

**ВЛИЯНИЕ НА АТОМЫ КИСЛОРОДА ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНО  
ЛЕГИРОВАННЫХ АТОМОВ Ga И Sb В КРЕМНИИ.**

**Б.О. Исаков, Х.М. Илиев, Б.Р. Рахмонов, У.Рахманов**

*Ташкентский государственный технический университет*

E-mail: [bobir6422isakov@gmail.com](mailto:bobir6422isakov@gmail.com)

Большую роль в развитии микроэлектроники сыграла диффузия атомов примесей на кремний [1-2]. К настоящему времени методом диффузии получены нанокластеры примесных атомов в кремнии, что привело к открытию ряда новых физических явлений [3].

Однако изменение свойств кремния при одновременном введении различных примесных атомов изучено недостаточно. В частности, исследование влияния атомов Ga и Sb на основные параметры кремния в виде бинарных соединений имеет как научное, так и практическое значение. В настоящей работе изучены оптические свойства образцов, полученных при последовательной диффузией атомов Ga и Sb.

В качестве исходного материала был выбран образец кремния КЭФ-1, поверхность образцов перед диффузией оптически полировали алмазной пастой (М-0,5). Процесс диффузии осуществлялся в два этапа. Образцы были разделены на четыре группы:

**Группа I. (Для сравнения)**

На первом этапе материал КЭФ-1 подвергался термообработке при 1200°C в течение 1 часа. На втором этапе эти образцы повторно нагревались в течение 1 часа при температуре 1250°C.

**Группа II.**

На первом этапе галлий диффундировал в течение 1 ч при температуре 1200 °С. На втором этапе эти образцы повторно нагревались в течение 1 часа при температуре 1250°C.

**III группа.**

На первом этапе материал КЭФ-1 подвергался термообработке при 1200°C в течение 1 часа. На втором этапе сурма диффундировал на эти образцы в течение 1 ч при температуре 1250°C.

**IV группа.**

На первом этапе галлий диффундировал в течение 1 ч при температуре 1200 °С. На втором этапе сурма диффундировал на эти образцы в течение 1 ч при температуре 1250°C.

После диффузии проводимость полученных образцов измеряли с помощью термозонда. Установлено, что образцы группы II имеют р-тип проводимости, а образцы групп I, III и IV – n-тип проводимости. После

## СЕКЦИЯ 6. Полупроводниковая микро- и наноэлектроника в решении проблем информационных технологий и автоматизации

механической обработки образцов определена их толщина: I группа  $d = 0,09$  см, II группа  $d = 0,076$  см, III группа  $d = 0,081$  и IV группа  $d = 0,081$  см.

Оптические свойства образцов были изучены с помощью инфракрасного Фурье спектрометра типа ФСМ-1202 (рис. 1).

Как видно из рисунка 1, оптические свойства 4 образцов различаются в зависимости от частоты и интенсивности проводимости. I-спектр исходного материала КЭФ 1, II-спектр образца II группы, III-спектр образца III группы, IV-спектр спектральная классификация образцов IV группы.

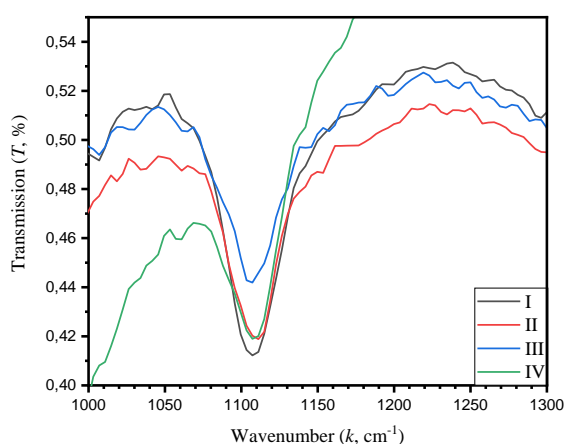


Рис. 1. Спектр поглощения образцов, полученный при диффузии

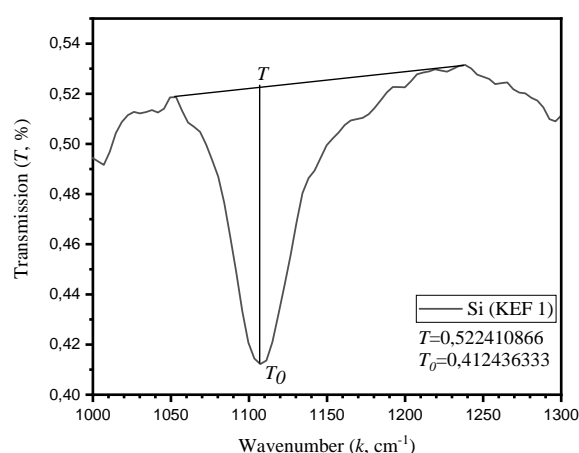


Рис.2. Расчет концентрации кислорода по спектру образца группы I. ( $T$ -максимальная интенсивность спектра кислорода,  $T_0$  - самая низкая интенсивность спектра кислорода)

Известно, что спектр поглощения кислорода соответствует длине волны  $1106 \text{ см}^{-1}$  [4-5]. Используя спектры кислорода образцов на рис.1, мы рассчитываем концентрацию кислорода (см. рис.2):

	$T$	$T_0$	$d, \text{ cm}$
<i>Si (KEF 1)</i>	0,522410866	0,412436333	0,09
<i>Si&lt;Ga&gt;</i>	0,50008489	0,419524618	0,076
<i>Si&lt;Sb&gt;</i>	0,518336163	0,442190153	0,081
<i>Si&lt;Ga, Sb&gt;</i>	0,484634975	0,419736842	0,081

## СЕКЦИЯ 6. Полупроводниковая микро- и наноэлектроника в решении проблем информационных технологий и автоматизации

$$N_o = 3.03 \cdot 10^{17} \cdot \frac{1}{d} \cdot \ln\left(\frac{T}{T_0}\right) \text{ cm}^{-3} \quad [1]$$

$$N_o^I = 3.03 \cdot 10^{17} \cdot \frac{1}{0.09} \cdot \ln\left(\frac{0.522410866}{0.412436333}\right) = 7.95787 \cdot 10^{17} \text{ cm}^{-3}$$

$$N_o^I \approx 7.96 \cdot 10^{17} \text{ cm}^{-3}; N_o^{II} \approx 7.00 \cdot 10^{17} \text{ cm}^{-3}; N_o^{III} \approx 5.94 \cdot 10^{17} \text{ cm}^{-3}; N_o^{IV} \approx 5.37 \cdot 10^{17} \text{ cm}^{-3}$$

Поскольку изменение результатов связано с процессом диффузии, можно сделать следующие выводы. Можно предположить, что уменьшение пика на частоте 1106 см<sup>-1</sup> при легировании атомов галлия к исходному материалу кремния и уменьшение пика на частоте 1106 см<sup>-1</sup> при легировании атомов сурмы к исходному материалу кремния приводит к нейтрализации центров поглощения, соответствующих этому спектру в кремнии. Однако дальнейшее уменьшение пика на частоте 1106 см<sup>-1</sup> при последовательной диффузии обоих элементов означает увеличение концентрации атомов галлия и сурмы под влиянием кислорода.

### Использованная литература

- 1) М. К. Bakhadyrkhanov, S. B. Isamov. IR Photodetectors Operating under Background Illumination//ISSN 1063-7842, Technical Physics, 2016, Vol. 61, No. 3, pp. 458–460.
- 2) М.К. Bakhadyrkhanov, К.А. Ismailov, В.К. Ismaylov, Z.M. Saparniyazova. Clusters of nickel atoms and controlling their state in silicon lattice//© 2018, V. Lashkaryov Institute of Semiconductor Physics, National Academy of Sciences of Ukraine ISSN 1560-8034, 1605-6582 (On-line), SPQEO, 2018. V. 21, N 4. P. 392-396.
- 3) Турсынбаев С.А., Камалов А.Б., Илиев Х.М., Тачилин С.А., Кушиев Г.А. Тензосвойства кремния с нанокластерами// Физика полупроводников и микроэлектронике. Научный журнал. 2019, том 1, выпуск 4. Ташкент. DOI 10.37681/2181-9947-2019-4
- 4) Hiroshi Shirai. Determination of Oxygen Concentration in Single-Side Polished Czochralski-Grown Silicon Wafers by p-Polarized Brewster Angle Incidence Infrared Spectroscopy/J. Electrochem. Soc., Vol. 138, No. 6, June 1991 © The Electrochemical Society, Inc. p. 1784-1787.
- 5) T. Iizuka, S. Takasu, M. Tajima, T. Arai, T. Nozaki, N. Inoue, and M. Watanabe. Determination of Conversion Factor for Infrared Measurement of Oxygen in Silicon/Vol. 132, No. 7, SUBMICRON TRENCH PROCESS p.1707-1713.