

Эффект перекристаллизации при рафинировании металлургического кремния в электронно-пучковой плазме*В. О. Константинов, В. Г. Щукин, Р. Г. Шарафутдинов*

Предложен метод плазмохимического рафинирования металлургического кремния. Метод основан, во-первых, на испарении легколетучих примесей за счет быстрого разогрева металлургического кремния с помощью электронного пучка. Во-вторых, на переводе труднолетучих примесей в их легколетучие соединения в химически активной электронно-пучковой плазме. И в-третьих, на перекристаллизации полученного кремния под действием электронного пучка. Указанным методом на лабораторном оборудовании проведено рафинирование металлургического кремния. Показано, что за счет использования перекристаллизации кремния под действием электронного пучка эффективность рафинирования существенно увеличена.

Ключевые слова: плазмохимическое рафинирование металлургического кремния, перекристаллизация, электронно-пучковая плазма, холодный плазмотрон, сверхзвуковая струя, масс-спектрометрия.

DOI: 10.51368/1996-0948-2022-3-5-10

Константинов Виктор Олегович, м.н.с.

E-mail: konstantinov@itp.nsc.ru

Щукин Виктор Геннадьевич, м.н.с.

E-mail: shchukin@itp.nsc.ru

Шарафутдинов Равель Газизович, гл.н.с., д.ф.-м.н.

E-mail: molkin@itp.nsc.ru

Институт теплофизики СО РАН.

Россия, 630090, г. Новосибирск, пр. Ак. Лаврентьева, 1.

Статья поступила в редакцию 05 апреля 2022 г.

© Константинов В. О., Щукин В. Г., Шарафутдинов Р. Г., 2022

Работа выполнена в рамках государственного задания Института Теплофизики им. С. С. Кутателадзе СО РАН. Работы выполнены с использованием УНУ ВГК ИТ СО РАН.

ЛИТЕРАТУРА

1. Jäger-Waldau A. // EPJ Photovoltaics. 2021. Vol. 12. P. 2.

2. Fraunhofer ISE Photovoltaics report, 2021, <https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/de/documents/publications/studies/Photovoltaics-Report.pdf>
3. Pires J. C. S., Otubo J., Braga A. F. B., Mei P. R. // J. Mater. Process. Technol. 2005. Vol. 169. P. 16.
4. Liu T., Dong Z., Zhao Y., Wang J., Chen T., Xie H., Li J., Ni H., Huo D. // J. Cryst. Growth. 2012. Vol. 351. P. 19.
5. Pires J. C. S., Braga A. F. B., Mei P. R. // Sol. Energy Mater. Sol. Cells. 2003. Vol. 79. P. 347.
6. Khattak C. P., Joyce D. B., Schmid F. // Sol. Energy Mater. Sol. Cells. 2002. Vol. 74. P. 77.
7. Wolf S. D., Szlufcik J., Delannoy Y., Perichaud I., Haessler C., Einhaus R. // Sol. Energy Mater. Sol. Cells. 2002. Vol. 72. P. 49.
8. Rousseau S., Benmansour M., Morvan D., Amouroux J. // Sol. Energy Mater. Sol. Cells. 2007. Vol. 91. P. 1906.
9. Safarian J., Tranell G., Tangstad M. // Energy Procedia. 2012. Vol. 20. P. 88.
10. Nakamura N., Baba H., Sakaguchi Y., Kato Y. // Mater. Trans. 2004. Vol. 45. P. 858.
11. Mei P. R., Moreira S. P., Cardoso E., Cortes A. D. S., Marques F. C. // Sol. Energy Mater. Sol. Cells. 2012. Vol. 98. P. 233.
12. Luo D., Liu N., Lu Y., Zhang G., Li T. // J. Semicond. 2011. Vol. 32. P. 033003-1.
13. Щукин В. Г., Константинов В. О., Шарафутдинов Р. Г. // Прикладная физика. 2019. № 5. С. 65.
14. Фаренбрух А., Бьюб Р. Солнечные элементы: Теория и эксперимент. – М.: Энергоатомиздат, 1987.

The effect of recrystallization in metallurgical silicon refining using an electron-beam plasma

V. O. Konstantinov, V. G. Shchukin, and R. G. Sharafutdinov

Kutateladze Institute of Thermophysics SB RAS
1 Lavrentieva Ave., Novosibirsk, 630090, Russia
E-mail: konstantinov@itp.nsc.ru

Received April 05, 2022

A method for plasma-chemical refining of metallurgical silicon is proposed. The method is based, firstly, on the evaporation of volatile impurities due to the rapid heating of metallurgical silicon using an electron beam. Secondly, on the conversion of non-volatile impurities into their highly volatile compounds in a chemically active electron-beam plasma. And thirdly, on the recrystallization of the obtained silicon under the action of an electron beam. Metallurgical silicon refining was carried out using the indicated method on laboratory equipment. It is shown that due to the use of silicon recrystallization under the action of an electron beam, the refining efficiency is significantly increased.

Keywords: plasma-chemical refining of metallurgical silicon, recrystallization, electron-beam plasma, supersonic jet, mass spectrometry.

DOI: 10.51368/1996-0948-2022-3-5-10

REFERENCES

1. A. Jäger-Waldau, EPJ Photovoltaics **12**, 2 (2021).
2. Fraunhofer ISE Photovoltaics report, 2021, <https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/de/documents/publications/studies/Photovoltaics-Report.pdf>
3. J. C. S. Pires, J. Otubo, A. F. B. Braga, and P. R. Mei, J. Mater. Process. Technol. **169**, 16 (2005).
4. T. Liu, Z. Dong, Y. Zhao, J. Wang, T. Chen, H. Xie, J. Li, H. Ni, and D. Huo. J. Crys. Growth. **351**, 19 (2012).
5. J. C. S. Pires, A. F. B. Braga, and P. R. Mei, Sol. Energy Mater. Sol. Cells. **79**, 347 (2003).
6. C. P. Khattak, D. B. Joyce, and F. Schmid, Sol. Energy Mater. Sol. Cells, **74**, 77 (2002).
7. S. D. Wolf, J. Szlufcik, Y. Delannoy, I. Perichaud, C. Haessler, and R. Einhaus, Sol. Energy Mater. Sol. Cells. **72**, 49 (2002).
8. S. Rousseau, M. Benmansour, D. Morvan, and J. Amouroux, Sol. Energy Mater. Sol. Cells. **91**, 1906 (2007).
9. J. Safarian, G. Tranell, and M. Tangstad, Energy Procedia **20**, 88 (2012).
10. N. Nakamura, H. Baba, Y. Sakaguchi, and Y. Kato, Mater. Trans. **45**, 858 (2004).
11. P. R. Mei, S. P. Moreira, E. Cardoso, A. D. S. Cortes, and F. C. Marques, Sol. Energy Mater. Sol. Cells. **98**, 233 (2012).
12. D. Luo, N. Liu, Y. Lu, G. Zhang, and T. Li, J. Semicond. **32**, 033003-1 (2011).
13. V. G. Shchukin, V. O. Konstantinov, and R. G. Sharafutdinov, ApplLied Physics, No. 5, 65 (2019) [in Russian].
14. A. L. Fahrenbruch and R. H. Bube, *Fundamentals of solar cells. Photovoltaic solar energy conversion* (New York, 1983).