

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

$K_xSb_xW_{2-x}O_6$  таркиби фазасида  $x > 1.00$  да калий ионлари сонининг кўпайиши, уларнинг  $16d$  - позицияларда таркибий катионли вакансияларини қисман тўлдиришига олиб келади.

### Фойдаланилган адабиётлар

1. Subramanian M.A. Superionic conductivity in defect pirochlores // J. Solid State Ionics. 1985. V. 15. № 1. P. 15-19.
2. Белинская Ф.А., Милицина Э.А. Неорганические ионообменные материалы на основе труднорастворимых соединений сурьмы (V) // Успехи химии. 1980. Т. 49. Вып. 10. С. 1904 – 1936.
3. Бурмистров В.А., Клещев Д.Г., Конев В.Н., Клещев Г.В. Превращение гидрата пентаоксида сурьмы при нагревании // Известия АН СССР. Сер. неорган. материалы. 1982. Т. 18. № 1. С. 91 – 93.
4. Бурмистров В.А., Захарьевич Д.А. Образование ионопроводящих фаз со структурой дефектного пироклора в системе  $K_2O-Sb_2O_3-WO_3$  // Неорганические материалы. 2003. Т. 34. № 1. С. 77-81.
5. Бурмакин Е. И., Шехтман Г. Ш., Антонов Б. Д. // Электрохимия. 2011. Т. 47. С. 48–483.
6. Бурмакин Е. И., Шехтман Г. Ш., Нечаев Г. В. // Электрохимия. 2012. Т. 48. С. 1079–1083.
7. Бурмакин Е. И., Нечаев Г. В., Плаксин С. В. // Электрохим. энергетика. 2011. Т. 11, № 1. С. 26–30.

### ИЗМЕНЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ КИСЛОРОДА ПОД ВНЕШНИМИ ВОЗДЕЙСТВИЯМИ В КРЕМНИЕВЫХ СТРУКТУРАХ

**Я.А. Сайдимов, Ф.А. Сапаров, М. И. Маннанов, Ф.Б. Умаров**

*Научно-исследовательский институт физики полупроводников и микроэлектроники Изменение содержания кислорода под внешними воздействиями в кремниевых структурах*

E-mail: fajzullo.umarov.95@bk.ru

В настоящее время из-за популярности использования полупроводниковых электронных компонент в микро- и наноэлектронике растет интерес к основным электрофизическим параметрам полупроводниковых материалов. В этапе эксплуатации полупроводниковые приборы испытывают разные внешние воздействия, которые в свою очередь вносят вклад к изменению основных свойств материала. Поэтому изучение влияния внешних воздействий, таких как, радиационное излучение, механическое давление, температурное воздействие и др., остаются актуальными до сих пор.

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

---

Монокристаллы кремния, выращенные из кварцевых тиглей, содержат до  $2 \cdot 10^{18} \text{ см}^{-3}$  кислорода, что соответствует наибольшей растворимости кислорода в кремнии (см. рис. 1). Отжиг таких кристаллов при различных температурах и дальнейшие исследования электропроводности и оптического поглощения при  $9,1 \text{ мк}$ , которое определяется атомарным кислородом, находящимся в междоузлиях, позволили проследить распад твердого раствора кислорода в кремнии [1] и предложить возможный механизм распада. При  $400\text{-}500^\circ\text{C}$  происходит группировка атомарного кислорода в комплексы от двух до четырех атомов кислорода. Большая часть комплексов представляет собой группировки  $\text{SiO}_4$ . Комплексы, возникающие при таком низкотемпературном отжиге, являются донорами (термическими донорами). Выше  $500^\circ\text{C}$  количество атомов кислорода в комплексах возрастает выше четырех, и они теряют донорный характер. При температуре около  $1100^\circ\text{C}$  и выше рост комплексов приводит к выделению  $\text{SiO}_2$ . Выше  $1300^\circ\text{C}$  окись кремния начинает вновь растворяться в кремнии и кислород опять оказывается в атомарном состоянии [2].

Инфракрасная микроскопия не дает возможности обнаружить выделений кислорода на дислокациях, однако эксперименты по рассеиванию света вполне подтверждают эту возможность. Скорость уменьшения кислорода при отжиге увеличивается не только с повышением температуры, что на кинетику выделения кислорода и остаточную его концентрацию оказывает влияние концентрация вакансий в кремнии. Вакансии необходимы для компенсации увеличения объема, которое происходит при выделении  $\text{SiO}_2$ . При отжиге дислокации блокированы выделениями и не могут генерировать вакансии. Вакансии можно ввести закалкой с  $1350^\circ\text{C}$  [3]. Если этого не сделать, то отжиг только что вытянутого кристалла при  $1000^\circ\text{C}$  никогда не понижает концентрацию кислорода ниже определенной величины.

Осаждение кислорода на дислокациях начинается уже в процессе получения монокристаллов. В ряде работ установлена прямая связь между концентрацией кислорода в кремнии и временем жизни [4]. Чем выше концентрация кислорода, тем менее эффективно влияют дислокации на время жизни неосновных носителей тока и время жизни выше. Кислород как бы блокирует те свободные связи дислокаций, которые действуют как центры рекомбинаций.

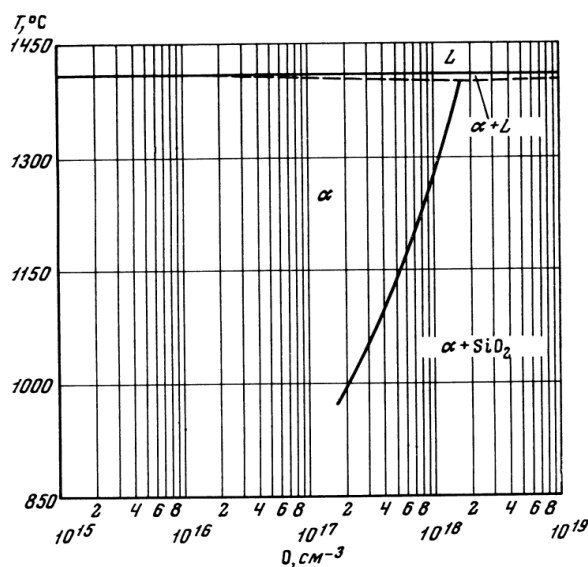


Рис. 1. Солидус в кремниевом углу системы кремний – кислород

При термообработке кремния, содержащего кислород, необходимо всегда помнить, что кислород распределяется в вытянутых кристаллах неравномерно. Эти неравномерности могут быть и в виде слоистого распределения, и в виде стержней; концентрация кислорода может меняться по длине слитка. Естественно, что распределение термических доноров по длине и сечению монокристалла совпадает с распределением кислорода [2, 5].

#### Использованная литература

1. Глазов В. М., Земсков В. С., Физико-химические основы легирования полупроводников 1967 г., стр. 344-345.
2. Ш.Х. Далиев, А.Р. Тураев, Ф.А. Сапаров, Ф.Б. Умаров, Влияние давления на электрические характеристики диэлектрических покрытий, FIZIKA, МАТЕМАТИКА va INFORMATIKA journali, стр. 9
3. Sh.Kh . Daliev, Y.A. Saidimov, F.A. Saparov, F. B. Umarov, Influence of pressure on characteristics metal - semiconductor interface boundaries, Importance of Soft Skills for Life and Scientific Success: Proceedings of the 1st International Scientific and Practical Internet Conference, 2022. 40 p.
4. Zainabidinov S. Z., Daliev Kh. S., Abdurakhmanov K. P., Utamuradova Sh. B., Khomidjonov I. Kh. and Mirzamurodov I. A. // Modern Physics Letters B. 1997. Vol. 11, No. 20, p. 909
5. Daliev Sh. Kh., F. A. Saparov and F. Umarov. "Influence of thermal field treatments on the volt-farad characteristics of MDS structures." SCIENCE AND WORLD International scientific journal № 10 (98) Vol 2 (2021): pp. 8-11.