

ФОРМИРОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТАРНЫХ БИНАРНЫХ ЯЧЕЕК В РЕШЕТКИ КРЕМНИЯ С УЧАСТИЕМ Ga и Sb

Илиев Х. М., Тачилин С. А., Содиков У., Исаков Б. О.

Ташкентский государственный технический университет
100095, Узбекистан, г. Ташкент, ул Университетская 2
e-mail: bahazeb@yandex.com

В настоящее время функциональные возможности существующих полупроводниковых материалов для фотоэнергетики практически максимально и достаточно эффективно использованы. Однако независимо от этого эффективность фотоэлементов остаётся достаточно низкой, что ограничивает их широкомасштабное использование в наземных условиях, это в основном связано с неэффективным использованием солнечного излучения с энергией фотонов $h\nu > E_g$, за счет эффекта термолизации, а также не возможностью использования ИК спектра Солнца для фотогенерации носителей заряда из-за $h\nu < E_g$.

Анализ показывает, что функциональные возможности существующих полупроводниковых материалов не позволяют решить этот важный вопрос. В связи с этим в данной работе представлен принципиально новый подход для получения нового материала на основе кремния, обладающий широкой областью спектра поглощения, т.е. поглощающих практически весь спектр излучения Солнца.

Физическая сущность предлагаемого решения заключается в формировании новых элементарных ячеек в решетке кремния с участием атомов Ga и Sb .

Образцы p-типа с удельным сопротивлением $\rho=0,5 \text{ Ом}\cdot\text{см}$ ($N=4\cdot 10^{16} \text{ см}^{-3}$), сначала легировались Ga, при таких условиях, чтобы получить область обогащённую атомами Ga толщиной $5\div 7 \text{ мкм}$ с градиентом концентрации дырок $N=10^{18}\div 10^{16} \text{ см}^{-3}$. Затем в эти образцы диффундировали примесь Sb, при этом условия диффузия были выбраны так, чтобы в приповерхностной области концентрация Sb была больше чем концентрация Ga, а в объёме их концентрации были практически одинаковыми. При это учитывалось изменение концентрационного распределения атомов Ga при диффузии Sb.

В результате были получены образцы, которые имеют слой высоколегированный Sb толщиной $d\approx 1.5\div 2 \text{ мкм}$, затем область, обогащённую примесными атомами Ga и Sb с практически одинаковой концентрацией толщиной $d\approx 3\div 5 \text{ мкм}$. Для того чтобы атомы Ga и Sb вместе с атомами Si образовывали новые бинарные элементарные ячейки (рис. 1), необходимо провести соответствующий дополнительный отжиг при определённых термодинамических условиях с учетом коэффициента диффузия, расстояния между атомами Ga и Sb, а также их химических свойств.

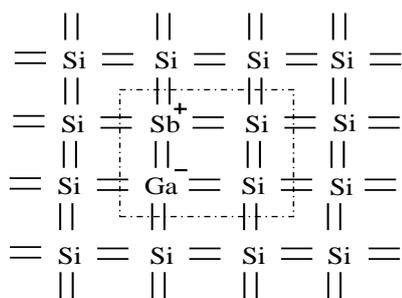


Рис. 1. Новые элементарные ячейки $\text{Si}_2\text{Ga}^-\text{Sb}^+$ в решетке кремния.

Как показали результаты экспериментов действительно после термообработки, формируется не только новая бинарная элементарная ячейка $\text{Si}_2\text{Ga}^-\text{Sb}^+$, но даже и их ассоциации (рис, 2).

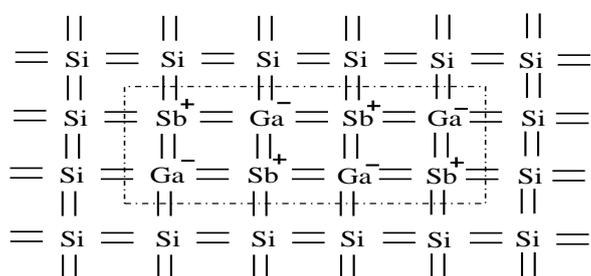


Рис. 2. Ассоциации элементарных ячеек $\text{Si}_2\text{Ga}^-\text{Sb}^+$ в решетке кремния.

Формирование таких элементарных ячеек практически не нарушает тетраэдрическую ковалентную связь в кремнии, а наоборот обеспечивает более выгодное термодинамическое состояние системы и стимулирует процесс самоорганизации формирования таких ячеек.

Исследования проведенные с использованием таких современных методов как рентгеноструктурный анализ и атомносиловая микроскопия показали, что действительно таких ячейки формируются.

Это означает, что в кристаллической решетке кремния, кроме элементарных ячеек самого кремния, появляются другие абсолютно новые элементарные ячейки $\text{Si}_2\text{Ga}^-\text{Sb}^+$, а также Ga^-P^+ с высокой концентрацией, приводящие к изменению фундаментальных параметров кремния. Таким образом, мы получаем новый полупроводниковый материал на основе кремния с широкой спектральной чувствительностью.

Литература

1. Милвидский М.Г, Чалдышев В.В. “Наноразмерные атомные кластеры в полупроводниках - новый подход к формированию свойств материалов”// ФТП. 1998. Т 32. № 5. С 515.

2. M. K. Bakhadyrkhanov, A. Sh. Mavlyanov, U. Kh. Sodikov, and M. K. Khakkulov/Silicon with Binary Elementary Cells as a Novel Class of Materials for Future Photoenergetics/Applied Solar Energy, 2015, Vol. 51, No. 4, pp. 258–261.