

нению с самопроизвольной реакцией при воздействии ультрафиолета. Причиной этого мы считаем проявляемую ПЭО-покрытием ФК активность.

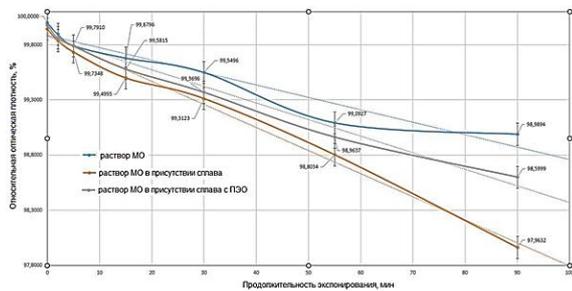


Рисунок 1 – Кинетические зависимости деградации раствора метилоранжа

**Благодарности.** Исследование выполнено при поддержке Российского научного фонда (проект № 23-49-00098) с использованием оборудования Центра коллективного пользования МГТУ «СТАНКИН».

## Литература

1. Standard conditions for gases // IUPAC. Compendium of Chemical Terminology, 2nd ed. (the "Gold Book") / Compiled by A. D. McNaught and A. Wilkinson. – Oxford: Blackwell Scientific Publications, 1997.
2. Давидович, М.В. Гиперболические метаматериалы: получение, свойства, применения, перспективы / М.В. Давидович // УФН. – 2019. – Т. 189, № 12. – С. 1249–1284.
3. Pendry, J.B. Controlling Electromagnetic Fields / J.B. Pendry, D.R. Schurig, // Smith Science. – 2006. – № 312, 5781. – P. 1780–1782.
4. Photocatalyst: patent US 2015/0068906 Al. J. Curran, K. Chipasa, M. Mowbray, A. Leigh – 2015.
5. Antibacterial activity of bioceramic coatings on Mg and its alloys created by plasma electrolytic oxidation (PEO): A review / A. Fattah-alhosseini [et al.] // Journal of Magnesium and Alloys. – 2022. – № 10. – P. 81–96.
6. Formation of plasma electrolytic oxidation coatings on pure niobium in different electrolytes / T. Wu [et al.] // Applied Surface Science. – 2022. – № 573, 151629.

УДК 621.382, УДК 621.798

## УГЛЕНАПОЛНЕННЫЙ ПЛАСТИК – МАТЕРИАЛ ДЛЯ УПАКОВКИ ИЗДЕЛИЙ СИЛОВОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ

Ефименко С.А., Шевелёва А.А.

ОАО «ИНТЕГРАЛ» – управляющая компания холдинга «ИНТЕГРАЛ»  
Минск, Республика Беларусь

**Аннотация.** Упаковка изделий электроники должна обеспечивать защиту приборов при хранении. В зависимости от характеристик приборов может использоваться разная конструкция упаковки и применяться разные материалы. Показано преимущество использования кассет из угленаполненного полиамида УПА 6–20 для упаковки изделий силовой электроники по сравнению с другими типами упаковки.

**Ключевые слова:** упаковка, угленаполненный полиамид, статическое электричество, изделия силовой электроники.

## CARBON-FILLED PLASTIC IS A MATERIAL FOR PACKAGING POWER ELECTRONICS PRODUCTS

Efimenko S.A., Sheveleva A.A.

JSC "INTEGRAL" – Managing Company of INTEGRAL Holding  
Minsk, Republic of Belarus

**Abstract.** The packaging of electronic products should ensure the protection of devices during storage. Depending on the characteristics of the devices, different packaging designs can be used and different materials can be used. The advantage of using cassettes made of carbon-filled polyamide UPA 6-20 for packaging power electronics products in comparison with other types of packaging is shown

**Keywords:** packaging, carbon-filled polyamide, static electricity, power electronics products.

Адрес для переписки: Ефименко С.А., ул. Казинца И.П., 121А, г. Минск, 220108, Республика Беларусь  
e-mail: SEfimenko@integral.by

Упаковка изделий микроэлектроники должна соответствовать ряду требований [1]. Микросхемы должны упаковываться в индивидуальную или групповую тару, которая должна обеспечивать защиту микросхем от воздействия статического электричества и (или) внешних магнитных полей. Материал упаковки должен быть некоррозионным, проводящим или антистатическим.

Конструкция упаковки должна допускать возможность изъятия части микросхем с сохранением защитных свойств этой тары для оставшихся микросхем, а также переупаковывание приборов. Должно быть исключено перемещение микросхем внутри тары, приводящее к их повреждению. Упаковка должна обеспечивать сохранность приборов в течение до 25 лет.

В качестве упаковки приборов в металлопластиковых корпусах широко используются пеналы из пластмассы. Для защиты от воздействия статического электричества на поверхность пеналов наносят антистатическое покрытие. Однако поверхности, обработанные антистатиком, не считаются долговечными и могут потребовать повторной обработки для сохранения свойства низкой заряжаемости [2].

Долгое время в качестве материала упаковки ЭКБ в металлокерамических корпусах использовалась алюминиевая фольга. Такая упаковка не подвержена коррозии, защищает приборы от воздействия статического электричества. Однако такая упаковка является достаточно дорогой. Кроме того, для приборов силовой электроники в металлокерамических корпусах она не совсем приемлема. Поскольку такие корпуса должны обеспечить достаточный теплоотвод, они имеют большую массу по сравнению с маломощными приборами [3]. Под действием веса приборов фольга деформируется и не обеспечивает должную защиту приборов.

В настоящее время в технике широкое применение получили угленаполненные пластики, в том числе полиамиды УПА 6–20 производства РУП «Светлогорское производственное объединение «Химволокно» [4]. Цифра 6 в обозначении – марка полиамида; цифра 20 указывает на содержание в композиции углеродного наполнителя. Угленаполненные полиамиды УПА 6 предназначены для производства методом литья под давлением или литьевого прессования изделий конструкционного, антифрикционного, антистатического назначения для нефтехимической, машиностроительной, электронной и других отраслей промышленности.

УПА 6–20 обладает следующими характеристиками:

- низкая плотность ( $1,18 \text{ г/см}^3$ );
- широкий интервал рабочих температур;
- низкий коэффициент термического расширения;
- повышенная прочность при растяжении и изгибе;
- хорошая электро- и теплопроводность;
- стойкость к агрессивным средам;
- низкий коэффициент трения.

Материал обладает высоким показателем текучести расплава, что позволяет отлить из него изделия разной конфигурации.

Была разработана упаковка (кассеты) для силовых приборов в корпусах КТ-97 и была изготовлена методом литья под давлением (рисунок 1). Режим литья установлен следующий:

- температура литья  $220\text{--}260\pm 10 \text{ }^\circ\text{C}$ ;

- давление литья (на материал) при впрыске  $118\text{--}147 \text{ МПа}$ ;
- температура формы  $40\text{--}50 \text{ }^\circ\text{C}$ ;
- выдержка под давлением в течение 30 с;
- выдержка в пресс-форме  $10\text{--}20 \text{ с}$ .



Рисунок 1 – Приборы в корпусе КТ-97В в кассетах из угленаполненного полиамида УПА 6-20

Отлитые заготовки имеют четкие и ровные контуры, гладкую поверхность без усадочных раковин, трещин, вздутия. Отверстия имеют правильную форму. Размеры отливок соответствуют требованиям конструкторской документации на кассеты.

Замеренное значение поверхностного сопротивления ( $R_s$ ) составляет  $10^3\text{--}10^5 \text{ Ом/кв}$ . Такое значение поверхностного сопротивления согласно ГОСТ ИЕС TR 61340-5-5-2022 соответствует верхнему значению проводящего материала (менее  $10^4 \text{ Ом}$ ) и нижнему значению рассеивающего ( $10^4\text{--}10^{11} \text{ Ом}$ ).

Таким образом, упаковка, изготовленная из угленаполненного полиамида УПА 6–20, позволяет обеспечивать защиту приборов от воздействия статического электричества и соответствует всем перечисленным выше требованиям к упаковке для микросхем. Кроме того по сравнению с упаковкой из алюминиевой фольги она не деформируется под действием массивных силовых приборов и ее стоимость примерно в три раза меньше.

#### Литература

1. ГОСТ 18725-83. Микросхемы интегральные. Общие технические условия.
2. ГОСТ ИЕС TR 61340-5-5-2022 «Электростатика. Защита электронных устройств от электростатических явлений. Требования к упаковке, применяемой в производстве электроники».
3. Основы силовой электроники / А.И. Белоус [и др.]. – М. : Техносфера, 2019. – 424с.
4. Полиамиды угленаполненные : технические условия ТУ ВУ400031289.086-2009.