

УЧРЕЖДЕНИЕ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК  
ИНСТИТУТ СИЛЬНОТОЧНОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ  
СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РАН

УДК 537.52; 621.316.5; 629.7.03  
Инв. № 266.10.01

УТВЕРЖДАЮ  
Директор института,  
чл.-корр. РАН

\_\_\_\_\_  
Н.А. Ратахин  
«25» октября 2010г.

ОТЧЕТ

о патентных исследованиях № 2010.10.25

(ГОСТ Р15.011-96)

по теме

«Определение уровня техники мишенно–соплового узла  
лазерно–плазменного двигателя»

Государственный контракт № № 14.740.11.0317 (этап 1)

Руководитель темы,  
к.ф.-м.н.

\_\_\_\_\_  
А.В. Батраков

Томск 2010

## СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Руководитель темы

к.ф.-м.н., зав. лаб. \_\_\_\_\_ А.В. Батраков  
подпись, дата

Исполнители

Патентовед \_\_\_\_\_ Н.А. Лосева  
подпись, дата

к.ф.-м.н., с.н.с. \_\_\_\_\_ С.А. Попов  
подпись, дата

## Содержание

Общие данные об объекте исследования.....	4
Общие данные об объекте исследования.....	4
Основная (аналитическая) часть.....	5
Заключение.....	7
Приложение А.....	8
Приложение Б.....	9
приложение В.....	10

## Общие данные об объекте исследования

В последнее десятилетие в космической индустрии проявляется большой интерес к созданию и использованию малых космических аппаратов (МКА) в основном из-за относительно малой стоимости, существенного сокращения сроков разработки и изготовления, а также удешевления вывода на орбиту таких аппаратов и их эксплуатации. Круг задач, решаемых с помощью малых КА, достаточно широк. В частности, система дистанционного зондирования Земли с использованием низкоорбитальных МКА по своим тактико-техническим характеристикам может превосходить широко известные аналоги и использовать для запуска аппаратов относительно недорогие, высокоточные, конверсионные ракеты-носители. Запуск таких микро-спутников с орбитальной станции, либо с какого-нибудь другого управляемого космического аппарата является наиболее целесообразным и дешевым. Вследствие малой массы такие микроспутники требуют небольших движущих импульсов, выверенных с большой точностью. Однако существующие типы ракетных двигателей при малых уровнях тяги работают очень неустойчиво, что может привести к непредсказуемым последствиям.

Устойчивую работу на малых уровнях тяги может обеспечить двигатель, основанный на испарении твердотельного материала лазерным излучением в импульсно-периодическом режиме – лазерно-плазменный двигатель (ЛПД). Диапазон возникающего при этом импульса отдачи зависит от параметров лазерного излучения (плотности мощности на поверхности мишени, длительности импульса лазера) и материала мишени и может составлять  $10^{-9}$ – $10^{-3}$  Н·с. Достигнутый уровень развития лазерной техники и физики лазерного воздействия на поглощающие материалы делают такую задачу вполне реальной.

Наиболее важной составной частью ЛПД лазер. Для создания ЛПД эрозионного типа наиболее перспективно использование твердотельных или полупроводниковых лазеров, имеющих высокий к.п.д., достигающий 40–60%, и чрезвычайно малый вес ~100 г при мощности 2–20 Вт. При этом конструкция ЛПД может содержать один лазер с разводкой лазерного излучения к мишенно-сопловым частям с помощью элементов волоконной оптики. Такая компоновка позволит существенно снизить весогабаритные и энергетические характеристики двигательной установки.

Второй по значимости частью ЛПД является мишенно-сопловый узел (МСУ). МСУ должен обеспечивать восстановление поверхности мишени после уноса вещества за счет абляции лазерным излучением, а также иметь возможность управления вектором тяги за

счет регулируемого изменения направления потока испаренного рабочего тела мишени. Очевидно, что стабильность вектора тяги и реактивного импульса отдачи определяется стабильностью импульса лазерного излучения и степенью воспроизводства формы мишени в области абляции.

### Основная (аналитическая) часть

Патентный поиск осуществлялся по вопросам принципов построения и принципов действия МСУ ЛПД, а также по вопросам рабочего тела лазерной абляции. По фонду охраняемых документов СССР и России в процессе поиска отобрано для дальнейшего анализа 2 патента Российской Федерации. Авторских свидетельств СССР по тематике поиска найдено не было, возможно, в силу засекреченности тематики. Кроме того, для анализа были отобраны также 9 патентов США, 1 заявка на патент США, 1 заявка на международный патент, 4 патента Японии, 1 патент Китая и 1 патент Австрии, касающихся объектов патентного поиска. Список отобранных для анализа патентов с указанием наиболее существенных технических особенностей приведен в Приложении В Отчета о патентных исследованиях.

Объектом данного патентного исследования является МСУ ЛПД.

Из анализа отобранной информации видно, что идея использования лазерной абляции для создания реактивной тяги в космосе родилась достаточно давно (US 3392527, 1968 г.) и связана с созданием твердотельных лазеров, обладающих достаточной мощностью для абляции конденсированного вещества. Причем, первый патент был посвящен именно ЛПД для установки на космическом аппарате с целью его ускорения и изменения траектории. В данной конструкции ЛПД конструкция МСУ была предельно проста, т.к. факел лазерной абляции достаточно узок и не требует специального сопла. Однако практического применения данный патент в то время не нашел из-за слишком больших габаритов лазерных установок. В результате дальнейшее развитие ЛПД было сосредоточено на вопросах использования стационарного лазера, базирующегося на крупных станциях в космосе, служащих стартовыми площадками для запуска МКА. В этом случае МСУ представляет собой параболическое зеркало, в фокусе которого находится непосредственно рабочее тело, испаряемое лазером. В силу разлета продуктов испарения рабочего тела во всех направлениях МСУ таких ЛПД требовали использования сопла. Параболическая конструкция МСУ присутствует также в патентах на лазерно-

реактивных двигателях (ЛРД), базирующихся на аэрокосмических аппаратах, предназначенных для высотных и суборбитальных полетов.

Интерес к ЛПД, непосредственно базирующимся на МКА, возник с новой силой благодаря прогрессу в развитии твердотельных лазеров с накачкой полупроводниковым лазерным диодом. Такие лазеры компактны, имеют малый вес и высокий к.п.д. В результате были разработаны и запатентованы конструкции ЛПД в развитие идей, изложенных в US 3392527, как в США (US 6530212, 2003 г.), так и в Российской Федерации (RU 2338918, 2006 г.). В обоих случаях используется твердотельное рабочее тело в виде ленты (US 6530212) или в виде стержня (RU 2338918). В такой конструкции МСУ приходится использовать систему подачи рабочего тела в зону лазерной абляции, что усложняет конструкцию ЛПД и снижает его надежность при длительном (более 5 лет) использовании в космосе. Проблема могла бы быть решена путем использования рабочего тела с самовосстанавливающейся поверхностью, как на это указывается в заявках на патент WO 2005/003557 и US 2007/0056262. Однако в этих публикациях не указывается, из чего должно быть сделано рабочее тело, и как заставить его поверхность восстанавливаться самостоятельно. Кроме того, данные заявки не получили поддержку в виде зарегистрированных патентов. Жидкое рабочее тело ЛПД упоминается также в патенте US 3825211, 1974 г., однако в патенте не конкретизируется тип жидкости и принцип ее подачи в область абляции. В патенте JP 2008038638, 2008 г., предлагается система подачи жидкости в область абляции за счет использования части энергии лазера на создание избыточного давления в резервуаре, открывающего клапан и позволяющего части жидкости поступать в область абляции. Потеря части энергии на перемещение жидкости снижает энергоэффективность ЛПД. Тип жидкости в патенте не указан.

Проблема самовосстанавливающейся поверхности может быть решена путем использования жидкого металла, удерживаемого внутри твердотельного капилляра силами поверхностного натяжения. При этом торец капилляра является зоной абляции и находится в фокусе оптической системы. По мере уноса рабочего тела жидкость самостоятельно подтекает за счет капиллярных сил, что не требует использования части энергии лазерного импульса.

## Заключение

Идея использования жидкого металла в мишенно–сопловом узле лазерно–плазменного двигателя является новой, поскольку в аналогах среди патентов СССР, России и иностранных государств, непосредственно относящихся к объекту поиска, используется либо органические жидкости, либо твердотельные мишени. Кроме того, описания мишенно–соплового узла на основе жидкометаллического рабочего тела не были обнаружены и в научной печати, включая периодические издания. Однако в самой конструкции узла новых элементов не вносится, т.е. принципиально новых технических решений, претендующих на изобретение, данный объект не содержит. Исходя из анализа собранной информации, исследуемый объект может рассматриваться как полезная модель.

**ПРИЛОЖЕНИЕ А (обязательное)**

**ЗАДАНИЕ НА ПРОВЕДЕНИЕ ПАТЕНТНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ**

УТВЕРЖДАЮ

Зав. Лабораторией вакуумной электроники

\_\_\_\_\_  
А.В. Батраков  
20 сентября 2010 г.

**ЗАДАНИЕ № 2010.10.25**

на проведение патентных исследований

**Наименование работы (темы):** «Развитие диагностического комплекса на базе НОЦ «Сильноточная электроника» в ИСЭ СО РАН и проведение исследований по диагностике плазмы дуги в вакуумных сетевых выключателях и плазмы лазерной абляции жидкометаллической мишени в лазерно-плазменных двигателях малых космических аппаратов».

**Шифр работы (темы):** «2010-1.2.2-230-009-015»

**Этап работы:** первый, **срок выполнения** 26 ноября 2010 г.

**Задачи патентных исследований:** Определение уровня техники мишенно–соплового узла лазерно–плазменного двигателя.

**Ретроспективность поиска** – 1965 – 2010 гг.

**КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН**

Виды патентных исследований	Подразделения-исполнители (соисполнители)	Ответственные исполнители (Ф.И.О.)	Сроки выполнения патентных исследований. Начало. Окончание	Отчетные документы
Исследование патентной чистоты по России, СНГ и СССР	ИСЭ СО РАН	Попов С.А.	20.09.2010 – 01.10.2010	Отчет о патентных исследованиях № 01.266.10
Исследование патентной чистоты по иностранным государствам	ИСЭ СО РАН	Попов С.А.	04.10.2010 – 20.10.2010	Отчет о патентных исследованиях № 01.266.10

Руководитель патентного подразделения \_\_\_\_\_ Н.А. Лосева

Зав. Лабораторией вакуумной электроники \_\_\_\_\_ А.В. Батраков



**ФОРМА РЕГЛАМЕНТА ПОИСКА**

Регламент поиска № 2010.10.25

от 20 сентября 2010 г.

**Наименование работы (темы):** «Развитие диагностического комплекса на базе НОЦ «Сильноточная электроника» в ИСЭ СО РАН и проведение исследований по диагностике плазмы дуги в вакуумных сетевых выключателях и плазмы лазерной абляции жидкометаллической мишени в лазерно-плазменных двигателях малых космических аппаратов».

**Шифр работы (темы)** «2010-1.2.2-230-009-015»

**Номер и дата утверждения задания:** № 01.266.10 от 20 сентября 2010 г.

**Этап работы** первый.

**Цель поиска информации:** Определение уровня техники мишенно–соплового узла лазерно–плазменного двигателя.

**Обоснование регламента поиска:** требования к патентной чистоте разрабатываемого устройства согласно Государственному контракту от 17 сентября 2010 г. № 14.740.11.0317 на выполнение научно-исследовательских работ.

**Ретроспективность поиска** – с 1965 г.

**Начало поиска:** 20 сентября 2010 г.

**Окончание поиска:** 20 октября 2010 г.

Предмет поиска		Источники информации, по которым будет производиться поиск	
		Патентные	
Объект исследования	Страна поиска	Наименование	Классификационные рубрики МПК
Способы повышения электрической прочности вакуумной изоляции.  Способы и аппаратура для обработки поверхности металлических электродов, потенциально применимые для подавления вакуумного пробоя.	Россия СНГ СССР	Электронная база данных ФГУ ФИПС, электронная библиотека e-library	B01J, B64C, B64G C06B E02B, E02F, E21D F02K, F03H, F16L, F24J G01C H01J, H01S, H05H
	США	Электронная библиотека «United States Patent and Trademark Office»	
	Канада	Электронная библиотека «Canadian Intellectual Property Office»	
	Страны Евросоюза, Япония, Китай, США	Электронная библиотека «European Patent Office», электронная библиотека e-library, база данных SCIRUS	

Зав. ЛВЭ \_\_\_\_\_ А.В. Батраков

Исполнитель, с.н.с. \_\_\_\_\_ С.А. Попов

Руководитель патентного подразделения \_\_\_\_\_ Н.А. Лосева

**ФОРМА ОТЧЕТА О ПОИСКЕ**

Поиск проведен в соответствии с заданием руководителя темы Батракова А.В., зав. лаб.,  
№ 2010.10.25 от 20 сентября 2010 г. и Регламентом поиска № 2010.10.25 от 20 сентября 2010 г.

**Шифр работы (темы)** «2010-1.2.2-230-009-015»

**Этап работы** первый.

**Начало поиска** 20 сентября 2010 г. **Окончание поиска** 20 октября 2010 г.

**Сведения о выполнении регламента поиска** регламент выполнен в полном объеме

**Материалы, отобранные для анализа**

Таблица В.6.1. Патентная документация

Предмет поиска: (объект исследования, его составные части)	Страна выдачи, вид и номер охранного документа, классификационный индекс МПК	Заявитель, страна. Номер заявки, дата подачи заявки	Название изобретения, полезной модели.
лазерно–плазменные двигателя, базируемые на малом космическом аппарате и не имеющие сопла	US 3392527, патент	A.S. Gilmour, F.A. Giori, Cornell Aeronautical Laboratory Inc., USA, 16.07.1968	Method of ionic propulsion utilizing a laser- stimulated ionic emission
	US 3825211, B64G 1/00 патент	M.A. Minovitch, Phaser Telepropulsion Inc., USA, 23.07.1974	Laser rocket
	US 6530212, F02K 11/00, H05H 1/24 патент	C.R. Phipps, J. Luke, Photonic Associates, USA, 11.03.2003	Laser plasma thruster
	WO 2005/003557, F03H 1/00 заявка на патент	R. Leach, G.B. Murphy, T.S. Adams, Design Engineering LLC, 13.01.2005	Laser propulsion thruster

	US 2007/0056262, B64G 1/40, F02K 9/68 заявка на патент	R. Leach, G.B. Murphy, T.S. Adams, Design Engineering LLC, 15.03.2007	Laser propulsion thruster
	RU 2338918, F02K 11/00, патент	А.Н. Чумаков, Н.А. Босак, А.М. Петренко и др., Государственное научное учреждение «Институт физики им. Б.И. Степанова Национальной академии наук Белоруссии», 14.02.2007	Лазерно–плазменный двигатель
	CN 20081225519 20081104, F02K 9/08, F02K 9/95, F02K 9/00 патент	Xin Lu, Jie Zhang, Yi Zhang, Institute for Physics of Chinese Academy of Science, 16.06.2010	Laser propulsion device
Лазерно–плазменные и лазерно–реактивные двигатели с соплом для запуска с пусковых площадок и суборбитальных полетов	AU 8795575, патент	G.M. Pergolis, 30.12.1975	Propulsion of spaceship by laser
	US 4036012, H05H 1/24 патент	M.J. Momsler, Secretary of the Army, USA, 19.07.1977	Laser powered rocket engine using a gasdynamic window
	US 5542247, F02K 7/00, патент	B.B. Bushman, Lockheed Corporation, USA, 06.08.1996	Apparatus powered using laser supplied energy
	US 6459205, H01J 7/24, B64G 1/00 патент	W. Schall, E. Zeyfang, W. Riede, W. Mayerhofer, Deutsches Zentrum für Luft-und Raumfahrt e.V, Germany, 01.10.2002	Propulsion device and method of generating shock waves
	US 6488233, B64C 39/00, патент	L.N. Myrabo, Secretary of the Air Force, USA, 03.12.2002	Laser Propelled Vehicle
	RU 2266420, F02K 7/00, F24J 2/06, B64G 1/26, патент	А.А. Агейчик, М.С. Егоров, Ю.А. Резунков, ФГУП НИИКИ ОЭП, 08.10.2003	Аэрокосмический лазерный реактивный двигатель

Рабочее тело лазерно– плазменного двигателя и способы его подачи	US 4426843, F02K 9/95 патент	M.C. Fowler, D.C. Smith, United Technologies Corporation, USA, 24.01.1984	CO <sub>2</sub> coupling material
	JP 8049493, E02B 9/06, E02F 5/10, E21D 9/06, F16L 1/038 патент	H. Mitsutoshi, N. Shingo, K. Minoru, et. al., Tokyo Gas Co. Ltd., ISEKI TORY Technology Inc., Japan, 20.02.1996	Propulsion construction method of pipe and radiation device of laser beam
	JP 10300468, E21D 9/06, G01C 15/00, E21D 9/06, патент	M. Kaoru, Copurosu K&K, Japan 13.11.1998	Laser irradiation device for use in propulsion method and propulsion machine having the same
	JP 2008038638, F03H 99/00, H01S 3/00 патент	O. Masahiko, National Institute of Advanced Industry and Technologies, Japan 21.02.2008	Liquid injection type laser beam propulsion device
Системы подачи и распределения лазерного излучения в лазерно– плазменных двигателях	US 5152135, F02K 11/00 патент	J.T. Kare, US DOE, USA 06.10.1992	Deflector for efficient coupling of a laser beam to air other fluids
	JP 2003148247, B64G 1/00, F02K 9/08, F03H 1/00, H01S 3/00 патент	S. Masayuki, K. Katsuhito, M. Akio, et. al., National Aerospace Laboratory, Japan Science and technology Corporation, Japan 21.05.2003	Laser thruster system by wire transmission system