

Влияние режимов диффузионных процессов на время жизни неосновных носителей заряда в кремнии, выращенном методом Чохральского

М. Н. Вильдяева, Е. А. Климанов, М. А. Нури, П. С. Скрёбнева

*Исследована зависимость значений (τ) и однородности распределения времени жизни ($\Delta\tau/\tau$) неосновных носителей заряда (ННЗ) в кремнии *n*-типа от поверхностного сопротивления диффузионного слоя фосфора и показано отсутствие такой зависимости при диффузии бора. Показано, что увеличение концентрации фосфора приводит к увеличению времени жизни τ ННЗ и его неоднородности $\Delta\tau/\tau$ и сопровождается изменениями в размерах и плотности микродефектов. Гомогенизирующая термическая обработка в кислороде при 1100 °C (*tabula rasa*) была использована для уменьшения неравномерности в распределении времени жизни $\Delta\tau/\tau$ ННЗ при последующих диффузионных процессах при сохранении достаточно высоких значений τ . Обсуждаются механизмы генерации микродефектов при диффузионных процессах.*

Ключевые слова: время жизни неосновных носителей заряда, кислородные преципитаты, диффузия бора и фосфора, микродефекты.

Ссылка: Вильдяева М. Н., Климанов Е. А., Нури М. А., Скрёбнева П. С. // Прикладная физика. 2019. Т. 7. № 2. С. 46.

Reference: M. N. Vil'dyaeva, E. A. Klimanov, M. A. Nuri, and P. S. Skrebneva, Prikl. Fiz., No. 2, 46 (2019).

Вильдяева Мария Николаевна¹, инженер.
Климанов Евгений Алексеевич^{1,2}, гл.н.с., профессор,
д.т.н.

Нури Марина Александровна, н.с.
Скрёбнева Полина Станиславовна¹, инженер.

¹ АО «НПО «Орион».

Россия, 111538, Москва, ул. Косинская, 9.

E-mail: orion@orion-ir.ru

² МИРЭА – Российский технологический университет
(РТУ МИРЭА).

Россия, 119454, Москва, просп. Вернадского, 78.

Статья поступила в редакцию 25 апреля 2019 г.

© Вильдяева М. Н., Климанов Е. А., Нури М. А.,
Скрёбнева П. С., 2019

ЛИТЕРАТУРА

1. Chun-lan Zhou, Wen-Jing Wang, Hai-Ling Li, Lei Zhao, Hong-Wei Diao, Li-Xu-Dong // Chinese Physical Letters. 2008. Vol. 25. No. 06. P. 3005.

2. Haunschild J., Reis I. T., Geilker J., Rein S. // Physica Status Solidi RRL. 2011. No. 5–6. P. 199.

3. Le Donne A., Binetti S., Folegatti V., Coletti G. // Applied Physics Letters. 2016. Vol. 109. P. 033907.

4. Murphy J. D., McGuire R. E., Bothe K., Voronkov V. V., Falster R. // Solar Energy Materials and Solar Cells. 2014. Vol. 120. P. 402.

5. Вильдяева М. Н., Демидов С. С., Климанов Е. А., Ляликов А. В., Фокина А. С. // Успехи прикладной физики. 2017. Т. 5. № 3. С. 282.

6. Murphy J. D., Al-Amin M., Bothe K., Olmo M., Voronkov V. V., Falster R. J. // Journal of Applied Physics. 2015. Vol. 118. No. 21. P. 215706.

7. Falster R. J., Cornara M., Gombaro D., Ohno M. // Solid State Phenom. 1997. Vol. 57–58. P. 123.

8. Basnet R., Rougieux F. E., Sun C., Phang S. P., Samundsett C., Einhaus R., Degoulange J., Macdonald D. // IEEE journal of photovoltaics. 2018. Vol. 8. No. 4. P. 990.

9. LaSalvia V., Yossef A., Jensen M. A., Looney E. E., Nemeth W., Page M., Nam W., Buonassisi T., Stradins P. Tabula Rasa for n-Cz silicon-based photovoltaics / Proc. Photovolt. Res. Appl., 2018. P. 1–8.

10. Hasebe M., Takeoka Y., Shinoyama S., Naito S. // Japanese Journal of Applied Physics. 1989. Vol. 28. P. L1999–L2002.

11. Marsden K., Sadamitsu S., Yamamoto T., Shigematsu T. // Japanese Journal of Applied Physics. 1995. Vol. 34. P. 2974.

12. Вильдяева М. Н., Демидов С. С., Климанов Е. А., Ляликов А. В., Фокина А. С. // Прикладная физика. 2017.

№ 6. С. 54.

13. Вильдяева М. Н., Демидов С. С., Климанов Е. А., Ляликов А. В., Скребнева П. С. // Прикладная физика. 2018. № 3. С. 33.

14. *Secco d'Aragona F.* // J. Electrochemical Society. 1972. Vol. 119. No. 7. P. 948.

15. SEMI MF1809-0704, Guide for selection and use of etching solution to delineate structural defects in silicon.

16. *Voronkov V. V., Falster R. J.* // J. Applied Phy-

sics. 2000. Vol. 87. No. 9-1. P. 4126.

17. *Porrini M., Voronkov V. V., Giannattasio A.* // ECS Transaction. 2018. No. 7. P. 73.

18. *Mahajan S., Rozgonyi G. A., Brasen D.* // Applied Physics Letters. 1977. Vol. 30. No. 2. P. 73.

19. *Sugimura W., Ono T., Umeno S., Hourai M., Sueoka K.* // ECS Transaction. 2006. Vol. 2. No. 2. P. 95.

20. *Haringer S., Gambaro D., Porrini M.* // Journal of Crystal Growth. 2017. Vol. 457. P. 325.

PACS: 73.40Qv, 73.21As

The influence of diffusion processes on the lifetime of minority charge carriers in silicon grown by the Czochralski method

M. N. Vil'dyaeva¹, E. A. Klimanov^{1,2}, M. A. Nuri¹, and P. S. Skrebneva¹

¹ Orion R&P Association, JSC
9 Kosinskaya st., Moscow, 111538, Russia

² MIREA – Russian Technological University (RTU MIREA)
78 Vernadsky Ave., Moscow, 119454, Russia

Received April 25, 2019

The effect of sheet resistance on an lifetime (τ) and microdefect concentration in the n-doped Czochralsky (Cz-Si) silicon after diffusion phosphorus and born at high temperatures has been investigated. It was indicated that increase in an phosphorus concentration promote increase in lifetime, inhomogeneous in lifetime and microdefect density. The increase in ring-like patterns size after phosphorus diffusion was observed. This ring patterns are weaker for boron diffusion. A high temperature step (tabula rasa) at 1100 °C in oxygen was used for mitigate inhomogeneous in the lifetime and microdefect density during subsequent diffusion treatments. The mechanisms for promoting generation of induced defects during diffusion treatments are discussed.

Keywords: carrier lifetime, oxygen precipitates, diffusion of boron and phosphorus, microdefects.

REFERENCES

1. Zhou Chun-lan, Wang Wen-Jing, Li Hai-Ling, Zhao Lei, Diao Hong-Wei, and Li-Xu-Dong, Chinese Physical Letters **25** (06), 3005 (2008).
2. J. Haunschild, I. T. Reis, J. Geilker, and S. Rein, Physica Status Solidi RRL, No. 5–6, 199 (2011).
3. A. Le Donne, S. Binetti, V. Folegatti, and G. Coletti, Applied Physics Letters **109**, 033907 (2016).
4. J. D. Murphy, R. E. McGuire, K. Bothe, V. V. Voronkov, and R. Falster, Solar Energy Materials and Solar Cells **120**, 402 (2014).
5. M. N. Vil'dyaeva, S. S. Demidov, E. A. Klimanov, A. V. Lyalikov, and A. S. Fokina, Usp. Prikl. Fiz. **5** (3), 282 (2017).
6. J. D. Murphy, M. Al-Amin, K. Bothe, M. Olmo, V. V. Voronkov, and R. J. Falster, Journal of Applied Physics **118**, 215706 (2015).
7. R. J. Falster, M. Cornara, D. Gambaro, and M. Ohno, Solid State Phenom. **57–58**, 123 (1997).

8. R. Basnet, F. E. Rougieux, C. Sun, S.P. Phang, C. Samundsett, R. Einhaus, J. Degoulange, and D. Macdonald, *IEEE journal of fotovoltaics* **8** (4), 990 (2018).
9. V. LaSalvia, A. Yossef, M. A. Jensen, E. E. Looney, W. Nemeth, M. Page, W. Nam, T. Buonassisi, and P. Stradins, in *Proc. Photovolt. Res. Appl.*, (2018), p.1-8.
10. M. Hasebe, Y. Takeoka, S. Shinoyama, and S. Naito, *Japanese Journal of Applied Physics* **28**, L1999-L2002 (1989).
11. K. Marsden, S. Sadamitsu, T. Yamamoto, and T. Shigematsu, *Japanese Journal of Applied Physics* **34**, 2974 (1995).
12. M. N. Vil'dyaeva, S. S. Demidov, E. A. Klimanov, A. V. Lyalikov, and A. S. Fokina, *Prikl. Fiz.*, No. 6, 54 (2017).
13. M. N. Vil'dyaeva, E. A. Klimanov, A. V. Lyalikov, and P. S. Skrebneva, *Prikl. Fiz.*, No. 3, 33 (2018).
14. F. Secco d'Aragona, *J. Electrochemical Society* **119** (7), 948 (1972).
15. SEMI MF1809-0704, *Guide for selection and use of etching solution to delineate structural defects in silicon*.
16. V. V. Voronkov and R. J. Falster, *J. Applied Physics* **87** (9-1), 4126 (2000).
17. M. Porrini, V. V. Voronkov, and A. Giannattasio, *ECS Transaction*, No. 7, 73 (2018).
18. S. Mahajan, G. A. Rozgonyi, and D. Brasen, *Applied Physics Letters* **30** (2), 73 (1977).
19. W. Sugimura, T. Ono, S. Umeno, M. Hourai, and K. Sueoka, *ECS Transaction* **2** (2), 95 (2006).
20. S. Haringer, D. Gambaro, and M. Porrini, *Journal of Crystal Growth* **457**, 325 (2017).