



Рис. 1. Траектории движения коров вихрей  $v$  (темные полосы) и антивихрей  $av$  (светлые полосы) вдоль ДС (а) на верхней и (б) на нижней граничных поверхностях плёнки. (в) Проекция положений центральных осей (коров) вихрей (чёрный цвет) и антивихрей (белый цвет) на плоскость, параллельную доменной стенке и перпендикулярную к поверхности пленки.

1. Зверев В.В., Филиппов Б.Н. ФТТ 58 (3), 473 (2016).
2. Дубовик М.И., Зверев В.В., Филиппов Б.Н. ЖЭТФ 149 (5) (2016) (в печати).
3. Vansteenkiste A., Leliaert J., Dvornik M., et al. AIP Advances 4, 107133, (2014).

## ИЗУЧЕНИЕ ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ И МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВ

Вишняков А.А.<sup>1\*</sup>, Шелков Е.А.<sup>2</sup>, Звонарев С.В.<sup>1</sup>

<sup>1)</sup> Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

<sup>2)</sup> АО НПО Автоматики, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [bladedanzer1@gmail.com](mailto:bladedanzer1@gmail.com)

## INVESTIGATION OF THERMAL PROCESSES AND MATERIALS FOR ELECTRONIC DEVICES PROTECTION

Vishnyakov A.A.<sup>1\*</sup>, Shelkov E.A.<sup>2</sup>, Zvonarev S.V.<sup>1</sup>

<sup>1)</sup> Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

<sup>2)</sup> NGOs Automation, Yekaterinburg, Russia

The principles of thermal processes and methods for thermal protection of electronic devices were described. Two types of black coatings - dielectric and conductive were investigated to protect the equipment.

Передача тепловой энергии, рассеиваемой в электронном блоке, осуществляется тремя способами: конвекцией, излучением и теплопроводностью. При этом для аппаратуры, работающей в условиях космоса, основными видами передачи тепла являются теплопроводность и излучение. Теплопередача осуществляется от интегральных схем (ИС) к их основаниям (рамкам, печатным платам), с последующим переносом тепла корпусу и далее в окружающее пространство.

Передача тепла теплопроводностью металлов является основным видом теплоотдачи в закрытых пространствах с малым количеством воздуха. Кроме этого, при компоновке блоков и ячеек источники тепла располагают на металлических рамках. Для увеличения теплоотдачи применяют материалы с коэффициентом теплопроводности порядка 100...200 Вт/м °С (алюминиевые сплавы, латунь и т.п.).

Надежное защитное покрытие для печатных плат и блоков должно обладать хорошим сопротивлением к влажности, истиранию и высоким температурам. Для выбора покрытия исследованы свойства различных материалов в зависимости от климатических и рабочих условий, в которых будут применяться схемы, в частности покрытие SL1347(диэлектрик) и графитовый проводящий лак, которые обладают высокой теплопроводностью (более 100 Вт/м/градус); имеют высокий коэффициент черноты (близок к абсолютно черному телу); температура использования до 300 градусов. Оба покрытия используются в аппаратуре для создания более равномерного теплового поля.

SL1347 представляет собой однокомпонентный акриловый состав с быстрым временем полимеризации, которое изолирует электрооборудование, соединители, коммутационные панели, контактные колодки. SL1347 предназначен для создания высокоэффективного отражающего покрытия, не подвергающегося разрушению. Данное покрытие используется для защиты печатных плат от пробоев.

Графитовый лак - токопроводящий материал на основе коллоидного графита, обеспечивающий удельное сопротивление 1000-2000 Ом/м<sup>2</sup>, в зависимости от толщины нанесенного слоя средства. Данное покрытие используется для заземления элементов и защиты от статического электричества.

Таким образом, в данной работе изучены различные характеристики тепловых процессов диэлектрического и проводящего покрытий для применения в устройствах электроники в качестве защитных покрытий. Предварительные исследования показали возможность их использования, так как из-за высокой степени черноты они максимизируют свойства поглощения и излучения плат и элементов для перенаправления тепловой энергии от более нагруженных элементов к менее нагруженным, что позволяет работать при повышенных температурах.