

**Директор**  
Павел Правосудов pavel@fsmedia.ru

**Главный редактор**  
Сергей Веретенников  
svr@fsmedia.ru

**Координатор проекта**  
Ольга Дорожкина (Зайцева) olga\_z@fsmedia.ru

**Технический консультант**  
Аркадий Медведев medvedevam@bk.ru

**Дизайн и верстка**  
Ольга Ворченко, Дмитрий Никаноров

**Редактор**  
Наталья Новикова Natalia.Novikova@fsmedia.ru

**Отдел подписки**  
podpiska@fsmedia.ru

**Москва**  
ул. Южнопортовая, д. 7, строение Д, этаж 2  
Тел./факс: (495) 987-3720

**Санкт-Петербург**  
197101, Петроградская наб., д. 34, лит. Б  
Тел./факс (812) 467-45-85  
E-mail: compitech@fsmedia.ru  
web: www.tech-e.ru

**Республика Беларусь**  
«ПремьерЭлектрик»  
г. Минск, ул. Маяковского, д. 115, 7-й этаж  
Тел./факс: (10\*37517) 297-3350, 297-3362

Журнал «Технологии в электронной промышленности» зарегистрирован  
Управлением Федеральной службы  
по надзору в сфере связи, информационных  
технологий и массовых коммуникаций  
по Северо-Западному федеральному округу.

Регистрационный номер  
и дата принятия решения о регистрации:  
серия ПИ № ТУ 78-02247 от 28 апреля 2022 г.

**Учредитель**  
ООО «Медиа КиТ»

**Адрес редакции**  
197046, Санкт-Петербург, Петроградская наб.,  
д. 34 литер Б, помещение 1-Н, офис 321в

**Издатель**  
ООО «Медиа КиТ»  
197046, Санкт-Петербург, Петроградская наб.,  
д. 34 литер Б, помещение 1-Н, офис 321в

**Подписные индексы**  
Агентство «Урал-Пресс» 88472  
«Почта России» П4217

Дата выхода в свет 31.10.22  
Тираж 4000 экз.  
Свободная цена

Отпечатано в типографии «Премиум Пресс»  
197374, Санкт-Петербург, ул. Оптиков, 4.

Редакция не несет ответственности  
за информацию, приведенную в рекламных  
материалах. Полное или частичное  
воспроизведение материалов допускается  
с разрешения ООО «Медиа КиТ».

Журнал включен в Российский индекс  
научного цитирования (РИНЦ).  
На сайте Научной электронной библиотеки  
eLIBRARY.RU (www.elibrary.ru) доступны полные  
тексты статей. Статьи из номеров журнала  
текущего года предоставляются на платной основе.

Возрастное ограничение 12+

# В номере:

## Печатные платы

**Кристофер Бонселл (Christopher Bonsell)**

Как «Индустрия 4.0» будет формировать мокрые процессы  
производства печатных плат .....4

**Перевод: Ольга Очур**

Почему высокочастотным/высокоскоростным материалам  
для производства ПП необходимы низкие значения Dk/Df? .....6

**Скотт Торнтон (Scott Thornton).**

**Перевод: Сергей Шихов**

Выбор материалов печатных плат:  
для оптимизации приложений и применения. ....8

**Сидни Кокс (Sidney Cox).**

**Перевод: Антон Воынин**

Испытания материалов гибких печатных плат  
для высокотемпературных применений .....12

## 3D-MID

**Ольга Смирнова, Юлия Боброва, Константин Моисеев**

Анализ методов 3D-печати для изготовления печатных плат:  
выводы и заключения. Часть 7 .....14

## Технология сборки

**Марат Саитгалеев**

Архитектура линейки печей серий MA/MR  
от китайского производителя TOLO .....21

**Ирина Брянцева, Сергей Алексеев**

Низкотемпературные бессвинцовые припойные пасты  
на основе сплава Sn42Bi58. ....24

**Уисдом Ку (Wisdom Qu).**

**Перевод: Ольга Очур**

Как снизить образование пустот при пайке компонентов  
с большими контактными площадками .....26

**Ричард Койл (Richard Coyle), Дейв Хиллман (Dave Hillman),  
Майкл Барнс (Michael Barnes), Дэвид Хеллер (David Heller),  
Чармейн Джонсон (Charmaine Johnson), Ричард Попович (Richard Popowich),  
Ричард Паркер (Richard Parker), Кейт Хоуэлл (Keith Howell),  
Джоерг Тродлер (Joerg Trodler). Перевод: Ольга Очур**

Надежность паяных соединений:  
влияние оплавления в вакуумной среде на образование пустот  
и отказы из-за термической усталости.  
Часть 1. Описание исследования. ....30

## Director

Pavel Pravosudov pavel@fsmedia.ru

## Editor-in-chief

Sergey Veretennikov svr@fsmedia.ru

## Project manager

Olga Dorozhkina (Zaytseva)  
olga\_z@fsmedia.ru

## Editorial staff

Arkadiy Medvedev medvedevam@bk.ru

## Editorial

Natalia Novikova Natalia.Novikova@fsmedia.ru

## Design and layout

Olga Vorchenko  
Dmitry Nikanorov

## Subscription department

podpiska@fsmedia.ru

## Editorial office

7, building D, floor 2, Yuzhnoportovy str.,  
Moscow, Russia  
Tel. +7 (495) 987-3720

of. 321v., pom 1H, b. 34 "B",  
Petrogradskaya Emb.,  
St. Petersburg,  
197101, Russia  
Tel./fax +7 (812) 438-1538  
E-mail: technology@fsmedia.ru  
www.tech-e.ru

## Representative office in Belarus

Minsk, Premier Electric  
Tel. (10\*37517) 297-3350, 297-3362

## Subscription index for Technologies in Electronic Industry

Rospetchat Agency catalogue  
subscription index 36085

All press catalogue  
subscription index 36085

## Антон Еремин

Вопросы выбора и применения токопроводящих клеев  
для обеспечения ЭМС радиоэлектронной аппаратуры .....36

## Андрей Селеменев

Заливочные, герметизирующие компаунды  
для полупроводниковых приборов .....40

## Ирина Брянцева

Курс на «Вегу» и «Лиру»:  
российские отмывочные жидкости .....42

## Алексей Горбач

Время первых.  
Отмывка электронных модулей азеотропными средствами .....44

**Лорен Куммингс (Lauren Cummings),  
Приянка Добриал (Priyanka Dobriyal).  
Перевод: Сергей Шихов**

Проблемы ремонта и реболлинга микросхем WLP .....48

## Испытания

### Кирилл Салычиц

Электромеханический вибростенд.  
Пять условий, или Рождение серии ВЭМ .....54

## Микроэлектроника

### Юлия Борисова

Изготовление трехмерных фотонных кристаллов  
с помощью многослойной фотолитографии. ....56

## Промышленная мебель

### Илья Лучинин

Обновленные линейки рабочих мест бренда Universal .....59

## Антистатика

### Николай Усов

Контрольно-измерительные мероприятия.  
Применение методик измерений  
и выбор измерительных приборов. ....62