



2-расм.  $Si_2ZnS^{++}$  намуналарининг элемент таркиби бўйича таҳлили.

Намуналарининг элемент таркиби бўйича таҳлилидан кўриниб турибдики, намуналарнинг юзасида кремний, олтингугурт ва рух атомларидан иборат қатлам ҳосил бўлар экан.

#### Фойдаланилган адабиётлар

1. М.К. Бахадырханов, Б.А. Абдурахманов/Физико-технологические основы Наук РУз формирования кластеров примесных атомов в кремнии/Доклады Академии./№3, стр. 29-32
2. Болтакс Б.И. Диффузия в полупроводниках. Коллектив авторов. — М.: Физматгиз, 1961. — 462 с.
3. Анурова Л.В., Борисов В.Ф., Горбунов А.Н., Школьников В.М. Легирование кремния, контроль качества технологических процессов, сборка микросхем. Учебное пособие к лабораторным работам. — Москва: МАИ, 1999. — 56 с.
4. Н.В. Ганина. Физико-химические особенности изовалентного легирования полупроводников. Physics and Chemistry of Solid State. V. 3, № 4 (2002) P. 565-572.

#### ПРИМЕСНЫЕ КЛАСТЕРЫ СЕЛЕНА В РЕШЕТКЕ КРЕМНИЯ

К.С. Аюпов, С.А. Валиев, Н. Д. Бозоров, Б.Н. Хакимов, Д. Бобонов

*Ташкентский государственный технический университет*

**Аннотация.** Исследована возможность формирования структур  $A^{II}B^{VI}$ , а также соединений между халькогенидами и элементами переходной группы металлов в кристаллической решетке элементов IV группы, в частности в Si.

## СЕКЦИЯ 6. Полупроводниковая микро- и наноэлектроника в решении проблем информационных технологий и автоматизации

Возможность широкого и успешного применения структур типа  $A^{III}B^V$  и  $A^{II}B^{VI}$  в электронике для светоизлучающих диодов [1], а также люминесцентных материалов, в частности обусловлено образованием твердых химических соединений между элементами II и IV, а также II и VI групп периодической таблицы Менделеева. Такие соединения в основном получают из сплавов и в редких случаях из парогазовой фазы. Среди элементов II и VI групп известны в основном соединения между Cd, Zn, Hg и S, Se, Te, которые образуют устойчивые комплексы между собой в различных комбинациях. Установлены термодинамические и технологические условия формирования соединений  $A^{II}B^{VI}$ . Рядом авторов [2-3] ранее были исследованы возможности формирования подобных соединений, а также соединений между халькогенидами и элементами переходной группы металлов в объеме элементов IV группы, в частности кремния, поскольку кремний является наиболее широко используемым полупроводниковым материалом в электронной технике.

Одной из причин, позволяющей считать соединения  $A^{II}B^{VI}$  ковалентными, состоит в том, что в большинстве кристаллов наблюдается тетраэдрическое расположение атомов. Теоретически рассчитать ионный вклад связи в бинарных соединениях можно исходя из различий в электроотрицательности между атомами  $A^{II}$  и  $B^{VI}$ .

Именно тетраэдрические связи, полученные путем распределения электронов между атомами  $A^{II}$  и  $B^{VI}$  (по своему характеру аналогичные связи в Si, когда в таких структурах проявляется стремление к ковалентному характеру связи), и вызывает большой интерес к вопросу создания бинарных кластеров примесных атомов в объеме кремния с их участием, а также с участием халькогенидов с атомами переходных групп (Mn, Ni) [2-3]. Результаты исследований показали, что при определенных термодинамических условиях последовательного и одновременного легирования кремния элементами Mn и S, Se, в решетке кремния фактически создается новая элементарная ячейка. Эта элементарная ячейка состоит из двух атомов Si, которые находятся в узлах решетки, а также атомов S и Mn, которые также находятся в узлах решетки рядом с атомами кремния. При этом атомы S отдают свои лишние два валентных электрона атому марганца для образования нормальной ковалентной связи, т.е. появляется новая элементарная ячейка - квантовая точка  $Si_2-S^{++}Mn^{-}$ . Формирование таких элементарных ячеек практически не нарушает тетраэдрическую связь в кремнии. При определенных термодинамических и технологических условиях можно формировать ячейки также и дибинарные кластеры.

Аналогичные элементарные ячейки в решетке кремния можно формировать с участием примесных атомов Mn, Se, Te, а также элементов II группы Cd, Zn, Hg. Такие элементарные ячейки представляют собой квантовые точки, обладающие своими собственными фундаментальными

## СЕКЦИЯ 6. Полупроводниковая микро- и наноэлектроника в решении проблем информационных технологий и автоматизации

---

параметрами. Таким образом, появляются принципиально новые технологические решения формирования элементарных ячеек- квантовых точек в решетке кремния диффузионным методом [3]. Этот способ формирования квантовых точек в отличие от существующих дорогостоящих и сложных методов МЛЭ, позволяет одновременно создать квантовые точки различной структуры, состава, концентрации и распределения, и самое главное – в объеме решетки, которые позволяют формировать идеальные нано- и микроразмерные гетеропереходы с различной шириной запрещенной зоны, не обладающие поверхностным состоянием.

Предварительные результаты исследования показывают, что формирование достаточной концентрации таких элементарных ячеек приводит к изменению зонной структуры самого кремния, т.е. образуется нано- и микроразмерный кремний с прямозонной структурой [4-5]. Это означает, что на основе таких материалов можно создать новый класс фотоэлементов с расширенной областью спектральной чувствительности, но также и светоизлучающие устройства, светодиоды и лазеры на основе дешевого кремния.

Это открывает практически новое научное направление современной микро- и наноэлектроники, а также в сфере оптоэлектроники.

### Использованная литература

1. Ж.И. Алферов /Избранные труды нанотехнологии/МАГИСТР ПРЕСС, Москва 2011.
2. M.K. Bakhadirkanov, Sh.I.Askarov and N. Norkulov/Some features of chemical interaction between a fast diffusing impurity and group VI element in silicon/Phys.stat.sol. (a) 142, 339(1994)
3. М.К. Бахадырханов, Б.А. Абдурахманов /Физико-технологические основы формирования кластеров примесных атомов в кремнии/Доклады Академии Наук РУз./№3, стр. 29-32 .
4. Лукьянова Л.Н., Шабалдин А.А., Самунин А.Ю., Усов О.А. Эффективная масса, подвижность носителей заряда и решеточная теплопроводность в нанокompозитных термоэлектриках на основе халькогенидов висмута и сурьмы. “Физика и техника полупроводников” Год 2021, выпуск 12 Статья стр. 1124.
5. Bakhadyrkhanov M.K., Iliev Kh.M., Mavlonov G.Kh., Ayupov K.S., Isamov S.B., Tachilin S.A. Silicon with Magnetic Nanoclusters of Manganese Atoms as a New Ferromagnetic Material. Technical Physics, 2019, Vol. 64, No. 3, pp. 385–388.