

## **ЭВТЕКТИЧЕСКИЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ ПОЛУПРОВОДНИКОВ**

**Снежков С.В.,**

**научный руководитель доцент, кандидат химических наук Спектор Ю.Е.**  
*Сибирский федеральный университет*

Развитие электронной техники предъявляет к полупроводниковым материалам новые, повышенные требования. Современный научно-технический прогресс в значительной степени определяется уровнем развития химии полупроводников, важнейшей задачей которой является поиск полупроводниковых материалов.

Применение элементарных полупроводников германия и кремния, бинарных соединений арсенида галлия, арсенида индия, антимонида индия, антимонида галлия, твердых растворов на их основе и других соединений уже не удовлетворяет всем разнообразным и специфическим требованиям полупроводниковой электроники.

В настоящее время ведутся поиски новых, более эффективных полупроводниковых материалов. Одно из направлений этого поиска – создание эвтектических композиционных материалов на основе полупроводников. Полупроводниковые эвтектические композиции, благодаря сочетанию ряда свойств нескольких материалов, позволили получать материалы с уникальными магнитными и оптическими свойствами.

Для получения направленно кристаллизованных эвтектических слитков использовали зонную плавку с индукционным нагревом и метод Бриджмена – Стокбаргера. Зонную плавку проводили на установке «Кристалл-ДМ».

Кристаллизацию осуществляли в вакуумированных до  $1,3 \cdot 10^{-1}$  Па и запаянных кварцевых ампулах диаметров 6 и 13 мм.

Исходными материалами служили следующие соединения и вещества: кремний, арсенид галлия, арсенид индия и антимонид галлия – монокристаллические, нелегированные, полупроводниковой чистоты, германий – марки ГПЗ-I, цинк, сурьма и индий – марки ОСЧ, галлий – марки ГЛ-ВЧ, теллур Т-000, никель – марки Н-I, свинец – марки С-000.

Для анализа направленно кристаллизованных эвтектик  $A^{III}B^V$  с германием и кремнием был применен комплекс электрофизических методов, включая методы измерения коэффициентов электропроводности и термоэдс при комнатной температуре, метод постоянного тока и постоянного магнитного поля при определении эффекта Холла.

Для расчета электрофизических свойств фаз бинарных эвтектических сплавов применили модель параллельного и последовательного соединения проводников в двухфазной ориентированной структуре. Были получены уравнения, которые использовали для расчета коэффициентов электропроводности  $\sigma$  и термоэдс  $\alpha$  и параллельно (II) и перпендикулярно

(⊥) направлению расположения фаз направленно закристаллизованного бинарного эвтектического сплава.

После кристаллизации составляющие эвтектические фазы  $A^{III}B^V$  и  $C^{IV}$  взаимно легированы. Фаза  $A^{III}B^V$  легирована германием или кремнием, а  $C^{IV}$  легирована одновременно элементами третьей к пятой группы. При оценке взаимного легирования учитывали определяющие дефектные состояния в фазах эвтектического слитка. Для решения этой задачи использовали термодинамический метод квазихимических реакций. Поскольку эвтектические слитки представляли собой, регулярные двухфазные системы, то квазихимические реакции образования и ионизации дефектов и соответствующие им выражения закона действующих масс записывали отдельно для каждой фазы. При этом предполагали, что в процессе кристаллизации из общего расплава успело установиться и сохранялось в твердом состоянии химическое равновесие.

Эвтектические сплавы GaSb-Ge, JnSb-Ge, и Ge-GaAs имели p-типа проводимости. Тип проводимости определяется дефектами, возникающими в фазах эвтектических сплавов.

В фазе  $A^{III}B^V$  преобладающим электрически активным дефектом является германий, занимающий место в субрешетке сурьмы  $Ge_{Sb}$  или мышьяка  $Ge_{As}$  и проявляющий при этом акцепторные свойства.

Фаза германия легирована совместно донорной и акцепторной примесью. Концентрация акцепторов преобладает и определяет дырочный тип проводимости фазы.

Анализ квазихимических реакций, оценка тетраэдрических радиусов, значений электроотрицательностей, типа проводимости эвтектик и их составляющих позволили сделать вывод, что доминирующими дефектами в эвтектических сплавах GaSb-Ge, JnSb-Ge, и Ge-GaAs являются  $Ge_{Sb}$  и  $Ge_{Ge}$ ,  $Ge_{Sb}$  и  $Jn_{Ge}$ ,  $Ge_{Ge}$  и  $Ge_{As}$  соответственно.

Эвтектические сплавы GaAs-Si и JnAs-Ge имели n-тип проводимости. Электронный тип проводимости GaAs-Si определяется дефектами состояниями  $Si_{Ga}$  и  $As_{Si}$ , а в JnAs-Ge донорами  $As_{Ge}$  и  $Ge_{Jn}$ .

Установлено, что нелегированные эвтектические сплавы являются сильно и сложно легированными полупроводниками с отрицательным температурным коэффициентом электропроводности.