

ТЕРМОРЕЗИСТОР НА ОСНОВЕ КОМПЕНСИРОВАННОГО КРЕМНИЯ

Сулаймонов А. А.

Институт Ядерной физики АН Узбекистана
sulaymonov1882@gmail.com

Сулаймонова Х.И.

Ташкентский международный университет Кимё
xurshidasulaymonova0@gmail.com

В тезисе приведены преимущества и недостатки используемых методов получения кремниевых терморезисторов, предназначенных для работы при высоких температурах кремния, легированного радиационными дефектами, и кремния, легированного Au, Cu.

Ключевые слова: легирования, однородным, облучения, компенсированного, радиационными дефектами, золота, резисторов, изготовления терморезисторов, чувствительность.

Известно, что для повышения чувствительности полупроводниковых датчиков в большинстве случаев используются высокоомные материалы, в частности, компенсированный кремний. Получение такого материала в промышленных условиях требует достаточно весомых затрат и связанно со сложностью получения радиально однородного кремния по удельному сопротивлению. Для решения этих задач на практике широко применяется метод легирования кремния различными компенсирующими примесями и радиационными дефектами[1-11]. Однако, в ряде случаев, полученный компенсированный материал имеет принципиальные ограничения, т.е. при эксплуатации материал изменяет свои параметры. Поэтому использованию компенсированного материалов в качестве термодатчиков работающих в области ≥ 100 °C требует повышения их термостабильности.



Целью данной работы является поиск и разработка способа получения компенсированного монокристаллического кремния с однородным значением удельного сопротивления для изготовления терморезисторов.

В качестве исходного материала для резисторов используют кремний n- типа с исходным удельным сопротивлением $\rho_0 = (1 - 100) \text{ Ом}\cdot\text{см}$.

Легирование кремния медью и золота осуществлялось термодиффузионным методом в открытом объеме (на воздухе) из слоя Cu и Au, нанесенного на поверхность пластинки кремния, в интервале температур 900-1200 °С в течение ~ 5 часов с последующим охлаждением со скорости 200-250 град/мин.

Облучения для получения компенсированного кремния проводился в атомном реакторе (типа ВВР-С, ИЯФ АН РУз). После термо- и радиационной обработки удельного электросопротивления резистора $(0,6-1) \cdot 10^5 \text{ Ом}\cdot\text{см}$.

Температурная характеристика терморезистора описывается следующим уравнением

$$R/R_0 = \exp[B(T-T_0) / T \cdot T_0] = \exp [B/T] ,$$

где В- коэффициент температурной чувствительности, связанный с ТКС соотношением $B = - \alpha T^2$; R_0 – номинальные электросопротивления при $T_0 = 300 \text{ К}$, R – электросопротивления при температуре T , α - температурной коэффициент сопротивления терморезистора.

Чувствительность терморезистора В определялась по следующей формуле:

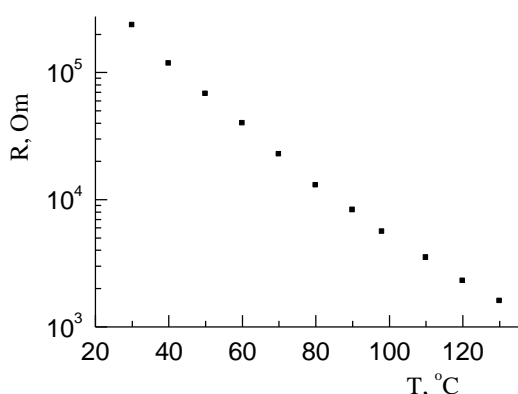
$$B = 2,3 \cdot [\lg(R_0/R)] / (T^{-1} - T_0^{-1}), \text{ К}$$

где R_0 и R – номинальные электросопротивления после компенсации примесными и радиационными дефектами, соответствующие температурам T_0 и T .

Для получения сведений о термической устойчивости В и R, исследован изохронный отжиг электросопротивления $n^+ - n - n^+$ структур изготовленного на основе коменсированного кремния, результаты которых приведены в рисунке и таблице.

Эксперименты показали, что при изохронном отжиге до 130°С электросопротивление





резисторов изготовленного на основе n-Si<P,Au> практически не изменяется, по сравнению с другими образцами (таблица).

Рисунка. Электросопротивление n⁺-n-n⁺ структуры на основе компенсированного n-Si<P,Au> в зависимости от температуры

Таблица. Изохронный отжиг n⁺ - n - n⁺

структуры изготовленной на основе компенсированного кремния, с $\rho \approx 8 \cdot 10^4$ Ом·см

№	Повторной термообработки (время отжига 1ч.), °C	Коэффициент температурной чувствительности терморезистора, В		
		С радиационным дефектами (n-Si<P, PД>)	С примесными дефектами	
			(n-Si<P, Cu>)	(n-Si<P, Au>)
1	30	6300	5200	6300
2	100	6100	4974	6000
3	110	5700	3122	5900
4	130	4500	2000	5985

Использование предлагаемого способа изготовления кремневых терморезисторов, по сравнению с известными способами, обеспечивает следующие преимущества: крайняя простота изготовления и не изменяет стабильности В при эксплуатации до 80 °C, а также . отсутствие необходимости отдельной градуировки каждого терморезистора.

Литература

1. Karimov M., Makhkamov Sh., Makhmudov Sh.A., Muminov R.A., Rakhmatov A.Z., Sulaimanov A.A., Tursunov N.A. Peculiarities of influence of radiation defects on photoconductivity of silicon irradiated by fast neutrons. (Applied Solar Energy, Allerton Press, Inc., 2010) vol. 46 (4), pp. 298-300.

Peculiarities of influence of radiation defects on photoconductivity of silicon irradiated by fast neutrons. (Applied Solar Energy, Allerton Press, Inc., 2010) vol. 46 (4), pp. 298-300.

2. Sh.A. Makhkamov, M.Yu. Tashmetov, Sh.A. Makhmudov, A.K. Rafikov, A.A. Sulaimonov. Диффузия атомов примеси родия в кремнии для датчиков // FRANCE international conference: "Scientific approach to the modern education system" Part 10, 5th December, - Pp. -95-98.y 2022

3. M. Yu. Tashmetov, Sh. A. Makhmudov, A. A. Sulaymonov, A. K. Rafikov, B. Zh. Abdurayimov. Photosensors Based on Neutron Doped Silicon // ISSN 0003-701X, Applied Solar Energy, 2019, Vol. 55, No. 1, pp. 71–73. © Allerton Press, Inc., 2019. Russian Text © The Author(s), 2019, published in Geliotekhnika, 2019, No. 1, pp. 83–85. DOI: 10.3103/S0003701X19010134

4. Sh Makhmudov, A Sulaymonov, A Rafikov, G Xudayberganova. Study of after diffusion regions in highly doped silicon // International scientific journal Science and Innovation, ISSN: 2181-3337, V-1, №6, October 9, 2022, - Pp. -402-404. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7178339>

5. Каримов М., Махкамов Ш., Турсунов Н., Махмудов Ш.А., Сулаймонов А.А. Влияние быстрых нейтронов на электрофизические свойства ядерно-легированного кремния р-типа» // Известия вузов, Физика. – Томск. 2011. – Вып. 5 – С. 75-78.

6. M Karimov, Sh Makhkamov, NA Tursunov, Sh A Makhmudov, AA Sulaimonov. "The effect of fast neytrons on the electrophysical properties of nucler-doped p-silicon" // Russian Physics Journal 2011/10. vol 54. Pp589-593.

7. Сулаймонов.А.А. Разработка терморadiационных датчиков на основе нейтронно-легированного монокристаллического кремния: дис.-кон.-физ.-тех. наук-Тошкент-2021

8.Патент на изобретение РУз № IAP 04796. Способ изготовления кремниевых терморезисторов / Каримов М., Махкамов Ш., Турсунов Н. А., Махмудов Ш. А., Сулаймонов А.А. // Агентство по интеллектуальной собственности РУз. - 29.11.2013.

9. Патент на изобретение РУз № IAP 05339. Способ измерения плотности потока нейтронов кремниевым детектором n-типа / Каримов М., Махкамов Ш.,



Proceedings of International Scientific Conference on Multidisciplinary Studies

Hosted online from Moscow, Russia

Date: 11th April, 2023

ISSN: 2835-5733

Website: econferenceseries.com

Турсунов Н.А., Махмудов Ш.А., Сагдиев А.Р., Сулаймонов А.А., Рафиков А.К.

// Агентство по интеллектуальной собственности РУз. - 27.04.2017.

10. Зайнабидинов С.З. Физические основы образования глубоких уровней в кремнии. - Ташкент: Фан – 1984. – С. 160.

11. Нейтронное трансмутационное легирование полупроводников / под ред. Дж. Миза; пер. с англ. под ред. В.Н.Мордковича. – М.: Мир, 1982. –С. 259.



E- Conference Series

Open Access | Peer Reviewed | Conference Proceedings



E-CONFERENCE
SERIES