

УДК: 621.3.036.662

СПОСОБ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОНАГРЕВАТЕЛЕЙ ПОВЫШЕННОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ НЕГЕРМЕТИЧНОГО КОНСТРУКТИВНОГО ИСПОЛНЕНИЯ

Н. В. Луконин^{1*}, Г. В. Дмитриев, П. С. Морозов, И. Я. Шестаков²

¹АО «Информационные спутниковые системы» имени академика М. Ф. Решетнева
Российская Федерация, 662972, г. Железногорск Красноярского края, ул. Ленина, 52

²Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М. Ф. Решетнева
Российская Федерация, 660037, г. Красноярск, просп. им. газ. «Красноярский рабочий», 31

*E-mail: nik-ip@yandex.ru

Рассмотрен новый способ изготовления электронагревателей, выполняемый методом фотолитографии и травлением резистивного слоя, позволяющий изготавливать гибкие плёночные электронагреватели различных форм и размеров, с использованием материалов, производимых отечественной промышленностью, с уменьшенными массо-габаритными показателями и повышенными рабочими показателями.

Ключевые слова: космический аппарат, система терморегулирования, электронагреватель, температурный режим, фотолитография.

METHOD OF MANUFACTURING ELECTRIC HEATERS OF HIGH EFFICIENCY OF UNPRESSURIZED DESIGN SPACECRAFT

N. V. Lukonin^{1*}, G. V. Dmitriev¹, P. S. Morozov¹, I. Y. Shestakov²

¹JSC Academician M. F. Reshetnev Information Satellite Systems
52, Lenin Str., Zheleznogorsk, Krasnoyarsk region, 662972, Russian Federation

²Reshetnev Siberian State University of Science and Technology
31, Krasnoyarsky Rabochy Av., Krasnoyarsk, 660037, Russian Federation

*E-mail: nik-ip@yandex.ru

The article considers a new method of electric heaters production manufactured by a photolithography method and resistive layer etching that allows to produce flexible film heaters of various shapes and sizes, reduced mass-dimensional factor and higher operational performances using materials manufactured by the domestic industry.

Keywords: spacecraft, thermal control system, electric heating, temperature control, photo process.

Конструкция современных космических аппаратов (КА) в негерметичном исполнении накладывает особые требования к системе терморегулирования (СТР), которая должна обеспечить поддержание его систем в работоспособном состоянии в течение срока активного существования (САС) при воздействии условий космического пространства со значительным перепадом температур. Обеспечение температурного режима работы аппаратуры и узлов КА в заданном температурном диапазоне, поддержание баланса между получаемой тепловой энергией и её отдачей, с перераспределением тепловой энергии между конструкциями аппарата является важной технической задачей [1].

Повышенные требования к СТР налагают и особые требования к активным исполнительным устройствам СТР – электронагревателям (ЭН), и их техническим характеристикам (ТХ). Технические требования к характеристикам перспективных ЭН [2].

С целью получения ЭН с необходимыми ТХ в АО «ИСС» в 2011–2016 годах проведены работы по выбору перспективных материалов, производимых отечественной промышленностью, и отработке новых технических решений, которые могут быть применены при изготовлении ЭН в условиях действующего

производства. Для решения задачи разработан способ изготовления ЭН с помощью метода фотолитографии и травления резистивного слоя для получения необходимого рисунка проводников, прессованием слоев, пайкой токовыводов, проведением испытаний, не имеющих аналогов [3].

Для проверки соответствия конструкторско-технологических, технических и эксплуатационных характеристик ЭН требованиям, предъявляемым к ресурсу, надежности, эффективности ЭН нового поколения к использованию в составе КА негерметичного конструктивного исполнения проведены испытания, подтверждающие работоспособность ЭН в установленном состоянии. На рис. 1 представлен один из ЭН типоразмерного ряда изделия, установленный с помощью клея на сотовую панель КА для проведения испытаний.

Данный ЭН обеспечил выделение удельной номинальной тепловой нагрузки 2,2 Вт/см² при перепаде температур между ЭН и обогреваемой поверхностью $\Delta T = 50$ °С, и выделение удельной тепловой нагрузки 2,85 Вт/см² при $\Delta T = 65$ °С. На рис. 2 представлено температурное поле ЭН при тепловой нагрузке 2,85 Вт/см².

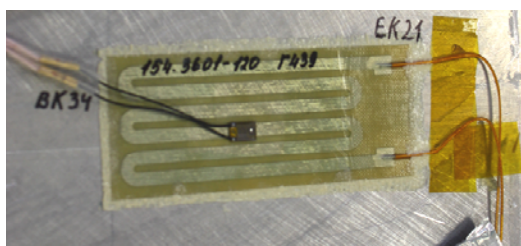


Рис. 1. Внешний вид установленного ЭН

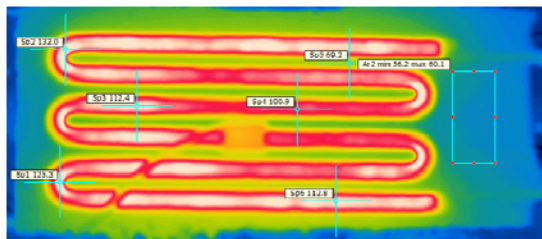


Рис. 2. Температурное поле ЭН при тепловой нагрузке 2,85 Вт/см²



Рис. 3. Гибкий плёночный ЭН с двукратным резервированием

Библиографические ссылки

1. Луконин Н. В., Шестаков И. Я. Способ изготовления гибко-плоских электронагревателей космических летательных аппаратов // Решетнёвские чтения : материалы XIX Междунар. науч.-практ. конф. Красноярск, 2015.
2. Луконин Н. В., Шестаков И. Я., Шевердов В. Ф. Электронагреватели космических аппаратов // Современное состояние науки и техники : материалы Междунар. науч.-практ. конф. Сочи, 2016.
3. Пат. Российская Федерация 2602799. Способ изготовления гибко-плоского электронагревателя / Луконин Н. В., Полякова Г. В., Шушерина Г. П., Снытко Д. В. 2016.
4. Низкотемпературный электронагрев / Альтгаузен А. П., Гутман М. Б., Малышев С. А. и др. М. : Энергия, 1978.
5. Федотов А. Я., Поль Г. Фотолитография и оптика. М. : Советское радио, 1974.

References

1. Lukonin N. V., Shestakov I. Y. A method of manufacturing a flexible flat heaters spacecraft // Proceedings of the XIX International scientific-practical conference "Resetdevice reading". Krasnoyarsk, 2015.
2. Lukonin N. V., Shestakov I. Y., Sheverdov V. F. Electric spacecraft // Materials of International scientific-practical conference "Current state of science and technology". Sochi, 2016.
3. Patent of the Russian Federation 2602799. A method of manufacturing a flexible flat heaters», Lukonin N. V., Polyakova G. V., Shusherina G. P., Snytko D. V. 2016.
4. Low-temperature electric heating / A. P. Altgauzen, M. B. Gutman, S. A. Malyshev et al. M. : Energiya, 1978.
5. Fedotov A. Y., Paul G. Photolithography and optics. M. : Soviet radio, 1974.

© Луконин Н. В., Дмитриев Г. В., Морозов П. С., Шестаков И. Я., 2017

Использование фотопроцесса для создания рисунка резистивного слоя и химической реакции удаления металла позволяют изготавливать слои различных геометрических форм и размеров без использования механических приспособлений [4], в том числе с шириной проводников менее 0,5 мм, с расстоянием между проводниками менее 0,5 мм, что позволяет реализовывать различные конструкции ЭН с требуемыми ТХ, с возможностью «горячего» и «холодного» резервирования функции нагрева. В качестве основных конструкционных материалов выбраны отечественные материалы: гибкая стеклоткань (возможно применение полиимида), константан или нихром, провода с фторопластовой изоляцией (возможны и другие), оловянно-свинцовый припой или низкотемпературный сереброросодержащий припой.

С целью повышения эффективности и расширения возможностей применения ЭН в качестве резистивного слоя проработано применение тонкой фольги из сплава с высоким электрическим сопротивлением марки Х20Н80 (нихром) [5], что вдвое увеличивает сопротивление ЭН при той же ширине дорожки (по сравнению с константаном), и обеспечивает переход на питание ЭН по шине 100 В.

Вариант отработанного ЭН с резистивным слоем из нихрома приведен на рис. 3.

Новый способ может быть использован для изготовления ЭН различных конструкций, форм и свойств: гибких, плоских, гибко-плоских, трехмерных форм, с заданным уровнем технологичности и качества при создании современных и перспективных КА.