

ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ АЭРОЗОЛЬНОЙ ПЕЧАТИ ПРИ НАНЕСЕНИИ ПРОВОДЯЩЕГО РИСУНКА НА ТРЕХМЕРНОЕ ОСНОВАНИЕ ИЗ МЕТАЛЛА

Ю. А. Анисимов, И. А. Головин, Ю. В. Клевнов, А. В. Овсов, А. В. Рыкин,
Д. В. Сергеев, М. А. Царев

ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», г. Саров Нижегородской обл.

Введение

В настоящее время существует несколько технологий получения проводящего рисунка: субтрактивный, аддитивный, полуаддитивный и комбинированный. Данные технологии широко используются на предприятиях при изготовлении печатных плат: односторонних, двухсторонних, многослойных, гибких и гибко-жестких печатных платах. Указанные типы печатных плат и соответствующие им технологии изготовления идеально подходят для реализации поставленных задач, но при этом проводящий рисунок возможно нанести только на одномерное плоское основание печатной платы. Нанесение проводящего рисунка на трехмерное основание позволило бы уменьшить габариты прибора, количество деталей, сделать процесс моделирования более свободным.

Нанести проводящий рисунок на трехмерное основание возможно используя технологию аэрозольной печати. Аэрозольная печать – метод аддитивного производства элементов и межсоединений, в котором мельчайшие капельки материала наносятся аэродинамически сфокусированной струей на трехмерное основание селективно, без использования масок.

Технология нанесения

Наносимый материал (чернила) заправляется в генератор: пневматический или ультразвуковой. Для

заправки ультразвукового генератора достаточно небольшого объема чернил, поэтому он может применяться для нанесения дорогих материалов, например, золота, но диапазон вязкости чернил и максимальный диаметр твердых частиц существенно ограничены. Пневматический генератор позволяет наносить материалы с широким диапазоном вязкости и с диаметром твердых частиц на порядок выше, но для его заправки требуется большое количество чернил.

Для образования аэрозоля в пневматическом генераторе под давлением подается газ (азот или воздух), рост давления приводит к поднятию чернил по каналу, а при контакте газа с чернилами образуется аэрозоль. На выходе из генератора диаметр капель чернил в аэрозоли составляет 1–5 мкм, капли большого размера под действием силы тяжести осаждаются. Затем повышается концентрация капель чернил в аэрозоле: на коротком участке пути аэрозоля прикладывается пониженное давление, капли чернил по инерции минуют этот участок, но часть газа откачивается. На выходе из сопла аэрозоль фокусируется «покровным» (sheath) газом (рис. 1). Наличие газа между струей аэрозоля и соплом позволяет минимизировать риск засорения. Струя аэрозоля остается сфокусированной на расстоянии вплоть до 5–15 мм от сопла, что позволяет наносить чернила на трехмерные основания. Технически это реализовано перемещением печатающей головки по трем осям (x, y, z) и наклоном основания по двум осям.

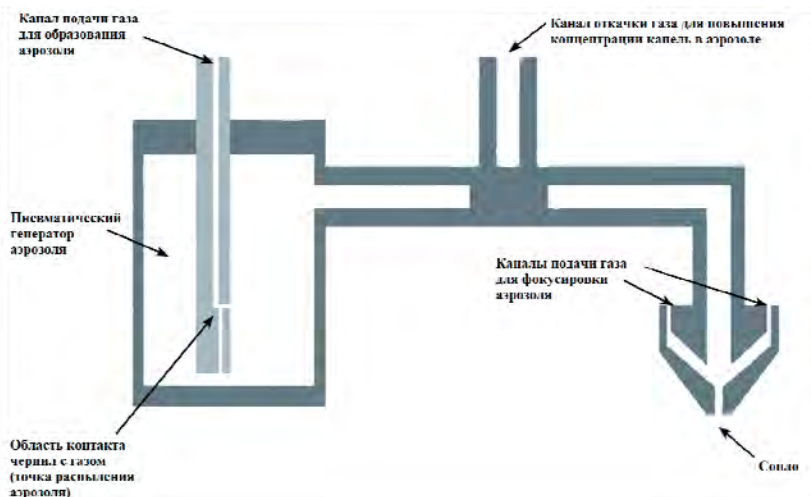


Рис. 1. Упрощенная схема модуля образования и нанесения аэрозоля установки печати

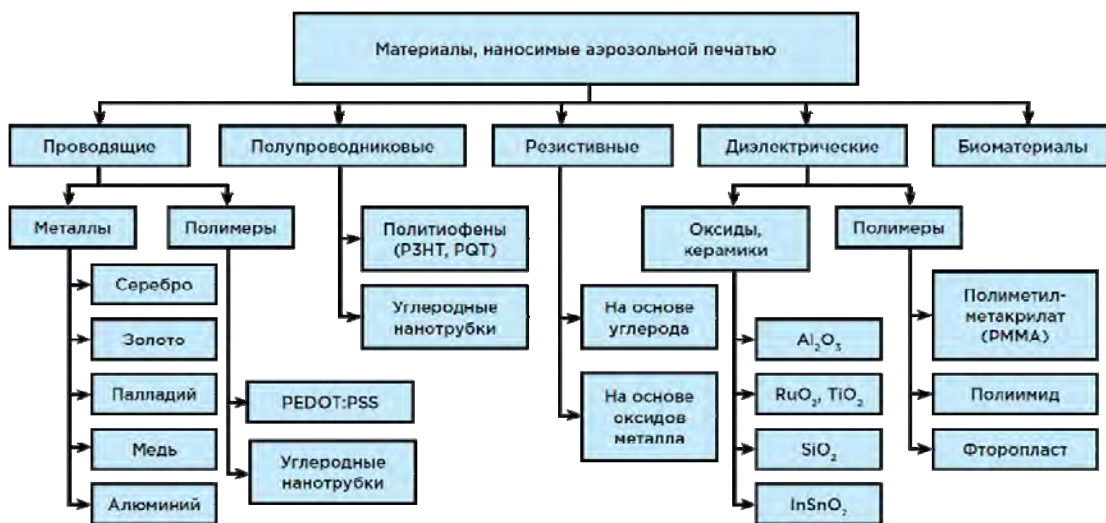


Рис. 2. Классификация материалов, наносимых аэрозольной печатью

После нанесения чернил производится ультрафиолетовая (УФ), инфракрасная (ИК) или термическая сушка в зависимости от материалов чернил и основания.

Аэрозольная печать используется в процессе изготовления солнечных батарей (для печати токопроводящих шин), датчиков электромагнитных экранов, антенн, гибких дисплеев, транзисторов и схем на их основе, при этом классификация материалов наносимых технологией аэрозольной печати обширная (рис. 2).

Исследования

Для исследования эффективности технологии аэрозольной печати при нанесении печатного рисунка на трехмерное основание из металла выполнено:

- разработка исходных данных для управляющей программы: 3D-модель основания макета, топология проводящего рисунка;
- изготовление макета основания;
- проецирование топологии проводящего рисунка на внешние поверхности 3D-модели (совместно с ООО «НИИИТ»¹);
- разработка управляющей программы (ООО «НИИИТ»);
- нанесение проводящего рисунка аэрозольной печатью на внешние поверхности макета (ООО «НИИИТ»);
- исследование свойств проводящего рисунка: сопротивление проводников, адгезия проводников к поверхности макета и пайка электрорадиоэлементов (ЭРИ) к контактным площадкам.

¹ Компания ООО «НИИИТ» входит в состав ООО «Предприятие Остек». ООО «Предприятие Остек» является крупнейшим в России и странах СНГ инженеринговым предприятием, предоставляющим комплексные инженерно-консультационные услуги для повышения эффективности работы предприятий и конкурентоспособности их продукции.

Разработка 3D-модели (рис. 3) велась в Kompas 3DV14 (ключ защиты KB3-S-FS-01 (10.184.144.15); HL Net50; 1365648503). В качестве основания для нанесения проводящего рисунка решено использовать деталь цилиндрической формы. Данная деталь изготовлена из сплава Д16 ГОСТ 4784-97, при этом для обеспечения электрической изоляции основания с проводящим рисунком на внешнюю поверхность цилиндра дополнительно нанесено покрытие Ан. окс. нхр.



Рис. 3. Трехмерная модель макета

Разработка топологии проводящего рисунка производилась в AltiumDesignerv.14.1.5, при этом для размещения проводящего рисунка использованы торцевая и верхняя поверхность цилиндра (рис. 4, 5).

Совместно со специалистами ООО «НИИИТ» произведено проецирование печатного рисунка на трехмерное основание. Проецирование осуществлялось с помощью программного комплекса Pro Engineer (возможности Kompas3DV14 не позволяют выполнить данную операцию). По полученной модели специалистами ООО «НИИИТ» разработана управляющая программа.

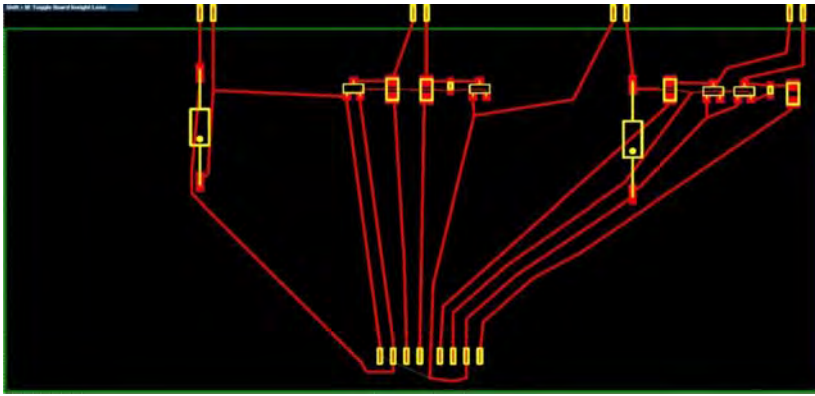


Рис. 4. Топология проводящего рисунка торцевой поверхности модели.

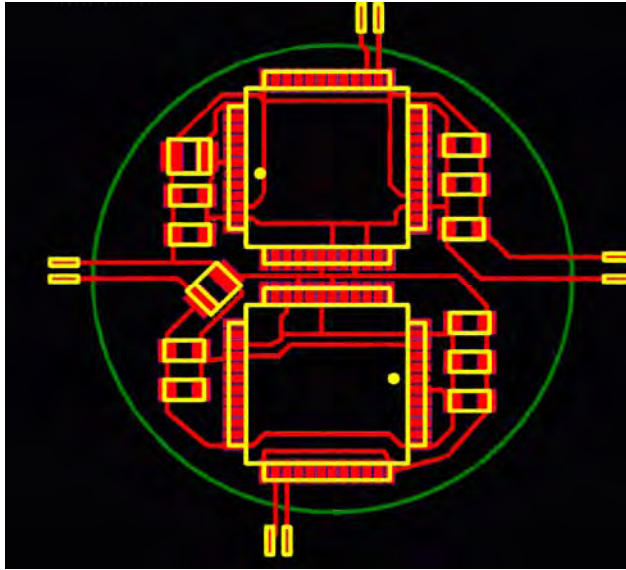


Рис. 5. Топология проводящего рисунка верхней поверхности модели.

Нанесение проводящего рисунка аэрозольной печатью производилось с помощью установки AerosolJet 15XE² с использованием серебряных чернил марки Papi (диаметр частицы 80 ± 10 нм) и последующей сушкой в термокамере в течении 1 ч.

По результатам изготовления отмечено:

- возможность нанесения проводящего рисунка на трехмерные поверхности из металла с покрытием Ан. окс. нхр. (рис.6);

- высокая скорость нанесения проводящего рисунка – 10 мин;

- короткий технологический процесс (рис. 7);

- в процессе изготовления достаточно одного оператора.

При исследовании проводящего рисунка установлено:

- толщина проводящего рисунка – 2 мкм;

- пайка ЭРИ к контактным площадкам возможна (при пайке использовался сплав Розе);

- низкая адгезия проводников и контактных площадок к поверхности основания (при незначительном механическом воздействии происходит отслаивание);

- высокое сопротивление проводников – 3–5 Ом.



Рис. 6. Готовая деталь с нанесенным проводящим рисунком

² Характеристики AerosolJet 15XE: скорость нанесения 100 мм/с, точность построения по осям X,Y,Z – 20 мкм, диаметр капли –1-5 мкм, объём камеры 650 × 450 × 250 мм, минимальная ширина проводника 10 мкм.

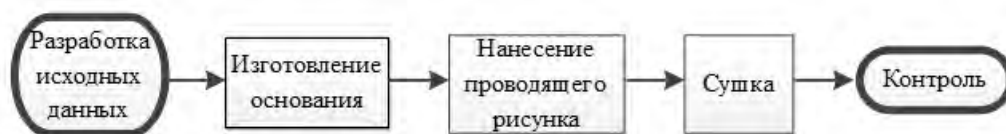


Рис. 7. Структурная схема этапов изготовления с помощью технологии аэрозольной печати

Вывод

Технология аэрозольной печати абсолютно отличается от традиционных технологий получения проводящего рисунка. Благодаря данной технологии удалось нанести проводящий рисунок на трехмерное основание из сплава Д16 с покрытием Ан. окс. нхр. за короткий промежуток времени (10 мин.). Но из-за плохой адгезии проводников к покрытию Ан. окс. нхр. и их высокого сопротивления дальнейшее применение рассмотренной технологии в рамках проведенной работы не целесообразно. Использование данной технологии возможно для устройств, работающих при малых токах (10–80 мА) и использующих в качестве основания для нанесения проводящего рисунка материал с высокими адгезивными свойствами

Технология аэрозольной печати делает процесс моделирования более свободным. Возможность нанесения проводящего рисунка на трехмерные поверхности и исключение из процесса моделирования печатной платы с необходимыми элементами крепления позволяет упростить конструкцию. Данная технология является очень перспективной технологией, требующей дальнейшего изучения и отработки.

Литература

1. Нисан А., Бонапартов С. Аэрозольная печать на трехмерные основания // Вектор высоких технологий. 2014. Вып. 6. С. 2–6.