УДК 537.538

С.А.ВЫСОЦКИЙ
Горный факультет, группа ИЗ-05-1, ассистент профессора

СИЛЬНОТОЧНЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ НАПРЯЖЕНИЯ

В мире растет число потребителей энергии, а источников становится все меньше либо из-за нехватки ресурсов (нефть, уголь, газ), либо из-за трудностей, связанных с их добычей и использованием (уран). На сегодняшний день не прекращаются изыскания, направленные на создание таких преобразователей напряжения, которые были бы способны дать не только высокий уровень КПД, но и возможность работать без перебоев в критических условиях. Требуются электронные элементы, которые могли бы использоваться внутри ядерных реакторов или в современном приборостроении, при создании морских глубоководных судов и космических аппаратов для автономной работы в экстремальных условиях.

В работе представлены результаты обработки экспериментальных данных, полученных в рамках изучения физики анизотропной плазмы на базе термоэмиссионного преобразователя. Основной задачей ставится демонстрация возможных путей развития и практического применения термоэмиссионных преобразователей энергии (в качестве управляющего элемента) в современной плазменной энергетике.

Every year volume of energy consumption is increasing all over the world, but the number of sources is descending, either because of shortage of resources (oil, coal, gas) or because of problems related to their mining and processing (uranium). Scientific research on new strain converters, which could give both high coefficient of efficiency and work in extreme conditions, is still being carried on. So we need something more stable, than semiconductor electronics, in order to build nuclear power plants of new generation, build sea-vessels and starships with self-sufficient energy supply.

This work represents data, obtained within a research on anisotropic plasma generated by thermo-emission converter. The main problem being discussed is the profitability and possibility of using and involving thermo-emission converters in our modern plasma energetic, e.g. as a power switch.

Космическая ядерная энергетика является одним из важнейших факторов обороноспособности, экономики и политики ведущих стран мира. Достижения России в этой области во многом зависят от успехов в создании плазменных термоэмиссионных реакторов-преобразователей нового поколения (Постановление Правительства РФ № 144 «Концепция развития космической ядерной энергетики в России» от 02.02.1998).

Для решения проблем плазменной энергетики при создании современных орбитальных станций необходимы эффективные электронные устройства, способные работать в условиях космоса, магнитных полей, высокого уровня радиации и температуры среды выше 1000 К. В подобных режимах невозможна эксплуатация современной полупроводниковой электронной техники. Экстремальным требованиям могут удовлетворить лишь приборы плазменной электроники, использующие сильно неравновесную, анизотропную плазму. При этом необходимо создать весь комплекс электронных элементов – необходимы источники энергии, преобразователи напряжения и др.

Для разработки импульсных сильноточных преобразователей напряжения использовалась бинарная плазменная среда цезия и бария в дуговом режиме.

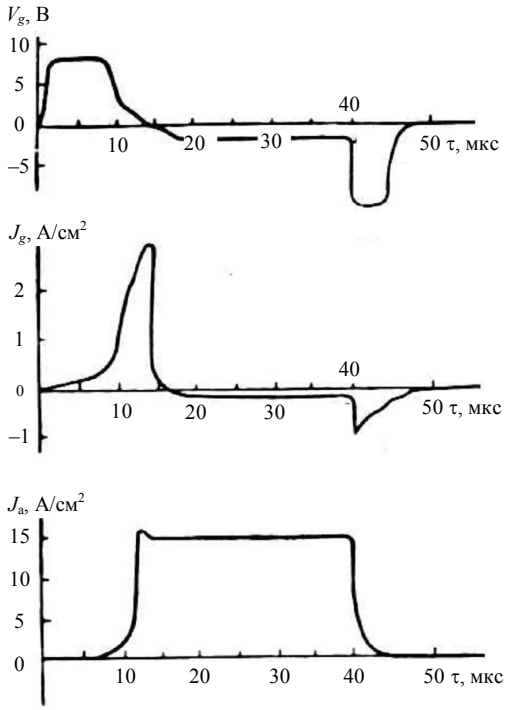


Рис.1. Изменение во времени управляющих импульсов V_g сеточного J_g и анодного J_a токов

Исследование гашения развитого разряда путем резкого уменьшения потенциала управляющего электрода представляло и представляет большой интерес при разработке систем модуляции тока и напряжения в разряде. Такое гашение обеспечивает полное сеточное управление, которое ранее считалось невозможным в разрядах с высокой концентрацией ионов ($n_i \geq 10^{12}$ см$^{-3}$). Именно возможность полного сеточного управления и была реализована в термоэмиссионных преобразователях с цезий-бариевым наполнением, что позволило детально исследовать свойства и параметры плазмы сильноточных кнудсеновских режимов [1-3]. Оказалось, что в широком диапазоне внешних параметров подача сравнительно небольшого отрицательного импульса на сетку цезий-бариевого триода приводит к устойчивому гашению разряда. Это позволило осуществить работу прибора в режиме модуляции тока и напряжения с полным сеточным управлением.

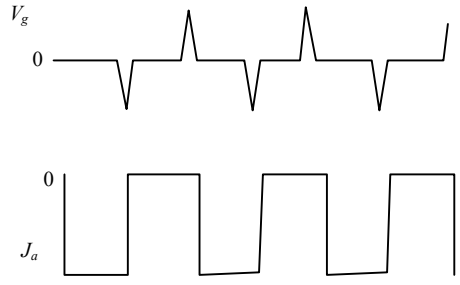


Рис.2. Осциллограмма сеточных импульсов V_g и импульсов анодного J_a при модуляции

На рис.1 приведены типичные временные зависимости анодного тока и управляющих импульсов, воспроизводящиеся для большинства исследованных режимов цезий-бариевого инвертора. Видно, что импульсы анодного тока обладают большой крутизной фронта и спада (порядка 5 мкс), что свидетельствует о малых потерях на переключение и о хороших частотных характеристиках цезий-бариевого элемента с полным сеточным управлением. Устойчивая модуляция вплоть до частоты 10^5 Гц наблюдалась во всем диапазоне исследуемых параметров, и при давлении паров цезия в диапазоне $5 \cdot 10^{-3} \div 10^{-2}$ тор модулировались плотности токов вплоть до 30 А/см^2. При этом модулируемое напряжение составило величину порядка 60 В. Полученные максимальные значения модулируемого тока и напряжения не являлись предельными и были ограничены возможностями используемого в работе анодного источника питания.

Как показывают экспериментальные данные, величина давления паров бария в исследуемом диапазоне (до 10^{-2} тор) практически не влияет на эффективность модуляции. Поэтому в этих экспериментах давление паров бария задавалось только из условия обеспечения необходимой эмиссии катода. Амплитуда отрицательных сеточных импульсов, при которой наблюдается устойчивое гашение разряда, как правило, не превышала величины порядка 20 В.

В диапазоне давлений паров цезия от $5 \cdot 10^{-3}$ до 10^{-2} тор характер гашения и зависимость эффективности модуляции от внешних параметров хорошо совпадают с результатами исследования цезиевых ключей. Увеличение давления цезия выше $2 \cdot 10^{-2}$ тор приводит к резкому ухудшению эффективности гашения разряда.

Наилучшие параметры модуляции были получены при давлении паров цезия, равном $6 \cdot 10^{-3}$ тор. При этом модулировалось напряжение 60 В и плотность тока 30 А/см^2, т.е. преобразовываемая мощность составила 1,8 кВт/см^2. Амплитуда гасящего сеточного импульса составила 15 В, а поджигающего 10 В (рис.2). Падение напряжения в проводящем состоянии составило 2,5 В, т.е. потери мощности на поддержание разряда в ключевом элементе не превышали 3 %.

Результаты исследований могут быть использованы для создания: автономных источников энергии глубоководных аппаратов с целью изучения океанического дна; энергетических систем космических аппаратов, обеспечивающих полеты в глубокий космос и боевых космических систем.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Мустафаев А.С.* Методы диагностики анизотропной плазмы в приборах термоэмиссионной энергетики / Автореф. дис. … док. физ.-мат. наук / СПГГИ (ТУ). СПб, 2004.

2. *Babanin V.I., Mustafaev A.S., Ender A.Ya.* et all. Investigation of physical processes and optimisation of thermionic converters with Cs-Ba filling. Contr. Pap. III Intern. Conf. on Thermionic Electrical Power Generation. Julich, FRG, 1972, v.I, F-108.

3. *Babanin V.I., Mustafaev A.S., Ender A.Ya.* et all. Thermionic converter in the mode with surface ionisation obtained using on extended surface cathode. Contr. Pap. Intern. Thermionic Convertion specialist meeting, Eindhoven, FRG, 1975, № 10, 6.

Научный руководитель д-р ф.-м.н. проф. *А.С.Мустафаев*