



<http://dx.doi.org/10.35596/1729-7648-2020-18-5-5-8>

Оригинальная статья
Original paper

УДК 621.385.6

УЛУЧШЕННАЯ И УПРОЩЕННАЯ КОНСТРУКЦИЯ РЕЗОНАТОРА РЕЛЯТИВИСТСКОГО ГЕЛИТРОНА

КУРАЕВ А.А., МАТВЕЕНКО В.В.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
(г. Минск Республика Беларусь)

Поступила в редакцию 9 января 2019

© Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, 2020

Аннотация. Одно из основных направлений в СВЧ электронике – получение сверхбольшой мощности. В вакуумных системах преобразуется энергия электронного потока, где основное повышение выходных мощностей СВЧ устройств возможно только при использовании все более мощных электронных потоков. Увеличение же мощности электронных потоков возможно за счет повышения переносимых ими токов или в результате повышения энергии электронов. Учитывая закон, связывающий токи и напряжения в электронных системах, работающих при ограничении тока пространственным зарядом, получение сверхбольшой мощности электронных потоков связано с использованием электронов с релятивистскими скоростями, т. е. приближающихся к скорости света. Также в настоящее время релятивистские электровакуумные устройства (лампы бегущей волны и лампы обратной волны) используют магнитную фокусировку для линейного релятивистского потока, что значительно усложняет и мешает внедрению простых сверхпроводящих электродинамических систем, так как высокочастотная сверхпроводимость металлов исчезает в постоянных магнитных полях. Между тем использование упрощенных сверхпроводящих структур в сверхмощных приборах позволяет значительно повысить энергетику этих приборов за счет сильного уменьшения омических потерь, что ограничивает энергетику прибора, разрушая рабочую поверхность электродинамической системы при увеличении мощности или длительности импульса генератора. В статье приведена модернизированная конструкция генератора СВЧ нового типа – релятивистского гелитрона. Здесь рассматривается более простая конструкция коаксиального резонатора, полученная благодаря конструктивному исполнению с использованием закритического сужения радиуса внутреннего проводника на моде H_{n11} электромагнитного поля, а не коаксиальный резонатор с режекторными фильтрами.

Ключевые слова: гелитрон, критическая длина волны, коаксиальный волновод.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования. Кураев А.А., Матвеев В.В. Улучшенная и упрощенная конструкция резонатора релятивистского гелитрона. Доклады БГУИР. 2020; 18(5): 5-8.

IMPROVED AND SIMPLIFIED DESIGN OF THE RELATIVISTIC HELITRON RESONATOR

ALEXANDER A. KURAYEV, VLADIMIR V. MATVEYENKA

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics (Minsk, Republic of Belarus)

Submitted 9 January 2019

© Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, 2020

Abstract. One of the main trends in microwave electronics is the ultra-large power production. The electron stream energy is converted inside vacuum systems, where the key moment is increasing output power of microwave devices, which is possible only when using more and more powerful electron streams. Increasing electron stream power is possible due to either enhancing the carried currents or as a result of increasing the electron energy. Given the law that connects currents and voltages in electronic systems operating when the current is limited by a spatial charge, the production of ultra-high-power electron flows is associated with the usage of relativistic velocity electrons, i. e. approaching the light speed. Likewise, at present, relativistic electro-vacuum devices (traveling-wave lamps and backward-wave lamps) use magnetic focusing for linear relativistic streams, which prevents the implementation of simple superconducting electrodynamic systems, because high-frequency metal superconductivity disappears in constant magnetic fields. Meanwhile, simplified ultra-high-power superconducting device structures can significantly increase the device energy due to the strong ohmic loss reduction, which just limits the device energy, destroying the working electrodynamic system surface by increasing power or pulse duration of the generator. The article outlines the modernized design of a new-type microwave generator – the relativistic helitron. The paper considers a simpler coaxial resonator design, obtained by using the supercritical narrowing of the inner conductor radius by the H_{n1l} mode of the electromagnetic field, rather than a coaxial resonator with notch filters.

Keywords: helitron, critical wavelength, coaxial waveguide.

Conflict of interests. The authors declare no conflict of interest.

For citation. Kurayev A.A., Matveyenka V.V. Improved and simplified design of the relativistic helitron resonator. Doklady BGUIR. 2020; 18(5): 5-8.

Введение

В статье [1] рассматривалась конструкция коаксиального резонатора релятивистского гелитрона на моде H_{211} с режекторными фильтрами. Однако эта конструкция сложна и может быть заменена более простой, если использовать свойства H_{ni} волн в коаксиальном волноводе. В частности, для волны H_{21} критическая длина волны $\lambda_{21}^H \approx \pi/2(b_1+b_2)$ [2]. Таким образом, возможна простая конструкция резонатора на H_{211} моде с использованием закритического сужения радиуса внутреннего проводника с b_1 до b_{10} . При этом должны выполняться условия: $2\pi(b_1+b_2)/\lambda > 4$, $2\pi(b_{10}+b_2)/\lambda < 4$, где λ – рабочая длина волны гелитрона.

Релятивистский гелитрон – это прибор с центробежной электростатической фокусировкой осесимметричного винтового релятивистского электронного потока, взаимодействующего с H_{n1l} модой электромагнитного поля коаксиального резонатора. На основе численного моделирования и оптимизации показано, что его эффективность превосходит эффективность релятивистских ламп бегущей волны и ламп обратной волны.

Модернизированная конструкция релятивистского гелитрона

На рис. 1 и 2 изображены схемы модернизированной конструкции релятивистского гелитрона. Здесь: 1 – магнитная катушка; 2 – кольцевой термокатод (может применяться и катод со взрывной эмиссией); 3 – прикатодный электрод (венельт); 4 – анод, являющийся

также магнитным экраном и магнитопроводом закручивающей электронный поток магнитной системы; 5 – внешний цилиндр коаксиала; 6 – внутренний проводник коаксиала с закритическим сужением радиуса внутреннего проводника на моде H_{n1l} электромагнитного поля; 7 – моновинтовой электронный поток, 8 – коллектор; r_0 – радиус вращения электрона, b_2 – радиус внешнего цилиндра; b_1 – радиус внутреннего проводника коаксиала с закритическим сужением и b_{10} – часть радиуса внутреннего проводника коаксиала без сужения.

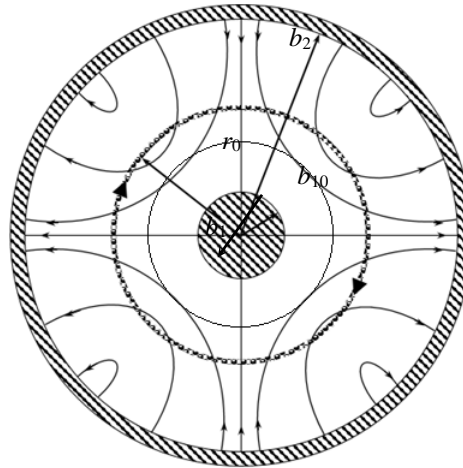


Рис. 1. Схема конструкции коаксиального гелитрона
Fig. 1. The design scheme of the coaxial gelitron

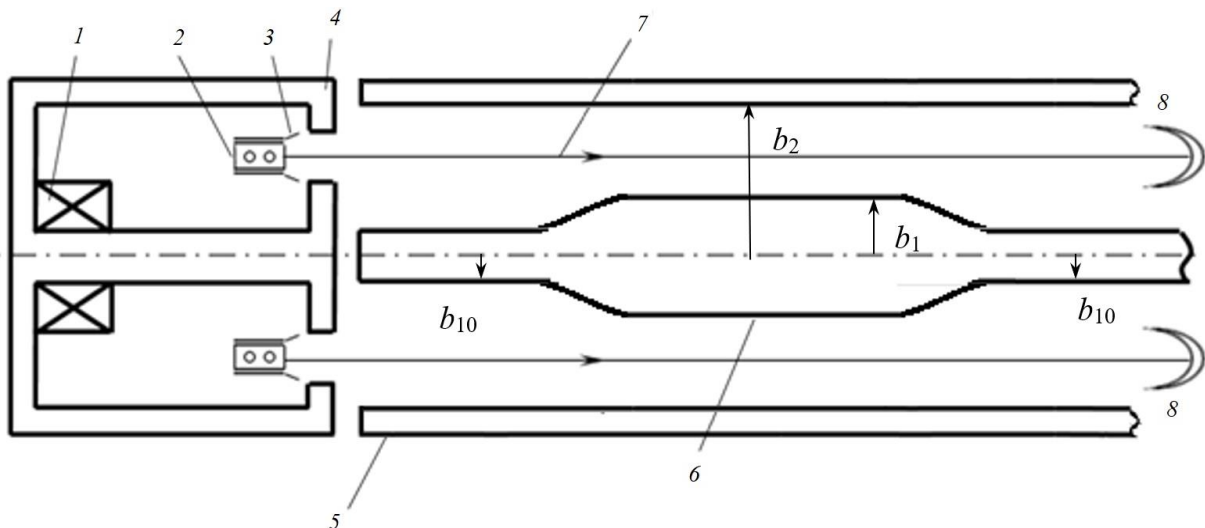


Рис. 2. Резонатор релятивистского гелитрона на моде H_{211} с торцевыми закритическими сечениями внутреннего проводника
Fig. 2. Relativistic gelitron resonator for the H_{211} mode with end supercritical sections of the inner conductor

Заключение

Представленная конструкция резонатора релятивистского гелитрона на моде H_{n1l} электромагнитного поля значительно проще и технологичней, чем предложенная в [1].

Список литературы

1. Кураев А.А., Матвеев В.В. Релятивистский гелитрон. Доклады БГУИР. 2017:109:60-65.
2. Фельдштейн А.Л., Явич Л.Р., Смирнов В.П. Справочник по элементам волноводной техники. Москва: Советское радио; 1967.

References

1. Kurayev A.A., Matveyenko V.V. [Relyativistskiy gelitron]. *Doklady BGUIR = Doklady BGUIR*. 2017:109:60-65. (In Russ.)
2. Fel'dshteyn A.L., Yavich L.R., Smirnov V.P. [*Spravochnik po elementam volnovodnoy tekhniki*]. Moscow: Sovetskoye radio; 1967. (In Russ.)

Вклад авторов

Все авторы в равной степени внесли вклад в написание статьи.

Authors' contribution

All authors equally contributed to the writing of the article.

Сведения об авторах

Кураев А.А., д.ф.-м.н., профессор, профессор кафедры информационных радиотехнологий Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники.

Матвеенко В.В., к.ф.-м.н., доцент, доцент кафедры вычислительных методов и программирования Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники.

Information about the authors

Kurayev A.A., D.Sci., Professor, Professor of Information Radiotechnologies Department of Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics.

Matveyenka V.V., PhD, Associate Professor, Associate Professor of Computational Methods and Programming Department of Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics.

Адрес для корреспонденции

220013, Республика Беларусь,
г. Минск, ул. П. Бровки, 6,
Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники
тел. +375-17-293-89-56;
e-mail kurayev@bsuir.by
Кураев Александр Александрович

Address for correspondence

220013, Republic of Belarus,
Minsk, P. Brovka str., 6,
Belarusian State University
of Informatics and Radioelectronics
tel. +375-17-293-89-56;
e-mail: kurayev@bsuir.by
Kurayev Alexander Alexandrovich