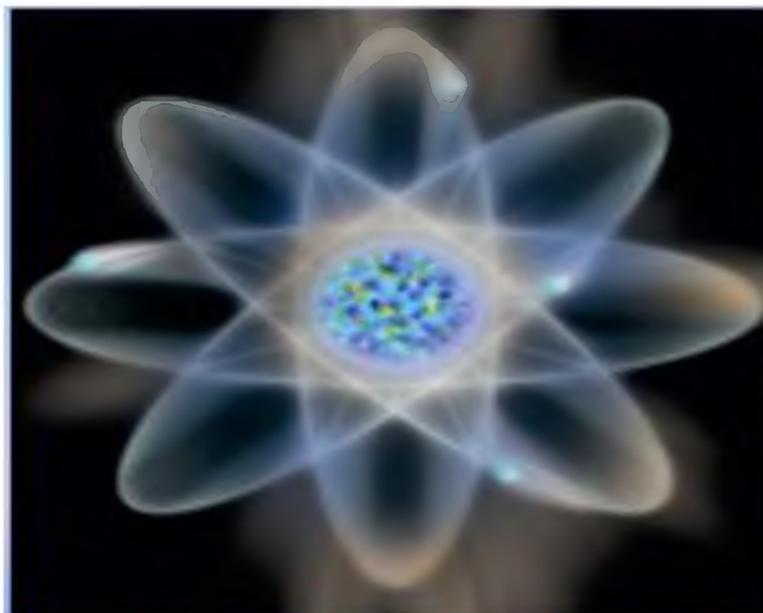


**ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ ОЛИЙ ВА ЎРТА
МАХСУС ТАЪЛИМ ВАЗИРЛИГИ**

ТЕРМИЗ ДАВЛАТ УНИВЕРСИТЕТИ



**“ЗАМОНАВИЙ ФИЗИКАНИНГ ДОЛЗАРБ
МУАММОЛАРИ”**

**VII –ИЛМИЙ – НАЗАРИЙ АНЖУМАН
МАТЕРИАЛЛАРИ**

19 – 20 май 2017 йил

ТЕРМИЗ 2017

Результате исследования показано, что с помощью таких устройств можно измерит температуру в интервале $T=400\div 1300^{\circ}\text{C}$, точность измерения в области $T=400\div 1000$ составляет $\pm 2,5^{\circ}\text{C}$, а в области $T=1000\div 1300$ $\pm 3^{\circ}\text{C}$. Время установления показаний – $10\div 15$ сек.

ВОЗМОЖНОСТЬ СОЗДАНИЯ ИНТЕГРАЛЬНЫХ ФОТОЭЛЕМЕНТОВ НА ОСНОВЕ КРЕМНИЯ

М.К. Бахадырханов¹, Х.М. Илиев¹, У.Х.Содиков¹, С.А. Тачилин¹,
Туэрди Умайэр²

¹Ташкентский государственный технический университет

²Синьцзянский инженерный институт

Основной проблемой стоящей перед современной фотоэнергетикой является повышение коэффициента полезного действия (КПД) кремниевых фотоэлементов [1-5]. Именно этот фактор определяет цены и масштаб их наземного использования. Однако существующая технология и функциональные возможности полупроводниковых материалов, в том числе кремния, который в настоящее время широко используется в фотоэнергетике, не позволяет найти решение для вышеуказанной проблемы.

Использование многокаскадных фотоэлементов на основе полупроводниковых соединений $A^{III}B^V$ и $A^{II}B^{VI}$, не может решить проблему широкомасштабного использования таких фотоэлементов в наземных условиях, из-за достаточных сложных технологических условий их изготовления и высокой стоимости таких структур.

Поэтому нами предложено оригинальное решение данной проблемы заключающееся в существенном расширении спектральной области чувствительности интегральных фотоэлементов на основе кремния, в результате формирования элементарных ячеек $A^{III}B^V$ и $A^{II}B^{VI}$ – принципиально нового класса квантовых точек с уникальными функциональными возможностями с управляемым составом, структурой, концентрацией, а также распределением в решетке кремния.

Предложенное решение является ещё более актуальным для Узбекистана, не только в области создания доступных и более эффективных солнечных элементов на основе кремния, но и как начало нового научного направления основанного ведущими узбекскими учеными признанными в современном научном мире.

Как известно, элементы III и V группы в кремнии при условии легирования по отдельности в основном находятся в узлах кристаллической решетки, образуя

твердые растворы замещения и выступают в качестве доноров и акцепторов соответственно. Поэтому эти примеси являются технологически применимыми и широко используются при получении как n типа и так p типа проводимости материала с различным удельным сопротивлением. Коэффициент диффузии и растворимость этих примесных атомов достаточно хорошо изучены. Установлено, что при определенных термодинамических условиях (температура и время отжига определяется экспериментально и рассчитывается теоретически с учетом параметров примесных атомов) легирования кремния элементами III и V, II и VI группы последовательно (обязательно с учетом их коэффициента диффузии) происходит интенсивное комплексообразование между элементами III и V, а также II и VI группы. В результате такого образования комплексов, атомы III и V, II и VI группы замещают два соседних узельных состояния и образуют новые решетки типа $Si_2A^{III}B^V$ и $Si_2A^{II}B^{VI}$. При этом химическая тетраэдрическая связь в решетке кремния не нарушается, а комплексы $A^{III}B^V$ и $A^{II}B^{VI}$ являются электронейтральными.

При этом никакие донорные и акцепторные энергетические уровни не создаются, т.е. электрические свойства кремния с такими элементарными ячейками остаются без изменением, как до легирования. Но при этом фундаментальные параметры кремния с новыми элементарными ячейками, как E_g , ρ , μ , m^* будут существенно отличаться от параметров кремния с обычными элементарными ячейками. При этом большой научный и практический интерес представляет целенаправленное управление концентрацией таких элементарных ячеек для формирования различных видов их ассоциаций, т.е. более сложных элементарных ячеек с различной структурой. Одновременное появление элементарных ячеек $A^{III}B^V$ и $A^{II}B^{VI}$ с различными ассоциациями в отличии от обычных квантовых точек не только обеспечивает квантование энергетических состояний электронов, но и они сами обладают различной шириной запрещенной зоны, а их ассоциации формируют мини энергетические зоны с различными параметрами. Это означает, что такие материалы теперь могут поглощать практически весь спектр Солнца и генерировать фотоносители, т.е. происходит поглощение всего ИК света Солнца и практически отсутствует эффект термолизаии. При этом главный вопрос заключается в формировании необходимой концентрации таких элементарных ячеек. Поскольку растворимость примесных атомов III (Al, In, Ga) и V (P, As, Sb) группы достигает 10^{21} см^{-3} , что и обеспечивает решение этого вопроса.

Для изготовления интегральных фотоэлементов на основе кремния с элементарными ячейками $A^{III}B^V$ и $A^{II}B^{VI}$, предлагается использовать монокристаллический кремний с оптимальными параметрами для фотоэлементов например p типа с $\rho=1\div 5 \text{ Ом}\cdot\text{см}$.

Далее на основе низкотемпературной диффузионной технологии в материал проводится последовательная диффузия элементов III и V группы (условия диффузии определяются параметрами примесных атомов) и осуществляется дополнительный термоотжиг (время и температура термоотжига определяется экспериментально). После этих операций в приповерхностной области пластины кремния толщиной $3\div 10$ мкм появляется обогащенная область с новыми элементарными ячейками $A^{III}B^V$. Все примесные атомы в этой области образуют электронейтральные комплексы (Ga^-As^+) . Приповерхностная область обогащенная новыми элементарными ячейками сохраняет свои электрофизические параметры.

Дальше интегральный фотоэлемент создается по обычной технологии, на основе формирования p-n перехода. Обогащённая элементарными ячейками область толщиной $d=3\div 10$ мкм обеспечивает поглощение практически всего спектра Солнца, что и обеспечивает повышение КПД фотоэлемента. При этом основная главная проблема это теоретически и экспериментально исследовать и установить такие термодинамические и технологические условия легирования, чтобы во второй области концентрация примесных атомов III группы N_{III} и V группы N_V была с наибольшей точностью одинакова, т.е. должно выполняться условие $N_{III} - N_V \ll P_0$ (P_0 концентрация дырок в исходном материале).

Литература:

1. B.A. Abdurakhmanov, Kh.M. Iliev, S.A. Tachilin, A.R. Toshev Silicon Solar Cells with Si—Ge Microheterojunctions // Pleiades Publishing Ltd.. USA, Vol. 41. No. 1, 2012, pp. 169-171.
2. Bakhadyrkhanov M.K., Isamov S.B., Tachilin S.A., Zikrillaev N.F., Quantometers of Solar IR Radiation Based on Silicon with Multicharged Nanoclusters of Magnesium Atoms // Applied Solar Energy, USA. 2012, Vol. 48, No. 1, pp. 55-57.
3. М.К. Бахадирханов, С.Б. Исамов, Х.М. Илиев, С.А. Тачилин, К.У. Камалов «Фотоэлементы с расширенной спектральной чувствительностью на основе кремния с нановаризионными структурами» // Гелиотехника, №2, 2014 г. с. 2-5.
4. Bakhadyrkhanov M.K., Isamov S.B., Iliev Kh.M., Tachilin S.A., Kamalov K.U. Silicon-Based Photocells of Enhanced Spectral Sensitivity with Nano-Sized Graded Band Gap Structures // Applied Solar Energy, USA. 2014, Vol. 50, No. 2, pp. 61-63.
5. M.K. Bakhadyrkhanov, S.A. Valiev, N.F.Zikrillaev, S.V. Koveshnikov, S.A. Tachilin, E.B. Saitov., Silicon Photovoltaic Cells with Clusters of Nickel Atoms //Applied Solar Energy, USA. 2016, Vol. 52, No. 4, pp. 278-281.