

ПРОГРЕС МІНІАТЮРИЗАЦІЇ ЗА ДОПОМОГОЮ HDI ТЕСН

Головко В.Д.

Науковий керівник – ст. викл. каф МЕЕПП Карнаушенко В.П.
Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. МЕЕПП,
м. Харків, Україна

e-mail: vasilios.holovko@nure.ua

High Density Interconnection (HDI) PCB technology has been a major driver of progress in the electronics industry, providing the dense interconnections and complex circuitry required to push the limits of miniaturization and functionality. From consumer wearables to industrial, military, and aerospace systems, HDI PCB technology has enabled advanced heterogeneous 2.5D and 3D component packages that drive many of the smaller, faster, and more functional devices we use today.

Технологія друкованих плат високої щільності з'єднання (HDI PCB) стала головним чинником прогресу в електронній промисловості, забезпечуючи щільні взаємозв'язки та складні схеми, необхідні для розширення меж мініатюризації та функціональності. Від споживчих пристроїв, що носяться, до промислових, військових і аерокосмічних систем, технологія HDI PCB дозволила використовувати просунуті гетерогенні 2,5D і 3D корпуси компонентів, які керують багатьма меншими, швидшими та більш функціональними пристроями, якими ми користуємося сьогодні.

Однак виробництво та монтаж друкованих плат HDI пов'язані з унікальними проблемами. Досягнення складних високоточних провідних структур і трас, які функціонують надійно та ефективно, потребує спеціалізованих виробничих можливостей, особливо коли кількість шарів друкованої плати більше 10 (рисунок 1).



Рисунок 1 – Приклад технології HDI в сучасному смартфоні

Для виготовлення таких плат використовується модифікований напівадитивний процес (mSAP) як альтернатив субтрактивному травленню для формування структури з'єднань. Цей підхід надає кращу геометрію візерунка, що дозволяє створити більш тонкі шари міді та менші відстані між провідниками до 0,075 мм.

Рекомендації та стандарти HDI. Існують чотири стандарти IPC, що стосуються друкованих плат, які спільно містять вказівки щодо проектування та виробництва друкованих плат HDI. Дотримання цих вказівок і стандартів дає багато переваг, від покращення ефективності та контролю процесів до підвищення якості продукції та задоволеності клієнтів:

- IPC-2315, який називається HDI Design Guideline, містить рекомендації щодо проектування друкованих плат HDI;
- IPC-2226 служить розширенням загальних вказівок щодо проектування друкованих плат (IPC-2221) і надає поглиблені стандарти та вказівки щодо проектування друкованих плат HDI;
- IPC-4104 визначає набори матеріалів, які підходять для друкованих плат HDI, охоплюючи різні провідні та діелектричні матеріали, які можна використовувати;
- IPC-6016 є ще одним стандартом кваліфікації дизайну для друкованих плат HDI.

Розробка друкованих плат HDI вимагає ретельного розгляду кількох факторів для забезпечення оптимальної продуктивності, функціональності та надійності:

- Ретельне планування компоновки та розміщення компонентів. Таким чином максимально використовується обмежена площа плати, одночасно запобігаючи перешкодам сигналу. Це включає вибір правильних типів пакетів і стратегічне розташування критичних компонентів;
- Мінімальна ширина доріжки та зазор. Плати HDI зазвичай мають ширину доріжок і простору в діапазоні 0,05мм або менше;
- Контроль імпедансу, оскільки схеми HDI часто обробляють високошвидкісні сигнали. Належне узгодження імпедансу та контрольована геометрія траси мають вирішальне значення для мінімізації завад і втрат сигналу;
- Аналіз температурного режиму через вищу щільність компонентів, потужність та швидкодію. Ефективні заходи для розсіювання тепла, включаючи використання теплових отворів і мідних полігонів, необхідні для запобігання перегріву та забезпечення довгострокової надійності;
- Характеристики матеріалу такі, як діелектрична проникність, теплові властивості та механічна міцність. Усі матеріали, які використовуються для виготовлення та складання друкованої плати HDI, можуть значно вплинути на продуктивність та надійність плати, особливо вибір матеріалу основи;

– Оптимізація кількості шарів. Плати з більшою кількістю шарів вимагають більше етапів складання та збільшують витрати на виробництво.

Плати HDI використовують декілька типів переходів для вертикальних електричних з'єднань. Вибирайте типи та розташування з розумом. Кожен служить унікальній меті та впливає на щільність маршрутизації та цілісність сигналу:

– Наскрізні отвори (THV) проходять по всій товщині плати, забезпечуючи електричне з'єднання між верхнім і нижнім шарами. THV добре підходять для більшості застосувань, включаючи конструкції високої потужності. Їм також краще використовувати великі компоненти з контактними висновками, наприклад з'єднувачі, де механічна міцність і надійність мають першорядне значення;

– Сліпі отвори з'єднують зовнішній шар з одним або декількома внутрішніми шарами, не перетинаючи всю друковану плату. Вони виготовляються за допомогою механічного або лазерного свердління в залежності від діаметра отвору;

– Поховані отвори з'єднують внутрішні шари, не виходячи на поверхню дошки. Вони також виготовляються за допомогою механічного або лазерного свердління в залежності від діаметра отвору;

– Мікро отвори використовуються в дуже щільних платах з високим шаром. Вони мають діаметр менше 0,1мм і повинні бути створені лазером;

– Перехідний отвір розміщується безпосередньо під контактними площадками компонентів для поверхневого монтажу, замість прокладання траси навколо контакту. Перехідний отвір потребує заповнення та закриття, щоб запобігти просочуванню припою до іншого шару друкованої плати.

Якщо зменшити кількість шарів шляхом заміни наскрізних отворів на глухі та мікро отвори, можна досягти меншого розміру друкованої плати та уникнути будь-яких проблем через використання сліпих отворів.

Це лише три сценарії, коли передова технологія друкованої плати може бути економічно ефективною для дизайну друкованих плат.

Список використаних джерел:

1. Головні тенденції у виробництві електроніки. Васильєв Ю.С., Горбенко Є.О., Карнаушенко В.П., Пятайкіна М.І. Збірник матеріалів IV форуму «Автоматизація, електроніка та робототехніка. Стратегії розвитку та інноваційні технології» AERT-2022. – Харків, ХНУРЕ, 2022. – 178.

2. Перехід до промисловості 4.0 з прогнозованими рішеннями для обслуговування Карнаушенко В., Васильєв Ю., Горбенко Є., Пятайкіна М. IV CISP Conference “Scientific researches and methods of their carrying out: World experience and domestic realities”. – №20 – pp.97-101