

**Планарный магнетрон с инжекцией электронов и отражающим электродом:
численное моделирование процессов функционирования**

Д. Б. Золотухин

Выполнено численное моделирование влияния отражательного электрода на ионный состав плазмы планарного магнетрона, в разрядную область которого инжектируется электронный пучок с независимыми током и энергией электронов. Результаты численного моделирования свидетельствуют о том, что в такой конфигурации, более высокие значения концентрации ионов рабочего газа (аргона) и катода-мишени (меди) магнетрона достигаются за счет более высокой степени удержания в области генерации плазмы инжектированных электронов вследствие их частичного отражения и отклонения в тормозящем поле отражательного электрода. Результаты расчетов удовлетворительно согласуются с экспериментальным масс-зарядовым составом ионов плазмы такого магнетрона.

Ключевые слова: планарный магнетрон, инжекция электронов, отражающий электрод.

DOI: 10.51368/1996-0948-2022-5-19-24

Золотухин Денис Борисович, с.н.с., к.ф.-м.н.
E-mail: zolotukhinden@gmail.com
Институт сильноточной электроники СО РАН.
Россия, 634055, г. Томск, проспект Академический, 2/3.

Статья поступила в редакцию 22 июня 2022 г.

© Золотухин Д. Б., 2022

*Работа выполнена при поддержке Российского
Научного Фонда (грант № 21-19-00136).*

ЛИТЕРАТУРА

1. Shandrikov M. V., Bugaev A. S., Oks E. M., Ostanin A. G., Vizir A. V., Yushkov G. Yu. // Vacuum. 2019. Vol. 159. P. 200.
2. Gao B., Hu J., Tang S., Xiao X., Chen H., Zuo Z., Qi Q., Peng Z., Wen J., Zou D. // Advanced Science. 2021. № 8. P. 2102081.
3. Rossouw A., Kristavchuk O., Olejniczak A., Bode-Aluko C., Gorberg B., Nechaev A., Petrik L., Perold W., Apel P. // Thin Solid Films. 2021. Vol. 725. P. 138641.
4. Mao L., Geng Y., Cao Y., Yan Y. // Vacuum. 2021. Vol. 185. P. 109999.
5. Mitin V. S., Sharipov E. I., Mitin A. V. // Surface Engineering. 2006. Vol. 22. № 1. – 5 p.
6. Митин А. В., Митин В. С., Шарипов Э. И. // Нанотехника. 2004. Т. 1. С. 63.
7. Манкелевич Ю. А., Митин А. В., Митин В. С., Паль А. Ф., Рахимова Т. В., Рябинкин А. Н., Серов А. О., Лучкин С. Ю. // Письма ЖТФ. 2012. Т. 38. № 4. С. 60.
8. Ширяев С. А., Атаманов М. В., Гусева М. И., Мартыненко Ю. В. Митин А. В., Митин В. С., Московкин П. Г. // ЖТФ. 2002. Т. 72. № 2. С. 99.
9. Высикайло Ф. И., Митин В. С., Митин А. В., Краснобаев Н. Н., Беляев В. В. // Успехи прикладной физики. 2015. Т. 3. № 6. С. 594.
10. Shandrikov M. V., Artamonov I. D., Bakeev I. Yu., Bugaev A. S., Oks E. M., Vizir A. V., Yushkov G. Yu. // Vacuum. 2021. Vol. 192. P. 110487.
11. Seiler H. // J. Appl. Phys. 1983. Vol. 54. № 11.4. P. R1.
12. Lieberman M. A., Lichtenberg A. J. Principles of Plasma Discharges and Materials Processing. – New York: John Wiley & Sons, 2005.
13. Levitsky S. M. Collection of Problems and Calculations on Physical Electronics: Textbook for Higher Educational Institutions. – Kiev: Kiev University Publishing Company, 1964.

Planar magnetron with electron injection and reflective electrode: numerical simulation of functioning processes

D. B. Zolotukhin

Institute of High Current Electronics SB RAS
2/3 Akademicheskoy Ave., Tomsk, 634055, Russia
E-mail: ZolotukhinDen@gmail.com

Received June 22, 2022

In this work, we performed numerical simulation of the effect of a reflective electrode on the ionic composition of the planar magnetron plasma, in which discharge region an electron beam with independently-controlled electron current and energy is injected. The results of numerical simulation indicate that in such a configuration, higher concentrations of ions of the working gas (argon) and the target cathode (copper) of the magnetron are achieved due to a higher degree of confinement in the region of plasma generation of injected electrons due to their partial reflection and deflection in retarding field of the reflective electrode. The simulation results agree satisfactorily with the experimental mass-charge composition of the plasma ions of such a magnetron.

Keywords: planar magnetron, electron injection, reflecting electrode.

DOI: 10.51368/1996-0948-2022-5-19-24

REFERENCES

1. M. V. Shandrikov, A. S. Bugaev, E. M. Oks, A. G. Ostanin, A. V. Vizir, and G. Yu. Yushkov, *Vacuum* **159**, 200 (2019).
2. B. Gao, J. Hu, S. Tang, X. Xiao, H. Chen, Z. Zuo, Q. Qi, Z. Peng, J. Wen, and D. Zou, *Advanced Science*, No. 8, 2102081 (2021).
3. A. Rossouw, O. Kristavchuk, A. Olejniczak, C. Bode-Aluko, B. Gorberg, A. Nechaev, L. Petrik, W. Perold, and P. Apel, *Thin Solid Films* **725**, 138641 (2021).
4. L. Mao, Y. Geng, Y. Cao, and Y. Yan, *Vacuum* **185**, 109999 (2021).
5. V. S. Mitin, E. I. Sharipov, and A. V. Mitin, *Surface Engineering* **22** (1), 1–5 (2006).
6. A. V. Mitin, V. S. Mitin, and E. I. Sharipov, *Nanotechnika* **1**, 63 (2004) [in Russian].
7. Yu. A. Mankelevich, A. V. Mitin, V. S. Mitin, A. F. Pal, T. V. Rakhimova, A. N. Ryabinkin, A. O. Serov, and S. Yu. Luchkin, *Technical Physics Letters* **38** (4), 60 (2012) [in Russian].
8. S. A. Shiryayev, M. V. Atamanov, M. I. Guseva, Yu. V. Martynenko, A. V. Mitin, V. S. Mitin, and P. G. Moscovkin, *Technical Physics* **72** (2), 99 (2002) [in Russian].
9. F. I. Vysikailo, V. S. Mitin, A. V. Mitin, N. N. Krasnobaev, and V. V. Belyaev, *Usp. Prikl. Fiz.* **3** (6), 594 (2015) [in Russian].
10. M. V. Shandrikov, I. D. Artamonov, I. Yu. Bakeev, A. S. Bugaev, E. M. Oks, A. V. Vizir, and G. Yu. Yushkov, *Vacuum* **192**, 110487 (2021).
11. H. Seiler, *J. Appl. Phys.* **54** (11.4), R1 (1983).
12. M. A. Lieberman and A. J. Lichtenberg, *Principles of Plasma Discharges and Materials Processing*. (John Wiley & Sons, New York, 2005).
13. S. M. Levitsky, *Collection of Problems and Calculations on Physical Electronics: Textbook for Higher Educational Institutions*. (Kiev University Publishing Company, Kiev, 1964).