

6-10-2019

THE RESEARCH OF CHARGEER CARRIER LIFETIME IN DOPING WITH SILLION AND SILVER IMPURITY

A R. Sattiev

Institute of Nuclear Physics Academy of Sciences of the. Republic of Uzbekistan., authors@ferpi.uz

S Zaynabidinov

Andijan State University

H M. Holmedov

Tashkent University of Information Technology named after Muhammad al-Khwarizmi

S S. Sabirov

Ferghana Branch of Tashkent University of Information Technologies named after Muhammad al-Khwarizmi

Sh. Mahkamov

Institute of Nuclear Physics Academy of Sciences of the. Republic of Uzbekistan.

See next page for additional authors

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

Recommended Citation

Sattiev, A R.; Zaynabidinov, S; Holmedov, H M.; Sabirov, S S.; Mahkamov, Sh.; Tashmetov, M. Yu.; and Erdonov, M. N. (2019) "THE RESEARCH OF CHARGEER CARRIER LIFETIME IN DOPING WITH SILLION AND SILVER IMPURITY," *Scientific-technical journal*: Vol. 23 : Iss. 2 , Article 1.

Available at: <https://uzjournals.edu.uz/ferpi/vol23/iss2/1>

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.

THE RESEARCH OF CHARGEER CARRIER LIFETIME IN DOPING WITH SILLION AND SILVER IMPURITY

Authors

A R. Sattiev, S Zaynabidinov, H M. Holmedov, S S. Sabirov, Sh. Mahkamov, M. Yu. Tashmetov, and M. N. Erdonov

SHORT MESSAGES

THE RESEARCH OF CHARGE CARRIER LIFETIME IN DOPING WITH SILICON AND SILVER IMPURITY

^{1,2}A.R. Sattiev, ²S. Zaynabidinov, ¹Sh. Mahkamov, ¹M.Yu. Tashmetov,
¹M.N. Erdonov, ³H.M. Holmedov, ⁴S.S. Sabirov

¹Institute of Nuclear Physics Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan.

²Andijan State University

³Tashkent University of Information Technology named after Muhammad al-Khwarizmi

⁴Ferghana Branch of Tashkent University of Information Technologies named after Muhammad al-Khwarizmi

ИССЛЕДОВАНИЕ ВРЕМЕНИ ЖИЗНИ НОСИТЕЛЕЙ ЗАРЯДА В КРЕМНИИ ПРИ ЛЕГИРОВАНИИ ПРИМЕСЬЮ ЦИНКА И СЕРЕБРА

А.Р. Саттиев^{1,2}, С. Зайнабидинов², Ш. Махкамов¹, М.Ю. Ташметов¹, М.Н. Эрдонов¹,
Х.М. Холмедов³, С.С. Сабиров⁴

¹Институт ядерной физики АН РУз, Ташкент, Узбекистан,

²Андижанский государственный университет,

³Ташкентский университет информационных технологий имени Мухаммада аль-Хоразмий,

⁴Ферганский филиал Ташкентского университета информационных технологий имени Мухаммада аль-Хоразмий

РУХ ВА КУМУШ КРИТМАЛАРИ БИЛАН ЛЕГИРЛАНГАН КРЕМИЙДАГИ ЗАРЯД ТАШУВЧИЛАРНИНГ ЯШАШ ВАҚТИНИ ЎРГАНИШ

А.Р. Саттиев^{1,2}, С. Зайнабидинов², Ш. Махкамов¹, М.Ю. Ташметов¹, М.Н. Эрдонов¹,
Х.М. Холмедов³, С.С. Сабиров⁴

¹ЎЗР ФА Ядро физикаси институти, Тошкент, Узбекистон,

²Андижон давлат университети

³Мухаммад ал-Хоразмий номидаги Тошкент Ахборот технологиялар университети,

⁴Мухаммад Ал-Хоразмий номидаги Тошкент ахборот технологиялари университети Фарғона филиали

Abstract. This work proposes scruple and more accessible way of value management through doping with silicon or silver. The influence of impurities on electro physical, photoelectrical and recombination parameters $Si\langle Ag \rangle$ and $Si\langle Zn \rangle$ are investigated

Keywords: alloyage, mixture, sample, level, concentration, centre.

Аннотация. В данной работе предлагается простой и более доступный методом управления значением τ путем легирования кремния цинком или серебром.

Исследованы влияния примесей на электрофизические, фотоэлектрические и рекомбинационные параметры $Si\langle Ag \rangle$ и $Si\langle Zn \rangle$.

Ключевые слова: легирование, примесь, образец, уровень, концентрация, центр.

Аннотация. Ушбу мақолада рух ва кумушни кремнийга легирлашнинг τ бошқариши усули содда ҳамда нисбатан мукамал тавсия этилган.

$Si\langle Ag \rangle$ ва $Si\langle Zn \rangle$ киритмаларнинг электрофизик, фотоэлектрофизик ва рекомбинацияланган параметрларининг боғлиқлиги ўрганилди.

Таянч сўзлар: легирланган, аралашма, намуна, сатҳ, концентрация, марказ.

Изучение рекомбинационных характеристик кремния, легированного быстро диффундирующими примесями, представляет значительный интерес, поскольку именно эти примеси формируют в запрещенной зоне кремния глубокие центры, которые

SHORT MESSAGES

могут изменить характеристики изготавливаемых полупроводниковых изделий различного назначения.

В настоящее время достаточно хорошо изучены свойства и параметры более 20 быстро диффундирующих примесей в кремнии. Данные о коэффициенте диффузии, растворимости, энергетических и типов формирующих уровней, их зарядовое состояние и другие характеристики примесей довольно подробно приведены авторами в книге [1].

Проведенный анализ показывает, одним из самых чувствительным параметром кремния, легированного быстро диффундирующей примесью, является время жизни носителей заряда, который подвергается быстрому изменению даже при слабых воздействиях внешних факторов. В частности, значение τ можно изменить при термической и радиационной обработке, легированием примесью, используя ионную имплантацию, термической обработкой, ядерной трансмутацией и др. методами. Однако одной из основных задач твердотельной электроники является сохранение значений τ при технологических операциях в процессе изготовления изделий или целенаправленное управление значением τ в базовых кристаллах.

В литературе предлагается ряд способов управления значением τ :

путем создания в объеме материала наноструктур с участием легирующей примеси [2,3], ультразвуковой обработкой [4] или нормализацией параметров монокристалла термической обработкой [5]. Предлагаемые методы имеют невысокую эффективность, технологические сложности при реализации и могут привести к формированию новых структурных дефектов в объеме кристалла.

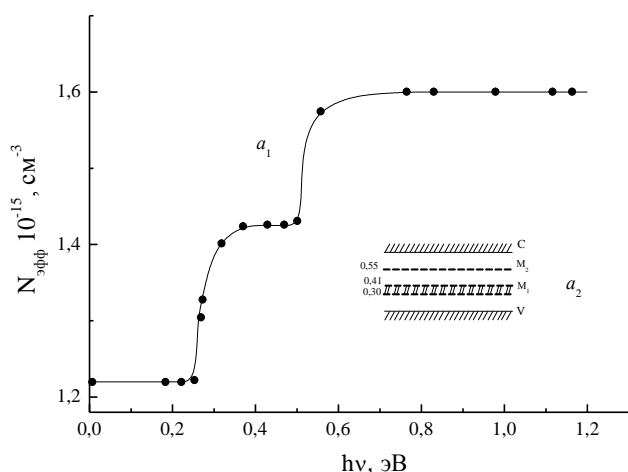


Рис 2. Спектр ФЭ в диодах из p-Si<Zn>(a₁) и зонная схема энергетических уровней Zn(a₂).

омического контакта осуществлялось стандартным методом. Исследования влияния примесей на электрофизические, фотоэлектрические и рекомбинационные параметры Si<Ag> и Si<Zn> были произведены измерением постоянной Холла и фотоемкости (ФЭ). Параллельно с легированными образцами измерялись параметры контрольных образцов,

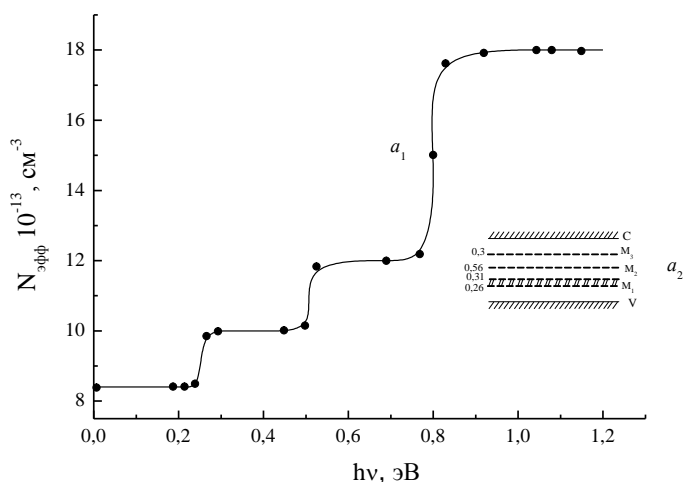


Рис 1. Спектр ФЭ в диодах из n-Si<Ag>(a₁) и зонная схема энергетических уровней (a₂).

В данной работе предлагается простой и более доступный метод управления значением τ путем легирования кремния цинком или серебром. Известно, что Zn в кремнии проявляет только акцепторные свойства, что позволяет в широких пределах управлять значением τ в n-Si, а Ag является амфотерной примесью, проявляя стабилизирующие свойства как p- так и n-Si. При легировании диффузия указанных примесей проводилась из нанесенного на поверхность Si раствора химического соединения AgNO₃ или ZnCl₂ в интервале температур 1000 – 1200 °C в течении 3÷10 часов. Формирование p-n перехода и

SHORT MESSAGES

подвергнувшихся термообработке при температурах диффузии примесей. После диффузии Ag при температуре 1100 °С в n- и p- Si с исходным удельным сопротивлением $\rho \leq 1 \div 2$ Ом·см существенных изменений значений ρ не обнаружено. Однако значение ρ в n- Si<Zn> в зависимости от температуры и длительности диффузии возрастало от 2 до 3 раз, по сравнению с исходными образцами, что подтверждает акцепторный характер образовавшихся центров. Примесь Zn в p- Si<Zn> значение ρ практически не изменяет.

Для выявления рекомбинационных параметров центров Zn и Ag были измерены спектры ФЕ диодов из Si<Ag> и Si<Zn>. На рис 1 приведен спектр ФЕ кремния, легированного Ag. Из рисунка видно, что в диодах из Si<Ag> наблюдаются три уровня: в верхней половине запрещенной зоны с $E_c - 0,30$ эВ и $E_c - 0,56$ эВ акцепторного характера, и в нижней, - донорный уровень с $E_v + (0,26 \div 0,31)$ эВ, концентрация которого превышает в несколько раз по сравнению с акцепторными центрами. В спектре ФЕ для p-Si<Zn> наблюдаются два уровня, расположенные как в нижней, так и верхней половине E_g с $E_c - 0,55$ эВ и $E_v + (0,31 \div 0,41)$ эВ (рис 2). Сопоставление концентрации фотоактивных центров Ag и Zn, легированных при 1100 °С, показывает, что в Si<Ag> основную концентрацию составляет центр с уровнем $E_v + (0,26 \div 0,31)$ эВ, сечение фотоионизации которого при переходе электронов в C- зону больше, чем из V- зоны на уровень. В p-Si<Zn> концентрация центров и их сечения фотоионизации имеют близкие значения. Измерение сечения захвата носителей заряда на уровнях Ag и Zn производилось по релаксации ФЕ при освещении диода собственным светом с $h\nu = 1,4$ эВ со стороны противоположной p-n- переходу. В этом случае, измеряя значение фототока I_ϕ через слой объемного заряда, определяющийся неосновными носителями, и постоянную времени перезарядки глубокого уровня Θ , можно определить сечение захвата носителей заряда по формуле

$$\sigma = \frac{Sq \mathcal{V}_d}{\Theta I_\phi \mathcal{V}_T}$$

где S- площадь p-n перехода; q- заряд электрона; \mathcal{V}_d , \mathcal{V}_T - дрейфовая и тепловая скорости электронов; I_ϕ - фототок.

Таблица

Материал	Энергия ионизации примесного уровня, эВ	Тип уровня	Сечения захвата носителей заряда		Время жизни носителей заряда	
			$\sigma_n, \text{см}^2$	$\sigma_p, \text{см}^2$	$\tau_n, \text{с}$	$\tau_p, \text{с}$
Si<Zn>	$E_v + 0,31$	A	$3 \cdot 10^{-14}$	$1 \cdot 10^{-14}$	$1,5 \cdot 10^{-7}$	$4,7 \cdot 10^{-8}$
	$E_c - 0,55$	A	$2 \cdot 10^{-14}$	$1 \cdot 10^{-13}$	$5,7 \cdot 10^{-7}$	$1,1 \cdot 10^{-8}$
Si<Ag>	$E_v + 0,27$	D	$1 \cdot 10^{-17}$	$8 \cdot 10^{-17}$	$1,6 \cdot 10^{-4}$	$2 \cdot 10^{-5}$
	$E_c - 0,30$	A	$3 \cdot 10^{-16}$	$2,4 \cdot 10^{-17}$	$1,1 \cdot 10^{-4}$	$1,3 \cdot 10^{-4}$
	$E_c - 0,56$	A	$5,2 \cdot 10^{-16}$	$1,2 \cdot 10^{-15}$	$9,6 \cdot 10^{-6}$	$4,7 \cdot 10^{-6}$
n-Si<P>исход.	-	D	-	-	-	$2 \cdot 10^{-6}$
n-Siисход.	-	A	-	-	$4,0 \cdot 10^{-6}$	-

При расчетах значений $\sigma_{n,p}$ было принято, что $\mathcal{V}_d = \mathcal{V}_T$. Измерение кинетики перезарядки уровней при освещении собственным светом показало, что при одновременном заполнении двух или трех уровней Zn и Ag, соответственно, в зависимости $lg \Delta c^2 = f(t)$ имеются два или три наклона, и постоянное время перезарядки отличается. Если предварительно заполнить или освободить уровни примесным светом с $h\nu \geq E_i$, то в зависимости $lg \Delta c^2 = f(t)$ наблюдается наклон только от медленной составляющей. Из этих наклонов и были определены значения $\sigma_{n,p}$, которые приведены в таблице.

Оценка значений времени жизни неосновных носителей заряда τ_n и τ_p для легированных образцов Si<Ag> и Si<Zn> производилась из выражений

SHORT MESSAGES

$$\tau_n = \frac{1}{v_T \sigma_n N_n} \quad \text{и} \quad \tau_p = \frac{1}{v_T \sigma_p N_p}$$

где v_T – тепловая скорость электронов;
 $\sigma_{n,p}$ – сечение захвата электронов или дырок;
 $N_{n,p}$ – концентрация электронов или дырок глубокого центра.

Результаты расчета значений времени жизни неосновных носителей заряда для глубоких уровней Ag и Zn приведены в таблице. Анализ полученных результатов показывает, что при легирования n-Si примесью цинка наблюдается понижение значения τ_p более чем на порядок, а значение τ_n практически не изменяется по сравнению с контрольным образцом. Однако в n-Si<Ag> наблюдается повышение τ_n и τ_p более чем в 20 раз. Такое различие в образцах Si<Zn> в значениях τ_n и τ_p возможно связано со следующими обстоятельствами: во- первых, с высокой растворимостью Zn в Si и формированием только акцепторных уровней; во- вторых, концентрации уровней цинка $E_v + 0,31$ эВ и $E_c - 0,55$ эВ имеют практически близкие значения, что указывает на то, что эти дефектные центры принадлежат одному атому Zn и расположены в междоузлии кристаллической решетки Si. Такое свойство Zn в Si позволяет управлять значением $\tau_{n,p}$ в широких пределах, выбором исходного кристалла и температуры диффузии примеси. В отличие от Zn примесь Ag имеет амфотерные свойства, что позволяет стабилизировать значения $\tau_{n,p}$ одновременным введением акцепторного и донорного центров. Сопоставление их фотоактивных концентраций в Si<Ag> показывает, что значение N_{Ag} для донорного уровня $E_v + 0,27$ эВ превышает в 3-4 раза по сравнению акцепторными центрами $E_c - 0,30$ эВ и $E_c - 0,56$ эВ, что указывает на принадлежность их к различным атомам Ag и большую вероятность того, что серебро является примесью замещения и образует низкоразмерные комплексы со структурными дефектами в кристаллической решетке кремния. Такое состояние дефектного центра Ag подтверждает и высокие значения температуры распада сформированных центров в твердом растворе кремний-серебро.

Таким образом, полученные результаты позволяют предположить, что для повышения быстродействия кремниевых изделий, легирование базового кристалла необходимо произвести примесью цинка, а для стабилизации времени жизни неосновных носителей заряда примесью серебра. Стабилизирующие свойства Ag подтвердило и введение примеси в базовую область кремниевых полевых транзисторов, т.е. обнаружено уменьшение в 2-3 раза их шумовых характеристик.

References:

- [1]. M.K. Bahadirxanov, I.B. Ortikov. Maliy entsiklopedicheskiy spravochnik po poluprovodnikovim materialam. (Tashkent: TashGU. 2006. 199s.)
- [2]. N.N. Gerasimenko. Ros.xim. J.//2002. T.XL VI, V.5, s.30-41.
- [3]. M.G. Milvidskiy, V.V. Chaldishev //FTP. 1998, T:32, V.5, s513-522.
- [4]. A.A. Podolyan, A.B. Nadtochiy, O.A. Korotchenkov // Pисьмо в JTF. // 2012. T. 38, V.9, s.15-22.
- [5]. S.V. Bulyarskiy, A.S. Ambrozevich, V.V. Svetuxin. T.A. Djabrailov. // Pисьмо в JTF. // 2001. T. 27, V.5, s.57-60

Литература

- [1]. M.K. Бахадирханов, И.Б. Ортиков. Малый энциклопедический справочник по полупроводниковым материалам. (Ташкент: ТашГУ. 2006. 199с.)
- [2]. Н.Н. Герасименко. Рос.хим. Ж.//2002. Т.XL VI, В.5, с.30-41.
- [3]. М.Г. Мильвидский, В.В. Чалдышев //ФТП. 1998, Т:32, В.5, с513-522.
- [4]. А.А. Подолян, А.Б. Надточий, О.А. Коротченков // Письмо в ЖТФ. // 2012. Т. 38, В.9, с.15-22.
- [5]. С.В. Булярский, А.С. Амброзевич, В.В. Светухин. Т.А. Джабраилов. // Письмо в ЖТФ. // 2001. Т. 27, В.5, с.57-60