

11-30-2020

## A NEW WAY TO INCREASE EFFICIENCY SILICON PHOTOCELLS

M K. Bakhadyrkhanov

*Tashkent State Technical University, Uzbekistan, 100095, Tashkent, st. University number 2, Tel: (+99890) 901-80-60, E-mail: bahazeb@yandex.com*

K A. Ismaylov

*Karakalpak State University, Uzbekistan, 230112, Nukus, Ch. Abdirov st. No.1, Tel: (+99891) 372-62-20, E-mail: zoir1991@bk.ru*

Z T. Kenzhaev

*Karakalpak State University, Uzbekistan, 230112, Nukus, Ch. Abdirov st. No.1, Tel: (+99891) 372-62-20, E-mail: zoir1991@bk.ru*

S A. Tachilin

*1Tashkent State Technical University, Uzbekistan, 100095, Tashkent, st. University number 2*

Follow this and additional works at: <https://uzjournals.edu.uz/ferpi>

---

### Recommended Citation

Bakhadyrkhanov, M K.; Ismaylov, K A.; Kenzhaev, Z T.; and Tachilin, S A. (2020) "A NEW WAY TO INCREASE EFFICIENCY SILICON PHOTOCELLS," *Scientific-technical journal*: Vol. 3 : Iss. 5 , Article 16.

Available at: <https://uzjournals.edu.uz/ferpi/vol3/iss5/16>

This Article is brought to you for free and open access by 2030 Uzbekistan Research Online. It has been accepted for inclusion in Scientific-technical journal by an authorized editor of 2030 Uzbekistan Research Online. For more information, please contact [sh.erkinov@edu.uz](mailto:sh.erkinov@edu.uz).

УДК 621.315.592

**A NEW WAY TO INCREASE EFFICIENCY SILICON PHOTOCELLS****Bakhadyrkhanov<sup>1</sup> M.K., Ismaylov<sup>2</sup> K.A., Kenzhaev<sup>2</sup> Z.T., Tachilin<sup>1</sup> S.A.**<sup>1</sup>Tashkent State Technical University, Uzbekistan, 100095, Tashkent, st. University number 2,  
Tel: (+99890) 901-80-60, E-mail: [bahazeb@yandex.com](mailto:bahazeb@yandex.com)<sup>2</sup>Karakalpak State University, Uzbekistan, 230112, Nukus, Ch. Abdirov st. No.1, Tel: (+99891)  
372-62-20, E-mail: [zoir1991@bk.ru](mailto:zoir1991@bk.ru)**НОВЫЙ СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ  
КРЕМНИЕВЫХ ФОТОЭЛЕМЕНТОВ****Бахадирханов<sup>1</sup> М.К., Исмаилов<sup>2</sup> К.А., Кенжаев<sup>2</sup> З.Т., Тачилин<sup>1</sup> С.А.**<sup>1</sup>Ташкентский государственный технический университет, Узбекистан, 100095, Ташкент, ул.  
Университетская № 2, Тел: (+99890) 901-80-60, E-mail: [bahazeb@yandex.com](mailto:bahazeb@yandex.com)<sup>2</sup>Каракалпакский государственный университет, Узбекистан, 230112, Нукус,  
ул Ч. Абдирова №1, Тел: (+99891) 372-62-20, E-mail: [zoir1991@bk.ru](mailto:zoir1991@bk.ru)

**Abstract.** *It is shown that the effect of additional silicon doping with nickel weakly depends on the method of its introduction, and the presence of a nickel-enriched layer in silicon photocells leads to an improvement in their parameters. It was found that doping silicon with nickel prior to the formation of the p – n junction of the photocell is a more efficient method of its introduction.*

**Key words:** doped silicon, impurity atoms, unit cells, nanoclusters, photocells, spectral sensitivity.

**Аннотация.** *Показано, что влияние дополнительного легирования кремния никелем слабо зависит от метода его введения, а наличие обогащенного никелем слоя в кремниевых фотоэлементах приводит к улучшению их параметров. Установлено, что легирование кремния никелем до формирования p–n-перехода фотоэлемента является более эффективным методом его введения.*

**Ключевые слова:** легированный кремний, примесные атомы, элементарные ячейки, нанокластеры, фотоэлементы, спектральная чувствительность.

**Введение**

В работах [1, 2] было показано, что формирование обогащенного никелем слоя в приповерхностной области кремниевых фотоэлементов (ФЭ) с глубоким p–n-переходом приводит к улучшению их параметров.

Целью данной работы являлось изучение особенностей влияния легирования никелем на параметры фотоэлементов и определение оптимальных технологических условий легирования, пригодных для использования в производстве фотоэлементов.

Такие исследования позволяют с одной стороны оценить эффективность введения обогащенного никелем слоя в фотоэлементах, а с другой стороны определить также эффективность фотоэлементов с достаточно с мелким p–n-переходом (0,5÷0,75 мкм) [3].

Использование никеля, как легирующей примеси, определялось тем, что он имеет не только достаточно высокую объемную растворимость  $n \sim 10^{18} \text{ см}^{-3}$ , но и тем, что в приповерхностной области  $d=2 \div 3 \text{ мкм}$  его концентрация может достигать значений  $n_s \sim 10^{20} \div 10^{21} \text{ см}^{-3}$ . Основная часть растворенных атомов никеля в объеме 99,9%, а в приповерхностной области еще больше, находится в электронейтральном состоянии в междоузлиях.

В работах [1, 2] формирование обогащенных никелем слоев в приповерхностной области фотоэлементов осуществлялось после получения  $p-n$ -перехода. Поэтому представляет интерес проведение исследований по определению влияния обогащенных никелем слоев на параметры фотоэлементов с мелким  $p-n$ -переходом до формирования  $p-n$ -перехода.

#### Технология и методика исследования

Для проведения исследований были изготовлены ФЭ из монокристаллического кремния марки КДБ-0,5. Создавались две группы образцов по 10 штук в каждой, с размером образцов  $1 \times 1 \text{ см}^2$ .

I группа образцов – образцы у которых  $p-n$ -переход был получен до диффузии примесных атомов никеля. Сначала диффузией фосфора формировался  $p-n$ -переход, который имел глубину  $x_{p-n} \sim 0,5 \div 0,75 \text{ мкм}$ , далее на поверхность диффузионного слоя  $n$ -типа напылялся никель толщиной 1 мкм и затем проводилась его диффузия.

II группа образцов – образцы у которых  $p-n$ -переход был получен после диффузии примесных атомов никеля. Сначала на поверхность кремния напылялся никель толщиной 1 мкм, затем проводилась его диффузия. Далее на поверхности пластины легированной никелем диффузией фосфора формировался  $p-n$ -переход, который также имел глубину залегания  $x_{p-n} \sim 0,5 \div 0,75 \text{ мкм}$ .

Условия проведения диффузии фосфора и примесных атомов никеля были полностью одинаковы. Диффузия никеля проводилась при температуре  $T_{\text{дифф}} = 800 \div 1200 \text{ }^\circ\text{C}$ . После диффузии примесных атомов никеля все образцы проходили дополнительный термоотжиг при температуре  $T_{\text{отж}} = 750 \div 800 \text{ }^\circ\text{C}$  с целью активации процесса геттерирования [4, 6] неконтролируемых рекомбинационных примесей.

После каждого технологического этапа проводилась химическая обработка в HCl и HF, чтобы снять остатки никеля и оксида кремния с поверхности. Затем создавался омический контакт напылением никеля через трафарет. Просветляющее покрытие не использовалось. После получения контакта были измерены ВАХ ФЭ и определены его параметры. В таб. 1. показана технологическая последовательность изготовления всех групп ФЭ.

**Таблица 1.** Технологическая последовательность изготовления ФЭ

Очистка поверхности кремния (RCA-1, RCA-2)		
Контрольный образец	I группа	II группа
	Формирование $p-n$ -перехода	
	Напыление Ni и диффузии	Напыление Ni и диффузии
-	Напыление Ni и диффузии	Формирование $p-n$ -перехода
-	Дополнительный термоотжиг	
Создание омических контактов с никелем		
Измерение ВАХ		

#### Результаты

После получения исследуемых  $p-n$ -структур и контрольных образцов (без никеля) были определены средние значения  $P_{\text{max}}$  ФЭ при падающей мощности светового излучения  $12,08 \text{ mW/cm}^2$ . Изменение средних значений  $P_{\text{max}}$  ФЭ I и II групп при разных температурах диффузии никеля представлено на рис. 1.

Из рисунка видно, что легирование никелем до формирования  $p-n$ -перехода приводит к улучшению параметров фотоэлементов по сравнению с диффузией никеля проводимой после формирования  $p-n$ -перехода. Полученные данные позволяют существенно улучшить технологию создания более эффективных фотоэлементов на основе кремния легированного никелем.

Таким образом, на основе полученных результатов можно утверждать, что положительный эффект влияния дополнительного легирования никелем на параметры фотоэлементов проявляется не зависимо от глубины залегания  $p-n$ -перехода, но введение никеля до формирования  $p-n$ -перехода является более эффективным. Если использовать стандартное просветляющее покрытие и омические контакты имеющие оптимальную форму, то параметры фотоэлементов на основе предлагаемой технологии могут быть улучшены примерно еще на 20÷25 %.

### Обсуждение результатов

Коэффициент заполнения ВАХ фотоэлементов I и II групп при всех температурах диффузии никеля вырос относительно контрольных ФЭ примерно на 6÷7 %, что мы связываем с

уменьшением слоевого сопротивления поверхностных слоев эмиттера солнечного элемента. Прямое измерение поверхностного сопротивления эмиттера ( $n$ -слоя) после дополнительного термоотжига показывает его уменьшение на 15÷20 %, что соответствует росту коэффициента заполнения. Измерение времени жизни неосновных носителей заряда, после дополнительного легирования никелем [7], показывает его улучшение на 30÷40 %, что соответствует установленному росту  $J_{кз}$ ,  $U_{хх}$  и  $P_{max}$  ФЭ I и II групп в целом.

### Выводы

Разработанная технология легирования кремния примесными атомами никеля до формирования  $p-n$ -дает даже лучший результат, что означает предложенная нами технология позволяет без существенных изменений технологического процесса и с малым затратами создавать более эффективные фотоэлементы.

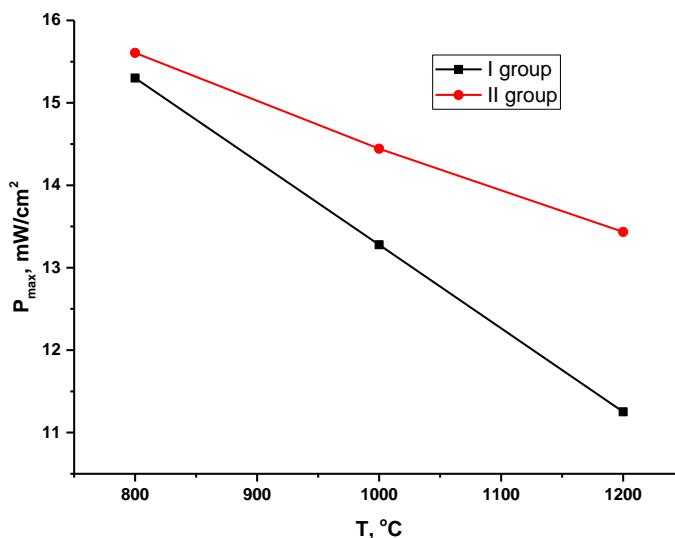


Рис. 1. Изменение средних значений  $P_{max}$  ФЭ I и II групп при разных температурах диффузии никеля.

### References:

- [1] Bakhadyrkhanov M.K., Isamov S.B., Kenzhaev Z.T., Koveshnikov S.V., // *Tech. Phys. Lett.*, 2019, vol. 45, no. 10, pp. 959–962.
- [2] Bakhadyrkhanov M.K., Isamov S.B., Kenzhaev Z.T., Melebaev D., Zikrillayev Kh.F., Ikhtiyarova G.A., // *Appl. Sol. Energy*, 2020, vol. 56, No. 1, pp. 13–17.
- [3] Green M. A, Hishikawa Y, Warta W, et al., // (version 54), *Prog Photovolt Res Appl.* 2019, no. 27, pp. 565-575.
- [4] CHistoxin I.B., Fritsler K.B., // *Pisma v JTF.* 2020, tom. 46. vip. 21. S. 11-13.
- [5] Baxadirxanov M.K., Ismaylov B.K. // *Pribori.* 2020. № 6 (240) s. 44-48.
- [6] Bahadirkhanov M.K., Ismaylov B.K., Ismailov K.A., Zikrillaev N.F., Isamov S.B. // *International Journal of Advanced Science and Technology.* 2020, Scopus Q3, Vol. 29, No. 9s, pp. 6308-6312.
- [7] Togatov V.V., Gnatyuk P.A., // *Fizika i texnika poluprovodnikov*, 2005, Tom 39, vip. 3, iyulya, str. 378-381.