In}_{40,0}\text{Sn}_{28,0}\text{Bi}_{32,0}$; вызначэнне параметраў мікраструктуры.

Метады даследавання: Растрвая электронная мікраскапія.

Атрыманыя вынікі і іх навізна: У выніку праведзенага патэнтнага пошуку і аналізу літаратурных крыніц устаноўлена, што ў перыяд 1990 – 2020 гг. назіраецца значны рост апублікаваных навуковых даследаванняў. У правядзенні даследаванняў ўдзельнічаюць перадавыя краіны: ЗША, Канада, Японія, Карэя і Кітай. Мікраструктура сплаваў фальгі $\text{In}_{57,0}\text{Bi}_{43,0}$, $\text{In}_{35,5}\text{Sn}_{39,0}\text{Bi}_{25,5}$ і $\text{In}_{40,0}\text{Sn}_{28,0}\text{Bi}_{32,0}$ з'яўляюцца двухфазнымі і дысперснымі. Устаноўлены наступныя фазы: Bi_3In_5 , ϵ -фаза і γ -фаза. Праведзены ізатэрмічны адпал. Устаноўлена, што з павелічэннем вытрымкі фальгі пры пакаёвай тэмпературы памяншаецца ўдзельная паверхня межфазовой мяжы. Сярэдняя хорда наадварот – павялічваецца. Атрыманы ўраўненні гэтых велічынь.

Вобласць магчымага практычнага прымянення: У якасці замены таксічных свінцова-кадміевых сплаваў у электроніцы, электратэхнікі, машынабудавання і іншых галінах прамысловасці.

Аўтар працы пацвярджае, што прыведзены ў ёй разлікова-аналітычны матэрыял правільна і аб'ектыўна адлюстроўвае стан доследнага працэсу, а ўсе запазычаныя з літаратурных і іншых крыніц тэарэтычныя, метадалагічныя і метадычныя становішча і канцэпцыі суправаджаюцца спасылкамі на іх аўтараў.

(подпіс студэнта)

ANNOTATION

Degree paper: 51 p., 44 ill., 12 tab., 36 sources.

Key words: BI – SN – IN MICROSTRUCTURE, ANNEALING, RANDOM SECTION METHOD, RAPID SOLIDIFICATION, SCANNING ELECTRON MICROSCOPY.

Object of research: Bi-Sn-In alloys system.

Purpose of research: Studying the microstructure on the basis of literature sources, conducting a patent search for alloys of the Bi–Sn–In system; study of the microstructure of the binary alloy $\text{In}_{57,0}\text{Bi}_{43,0}$ and ternary alloys $\text{In}_{35,5}\text{Sn}_{39,0}\text{Bi}_{25,5}$, $\text{In}_{40,0}\text{Sn}_{28,0}\text{Bi}_{32,0}$; calculation of microstructure parameters.

Research methods: Scanning electron microscopy.

Obtained results and their novelty: As a result of the conducted patent search and analysis of literary sources, it was established that in the period 1990 - 2020 there is a significant increase in published scientific research. The leading countries are involved in the research: the USA, Canada, Japan, Korea and China. It was found that the microstructures of foil alloys $\text{In}_{57,0}\text{Bi}_{43,0}$, $\text{In}_{35,5}\text{Sn}_{39,0}\text{Bi}_{25,5}$ and $\text{In}_{40,0}\text{Sn}_{28,0}\text{Bi}_{32,0}$ are two-phase and dispersed. The following phases were found: Bi_3In_5 , ϵ -phase and γ -phase. Isothermal annealing was carried out. It was found that with increasing exposure of the foil at room temperature, the specific surface area of the interface decreases. The middle chord, on the contrary, increases. Equations of these quantities are obtained.

Area of possible practical application: As a replacement of toxic lead-cadmium alloy in the electronics, electrical engineering, mechanical engineering and other industries.

The author of the work confirms that computational and analytical material presented in it correctly and objectively reproduces the picture of investigated process, and all the theoretical, methodological and methodical positions and concepts borrowed from literary and other sources are given references to their authors.

(Student's signature)