



ДИФФУЗИЯ АТОМОВ ПРИМЕСИ РОДИЯ В КРЕМНИИ ДЛЯ ДАТЧИКОВ

Ташметов М.Ю.

Махмудов Ш.А,

Рафиков А.К.

Сулаймонов А.А.

Институт ядерной физики АН Узбекистана, г.Ташкент

email: rafikov@inp.uz

Аннотация. Растворимость Rh в кремнии изучались методом полного насыщения в интервале температур 1000-1300 °С. Установлено, что с увеличением времени диффузии и тот же уровень концентрации увеличивается и насыщение достигается через определенное время.

Annotation: The solubility of Rh in silicon was studied by the method of complete saturation in the temperature range of 1000-1300 °C. It was found that with an increase in the diffusion time, the same level of concentration increases and saturation is reached after a certain time.

Ключевые слова: Родий, температура, диффузия, примесь, время насыщения, растворимость, равномерный, активные центры.

Key words: Rhodium, temperature, diffusion, impurity, saturation time, solubility, uniform, active sites.

Известно, что стабильный фото чувствительный датчик можно получить методом медленной термодиффузией компенсирующей глубокоуровневой примеси в кремнии [1,2]. Выбор примесей родия обусловлен тем, что ток утечки для диодов, легированных родием, на 2 порядка меньше, чем для легированных золотом [2]. Причины: во-первых, распад электрически активных центров родия в кремнии происходит при температурах выше 800 °С, во-вторых, родий является основным рекомбинационным центром [3]. Однако, имеющихся литературных данных по растворимости и коэффициенту термодиффузии родия в кремнии недостаточно.

Введением медленно диффундирующих примесей при высокой температуре можно в широких пределах изменить электрофизические свойства кремния [1,2,4,5]. В зависимости от скорости охлаждения приводит к возникновению пересыщенных твердых растворов [2,3,5], которые затем медленно распадаются, приближаясь к равновесно и однородное состояние [3]. Известно скорость распада твердых растворов также связана со скоростью диффузии примесных атомов и концентрацией примесных центров [1,5,6].

Исследовано для легирования был исходный кремний с удельным сопротивлением (1-5) Ом·см.



Методом осуществления диффузии Rh на очищенную поверхность образцов наносился (5-10)% раствор $RhCl_3$ (осч.) [1]. Легирование образцов Si родием осуществлялось термодиффузионным способом в кварцевых ампулах, в интервал температуры 1100-1300 °С в течение от 20 мин. до 6 часов, с последующим быстрым охлаждением со скоростью 250-300 град/сек. В процессе диффузии атомы Rh за несколько минут проникают во весь объем исследуемых образцов толщиной $1 \div 2$ мм. Профиль распределения сопротивления в $Si \langle Rh \rangle$, полученный при температуре 1300 °С ($t = 10$ мин) приведен на рис.1. и в начале второго участка, описывается $erfc$ -функцией.

Экспериментальный результат показывается, определены коэффициенты диффузии Rh в кремнии при различных температурах, и найденные значения хорошо совпадают с коэффициентами диффузии, определенными по времени насыщения на основе выражения по формуле

$$D = (fd)^2 / (5,1t), \quad (1)$$

где, d - толщина образца, в см; t - время отжига, в сек.; f -множитель.

Характеризирующий степень насыщения образца исследуемой примесью, который определяется из соотношения по формуле

$$f = (\sigma_t - \sigma_0) / (\sigma_{\infty} - \sigma_0), \quad (2)$$

здесь σ_t и σ_0 - значения электропроводности образца ($T=300$ °С) до и после диффузионного отжига; σ_{∞} - электропроводность образцов при условии полного и равномерного насыщения его исследуемой примесью.

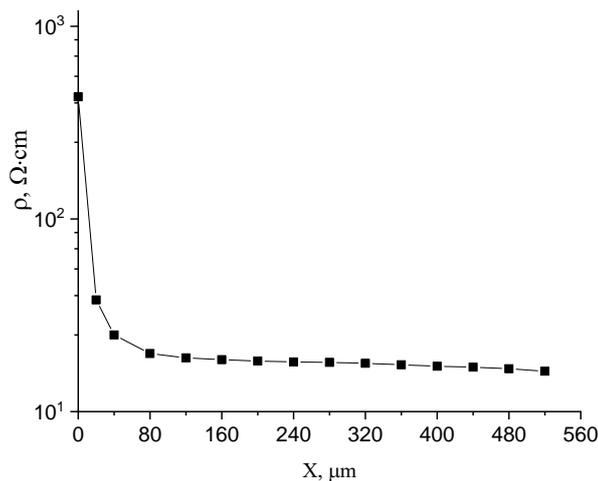


Рис.1. Распределение ρ по толщине образца после диффузии Rh ($\rho_{исх.} = 3$ Ом·см)

Показано, что коэффициент диффузии Rh в интервале температур (1000- 1300 °С) описывается выражением определяется, по формуле

$$D = 10^{-3} \exp[-(1,0 \pm 0,1)/kT], \text{ см}^2/\text{с}. \quad (3)$$

Растворимость Rh в кремнии исследовалась методом полного насыщения. Выявлено, что с увеличением времени диффузии, равномерный уровень концентрации

возрастает и достигает насыщения через определенное время (рис.2). Такое значение концентрации, и принималось нами за растворимость электрически активных центров, при соответствующей температуре, которая описывается в интервале температур (800-1300) °С выражением:

$$N_{Rh} = 1,5 \cdot 10^{23} \exp[-(2,0 \pm 0,1)/kT] \quad (4)$$

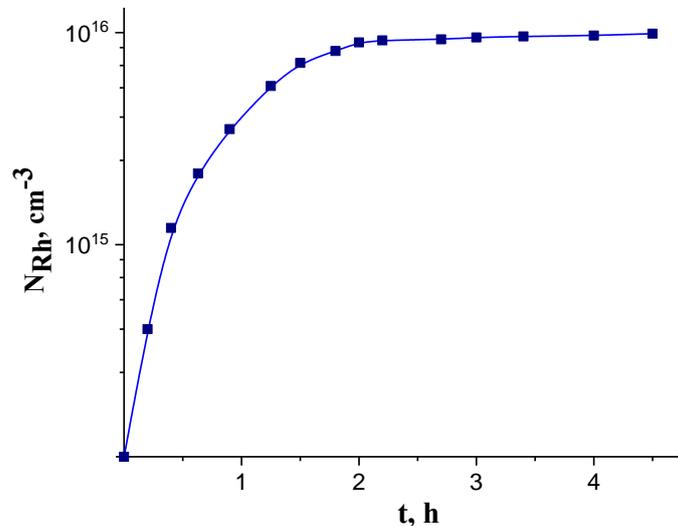


Рис. 2. Зависимость концентрации Rh в объеме от времени отжига (Т =1200 °С)

В дальнейшем, на наш взгляд и растворимости Rh увеличивается в кремнии концентрация электрически активных центров примесей в легированном кремнии. На основании этих результатов было установлено, что кремний легированный раствором родия можно использовать для датчиков по-другому.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Фистуль В.И. Введение в физику полупроводников. – Москва: Высшая школа, 1984. – 296 с.
2. Зайнабидинов С., Курбанов А.О. «Влияние γ - квантов ^{60}Co на фотоэлектрические свойства кремния легированного никелем и родием» Scientific-technical journal. 2020, V.3, №5. pp 90-94. <https://uzjournals.edu.uz/ferpi/vol3/iss5/18>
3. Р. С. Касымова, Х. Р. Абдукаримова. «Зависимость времени жизни носителей тока в кремнии, легированном золотом, от степени компенсации» Физика и техника полупроводников, 1991, Том 25, выпуск 9, 1566–1568. <http://www.mathnet.ru/rus/agreement>
4. Б.И. Болтакс. Диффузия и точечные дефекты в полупроводниках. Издательство «Наука», Ленинградское отделение, Ленинград, 1972. 386 с.
5. Mahmudov Sh.A., Rafikov A.K., Mirzarayimov J.Z.. Effect of Radiation ^{60}Co



on the Photosensitivity of Overcompensated Silicon. / International Journal of Progressive Sciences and Technologies (IJPSAT)/ ISSN: 2509-0119, August 2020, pp. 12–15.

<https://ijpsat.ijsht-journals.org/index.php/ijpsat/article/view/2043>

6. 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.

<https://link.springer.com/article/10.3103/S0003701X19010134>