**Двухволновый квадратурный волоконный гетеродинный интерферометр для исследования свойств импульсной плазмы**

***Семкив М.Т.1, Губский К.Л.2, Лукьянов К.С.3, Колесников Н.М.4, Тищенко И.Ю.5***

*1студент (бакалавр), 2к.ф.-м.н., 3аспирант, 4студент (магистр), 5аспирант*

*Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», Москва, Россия*

*E-mail:* [*m.semkiv@list.ru*](mailto:m.semkiv@list.ru)

В настоящее время в России ведется активная разработка плазменных реактивных двигателей как высокой мощности [1, 2], так и двигателей для микро и наноспутников [3, 4]. Одним из основных параметров таких установок является тяга. Измерение тяги плазменного ракетного двигателя прямым методом связано с исключительными техническими сложностями, поэтому обычно применяются косвенные методы, при которых необходимо изучить скорость плазмы и ее плотность.

Наиболее информативным методом измерения параметров плазменного потока является лазерная интерферометрия [5]. Она позволяет с высоким временным и пространственным разрешением регистрировать изменения концентрации свободных электронов в генерируемом плазменном потоке. Однако на подобных установках зачастую присутствуют источники как сильных акустических помех, так и источники электромагнитных наводок, которые вносят искажения в результаты измерений и с которыми необходимо бороться.

Авторами был разработан макет двухцветного волоконного гетеродинного интерферометра для диагностики концентрации свободных электронов в плазменном потоке. Особенностями данного устройства являются применение двух лазеров с различающимися длинами волн (1550 нм и 532 нм), что позволяет устранить влияние акустических помех, и применение оптоволокна для доставки излучения к исследуемому объекту, что в свою очередь, позволяет убрать интерферометр из зоны действия электромагнитных помех. Были исследованы процессы распространения двух длин волн в одном оптическом волноводе, а также разработан метод разделения оптических пучков с разными частотами для регистрации их фотоприемниками. Так же были проведены эксперименты про исследования плазменного потока, генерируемого малым плазменным двигателем.

Эксперименты показали высокую помехозащищенность разработанного интерферометра. Анализ показал, что точность фазовых измерений составила 0.03 rad, что соответствует погрешности измерения концентрации свободных электронов ±1 · 1019 m−2.

**Литература**

1. Марков Д.В., Ильин К.И., Направления исследований «ТРИНИТИ» в рамках федерального проекта «Разработка технологий управляемого термоядерного синтеза и инновационных плазменных технологий» // Траектория исследований — человек, природа, технологии. - 2022. - Выпуск 1(1). - стр. 82-83.
2. Казеев М.Н., Импульсные плазменные двигатели в России // Труды МАИ. - 2012. - №60
3. Гопанчук В.В., Потапенко М.Ю., Создание плазменных двигателей малой мощности для микроспутников // ФГУП Опытное конструкторское бюро «Факел», г. Калининград, Российская Федерация, 2015
4. Егоров И.Д., Королева Ю.С., Абдрахманов Д.Ф., Коаксиальный абляционный импульсный плазменный двигатель с внешней магнитной системой для малых космических аппаратов // Лазерные, плазменные исследования и технологии. ЛАПЛАЗ-2022, сборник научных трудов VIII международной конференции, посвященной 100-летию со для рождения лауреата нобелевской премии по физике Басова Николая Геннадиевича, Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», Москва, 2022
5. Кузнецов А.П. Лазерная интерферометрия в диагностике импульсной плазмы: Дис. док. ф.-м. наук: 01.04.21, 01.04.08 // Кузнецов Андрей Петрович; Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ». - М., 2012, стр. 10