

Электронные и ионные пучки

УДК 535.8

Моделирование электронно-оптической системы источника многозарядных ионов MIS-I

В. Г. Абдульманов, П. Д. Воблый, А. В. Уткин, В. П. Томилов, Ю. Н. Юдин
Институт ядерной физики им. Г. И. Будкера (БИАФ), г. Новосибирск, Россия

О. Ю. Масленников, П. В. Невский
ГНПП "Торий", Москва, Россия

В. П. Рыбачек, В. К. Федяев
РГРТА, г. Рязань, Россия

Рассмотрены вопросы моделирования электронно-оптической системы источника многозарядных ионов.

В настоящее время в БИАФ разрабатывается модификация электронно-лучевого источника многозарядных ионов (EBIS) MIS-I [1–6] со сверхпроводящим соленоидом на ЗТ длиной 1 м.

В целях оптимизации электронно-оптической системы (ЭОС) MIS-I готовится серия экспериментов по отработке ЭОС MIS-I на существующей установке ИМИ-2 вертикальной конструкции [7–10]. Было проведено подробное численное моделирование для согласования магнитных и электрических полей с учетом установки в EBIS ИМИ-2 электронной пушки ЭОС MIS-I (рис. 1). Радиус катода данной электронной пушки 17 мм, радиус кривизны катода 21,5 мм, первеанс $p = 1,45$ мкА/В^{3/2}, $E_e = 20$ кэВ, $I_e = 4,1$ А.

Для этого потребовалась существенная доработка магнитной диафрагмы полюса магнитопровода.

Моделирование ЭОС и магнитной фокусирующей системы

Для удовлетворительного согласования магнитных и электрических полей в области электронной пушки проведена доработка магнитной диафрагмы, находящейся в вакуумной камере и являющейся центральной частью верхнего полюса магнитопровода. Со стороны электронного коллектора магнитная диафрагма и полюс магнитопровода остались без изменений.

Соответственно, необходима доработка лишь верхней части дрейфовой структуры со стороны электронной пушки.

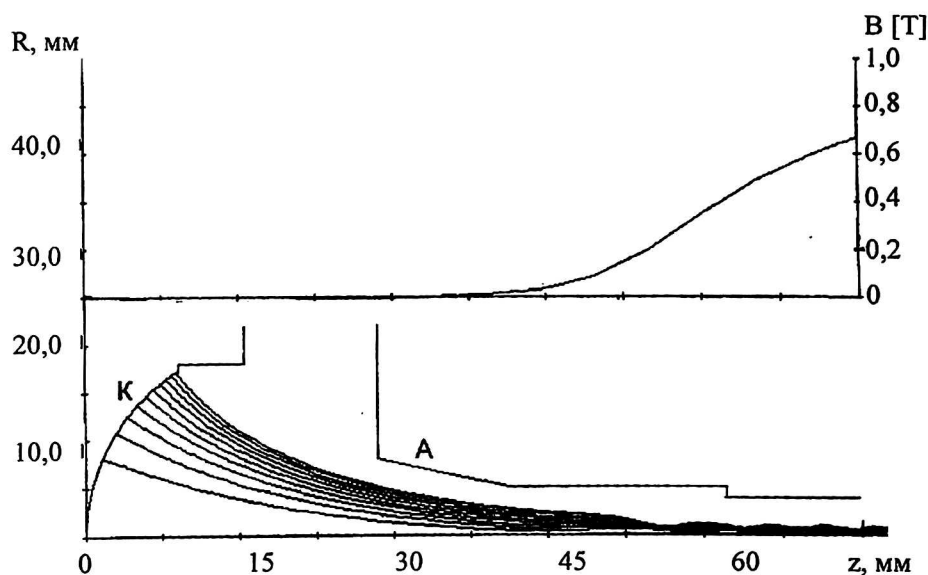
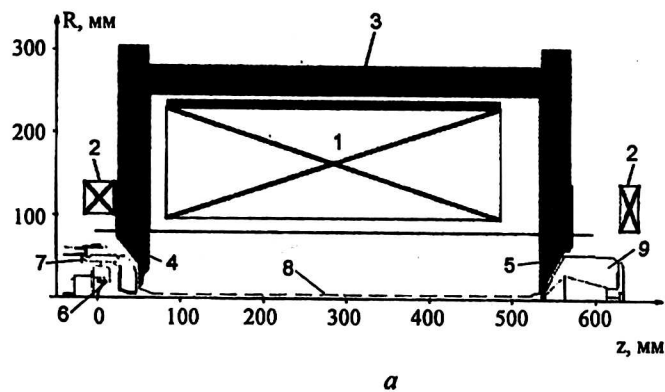
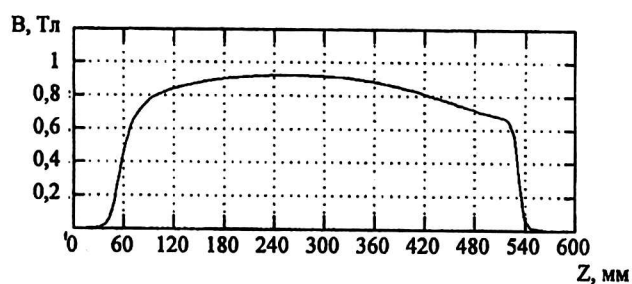


Рис. 1. Электронная пушка MIS-I, встроенная в магнитную фокусирующую систему EBIS ИМИ-2

На рис. 2, а приведена схема ЭОС MIS-I, включающей в себя электронную пушку с катодом 6 и анодом 7, дрейфовую структуру 8 диаметром 5 мм и электронный коллектор 9, на котором установлен супрессор. ЭОС встроена в магнитную фокусирующую систему, состоящую из соленоида 1, электромагнитных линз 2 и магнитопровода 3, верхней магнитной диафрагмы 4, нижней магнитной диафрагмы 5.



а



б

Рис. 2. Магнитная фокусирующая система EBIS ИМИ-2, совмещенная с ЭОС MIS-I: а — схема ЭОС MIS-I; б — диаграмма распределения магнитного поля

На рис. 2, б приведена диаграмма распределения магнитного поля вдоль оси ЭОС при стационарном поле в центре соленоида 9,23 кГс, на оси катода магнитное поле 3 Гс (рис. 3).

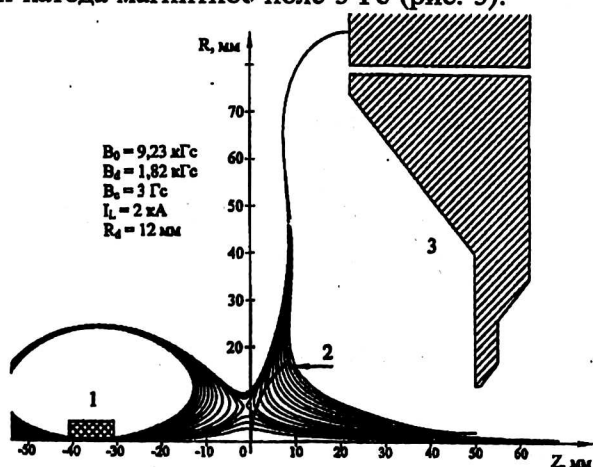
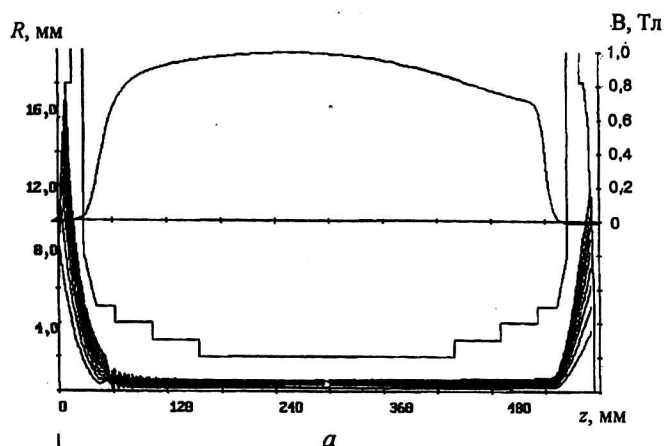
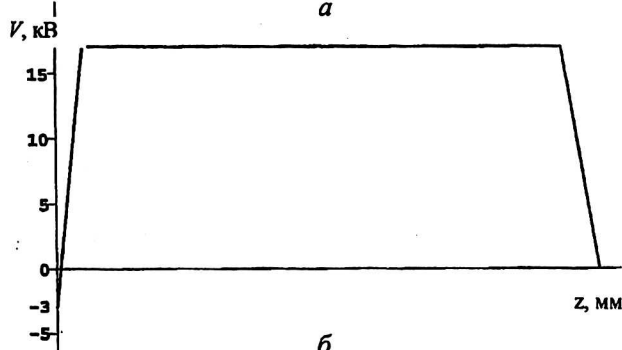


Рис. 3. Диаграмма распределения магнитного поля в области магнитной пушки MIS-I, встроенной в ИМИ-2: 1 — постоянный магнит; 2 — катод электронной пушки; 3 — верхняя магнитная диафрагма

На рис. 4, а приведен профиль электронного пучка вдоль всей ЭОС от катода до электронного коллектора. При стационарном фокусирующем магнитном поле $B = 0,9 \text{ Тл}$ электронный пучок с током 4,1 А при первеансе $1,45 \text{ мкА/В}^{3/2}$ имеет радиус $\sim 0,6 \text{ мм}$. Компрессия электронного пучка $\sim 10^3$. На рис. 4, б приведена диаграмма напряжений на ЭОС в режиме прохождения пучка с током 4,1 А.



а



б

Рис. 4. Результаты расчета ЭОС MIS-I, совмещенной с магнитной фокусирующей системой ИМИ-2: а — диаграмма распределения электронного пучка; б — диаграмма распределения потенциала V вдоль ЭОС

Заключение

На основании проведенной работы по численному моделированию согласования ЭОС MIS-I с магнитной фокусирующей системой ИМИ-2 с учетом ее особенностей сконструированы все необходимые детали и узлы для проведения экспериментов по отработке ЭОС MIS-I на действующей в БИЯФ установке ИМИ-2.

Литература

1. Abdulmanov V. G., Nevsky P. V. EBIS MIS-I Project// Proceedings for Symposium EBIS-7. Germany. 1997.
2. Абдульманов В. Г., Короткова В. А., Невский П. В., Рыбачек В. П., Федяев В. К. Электронно-оптическая система со сходимостью 1000, формирующая мощный протяженный поток малого диаметра// Прикладная физика, 1998. № 3—4. С. 111—114.

3. *Abdulmanov V. G., Nevsky P. V., Rybachek V. P., Fedyaev V. K.* Simulation of the system of the powerful ionizing beam formation and transportation// The 3th International Symposium. Proceedings. Application of the Conversion Research Results for International Cooperation. SIBCONVERS' 99, May 18—20. 1999. Tomsk. Russia. P. 540—542.

4. *Абдульманов В. Г., Короткова В. Л., Масленников О. Ю., Невский П. В., Рыбачек В. П., Федяев В. К.* Электронно-оптическая система источника многозарядных ионов MIS-I// Прикладная физика. 2000. № 2. С. 138.

5. *Abdulmanov V. G., Korotkova V. L., Maslennikov O. Yu., Nevskii P. V., Rybachek V. P., Fedyaev V. K.* Electron-Optic System of the Multicharge Ion Source (MIS-I)// Proceedings of SPIE. V. 4187. 2000. P. 56—61.

6. *Abdulmanov V. G., Maslennikov O. Yu., Nevskii P. V., Rybachek V. P., Fedyaev V. K.* Electron-Optic System of the Multicharge Ion Source (MIS-I)// Electron beam Ion Sources and

Their Applications, 8th Intl. Symp. — American Institute of Physics. 2001. P. 170—177.

7. *Abdulmanov V. G.* Proceedings 5-th International Symposium on Electron Beam Ion Sources and Their Applications, Eds. E.D. Donets and I. P. Yudin, JINR, Dubna. 1992. P. 71.

8. *Abdulmanov V. G.* Electron Beam Ion Source IMI-2// List of expected Lectures and contributions to the 6th International Symposium on Electron Beam Ion Sources and their Applications, Stockholm University. 1994.

9. *Абдульманов В. Г., Дементьев Е. Н., Мигинская Е. Г., Мироненко Л. А., Пирогов О. В., Томилов В. П., Цуканов В. М.* Электронно-лучевой источник многозарядных ионов ИМИ-2// Прикладная физика. 2000. № 2. С. 144.

10. *Abdulmanov V. G., Dement'ev E. N., Miginskaya E. G., Mironenko L. A., Pirogov O. V., Tomilov V. P., Tsukanov V. M.* Electron-Beam Multicharge Ion Source IMI-2// Proceedings of SPIE, V. 4187. 2000. P. 52—55.

Model operation of an electron-optical system of the MIS-I multiply charged ions source

V. G. Abdulmanov, P. D. Vobly, A. V. Utkin, V. P. Tomilov, Yu. N. Yudin
Budker Institute of Nuclear Physics, Novosibirsk, Russia

O. Yu. Maslennikov, P. V. Nevsky
THORIUM State Scientific & Industry Enterprise, Moscow, Russia

V. P. Rybachek, V. K. Fedyaev
RGRTA, Ryazan, Russia

The problems of model operation of an electron-optical system are surveyed for the multiply charged ions source.