

ГИБКИЕ ПЕЧАТНЫЕ ПЛАТЫ И ОЦЕНКА КАЧЕСТВА НАНЕСЕНИЯ ПРОВОДЯЩЕГО СЛОЯ Иванин В.Ю.

*Иванин Владимир Юрьевич – магистрант,
кафедра электронных средств и компьютерных технологий,
институт информационной безопасности, радиоэлектроники и телекоммуникаций
Одесский национальный политехнический университет, г. Одесса, Украина*

Аннотация: в статье анализируются особенности гибких печатных плат и их преимущества. Также в статье представлен вариант классификации таких плат и рассмотрены параметры, которые в большинстве случаев не являются ключевыми, но все же могут влиять на конечные параметры готового изделия.

Ключевые слова: плата, проводник, основание, полимер.

В общем случае гибкая печатная плата (ГПП) представляет из себя полимер (основание), на который нанесен слой проводящего материала. Для соединения основания и проводящего слоя могут применяться адгезивы, обеспечивающие их сцепление, либо иные, безадгезивные, методы. Среди преимуществ ГПП стоит выделить следующие:

- динамическая гибкость;
- возможность придания ГПП формы корпуса сложной конфигурации;
- технологичность конструкции и экономичность технологического процесса;
- упрощение компоновки и уменьшение объема электронной аппаратуры до 50%;
- высокая надежность;
- лучшие электрические характеристики;
- лучшее рассеивание теплоты.

На основании литературных источников [1] классификацию гибких ГПП можно представить следующим образом:

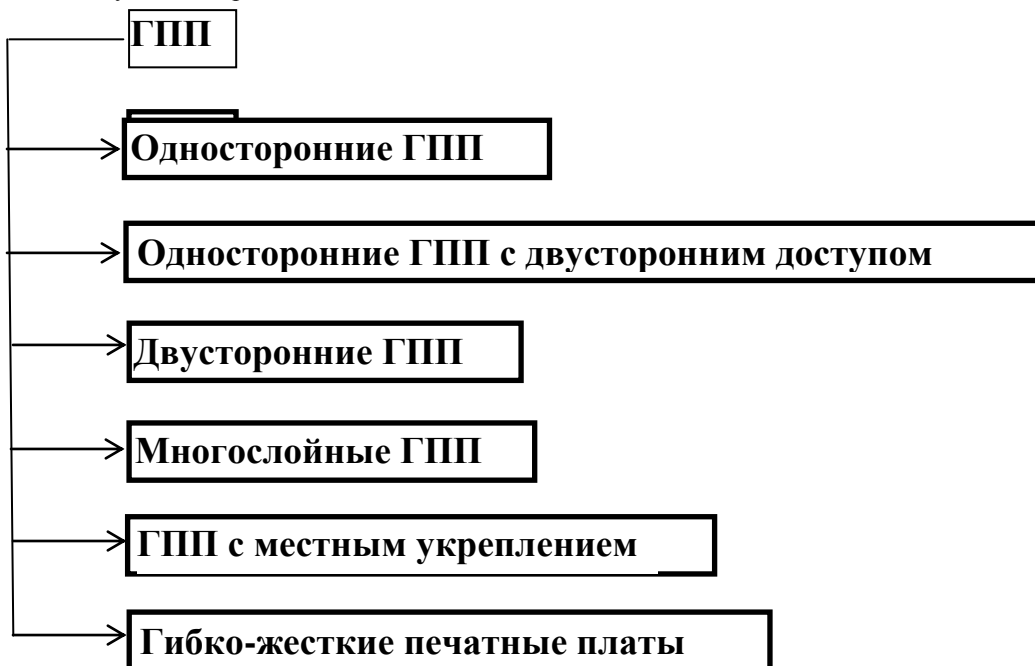


Рис. 1. Классификация гибких печатных плат

Несмотря на указанные выше преимущества, производство гибких печатных плат накладывает ряд ограничений на технологические процессы и условия эксплуатации. В частности, уязвимым местом ГПП с адгезивным слоем есть жесткие ограничения по рабочим температурам. Также большие сложности вызывает процесс производства из-за газовыделения из материала основания.

При анализе литературных источников [2, 3] было установлено, что пористость и шероховатость играют значительную роль в формировании электрических и эксплуатационных параметров. При увеличении пористости проводящего слоя значительно возрастает его удельное сопротивление [2, с. 202]. В частности, при увеличении пористости на 10 ... 15% возможно повышение удельного

сопротивления на порядок. Также, в связи с ненулевой длительностью процесса напыления металла, он имеет склонность окисляться, что, в свою очередь, приводит к возникновению неоднородности покрытия, различных температурных, физических и химических параметров различных участков проводящего слоя [3, с. 516]. От шероховатости зависит равномерность напряжений, действующих на каждый отдельный участок покрытия [3, с. 505], что также влияет на механическую прочность и надежность конечного изделия. Также разная толщина покрытия на отдельных участках может приводить к неоднородности электрических параметров.

Из литературных источников следует, что шероховатость и пористость являются важными параметрами при оценке качества проводящего покрытия.

При моделировании разделим покрытия на отдельные ячейки. При этом количество ячеек зависит от размеров основания a и b (длины и ширины соответственно). С помощью формул (1) и (2) определим количество таких ячеек вдоль сторон основания, задав предварительно шаг дискретизации d , длину основания a и ширину основания b .

$$n_a = a / d, \quad (1)$$

$$n_b = b / d. \quad (2)$$

В силу неравномерности покрытия, находим максимальную толщину слоя H_{\max} . Определим количество слоев покрытия, расположенных вдоль оси Z , с помощью формулы (3).

$$n_H = H_{\max} / d. \quad (3)$$

Каждый слой покрытия представим в виде матрицы, размеры которой зависят от значений, полученных в формулах (1) и (2). При этом элементами матрицы будут единицы (заполненная ячейка) и нули (незаполненная ячейка). Помощь приведена на рисунке 2.

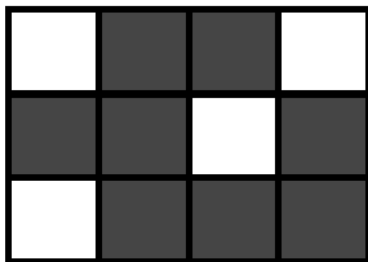


Рис. 2. Схематичное изображение слоя покрытия

В таком случае матрица будет иметь следующий вид:

$$h_1 = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 1 \end{pmatrix}.$$

Аналогично записываем матрицы для всех слоев покрытия.

После описания всех слоев иметь следующую совокупность матриц

$$h_1 = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n_a} \\ & \dots & & \\ a_{n_b 1} & a_{n_b 2} & \dots & a_{n_b n_a} \end{pmatrix}$$

...

$$h_{n_H} = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n_a} \\ & \dots & & \\ a_{n_b1} & a_{n_b2} & \dots & a_{n_b n_a} \end{pmatrix}.$$

Матрица для всего покрытия имеет следующий вид:

$$h = \begin{pmatrix} \Sigma a_{11} & \Sigma a_{12} & \dots & \Sigma a_{1n_a} \\ & \dots & & \\ \Sigma a_{n_b1} & \Sigma a_{n_b2} & \dots & \Sigma a_{n_b n_a} \end{pmatrix}$$

Матрица для идеального покрытия будет выглядеть следующим образом:

$$h_{i0} = \begin{pmatrix} n_H - n_0 & n_H - n_0 & \dots & n_H - n_0 \\ & \dots & & \\ n_H - n_0 & n_H - n_0 & \dots & n_H - n_0 \end{pmatrix},$$

где n_0 - количество нулей, которые встречаются после последней единицы одноименного элемента в матрицах слоев, находящихся под данным. По формуле (4) определим пористость каждого кластера разбиения.

$$P_{ij} = \frac{a_{ij}(h)}{a_{ij}(h_{i0})} \cdot 100\%, \quad (4)$$

По формуле (5) определим пористость каждого слоя покрытия.

$$P_{h_n} = \frac{\Sigma a_{ij}(h_n)}{n_a \cdot n_b - n_0} \cdot 100\%, \quad (5)$$

где n_0 - количество нулевых элементов при отсутствии ненулевых одноименных элементов в матрицах слоев, расположенных поверх данного.

По формуле (6) определим пористость всего покрытия.

$$P = \frac{\Sigma a_{ij}(h)}{\Sigma a_{ij}(h_{i0})} \cdot 100\%, \quad (6)$$

Зная шаг дискретизации d , для оценки шероховатости по формуле (7) использовать максимальную и минимальную толщину покрытия:

$$h_{\max} = \max(a_{ij}(h)),$$

$$h_{\min} = \min(a_{ij}(h)).$$

$$\Delta h = (h_{\max} - h_{\min}) \cdot d. \quad (7)$$

Также определим среднюю толщину нанесенного покрытия:

$$h_{\text{ср}} = \frac{\Sigma a_{ij}(h)}{a \cdot b} \cdot d.$$

Выводы: гибкие печатные платы все активнее применяются в разных отраслях человеческой деятельности. Они имеют ряд значительных преимуществ перед жесткими платами, но так же накладывают определенные ограничения на их производство и эксплуатацию. В данной статье была рассмотрена классификация гибких печатных плат, некоторые параметры проводящего слоя, которые в

большинстве случаев не поддаются тщательной проверке, а также представлен оригинальный метод оценки данных параметров.

Список литературы

- 1 *Пирогова Е.В.* Проектирование и технология печатных плат: Учебник. М.: Форум: Инфра-М, 2005. 560 с.
- 2 *Хасуй А.* Техника напыления. М.: Машиностроение, 1972. 288 с.
- 3 Порошковая металлургия и напыленные покрытия / Под ред. Б.С.Митина. М.: Металлургия, 1987. 792 с.