

СЕКЦИЯ 1. ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ И АВТОМАТИЗАЦИЯ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ

ИЗМЕРИТЕЛЬНО-ДИАГНОСТИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ГЕНЕРАТОРА МОЩНЫХ ИОННЫХ ПУЧКОВ

А.И. Пушкарев, А.И. Прима

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30, 634050
E-mail: aipush@mail.ru

MEASURING AND DIAGNOSTIC COMPLEX OF HIGH-POWER ION BEAM GENERATOR

A.I. Pushkarev, A.I. Prima

Tomsk Polytechnic University, Russia, Tomsk, Lenin str., 30, 634050
E-mail: aipush@mail.ru

***Annotation.** A complex of measuring and diagnostic equipment designed to control the main parameters of high-power ion beams is presented. The complex includes thermal and acoustic diagnostics of the total beam energy and its distribution over the beam cross-section, time-of-flight diagnostics of the ion beam composition. The complex of equipment is designed to control the parameters of technological generators-ions energy 0,1...10 MeV, energy density 0,1...10 J/cm², pulse duration 0,1...10 μs.*

Измерительно-диагностический комплекс включает тепловизионную диагностику распределения плотности энергии по сечению мощного ионного пучка (МИП) гигаваттной мощности [1]. Она также позволяет измерять полную энергию МИП, расходимость МИП при транспортировке до мишени, перемещение ионного пучка в фокусной плоскости в серии импульсов и контролировать режим облучения мишени. Пространственное разрешение составляет 1–2 мм, чувствительность типового тепловизора обеспечивает регистрацию теплового отпечатка за один импульс при плотности энергии выше 0,05 Дж/см². Для корректного использования тепловизионной методики при контроле параметров МИП выполнен анализ влияния радиационных дефектов, электронов, анодной плазмы и др. факторов на нагрев мишени.

Измерительно-диагностический комплекс включает акустическую диагностику параметров импульсных ионных пучков [2]. Она позволяет измерять плотность энергии на мишени, оптимизировать работу ионного диода и контролировать режим облучения мишени при высокой частоте следования импульсов. Чувствительность типового пьезодатчика обеспечивает регистрацию МИП за один импульс при плотности энергии выше 0,5 Дж/см². Тестирование диагностики показало, что при плотности энергии более 2 Дж/см² происходит стабилизация амплитуды сигнала с пьезодатчика из-за плавления поверхностного слоя мишени. Акустическая диагностика не требует дорогостоящих расходных материалов. Время измерения не превышает 0,1 с, поэтому ее можно использовать для быстрой оценки плотности энергии МИП с контролем параметров облучения на каждом импульсе при частоте следования до 10³ имп/с.

Представлена времяпролетная диагностика параметров импульсных ионных пучков [3]. Она позволяет определить основные характеристики МИП сложного состава: состав пучка и абсолютные значения суммарного флюенса ионов, флюенса ионов разной массы и кратности ионизации, энергетический спектр каждого типа ионов. При

контроле параметров МИП не требуется сложное оборудование и длительная обработка результатов измерений.

Выполнен сравнительный анализ систематических погрешностей при контроле воздействия на мишень импульсных ионных пучков гигаватной мощности по плотности ионного тока и по плотности энергии [4]. Показано, что измерение плотности энергии обеспечивает более корректную и полную информацию. Мощный ионный пучок имеет широкий спектр энергии ионов и сложный элементный состав. Измерение плотности энергии МИП позволяет определить интегральное (за длительность импульса) тепловое воздействие всех ионов, не зависящее от их кинетической энергии и степени ионизации.

Выполненные исследования поддержаны РФФИ, грант 19-38-90001.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Isakova Y.I., Pushkarev A.I. Visualization and analysis of pulsed ion beam energy density profile with infrared imaging // *Infrared Physics & Technology*. – 2018. – V. 89. – P. 140–146.
2. Pushkarev A.I., Isakova Yu.I., Xiao Yu, Khailov I.P. Characterization of intense ion beam energy density and beam induced pressure on the target with acoustic diagnostics // *Review of Scientific Instruments*. – 2013. – V. 84. – № 8. – Article number 083304.
3. Pushkarev A.I., Isakova Y.I., Prima A.I. High-intensity pulsed ion beam composition and the energy spectrum measurements using the time-of-flight method // *Laser and Particle beams*. – 2018. – V. 36. – № 2. – P. 210–218.
4. Пушкарев А.И., Исакова Ю.И., Хайлов И.П. Анализ корректности диагностики мощного ионного пучка по плотности ионного тока // *Приборы и техника эксперимента*. – 2015. – № 5. – С. 91–98.

СПОСОБ ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ЧАСТОТЫ ВРАЩЕНИЯ ДВИГАТЕЛЯ-МАХОВИКА В КОД

В.А. Пасько, А.И. Солдатов, О.Ю. Завьялова

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30, 634050

Томский университет систем управления и радиоэлектроники
Россия, г. Томск, пр. Ленина, 40, 634050

E-mail: paskovasiliy@mail.ru

METHOD OF CONVERSION OF THE FLYWHEEL SPEED INTO THE CODE

V.A. Pasko, A.I. Soldatov, O.Yu. Zavialova

Tomsk Polytechnic University, Russia, Tomsk, Lenin str., 30, 634050

Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics, Russia, Tomsk, Lenin
str., 40, 634050

E-mail: paskovasiliy@mail.ru

***Annotation.** The conversion of the flywheel speed into a code is an important task for controlling the main characteristics in the system of orientation and stabilization of spacecrafts. Existing methods of conversion do not provide necessary speed and accuracy in the operation of the system. Solution to the problem is proposed by simple trigonometric transformations. The principle of constructing, an algorithm of its operation, means of implementation such system is considered.*

Во время управления двигателем-маховиком (ДМ) его скорость вращения может изменяться в большом диапазоне от крайнего положительного до крайнего