DOI: 10.6084/m9.figshare.5677825

УДК - 577+615.47+616-77+006.91

ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ РОБІТ З ВИГОТОВЛЕННЯ ДРУКОВАНИХ ПЛАТ З ВБУДОВАНИМИ ЕЛЕКТРОННИМИ КОМПОНЕНТАМИ

Рябов Вячеслав Олександрович[1], Єфіменко Анатолій Афанасійович[1] – науковий керівник

[1] Одеський національний політехнічний університет, Одеса, Україна

Адрес для переписки: Рябов Вячеслав Олександрович, магістр

Місце навчання: Одеський національний політехнічний університет, 65044, пр. Шевченка, 1, Одеса, Україна

Email: slavik1bdn@gmail.com

Анотація. Сьогодні сучасна електроніка розвивається швидкими темпами, і одним з напрямків її розвитку є друковані плати (ДП) з вбудованими електронними компонентами (ЕК) [1-3]. Особливістю таких плат є те, що компоненти знаходяться безпосередньо у тілі ДП. Така особливість потребує нових технологічних кроків по створенню таких ДП. У даній роботі проведено аналіз існуючих конструкторсько-технологічних рішень, щодо створення ДП з вбудованими ЕК. На основі аналізу побудована узагальнена класифікація ДП з вбудованими ЕК, яка включає в себе види вбудованих ЕК, варіанти та методи їх розміщення у тілі ДП та способи контактного і між контактного з'єднання. Виходячи з класифікації було виділено основні переваги і недоліки ДП з вбудованими ЕК.

Ключові слова: друковані плати, вбудовані електронні компоненти.

Вступ. На даний час створювати ДП з вбудованими ЕК є дуже складною задачею, бо цей напрямок електроніки є новим і його розвиток відбувається на рівні окремих фірм, підприємств та науково-дослідницьких інститутів. Тому можна виділити декілька вагомих проблем, які ускладнюють створення ДП з вбудованими ЕК.

По-перше, це відсутність чіткої послідовності технологічних кроків створення такої ДП. Технологічний процес створення ДП на пряму залежить від типу компоненту.

По-друге, не відомі вимоги до компонентів, які вбудовуються. Це можуть бути компоненти які сформовані у процесі формування ДП (наприклад тонкоплівкові резистивні шари), або звичайні дискретні пасивні і активні SMD – компоненти, або спеціальні компоненти, які мають певні відмінності від SMD – компонентів.

Зрозуміло, що ЕК можливо вбудовувати у багатошарові друковані плати (БШДП). Відомо, що самі БШДП є не зовсім придатні до ремонту через свою складність, а БШДП з вбудованим ЕК тим паче будуть не ремонтопридатними, що робить такі плати буквально одноразовими. Ця проблема стає головним питанням при виборі між надійністю та ремонтопридатністю ДП.

Новизна, та вищеперераховані проблеми, на даний час обґрунтовують високу вартість проектування і виготовлення ДП з вбудованими ЕК, що є також вагомим недоліком для розвитку цього напрямку сучасної електроніки.

Матеріали і методи дослідження. З метою системного підходу до вирішення проблем, що виникають в процесі використання технології вбудування ЕК в ДП, на основі аналізу літературних джерел [4, 5, 6] виконана класифікація ДП з вбудованими ЕК (рис. 1).

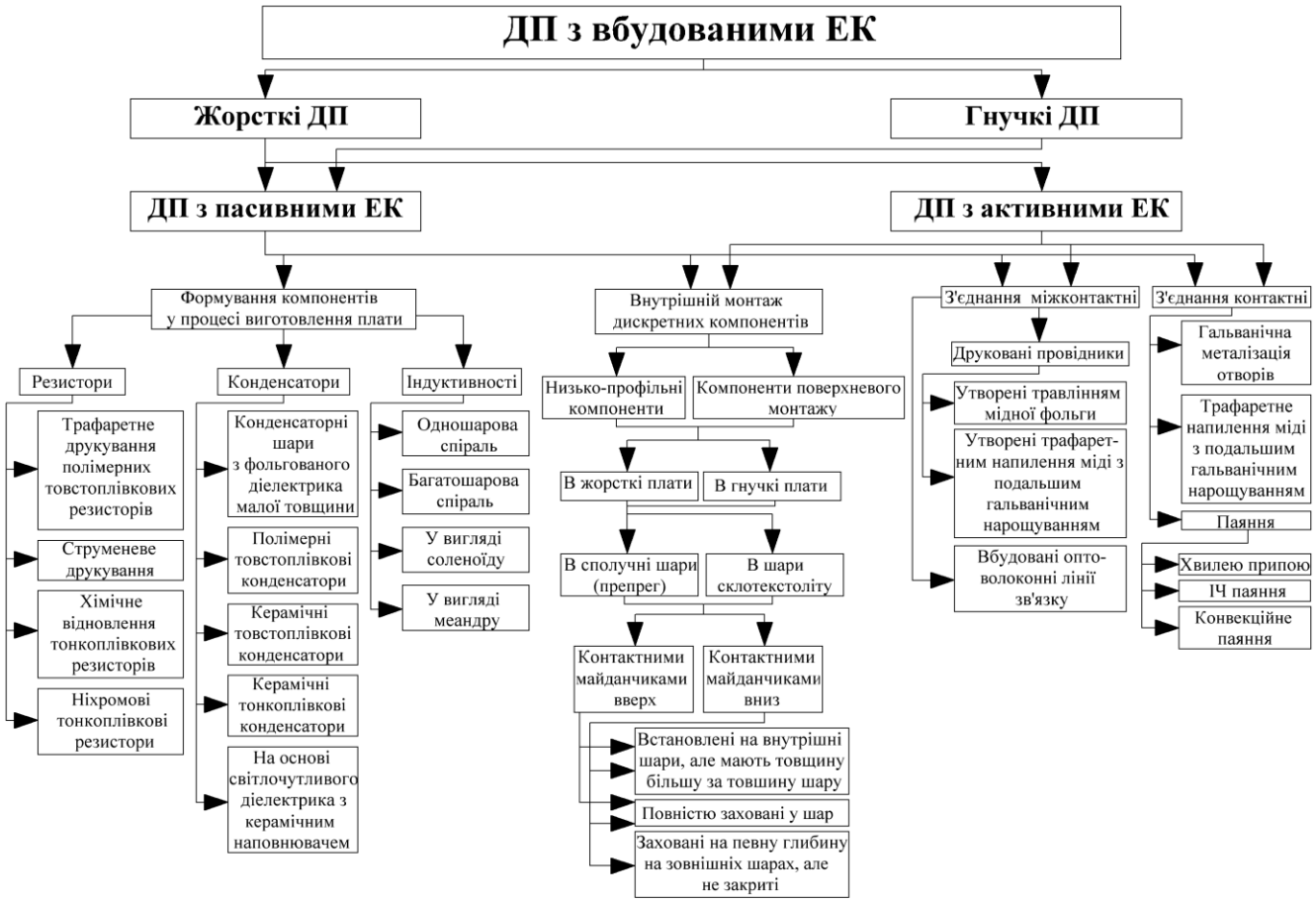


Рис. 1. Узагальнена класифікація ДП з вбудованими ЕК

Для подальшого розгляду ДП з вбудованими ЕК визначимося з деякою термінологією в цій області. Вбудованими компонентами будемо вважати сформовані або вставлені всередину, як правило, багатошарової структури ДП електронні компоненти. Сформовані компоненти – це ЕК, які створюються у процесі виготовлення ДП, і вони можуть бути тільки пасивними. Вставлені

компоненти – це незалежно виготовлені дискретні ЕК, які можуть бути як пасивними, так і активними. Вставленими можуть бути як звичайні SMD компоненти, так і низько-профільні (НП) компоненти, що мають ті самі параметри, що і SMD компоненти того ж типу, але відмінні невеликими розмірами , в першу чергу, товщиною [7] .

З класифікації видно, що ДП з вбудованими компонентами діляться на ті, у яких компоненти формуються під час формування ДП, і на ті, у які вставляються дискретні компоненти. Утворення ДП з сформованими пасивними компонентами є відомою задачею, тому усі технологічні кроки створення таких ДП відомі. А утворення ДП з дискретними ЕК має дуже багато питань, які в даній роботі будуть детально розглядатися. Далі будемо розглядати ДП з вставленими вбудованими ЕК.

Вставлені вбудовані компоненти

Вставлені вбудовані компоненти можуть бути двох типів: пасивні (резистори, конденсатори) та активні [4]. У свою чергу пасивні і активні компоненти можуть бути як звичайні SMD - компоненти, так і НП компоненти. НП відрізняються від SMD – компонентів того ж типу, лише одним розміром – висотою, та типом і розташуванням контактних майданчиків. На рис. 2 зображено SMD – резистор 0402 та НП резистор типу 0402. На рис. 3 зображено SMD – мікросхему у BGA корпусі та НП мікросхему того ж типу.

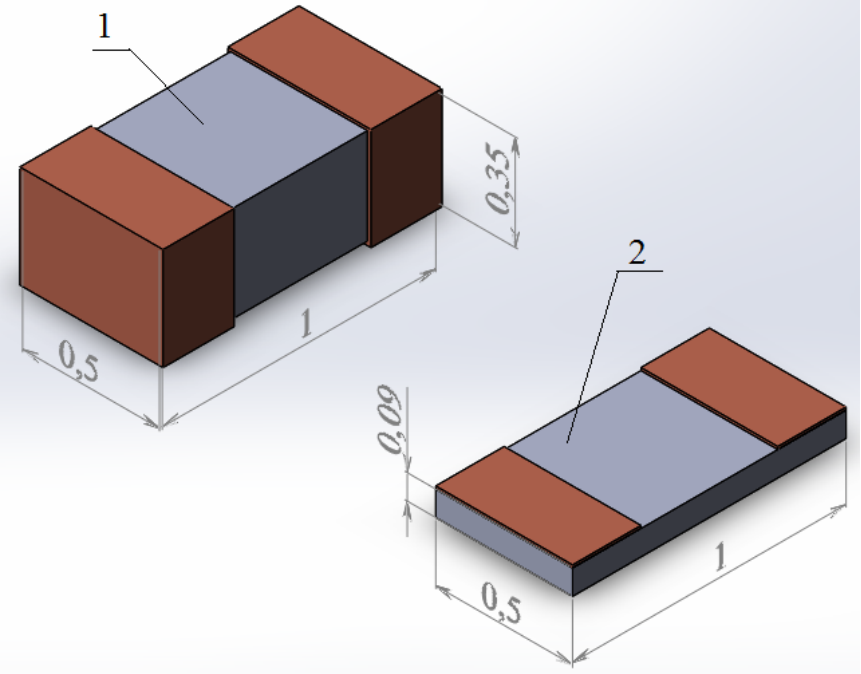


Рис. 2. – Приклад SMD резистору 1 типу 0402 та НП резистору 2 типу 0402 з зазначенням їх габаритних розмірів

ISSN 2311-1100 CC-BY-NC

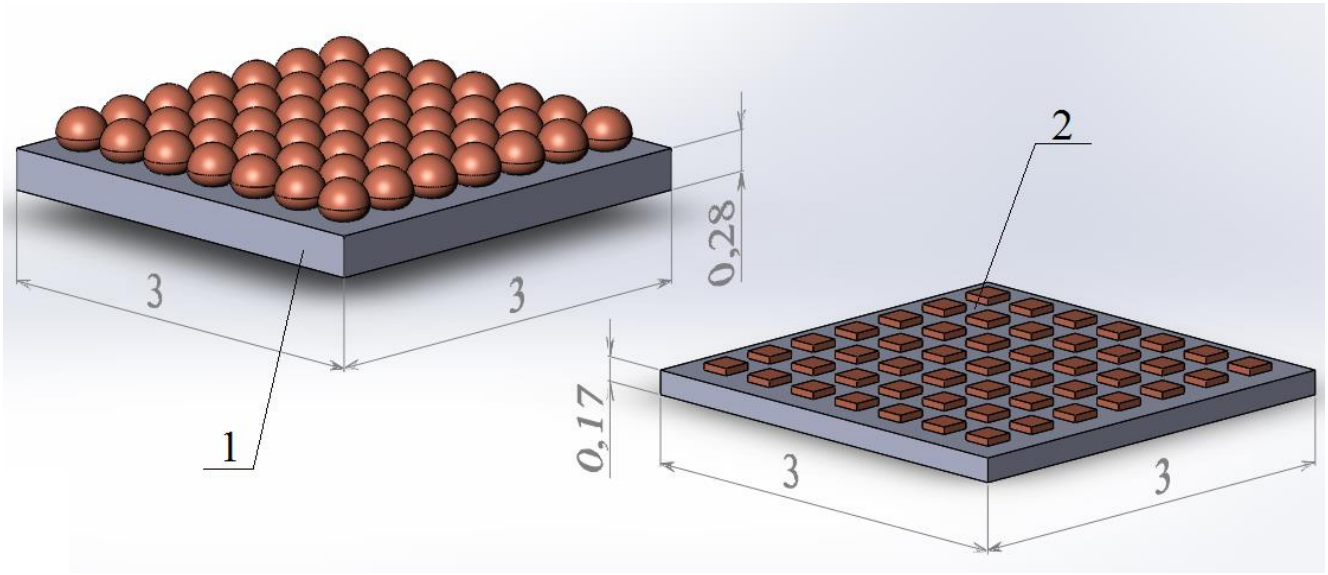


Рис. 3. - Приклад SMD мікросхеми 1 у BGA корпусі та НП мікросхеми 2 того ж типу з зазначенням їх габаритних розмірів

Від вибраного типу вбудованого компоненту залежить технологічній процес створення ДП.

Якщо вбудовуються звичайні SMD – компоненти, то їх припаюють звичайними методами поверхневого монтажу, це дозволяє використовувати звичайне обладнання для поверхневого монтажу та стандартні матеріали і компоненти.

Основні технологічні кроки зображені на рис. 4 [8]:

1) на друковану плату встановлюються компоненти за допомогою поверхневого монтажу;

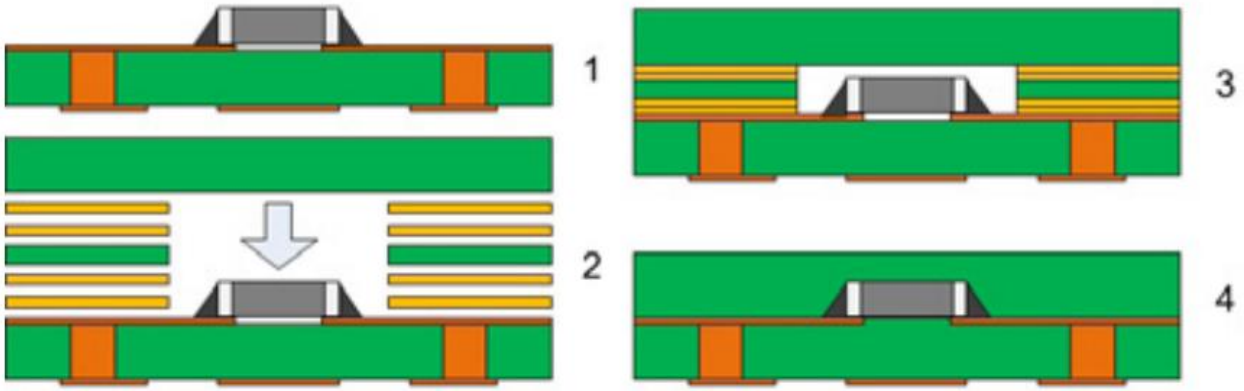
2) додаються кілька шарів сполучного шару і внутрішній шар склотекстоліту з отворами під компоненти ;

3) вся плата з встановленими шарами піддається нагріву під тиску (ламінування) в стандартному вакуумному пресі для створення багатошарових плат;

4) полімер сполучного шару (найчастіше епоксидні смоли) розплавляється і під дією тиску повністю заповнює отвори. В результаті компоненти є монолітно інтегрованими в основу друкованої плати.

Велике значення для якості і надійності вбудованих SMD – компонентів відіграє правильний вибір технологічних параметрів. Найбільш важливими параметрами, які призводять до помилок виробництва, є: товщина внутрішніх шарів, кількість внутрішніх сполучних шарів і відносний розмір отвору під компоненти до розміру компонентів. Неправильний вибір параметрів призводить до таких помилок, як удруковування компонента в монтажні майданчики і зміщення внутрішніх шарів.

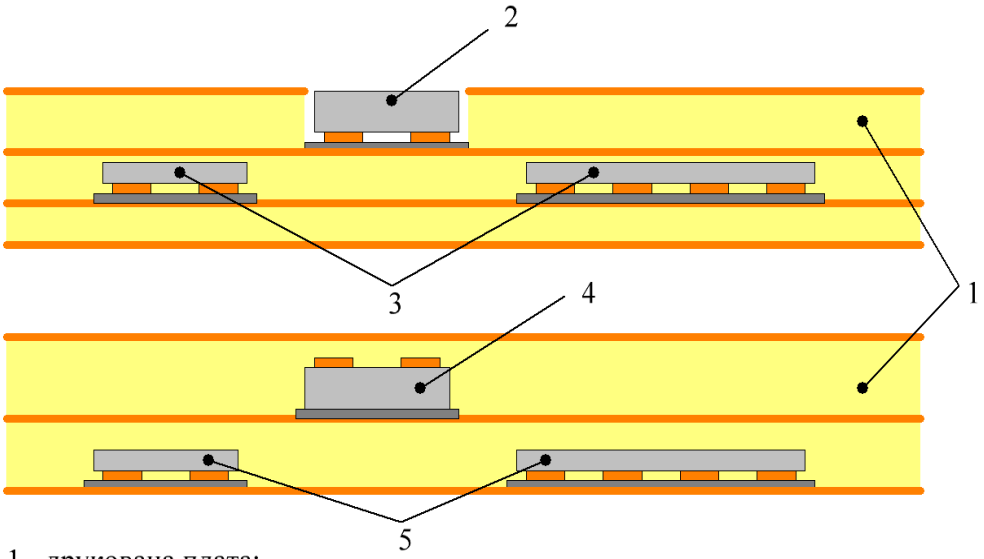
ISSN 2311-1100 CC-BY-NC



1 – встановлення компонентів; 2 – додавання необхідних шарів; 3 – нагрів під тиском; 4 – розплавлення і розтікання сполучного шару.

Рис. 4. - Технологічний процес вбудовування SMD – компонентів

У свою чергу НП компоненти можуть бути вбудовані як в жорсткі ДП, так і в гнучкі ДП [4]. НП компоненти мають декілька варіантів розміщення у тілі ДП (рис. 5) [5]. Вони можуть бути заховані у тіло ДП повністю, або на певну глибину, також може відрізнятися орієнтація контактних майданчиків: вгору або вниз.



1 - друкована плата;
2 - зхований компонент на певну глибину;
3 - повністю зхований компонент в ДП;
4 - компонент, розміщений контактними майданчиками вгору;
5 - компонент, розміщений контактними майданчиками вниз.

Рис. 5. – Варіанти розташування вбудованих НПЕК у ДП

ISSN 2311-1100 CC-BY-NC

Монтаж НП компонентів в жорсткі плати має два варіанти. Перший – це вбудовування НП компонентів у сполучний шар, технологічний процес якого зображений на рис. 6. При внутрішньому монтажу НП пасивних компонентів в сполучному шарі (смолистий матеріал), є порожнини, відповідні монтованим компонентам по розміру. Після пресування проводиться формування малюнка шарів і мікропереходів для міжз'єднань з контактними майданчиками вбудованих компонентів, і отримана структура інтегрується в друковану плату [4].

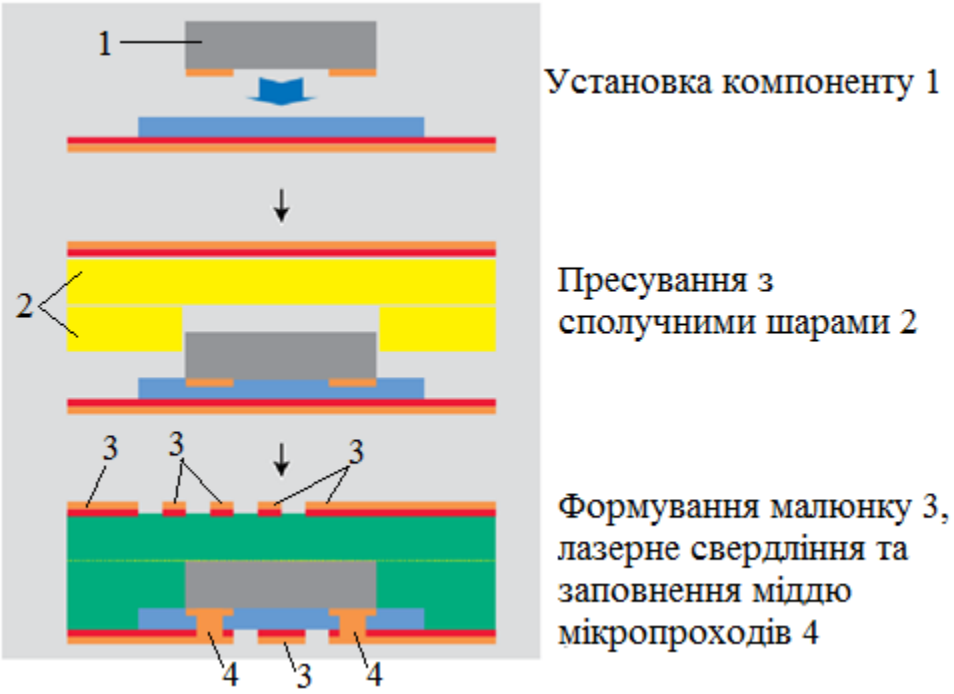


Рис. 6. - Схема процесу внутрішнього монтажу НП компонентів в сполучному шарі

Другий варіант, це вбудовування НП компонентів у шарі склотекстоліту [6]. Технологічний процес вбудовування НП компонентів у шар склотекстоліту зображений на рис. 7. Цей процес кращий за попередній тим, що використовується об'єм шару склотекстоліту, це свідчить про можливість вбудовування більш габаритних компонентів, та зменшення товщини ДП. Недоліком такого процесу є використання додаткових сполучних шарів для об'єднання контактних майданчиків ЕК з провідниковим малюнком. Необхідність їх використання зумовлена лише одним існуючим варіантом утворення контактного з'єднання – металізація отворів. Ця проблема є вагомою, і потребує вирішення.

ISSN 2311-1100 CC-BY-NC

Рис. 7. - Схема процесу внутрішнього монтажу НП компонентів в шарі склотекстоліту

Процес та мікрошліфи внутрішнього монтажу НП компонентів в гнучкі плати зображений на рис. 8. [9]. Формування порожнини в гнучкій основі під компонент, що вбудовується, виконується фрезеруванням, плазмовим травленням або лазерною різкою. Електричне з'єднання з вбудованими компонентами, як і в жорстких платах, забезпечується мікропереходами.

Технологія вбудовування активних компонентів в ДП має два варіанти [10]: контактними майданчиками на кристалі вгору або вниз. Процес вбудовування активних компонентів в друковані плати зображений на рис. 9.

При встановленні контактними майданчиками вгору забезпечується хороший тепловідвід від компонентів, але утруднено розміщення компонентів різної висоти через складність свердління і металізації мікропереходів на різну глибину. Це і є головною проблемою вбудованих компонентів, яку необхідно вирішити.

ISSN 2311-1100 CC-BY-NC

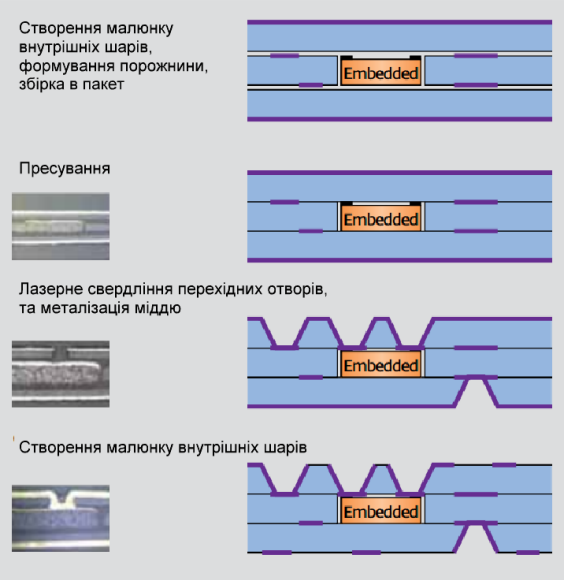


Рис. 8. - Схема процесу та мікрошліфи внутрішнього монтажу дискретних чіп-компонентів в гнучкі плати

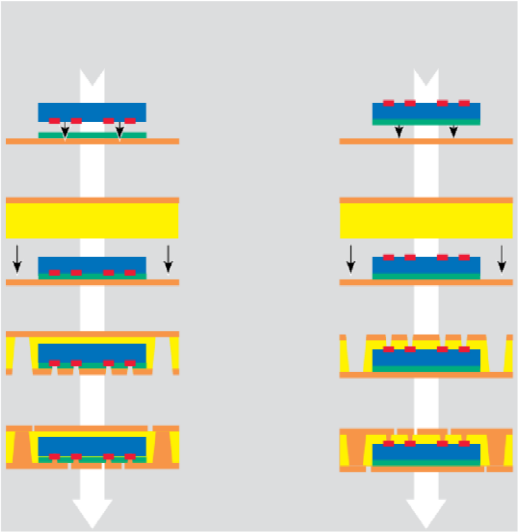


Рис. 9. - Схема вбудовування активних компонентів в друковані плати

У разі вбудовування компонентів контактними майданчиками вниз установка компонентів проводиться на нанесений трафаретним друком провідниковий малюнок. Переваги цього варіанту технології полягають в дуже високій точності установки кристалів (завдяки центруванню кристалів по контактним майданчикам) і можливості вбудовування в один шар FR-4 компонентів різної висоти (від 100 до 350 мкм), для чого в сполучному шарі робляться відповідні вирізи.

ISSN 2311-1100 CC-BY-NC

Шари з вбудованими компонентами можуть використовуватися в якості внутрішніх шарів БШДП, на обидві сторони яких можуть бути встановлені компоненти поверхневого монтажу (рис. 10) [11].

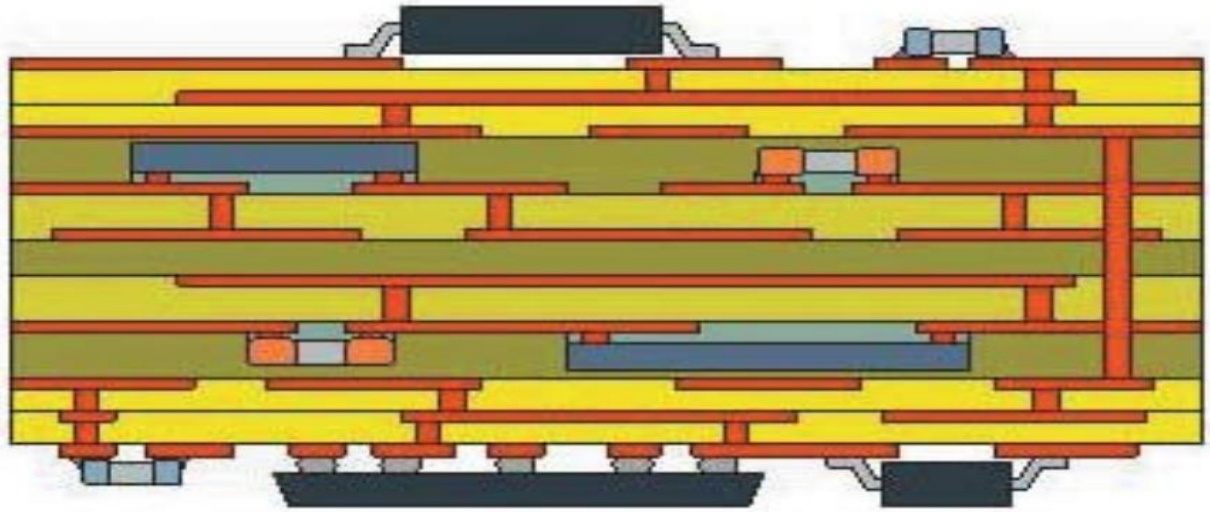


Рис. 10. - Схематичне зображення друкованої плати з вбудованими компонентами і з двостороннім поверхневим монтажем

На основі розглянутої інформації можна зробити висновок, що ДП з вбудованими ЕК на даний час є темою, яку слід досліджувати та удосконалювати.

Результати дослідження. На основі вище приведеної інформації можна виділити такі основні позитивні моменти, щодо ДП з вбудованими ЕК [12]:

- зменшення площі плати покращує масо-габаритні характеристики кінцевого виробу і робить можливим виготовлення на мультиплікованій заготівці більше плат за один прийом;
- збільшення функціональності, більш висока щільність компонування. Іншими словами, можна додати деякі компоненти, щоб виконувати додаткові функції. Наприклад, конструктор може збільшити можливості мобільного телефону, додавши в нього навігатор;
- поліпшення робочих характеристик за рахунок скорочення довжин зв'язків. Можливість отримання більш високій швидкості обробки сигналів за рахунок короткого шляху сигналу і, як наслідок, зменшення перешкод. Наприклад, мобільні телефони отримують можливість вбудовування в них цифрових фотоапаратів або навіть відеокамер;
- зниження вартості повного складання. Вартість системи є ключовим фактором - більш висока вартість плати компенсується низкою вартістю кінцевого складання;

ISSN 2311-1100 CC-BY-NC

- збільшення механічної міцності. Оскільки компоненти запресовані в моноліт, вони не відчувають індивідуальних механічних навантажень. Все навантаження сприймаються блоком цілком;
- поліпшення відводу тепла. У звичайній збірці компоненти віддають тепло в повітряне середовище, зустрічаючи великий тепловий опір. Вбудовані всередину плати компоненти оточені твердим середовищем з кращою теплопровідністю, ніж повітря;
- підвищення захисту від вологи. Герметизація компонентів всередині плати створює для них додатковий захист від зовнішнього середовища, в тому числі і від вологи;
- поліпшення електромагнітної сумісності. Якщо всі компоненти (пасивні та активні) вбудовані всередину плати, створюється можливість створення суцільного екрана за рахунок металізації всіх її поверхонь (крім інтерфейсу).

Також, виходячи з аналізу існуючої інформації, що стосується технологічних процесів вбудовування дискретних ЕК у ДП, можна виділити такі недоліки:

- при вбудовуванні SMD – компонентів, необхідно дотримуватися багатьох відношень, а саме відношень розмірів компонентів до отвору під компонент у сполучному шарі, та кількості сполучних шарів. Такі обмеження роблять використання вбудованих ЕК незручним. Також існує обмеження у розмірах вбудованих SMD – компонентів;
- основним недоліком при вбудовуванні НП ЕК, і в сполучні шари, і в шари склотекстоліту, є те, що існує лише один спосіб утворення електричного з’єднання контактних майданчиків компонентів з провідниковим малюнком - за допомогою металізації отворів.

Звичайно є ще такий недолік ДП з вбудованими ЕК, як не ремонтопридатність, але він компенсується високою надійністю та довговічністю таких ДП.

ISSN 2311-1100 CC-BY-NC

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ:

1. 1. Нисан А. Восемь тенденций, которые изменят электронику. Поверхностный монтаж – 2011. - №1. – Срт. 12-15.
2. Хохлун А. Некоторые тенденции развития мировой электроники. Перспективы для российской промышлености // Электроника: наука, технология, бизнес. - №6, 2012. – Стр. 146 – 152.
3. Что будущее нам готовит? Новые технологии в мире и в России // Электроника: наука, технология, бизнес. - № 3, 2013. – С. 48 – 51.
4. Нисан А. Встраивание пасивних и активних компонентов в печатне платы // Электроника. Наука. Технология. Бизнес – 2011. - №6. – Стр. 84 – 92.
5. Б.А.Косарев. Технология встраивания компонентав в печатные платы // Современные проблемы радиофизики и радиотехники: доклады научного семинара. - Омск : ОНИИП, 2012 . – С. 40 – 43.
6. Д.В. Вертянов. Обзор зарубежных технологий беспаечного и бессварочного монтажа кристаллов и других компонентов. Конференция "Новые технологии производства РЭА и элементная база в отечественной радиоэлектронике", г. Зеленоград, НИУ МИЭТ, 9 апреля 2013 г
7. *Кристофер Майкл Райдер.* Встроенные компоненты: сравнительный анализ надежности. *IPC APEX EXPO – 2012. - №4. – Стр. 25-34.*
8. Осмоловский С.А. Параметры технологического процесса и надежность встроенных в основу печатной платы компонентов // Современные тенденции технических наук: материалы II международной научной конференции. – Уфа: май 2013 г. – Стр. 32-35.
9. D.Luchsinger, N.Goldberg, P.Sabev, S.Metz, Dyconex, N.Onda, Buchs, R.Hinrichs, W. Werner. Embedding Resistors On Ceramic Substrate In Flex PCBs. – OnBoard Technology, February 2007.
10. Роланд Шёнхольц (Перевод: Андрей Новиков) Встроенные активные компоненты. Новая технология компании Würth Elektronik // Технологии в электронной промышленности – 2009. - №7. – Стр. 40 – 43.
11. M.Brizoux, A.Grivon, W.C.Maia Filho, E.Monier-Vinard, J.Stahr, M.Morianz. Industrial PCB development using embedded passive & active discrete chips focused on process and DfR , 2010.
12. А.Медведев. Развитие технологий элементов электрических межсоединений в электронных системах. Печатный монтаж – 2012. - №1. - Стр. 196 – 207.