

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет радіоелектроніки



ЗБІРНИК

студентських наукових статей

«Автоматизація та приладобудування»

«Automation and Development of Electronic Devices»

ADED-2020

(Випуск 2)

[електронне видання]



<http://nure.ua/department/kafedra-komp-yuterno-integrovanih-tehnologiy-avtomatizatsiyi-ta-mehatroniki-kitam>



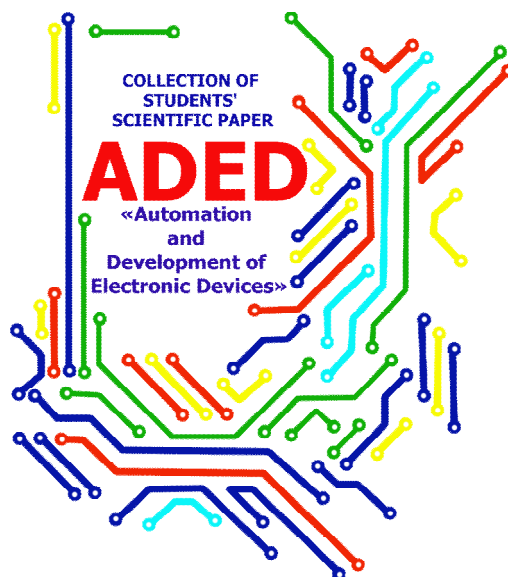
<http://itez.zntu.edu.ua/>



<http://kafea.kdu.edu.ua>

Харків 2020

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет радіоелектроніки
кафедра комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та мехатроніки
(КІТАМ)



ЗБІРНИК

студентських наукових статей

«Автоматизація та приладобудування»

«Automation and Development of Electronic Devices»

ADED-2020

(Випуск 2)

[електронне видання]

Харків 2020

АВТОМАТИЗАЦІЯ ТА ПРИЛАДОБУДУВАННЯ («Automation and Development of Electronic Devices» ADED-2020) [Електронний ресурс] : збірник студентських наукових статей / Харківський національний університет радіоелектроніки ; [редкол.: І.Ш. Невлюдов та ін.]. – Харків : ХНУРЕ, 2020. – Вип. 2. – 298 с.

COLLECTION OF STUDENTS' SCIENTIFIC PAPER «AUTOMATION AND DEVELOPMENT OF ELECTRONIC DEVICES» ADED-2020 Part 2 (Key infrastructure 2020) - Kharkiv/ The Editorial.: Nevlyudov I.Sh. (head), that all. Kharkiv: Kind of Kharkiv National University of Radio Electronics [electronic edition], 2020.- 298 p with.

Рекомендовано рішенням
Науково-технічної ради
Харківського національного
університету радіоелектроніки
протокол №6 від 29.11.2018

Рекомендовано рішенням Вченої ради
факультету Автоматики і комп'ютеризованих
технологій
Харківського національного
університету радіоелектроніки
протокол № 2 від 23.11.2020

Збірник містить наукові статті студентів кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та мехатроніки (КІТАМ) Харківського національного університету радіоелектроніки, кафедри Інформаційних технологій електронних засобів (ІТЕД) Запорізького національного технічного університету та кафедри Електронних апаратів (ЕА) Кременчуцького національного університету ім. М. Остроградського які навчаються за спеціальностями: 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології, 172 Телекомунікації та радіотехніка, 171 Електроніка та 163 Біомедична інженерія, першого (бакалаврського), другого (магістерського) рівнів вищої освіти. Статті надані в авторській редакції.

<i>Карікова К.Р.</i>	
Пристрій для виділення корисного сигналу на тлі перешкод	188
<i>Корхов Д.М.</i>	
Макет автоматизованої лінії для сортування та переробки відпрацьованих елементів живлення	194
<i>Калашиников М</i>	
Розробка методу ідентифікації деталей для процесу сортування на базі комп'ютерного зору	200
<i>Усенко Д.С.</i>	
Принципова будова сучасних оптичних волокон	206
<i>Рябовол Д.А.</i>	
Аналіз методів оцінки якості та ефективності інформаційних ресурсів	210
<i>Батуліна Д. А.</i>	
Аналіз концепції «JUST IN TIME»	216
<i>Бондаренко Ю.В., Гіль А.А., Валківська Є. Ю.</i>	
Аналіз програмного забезпечення для моделювання та тестування параметрів виробничої лінії	220
<i>Брадул А.А.</i>	
Аналіз малогабаритних фрезерних верстатів, які застосовуються у виробництві електронної техніки	224
<i>Закіпний К.П.</i>	
Аналіз існуючих систем та приладів для вимірювання температури тіла людини	228
<i>Козирь М. О.</i>	
Автоматизація вимірювань фотоелектричних параметрів концентраторних сонячних модулів	234
<i>Коротєєв Д.Р.</i>	
Огляд і аналіз методів 3D сканування і 3D сканерів	240
<i>Мажара А.Є., Левченко Є.О, Юрков Д. В.</i>	
Деградація (стагнація) та регенерація у кремнієвих сонячних панелях	246
<i>Левченко Є. О., Мажара А. Є., Юрков Д. В.</i>	
Дослідження технологій та методів обробки монокристалічних матеріалів	252
<i>Мамін В.А.</i>	
Імітаційне моделювання роботизованої виробничої ділянки	257
<i>Медведєв А.М.</i>	
Аналіз стану систем управління роботизованими системами	262
<i>Назаренко В.С.</i>	
Аналіз комп'ютерно-інтегрованих методів контролю гнучких друкованих плат	266
<i>Павленко В.І., Сітало І.А, Буць Д. Є.</i>	
Інтернет речей. Індустрія 4.0.	271
<i>Павленко В. І., Сітало І. А., Валківська Є. Ю.</i>	
Кіберфізичні системи	275
<i>Шалько Є.В.</i>	
Система стеження і підрахунку об'єктів складної геометричної форми на виробництві з використанням інфрачервоних датчиків	279
<i>Шевченко М.Ю.</i>	
Проектування оптимальних систем автоматичного управління	283
<i>Щербаков Г.Л.</i>	
Метод багатокритеріального вибору термодинамічного обладнання	287

АНАЛІЗ КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНИХ МЕТОДІВ КОНТРОЛЮ ГНУЧКИХ ДРУКОВАНИХ ПЛАТ

Назаренко В. С.

Харківський національний університет радіоелектроніки

Україна, 61166, Харків, пр. Науки, 14

E-mail: vladyslav.nazarenko@nure.ua

Анотація: У роботі розглядаються комп'ютерно-інтегровані системи для контролю гнучких друкованих плат. Проаналізовано основні методи контролю якості гнучких друкованих плат.

Ключові слова: друковані плати, гнучкі друковані плати, контроль, мікропроцесорні системи.

ANALYSIS OF COMPUTER-INTEGRATED METHODS OF FLEXIBLE PRINTED CIRCUIT BOARDS TESTING

V. Nazarenko

Kharkiv National University of Radio Electronics

Ukraine, 61166, Kharkiv, Nauky av., 14

E-mail: vladyslav.nazarenko@nure.ua

Anotations: In the paper computer-integrated systems for printed circuit board testing are considered. Essential methods of flexible circuit boards testing are observed and analyzed.

Key words: printed circuit boards, flexible circuit boards, testing, microprocessor systems.

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ. Тестування завершених гнучких друкованих плат (ГДП) дуже важливим завданням у процесі їх виробництва та багато в чому повторює тестування вхідного матеріалу. Це виконується для того, щоб переконатись, що процес виробництва не призвів до деградації властивостей матеріалів. Як і в разі контролю сировини, вимоги до випробувань були встановлені в декількох ключових аспектах, щоб переконатися, що продукт придатний за прямим призначенням. Метою даної роботи є ретельний аналіз методів контролю ГДП для виявлення проблемних питань під час тестування ГДП і в подальшому – пошуку шляхів їх усунення.

МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ. Основні категорії тестування готової ГДП містять:

- візуальну інспекцію;
- перевірку здатності металевого покриття до паяння;
- контроль фізичних розмірів;
- контроль фізичних властивостей [1];
- контроль цільності конструкції;
- перевірку якості перехідних отворів;
- контроль середовищних властивостей;
- тестування електричних параметрів.

Візуальна інспекція виконується як частина процесу тестування для того, щоб переконатись у відсутності ряду дефектів, які можуть бути виявлені візуально, наприклад:

- розтікання припою;
- пустоти в металізованих отворах;
- дефекти обробки.

Присутність розтікання припою на контактних майданчиках чи доріжках на відстані від відкритих частин фольги під зовнішнім покриттям може свідчити про неякісну ламінацію верхнього захисного шару або занадто довге знаходження плати у розплавленому припої. Цей

дефект зазвичай не є критичним і вважається прийнятним, якщо в технічному завданні не вказано інше.

Пустоти в металізованих отворах неприпустимих розмірів чи кількості (рис. 1) можуть призвести до можливих проблем із паянням чи надійністю металізованого отвору. Кільцеві пустоти зазвичай є приводом для відмови на вихідному контролі.

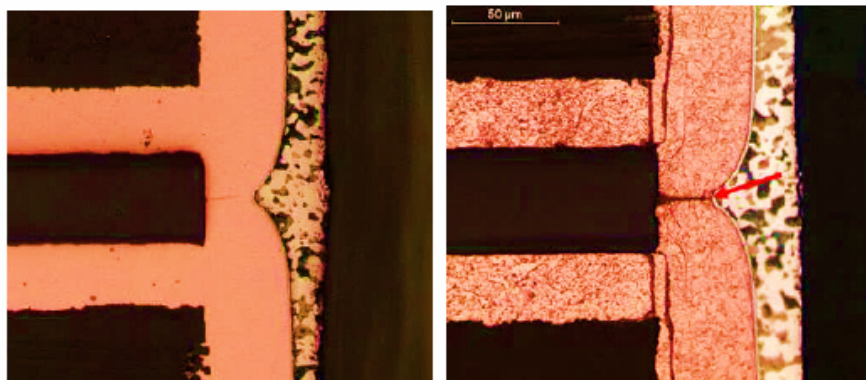


Рисунок 1 – Мікрофотографія порожнин у металізованому отворі

Дефекти обробки як категорія покривають різноманітні характеристики, такі як жирові забруднення, вигини, бруд, відбитки пальців, зморшки та складки та будь-які інші можливі похибки виробника плати.

Вимірювання розмірів готової гнучкої друкованої плати виконуються для того, щоб переконатись в тому, що вони точно відповідають заданим параметрам, тому що точність розмірів друкованої плати зазвичай дуже важлива для якості роботи електричного кола пристрою та його загальної надійності. Далі буде описаний перелік основних ключових моментів для дослідження та вимірювання.

Недостатня площа кільцевого контактного майданчика може вплинути як на якість паяння, так і на надійність з'єднання. Вимоги до розміру кільцевого контактного майданчика помітно відрізняються для металізованих отворів та отворів без металізації. Контактні майданчики без металізації на односторонніх гнучких друкованих платах потребують набагато більшої площини для того, щоб забезпечити надійне з'єднання. Виходячи з цього, вимірюється розмір кільцевого контактного майданчика для того, щоб переконатись, що він відповідає вимогам.

Точність шаблону отворів перевіряється для того, щоб впевнитись, що отвори знаходяться в правильних місцях. Невірно виконані отвори перетворюються на велику проблему на етапі складання електричного кола, особливо якщо воно відбувається на автоматизованих або автоматичних лініях. Також правильне місцезнаходження отворів важливе для цілей монтажу друкованого модулю в пристроях.

Точність шаблону захисного шару має схожий вплив на якість друкованої плати, як і мінімальний розмір кільцевого контактного майданчика, тому що неспівпадіння захисного шару та контактного майданчика зменшує площину нанесення припою та призводить до зниження надійності з'єднання. Особливо чутливі до цього дефекту односторонні плати. Залишки клею на контактних майданчиках доволі часто з'являються під час виробництва в результаті ламінації захисного полімерного шару через те, що під час цієї операції клей наноситься під тиском та за високої температури. З більш сучасними покриттями, які наносяться за допомогою фотошаблонів, такі дефекти не зустрічаються.

Потрапляння повітря під захисний шар гнучкої друкованої плати вздовж струмопровідних доріжок може виникати в щільних схемах або в разі використання товстих доріжок. Зазвичай не є критичним дефектом, але якщо дефект доходить до краю плати, то через капілярний ефект друкована плата буде набирати вологу та невдовзі почнеться процес корозії доріжок, які контактують із дефектом. Тому повітряні кармани обмежують використання плат із цими дефектами у вологих умовах.

Сторонні включення іноді присутні або у вхідному матеріалі, або під захисним шаром готової плати, чи обидва випадки одночасно. Такі дефекти, як правило, не є приводом для відмови на контролі якості, якщо сторонні включення не знаходяться на місцях критичних загинів, не замикають доріжки та не зменшують відстань між доріжками нижче від зазначеного у технічному завданні рівня. Перераховані дефекти представлені на рисунку 2.

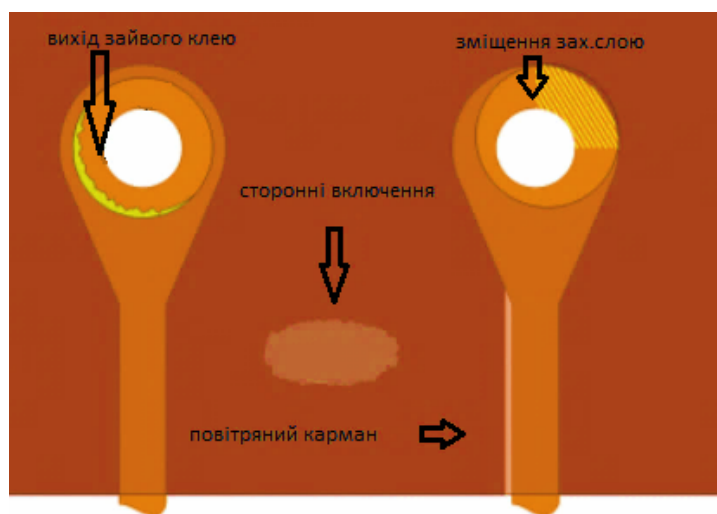


Рисунок 2 – Види візуальних дефектів ГДП

Розміри отворів перевіряються для того, щоб переконатись у їх відповідності кресленкам та для того, щоб не допустити потенційні проблеми під час складання [2]. Якщо отвори занадто малі, можуть виникати проблеми з розміщенням елементів із наскрізним монтажем. Занадто великі отвори можуть заважати формуванню достатньо надійного паяного з'єднання. У разі розбіжності розмірів монтажних отворів з кресленками може виникнути проблема з коректним розміщенням модуля.

Завершений шаблон струмопровідних доріжок на гнучкій друкованій платі має точно відображувати кресленик.

Ширина провідників і відстань між ними можуть бути критичними в ряді випадків і мають відповідати мінімальним значенням для наданих потужності та напруги. Ці параметри мають точно відповідати технічному завданню та наданим кресленкам.

Тестування фізичних параметрів гнучких друкованих плат – це ключовий етап контролю якості. Воно допомагає визначити придатність продукту до його ймовірного використання. Ці тести виконують для того, щоб переконатись у якості та надійності готового виробу. Тестування гнучкості є особливо важливими, якщо гнучка друкована плата буде використовуватись у пристроях, в яких вона буде постійно згинатись і знаходитись у стані руху.

Проводиться тест на адгезію металічного покриття до мідної фольги струмопровідного шару. Недостатньо міцний зв'язок призведе до відшарування покриття та можливої відмови через втрату контакту або коротке замикання.

Міцність зв'язку контактних майданчиків перевіряється для того, щоб переконатись у тому, що гнучка друкована плата зможе витримати складання та ремонт без зайвих ушкоджень. Контактний майданчик має витримати як мінімум 5 циклів запаювання та розпаювання згідно із загальною специфікацією.

Цей тест виконується для того, щоб переконатись в тому, що процес виробництва плати не знизив міцність зв'язку фольги з базовим матеріалом до неприпустимого рівня. Умови тесту в цілому ідентичні з такими тестами для вхідного матеріалу.

Тест на гнучкість виконується для того, щоб переконатись що плата може без проблем приймати форму, задану у вимогах до друкованого модуля та складальному кресленку без розшарування та перелому провідників. Інформація, необхідна для правильного тесту на

гнучкість, включає в себе:

- місцезнаходження загину;
- радіус загину;
- кут загину;
- напрям загину;
- кількість циклів згину [3].

Цей тип тестування є найважливішим для застосування гнучкої друкованої плати в умовах із постійним згинанням плати. Апаратура для тестування може варіюватись у залежності від вимог замовника. Основні види пристроїв для тестування гнучких друкованих плат на стійкість до згину представлені на рисунку 3 [4].

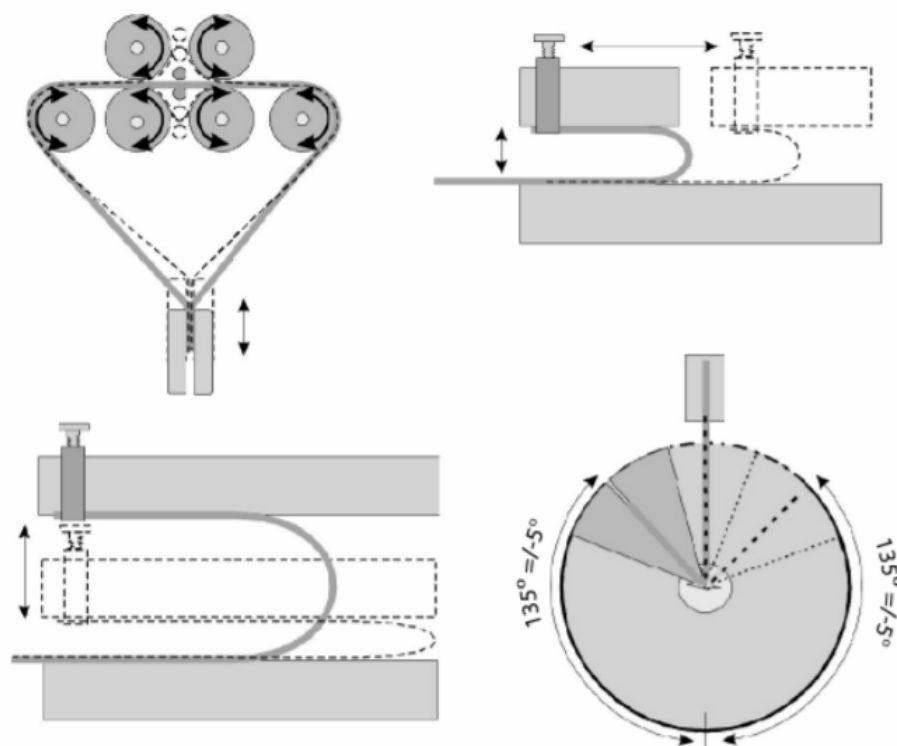


Рисунок 3 – Основні типи пристроїв для тестування ГДП на стійкість до згину

Цілісність конструкції гнучкої друкованої плати, як правило, оцінюється візуально, за допомогою мікроскопу. Оцінка виконується до та після термічного тестування. Цей тип оцінки виконується для того, щоб виявити присутність мікроскопічних дефектів, котрі можуть вплинути на надійність готового електричного кола. Інспекція до та після термічного тестування виконується для того, щоб переконатись, що якість і надійність не погіршуються через термічний вплив під час паяння та ремонтних операцій. Далі будуть описані основні пункти, за якими виконуються дослідження цільності конструкції гнучких друкованих плат, які проводяться до термічного тестування.

Друкована плата перевіряється на присутність піднятих майданчиків для того, щоб переконатись, що вони мають достатню адгезію [5]. Зазвичай відшарування мідних майданчиків і доріжок від основи плати трапляється як результат впливу на неї високих температур, через різницю теплових коефіцієнтів лінійного розширення полімерної основи та мідних доріжок.

Цілість металізації оцінюється для того, щоб впевнитись, що якість, однорідність і товщина металізації відповідають специфікації, та що відсутні тріщини в металізації отворів – для того, щоб переконатись у її надійності.

Цей тест виконується для того, щоб визначити, чи можуть металізовані отвори витримати процес складання та ремонту пристрою. Сам тест являє собою занурення плати у розплавлений припій на 10 секунд за температури 289 °C. Це дає більше термічне навантаження, ніж звичайне складання, та

дає більш чітку картину того, як плата витримує високі температури.

Тест на симуляцію ремонту являє собою запаювання та розпаювання елемента із наскрізним монтажем у металізовані отвори п'ять разів. Цей тест виконується для того, щоб симулювати ремонт готового пристрою та оцінити його вплив на цілісність металізованих отворів. Тест має виконуватись кваліфікованим оператором, тому що в іншому разі можуть бути завдані помітні ушкодження. Всі можливі дефекти, які можуть виявити термічні тести, відображені на рис. 4.



Рисунок 4 – Дефекти, які утворюються через температурний вплив

Електричні кола мають бути перевірені на правильність роботи, відсутність коротких замикань та обривів доріжок. Цей тест допомагає переконатись у тому, що плата відповідає проекту та буде правильно працювати. Умови тесту, такі як напруга, що вимагається, мінімальний опір між провідниками, максимальний опір провідників мають бути вказані в головному кресленнику [6].

Тестування на електричний опір ізоляції повторює таке для вхідного матеріалу та дозволяє переконатись в тому, що під час виробництва цей параметр не став гіршим за проектний. Під час цього тестування плати циклічно підлягають впливу гарячого та вологого повітря (від 80 % відносної вологості за температури 25 °C до 98 % відносної вологості за температури у 65 °C). Тест виконується для того, щоб переконатись у тому, що не виникає ніяких руйнуючих плату ефектів та що не погіршується ізоляція.

ВИСНОВКИ. Таким чином, у ході дослідження проаналізовано низку методів контролю ГДП, розглянуті їхні режими та виявлені специфічні особливості процесу контролю. Із використанням результатів цієї роботи у подальшому буде розроблено новий комп'ютерно-інтегрований метод контролю для забезпечення високої точності виявлення наявних дефектів у багатошарових структурах ГДП.

ЛІТЕРАТУРА

1. Невлюдов І. Ш., Демська Н. П., Палагін В. А., Боцман І. В. Матрично-структурний аналіз напружено-деформованого стану гнучких міжз'єднань і компонентів МЕМС // Innovative technologies and scientific solutions for industries. – № 1 (11), 2020. – С. 122-133.
2. Anaya Vardya and David Lackey The printed circuit board designer guide to... Flex and rigid-flex fundamentals /Anaya Vardya та David Lackey// LoozBooks, 2018. – 53 с.
3. Демская Н. П., Невлюдов И. Ш., Боцман И. В., Невлюдова В. В., Старобудцев Н. Г. Эксплуатационные характеристики гибких печатных структур МЭМС-устройств // VI Міжнародна науково-практична конференція «Напівпровідникові матеріали, інформаційні технології та фотовольтаїка», (м. Кременчук, 14-16 травня 2020 р.). – С. 62.
4. Bending, forming and Flexing Printed Circuits [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://docplayer.net/11986077-Bending-forming-and-flexing-printed-circuits.html>. 18.10.2020.
5. Мылов Г., Медведев А., Семенов П., Дрожжин И. Производство гибких и гибко-жестких печатных плат. Горячая Линия – Телеком. 2016. 268 с.
6. Balancing the electrical and mechanical requirements for flexible circuits [Електронний ресурс].