

Бестрафаретная металлизация керамических подложек

Часть 2

Юрий Непочатов (nuk3d@mail.ru)

Во второй части статьи рассказывается о заключительных этапах реализации предлагаемой технологии бестрафаретной печати на керамических подложках. Речь пойдёт о лазерной резке плёнки, нанесении и переносе рисунка, а также о полученных результатах и достоинствах представленной разработки.

ЛАЗЕРНАЯ РЕЗКА МЕТАЛЛИЗИРУЮЩЕЙ ПЛЁНКИ

Формирование топологического рисунка в слое из пасты состава Mo, Mn, Si осуществлялось путём лазерной вырезки его в полосках металлизированной плёнки, нанесённой на полимерную основу длиной 50 см. Для получения рисунка согласно чертежу была использована управляющая программа CorelDRAW X6. Для формирования топологического рисунка путём лазерной резки будущий металлизационный рисунок был преобразован в рисунок резки (см. рис. 6) в программе управления станком лазерной резки.

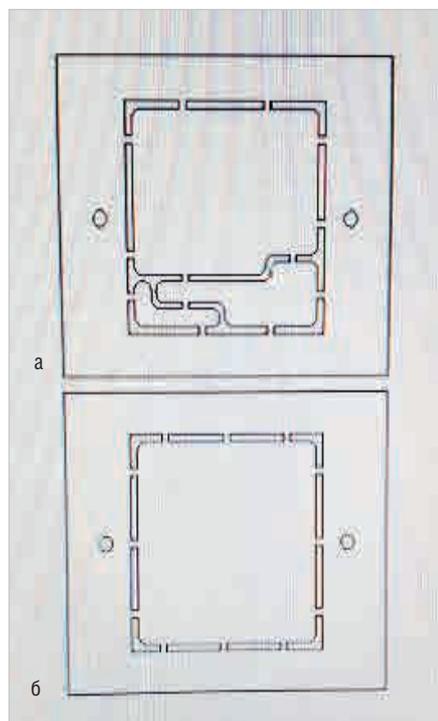


Рис. 6. Топологические рисунки вырезов в полосках металлизированной плёнки, нанесённой на полимерную основу: а) для лицевой стороны платы; б) для обратной стороны платы

Лазерная резка выполнялась на станке Laser Cutting Machine CMA1610 (см. рис. 7). На рабочий стол установки укладывалась плёнка майлара, фторопласта или полиимида с нанесённым слоем металлизированных плёнок толщиной 30–40 мкм. С помощью калибровочной пластины толщиной 5 мм выставлялся зазор между головкой лазера и плёнкой, а затем устанавливалась скорость резки 15 мм/с. Вырезанные заготовки (см. рис. 8) с топологическими рисунками укладывались в полиэтиленовый пакет, выдерживались под грузом для выравнивания и предотвращения деформирования,

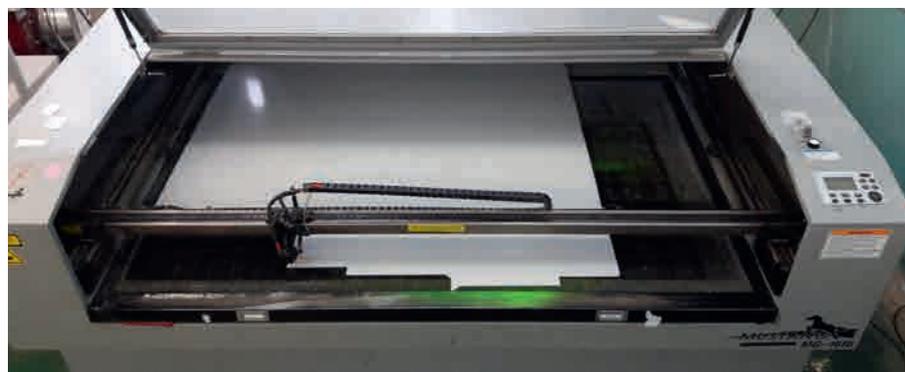


Рис. 7. Станок лазерной резки Laser Cutting Machine CMA1610

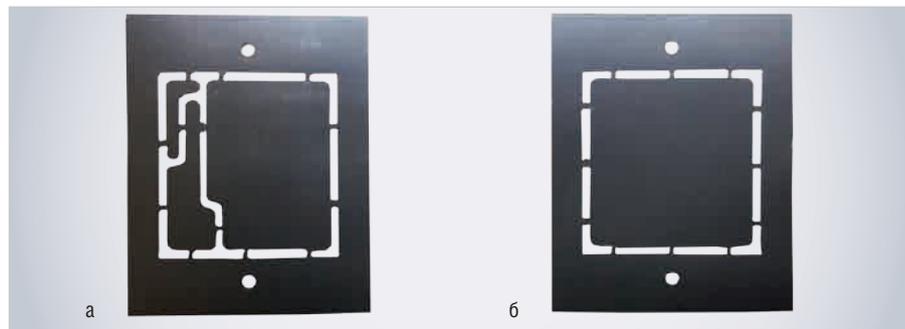


Рис. 8. Заготовки металлизированной плёнки после лазерной резки с топологическими рисунками и отверстиями, обеспечивающими совмещение рисунков с керамической подложкой: а) лицевая сторона; б) обратная сторона

после чего передавались для нанесения металлизированной плёнки на подложку. Технические характеристики лазерного станка представлены в таблице 4.

НАНЕСЕНИЕ РИСУНКА НА КЕРАМИЧЕСКИЕ ПОДЛОЖКИ ИЗ ОКСИДА АЛЮМИНИЯ

Перед нанесением рисунка с помощью заготовок из металлизированной ленты керамическая подложка из оксида алюминия, как было описано выше, сначала шлифовалась для обеспечения адгезии металлизационного покрытия, а затем очищалась от загрязнений. Очистка проводилась в 3 цикла в деионизированной воде в УЗ-ванне при температуре +50°C. Процесс нанесения металлизационной плёнки на керамическую подложку выполнялся поэтапно. На установке теплового переноса УМП-1 (см. рис. 9) располагалась полиуретановая пластина, на которую устанавливалась оправка для теплово-

Таблица 4. Технические характеристики лазерного станка

Характеристика	Значение
Мощность лазера, Вт	80–130
Максимальная скорость, мм/с	400
Диаметр режущего луча, мм	0,2
Точность размещения, мм	0,2
Сетевое напряжение, В	220±10
Частота переменного тока, Гц	50
Габариты, мм	2670×2100×1350
Мощность, кВт	3,5

го переноса (см. рис. 10, 11). Сначала путём совмещения отверстий с выступающими штифтами оправки накладывалась заготовка из фторопластовой (майларовой или полиимидной) плёнки с металлизационным слоем, расположенным сверху. Затем устанавливался трафарет и закреплялась подложка. На подложку с помощью совмещения отверстий с выступающими штифтами оправки помещалась вторая заготовка с верхним топологическим рисунком плёнки с металлизационным слоем, расположенным снизу. Далее сверху накладывался силиконовый коврик, нагретый до температуры +150±20°C, поверх которого укладывалась вторая полиуретановая пластина. Затем осуществлялся прижим стальной плиты установки УМП-1 к верхней полиуретановой пластине с усилием 0,6 МПа и выдержкой в течение 20 с. Оправка вынималась из-под плиты установки, после чего фторопластовая (майларовая, полиимидная) плёнка удалялась с подложки. При этом на керамической подложке оставался отпечаток перенесённого топологического рисунка, который после сушки при температуре 160°C в течение 90 мин вжигался. Наилучший перенос рисунка получался с плёнки ПЭТ (лавсан, майлар), наихудший – с использованием полиимидной плёнки. Вжигание металлизационного рисунка осуществлялось в среде влажного формиргаза при температуре +1320±20°C, время нахождения деталей в зоне с максимальной температурой в печи ЦЭП-214 составляло 30 мин, в результате чего достигалось сцепление металлизационного покрытия с керамикой. После термической обработки подложек качество сцепления металлизационного покрытия, составляющего топологический рисунок, оценивалось с помощью алмазной иглы.

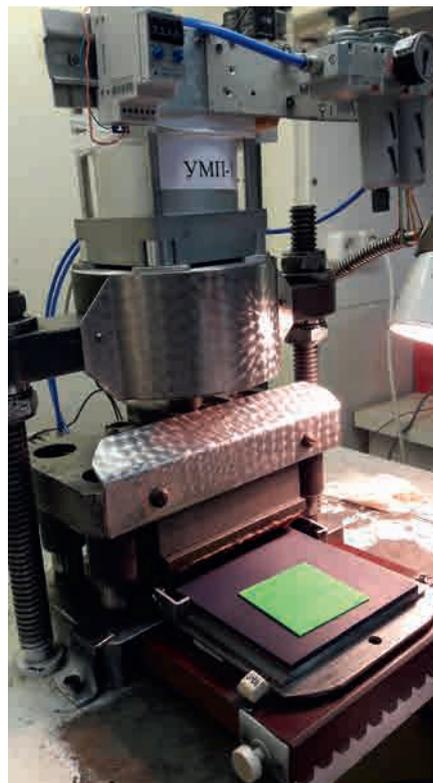


Рис. 9. Пресс УМП-1

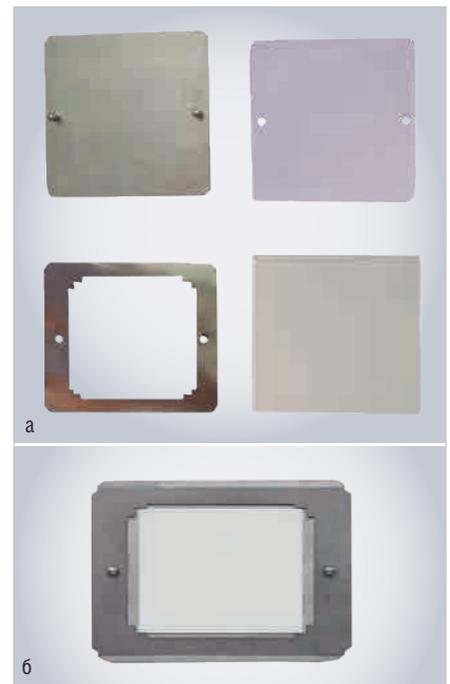


Рис. 10. Оправка для теплового переноса металлизационных рисунков на лицевую и обратную стороны подложки: а) составные части оправки; б) оправка в сборе



Рис. 11. Заготовки металлизующей плёнки с топологическими рисунками и оправка с керамической подложкой (в центре)

НАНЕСЕНИЕ МЕТАЛИЗИРУЮЩЕЙ ПЛЁНКИ НА КЕРАМИЧЕСКУЮ ПОДЛОЖКУ ИЗ НИТРИДА АЛЮМИНИЯ

Подложки из нитрида алюминия после шлифовки оксидировались для формирования на их поверхности слоя окиси алюминия толщиной 10–20 мкм. Перед нанесением металлизующей плёнки подложка предварительно очищалась для защиты объёма керамики от окисления во время вжигания пасты и предотвращения пузырения металлизационного покрытия. Очистка проводилась в 3 цикла в деионизированной воде в УЗ-ванне при температуре +50°C. Оксидирование осуществлялось в водородной электропечи ЦЭП-214 при температуре +1100°C в среде влажного формиргаза. После этого на подложки наносилась металлизующая плёнка с топологическим рисунком. Данный процесс выполнялся аналогично опи-

санному выше процессу для подложки из оксида алюминия.

Вжигание перенесённого металлизационного рисунка осуществлялось в печи ЦЭП-214 в 2 стадии: сначала в окислительной атмосфере при температуре +1100±20°C, а затем в восстановительной атмосфере (в среде влажного формиргаза) при температуре +1320±20°C.

Режимы процессов металлизации нитрида алюминия приведены в таблице 5.

РИХТОВКА ПОДЛОЖЕК С МЕТАЛИЗАЦИОННЫМ МОЛИБДЕН-МАРГАНЦЕВО-КРЕМНИЕВЫМ ПОДСЛОЕМ

По причине малой толщины подложки (0,38 мм) и большой толщины каждого из слоёв вождённой металлизации на лицевой и обратной сторонах (20 мкм), а также из-за разницы в коэффициентах теплового расширения

Таблица 5. Этапы и режимы проведения процессов

№ этапа	Наименование этапа	Рабочая температура, °С	Газовая среда	Режим толкания	Количество толканий
1	Очистка (деионизованная вода в УЗ-ванне)			–	
2	Оксидирование	1100±20	водород, пары воды	1 лодочка/15 мин	22
3	Очистка (ацетон)			–	
4	Нанесение металлизации			–	
5	Сушка	+150...+200	воздух		–
6	Окислительное вжигание	+1100±20	водород, азот, пары воды	1 лодочка/15 мин	22
7	Восстановительное вжигание	+1320...+1340	водород, азот	1 лодочка/15 мин	22
8	Термообработка	+800...+850	водород	1 лодочка/15 мин	22



Рис. 12. Деформированная подложка на керамической плите до проведения рихтовки

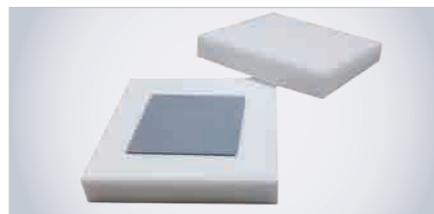


Рис. 13. Подложка на керамических плитах после проведения рихтовки

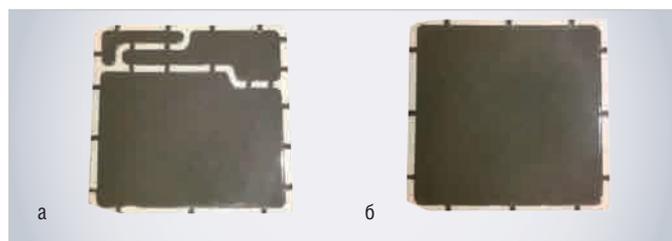


Рис. 14. Топологические рисунки подложек после теплового переноса: а) лицевая сторона; б) обратная сторона

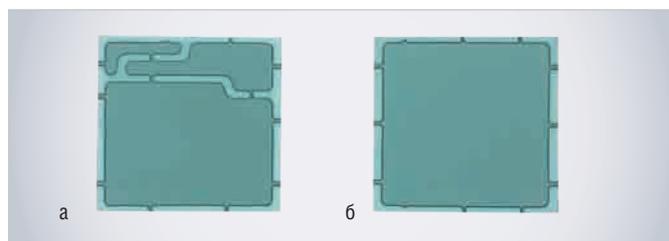


Рис. 15. Топологические рисунки подложек после вжигания: а) лицевая сторона; б) обратная сторона

керамики и металлов пасты в процессе вжигания возникают термомеханические напряжения, которые приводят к деформации подложек (см. рис. 12).

Прогиб подложек измерялся с использованием калиброванных лепестковых щупов, размещаемых в щелях, образованных при установке деформированных подложек на шлифованную плоскую плиту. Результаты измерений прогибов деформированных подложек из различных партий показали, что стрела прогиба составляет 0,02–0,5 мм. Для устранения деформации проводилась рихтовка в водородной электропечи ЦЭП-214 в режиме вжигания металлизационной пасты при температуре +1320±20°С путём размещения деформированных подложек на шлифованных керамических плитах размером 50×50×8 мм с прижимом такими же плитами весом 90 г. Проведение терморихтовки позволило полностью устранить деформацию подложек (см. рис. 13).

Внешний вид подложек с рисунками на лицевой и обратной сторонах после теплового переноса представлен на рисунке 14, а после вжигания – на рисунке 15.

Технологические переключки между элементами топологического рисунка на этапе лазерной резки выполняли

роль механического соединения элементов друг с другом и сохраняли целостность рисунка. На этапе нанесения гальванического покрытия эти переключки обеспечили гальванические контакты к элементам рисунка, что позволило значительно упростить оснастку для осаждения гальванических слоёв никеля, меди, золота и сплава олово–висмут, исключив множество контактирующих устройств. После нанесения гальванических слоёв переключки удалялись с помощью лазерной установки МЛ-1.

Опытные образцы подложек для силовых модулей с металлизационными рисунками, полученными бестрафаретным методом с последующим осаждением методом ХГН толстого слоя меди (200–300 мкм), выдержали воздействие 100 термоциклов в режиме –60 ...+150°С.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Поскольку размеры электронных устройств продолжают уменьшаться за счёт повышения степени интеграции, возможности толстоплёночной технологии с использованием трафарета ограничены физическим пределом печати. Трафаретная печать может воспроизводить линии и зазоры между ними только с шириной более 100 мкм. Использование бестрафаретной печати с нанесени-

ем рисунка лазерным лучом позволяет выполнять линии и зазоры с шириной менее 100 мкм, приблизив разрешающую способность этого метода к разрешающей способности сложной и дорогой тонкоплёночной технологии, использующей фотолитографические методы получения рисунков плат.

В результате выполнения данной работы создана технология, которая позволяет получать рисунки с размерами элементов в промежуточном диапазоне между толсто- и тонкоплёночной технологиями без использования трафаретов и дорогостоящего фотолитографического оборудования. Разработанная технология является более простой и менее дорогой, чем тонкоплёночные методы получения рисунков, что позволяет исключить ряд трудоёмких операций, упростить технологический процесс, сократить себестоимость и длительность рабочего цикла изготовления платы. Бестрафаретный метод с использованием ленты для металлизации позволяет получить плотное прочное покрытие с контролируемой толщиной и быстро наладить выпуск металлизированных подложек. Вышеперечисленные достоинства данного метода делают его особенно актуальным и полезным при мелкосерийном производстве.



Свобода проектирования



САПР электроники

В состав Delta Design, обеспечивающей сквозной цикл проектирования печатных плат, входят модули:

- Менеджер библиотек
- Схемотехнический редактор
- Схемотехническое моделирование
- HDL-симулятор
- Редактор правил
- Редактор печатных плат
- Топологический редактор плат TopoR
- Коллективная работа для предприятий

НОВОСТИ МИРА

**КОНФЕРЕНЦИЯ
«СОВРЕМЕННОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ»
НА «ЭЛЕКТРОНИКЕ-ТРАНСПОРТ»**

17 апреля 2018 года в КВЦ «Сокольники» (Москва) в рамках деловой программы 12-й международной специализированной выставки электроники и информационных технологий для транспорта и транспортной инфраструктуры «Электроника-Транспорт 2018» прошла традиционная конференция «Электронные компоненты и модули для транспортного приборостроения и транспортных систем», основная задача которой – содействовать выпуску надёжной радиоэлектронной аппаратуры для транспортного комплекса. Конференция является традиционным местом встречи специалистов предприятий, выпускающих системы железнодорожной автоматики, телемеханики, управления, диагностики, связи и навигации, оплаты проезда и поставщиков компонентов и модулей для жёстких условий эксплуатации. Организатором мероприятия выступила редакция журнала «Современная электроника», модератором стал заместитель главного редактора Дмитрий Карлов.

На конференции выступили Андрей Смирнов, руководитель направления ЭМС и ра-



диоизмерений НПФ «Диполь», затронувший тему технических средств контроля электромагнитной совместимости оборудования транспортных средств согласно международным и национальным стандартам; Алексей Демьянов, генеральный директор компании AVD Systems, с докладом о гипервизоре SYSGO PikeOS для рельсового и дорожного транспорта; Игорь Матешев, бренд-менеджер компании Prochip, рассказавший о полосковых дисплеях для отображения информации на транспорте; Александр Чувенков, старший бренд-менеджер ООО «АЕДОН», темой выступления которого стала разработка унифицированных

преобразователей напряжения постоянного тока для железнодорожных применений, и Юлия Демидова, руководитель группы маркетинга новых силовых полупроводниковых приборов АО «Электровыпрямитель», с сообщением об IGBT-модулях для городского электрифицированного транспорта.

Доклады спикеров вызвали неподдельный интерес собравшихся, обсуждение выступлений подчас переходило в оживлённую дискуссию.

Конференция продолжит свою работу в рамках деловой программы выставки «Электроника-Транспорт» в следующем году.



SCHAEFER

Источники питания AC/DC

- Вход: однофазная и трёхфазная сеть переменного тока
- Мощность от 100 Вт до 500 кВт
- Выход: от 5 до 400 В
- Диапазон рабочих температур от -40 до +75°C

Источники питания DC/DC

- Вход: от 10 до 380 В постоянного тока
- Разнообразные конструктивные исполнения

DC/AC-инверторы

- Вход: от 20 до 800 В
- Выходы: однофазное и трёхфазное напряжение
- Частота выходного напряжения от 40 до 400 Гц с подстройкой

AC/AC-преобразователи

- Преобразование переменного напряжения в однофазное и трёхфазное с частотой от 40 до 400 Гц

Области применения

- Промышленная автоматизация
- Железнодорожный транспорт
- Испытательное оборудование

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР

(495) 234-0636
INFO@PROSOFT.RU

WWW.PROSOFT.RU

GS Group создал полностью российскую инновационную систему накопления электроэнергии

Холдинг GS Group выходит на рынок решений для электроэнергетики с портфелем продуктов под брендом GS Electric. Флагманский продукт нового направления бизнеса – суперконденсатор на базе собственных инновационных разработок, произведенный из российских компонентов, – и другие компетенции в области электроэнергетики холдинг представил на Петербургском международном экономическом форуме 2018.

Суперконденсаторы – системы накопления электроэнергии, которые, в отличие от электрохимических аккумуляторов, практически мгновенно заряжаются и отдают электроэнергию, кратковременно компенсируя мощности в десятки мегаватт, а также работают в более широком диапазоне температур без обслуживания и замены в течение всего срока службы – не менее 15 лет.

GS Group разрабатывает и производит суперконденсаторы под брендом GS Electric с двойным электрическим слоем в инновационном кластере «Технополис GS». Это устройство – результат многолетних научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ предприятия «Наноглеродные материалы» («НУМ») в составе «Технополиса GS». GS Group уже инвестировал в разработку технологий, лежащих в основе устройства, более 200 млн руб. По сравнению с другими суперконденсаторами, представленными на отечественном рынке, скорость отдачи энергии устройств под брендом GS Electric – 0,3 с – в 3,5 раза выше. Это достигается благодаря ноу-хау предприятия «НУМ»: в основе суперконденсаторов – уникальный наноглеродный материал в виде углеродной ткани. Инновационная разработка позволяет аккумулировать больший заряд электроэнергии по сравнению с аналогичными устройствами, в которых применяется углеродный порошок. Первые образцы суперконденсаторов GS Electric могут обеспечивать кратковременные токовые значения в диапазоне до 700 А.

Все компоненты суперконденсаторов разрабатываются и производятся в России из отечественного сырья и имеют невысокую себестоимость.

В конструкции суперконденсаторов GS Electric используются водные электролиты – экологичные, пожаро- и взрывобезопасные – в отличие от органических, которые применяются в большинстве представленных на мировом рынке устройств.

Благодаря этому суперконденсаторы безопасны для здоровья людей и окружающей среды – их можно использовать в людных местах, в том числе в учреждениях здравоохранения, пассажирском и коммерческом транспорте.

Среди потенциальных заказчиков суперконденсаторов GS Electric – производители электрического и гибридного транспорта, предприятия, использующие источники аварийного и бесперебойного питания (больницы, телекоммуникационные компании), домо-

хозяйства и социальные объекты. Устройства востребованы у производителей систем электрогенерации на базе возобновляемых источников энергии и генерирующих компаний.

По оценке Минэнерго России, объем российского рынка систем хранения энергии к 2026 году составит около 84 млрд руб. в год, из них, по данным аналитического центра GS Group, не менее 4,3 млрд руб. будут приходиться только на сегмент суперконденсаторов.

Пресс-служба GS Group



ХОРОШО ПОД СОЛНЦЕМ, ЕСЛИ ТЫ LITEMAX!

Дисплеи сверхвысокой яркости

- ЖК-дисплеи серии DURAPIXEL™ с яркостью от 800 до 2000 кд/м²
- Размеры по диагонали от 6,5” до 60”
- Разрешение от 640×480 до 1910×1080 (FHD)
- Угол обзора 178° (во всех плоскостях)
- Диапазон рабочих температур (некоторых моделей) –30...+85°C
- Возможна установка сенсорного экрана, защитного стекла
- Разнообразные конструктивные исполнения
- Ресурс до 70 000 часов

PROSOFT®

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР

(495) 234-0636 • INFO@PROSOFT.RU • WWW.PROSOFT.RU



Реклама