

ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ БАГАТОЗОНДОВОГО КОНТАКТНОГО ПРИСТРОЮ ДЛЯ КОНТРОЛЮ МІКРОСХЕМ BGA

О. Ю. Сергейко

Харківська загальноосвітня школа I-III ступенів № 148

Україна, 61204, м. Харків, пр. Перемоги 74-Д

E-mail: sch148@kharkivosvita.net.ua

Анотація: У роботі виконано аналіз особливостей застосування багатозондового контактної пристрою для контролю електронних компонентів, виконано аналіз фізичних процесів, які протікають під час виникнення електричного контакту. У результаті проведених досліджень визначено основні вимоги до робочого місця оператора контролю мікросхем, розраховано необхідний тиск притиснення комутаційної плати до об'єкту контролю за допомогою стисненого повітря, побудовано залежність перехідного опору у зоні контактування гнучкого шлейфу із кульковими виводами мікросхеми від тиску у процесі притискання.

Ключові слова: багатозондовий контактний пристрій, мікросхема, матричні кулькові виводи, електричний контроль, автоматизоване робоче місце, стиснене повітря, зонд.

RESEARCH OF PARAMETERS OF THE MULTIPROBE CONTACT DEVICE FOR BGA COMPONENTS TESTING

O. Sergeiko

Kharkiv secondary school of I-III degrees № 148

Ukraine, 61204, Kharkiv, Peremogy ave., 74-D

E-mail: sch148@kharkivosvita.net.ua

Annotation: In this paper the features of using a multi-probe contact device for the electronic components testing and the physical processes that occur during an electrical contact are analyzed. As a result of the conducted researches, the main requirements for the operator workplace of the circuits testing were determined, the necessary pressure of flexible board pressing to the object of testing by compressed air was calculated, the transient resistance dependence in the zone of contact of the flexible loop with the chip ball leads on the pressure was calculated.

Key words: multiprobe contact device, integrated circuit, matrix ball leads, electrical testing, automated workplace, compressed air, probe.

На сьогодні інтегральні мікросхеми з кульковими виводами типу BGA (Ball Grid Array – масив кулькових виводів) широко застосовуються в телекомунікаційному обладнанні, у військовій, медичній і побутовій апаратурі. Вони мають низку переваг у порівнянні з іншими типами мікросхем, але у той же час у процесі обслуговування та експлуатації таких корпусів виникає чимало труднощів. У зв'язку із цим виникає необхідність удосконалення існуючих методів електричного та функціонального контролю і створення нових високоефективних засобів контролю мікросхем у BGA-корпусах [1]. Таким чином, тема роботи є актуальною.

Своєчасне виявлення бракованих компонентів і виключення їх з виробництва електроніки забезпечує підвищення її надійності, зниження витрат виробництва і є відповідальною частиною технологічного процесу.

Одним із найважливіших пристроїв під час контролю мікросхем є контактний пристрій, який використовується для підключення виводів BGA до автоматизованих вимірювальних комплексів. Таким чином, як об'єкт дослідження обрано багатозондовий контактний пристрій (БКП) для контролю мікросхем у корпусах BGA [2].

Метою наукової роботи є дослідження параметрів БКП з метою розробки автоматизованого робочого місця контролю електричних параметрів мікросхем із кульковими виводами.

Конструкція БКП (рисунок 1) має наступні особливості:

– як підмикальне пристосування, використовуване для контактування з кульковими виводами, застосовується гнучка пластина 1 з полімерного матеріалу – полііміда [3], яка розташована в корпусі 2 із кришкою 3 і ущільнювальною прокладкою 4;

– на полііміді виготовлені контактні зонди з алюмінію для підключення до виводів контрольованої мікросхеми [4];

– від кожного із зондів до зовнішньої частини БКП виводиться алюмінієвий провідник для підключення до вимірювального комплексу через спеціальні з'єднувачі та проведення контролю стану мікросхеми, що тестується;

– гнучка пластина може складатися з декількох шарів – залежно від необхідної кількості контрольованих виводів на корпусі мікросхеми;

– кожний майданчик-зонд 5, який підключається до кулькового виводу мікросхеми 6, електрично розділений на дві частини, які окремими провідниками з'єднані з виводами плоского з'єднувача на протилежному кінці плати;

– контактування пластини, що притискає, до об'єкта контролю 6 здійснюється стисненим повітрям.

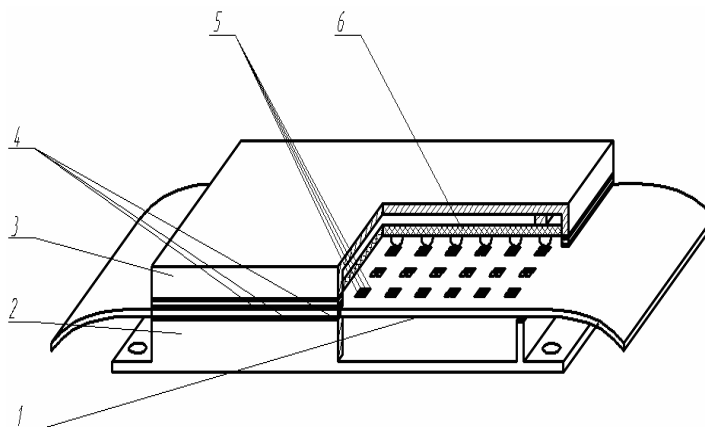


Рисунок 1 – Конструкція БКП

На рисунку 2, а представлено вид майданчика-зонда для підключення до одного виводу мікросхеми, а на рисунку 2, б наведена фотографія контактної зони, отримана за допомогою мікроскопа.

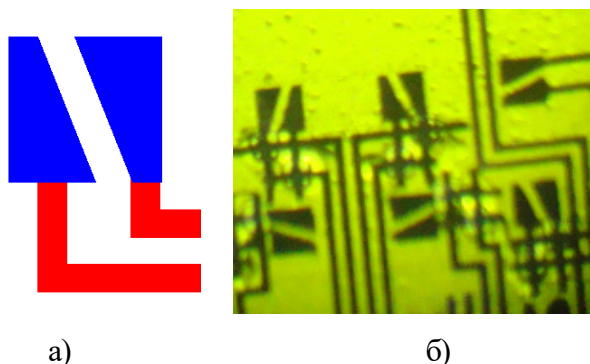
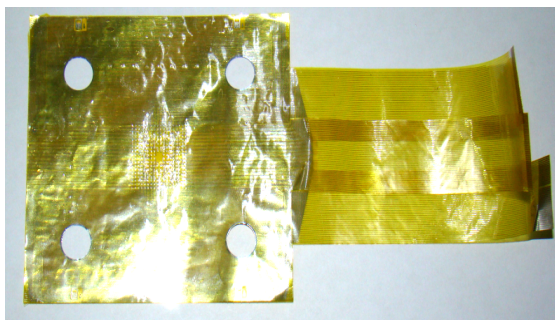


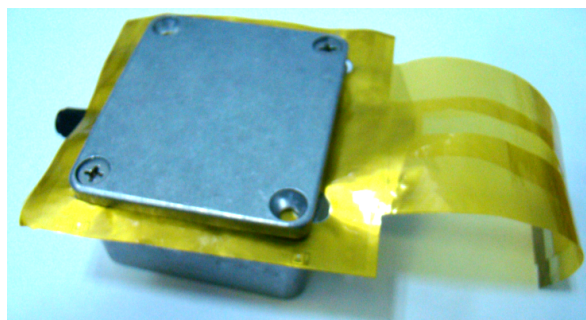
Рисунок 2 – Майданчики-зонди

Розглянемо особливості роботи пристрою. Гнучка пластина 1 під дією стисненого повітря в корпусі 2 притискається до мікросхеми 6, розташованої під кришкою 3. Мікросхема позиціонується напрямними елементами в корпусі та фіксується кришкою.

Гнучка підмикальна пластина БКП виконана з алюміній-поліімідного діелектрика типу ФДИ-50, що надає пластині достатньої гнучкості, тим самим забезпечуючи більш щільний контакт між кульковим виводом і зондом БКП (рисунок 3).



а) гнучка пластина БКП



б) корпус БКП

Рисунок 3 – Зовнішній вигляд БКП

У процесі контактування роз'єднаних частин зонда з кульковими виводами мікросхеми ці частини електрично з'єднуються між собою, що може реєструватися зовнішнім автоматичним приладом під час проведення самотестування системи контролю.

Таким чином, багатоточковий метод забезпечує принаймні дублювання підключення до об'єкта контролю, що підвищує надійність тестування та вірогідність результатів контролю мікросхем із матричними виводами.

Як відомо, перехідний контактний опір – це різке збільшення активного опору в місці переходу струму з однієї деталі в іншу.

Опір контакту не залежить від розміру контактних поверхонь і для контакту визначається перш за все силою притиснення (контактного натискання).

Контактне натискання – це зусилля, з яким одна контактна поверхня впливає на іншу. Число доторкань у контакті швидко зростає під час натискання. Навіть за невеликого тиску в контакті відбувається пластична деформація, вершини виступів зминаються і зі збільшенням тиску нові точки приходять у доторкання.

Перехідний контактний опір є тим меншим, чим більшою є сила натискання, оскільки від неї залежить дійсна площа дотику. Однак тиск в контакті доцільно збільшувати тільки до деякої певної величини, тому що за малих значень тиску перехідний опір зменшується швидко, а за великих – майже не змінюється.

Таким чином, тиск повинен бути досить великим для того, щоб забезпечити малий перехідний опір, але не повинен викликати пластичних деформацій у металі контактів, що може привести до їх руйнування.

До того ж треба пам'ятати, що оксидна плівка на алюмінієвих контактах має значний електричний опір, тому в місцях з'єднання алюмінієвих провідників можуть утворюватися великі перехідні опори. Все це треба враховувати під час розробки та експлуатації БКП.

У процесі дослідження роботи БКП для побудови залежності перехідного опору R у контактній зоні від тиску притискання P було прийнято рішення провести експеримент.

Схему експерименту наведено на рисунку 4. Для нагнітання тиску було використаний медичний манометр. Для вимірювання опору використовувався осцилограф RIGOL DS5102C.

Для визначення перехідного опору вимірюємо за допомогою осцилографа значення напруги U у зоні контакту у процесі притискання гнучкої плати БКП із зондами до мікросхеми у корпусі FG320. Розрахуємо значення опору за законом Ома. Значення струму, за якого будуть відбуватися пасивні вимірювання, складало 50 А.

Побудуємо графік залежності перехідного опору від тиску (рисунок 5). Шляхом проведення апроксимації експериментальних даних було сформульовано висновки про те, що перехідний опір, вимірюваний у заданому діапазоні тисків, відрізняється не суттєво, тому

проводити контроль мікросхем за допомогою БКП можна в діапазоні тиску 120-220 мм. рт. ст.

На рис. 6 представлено схематичне зображення робочого місця оператора БКП для електричного контролю параметрів мікросхем BGA.

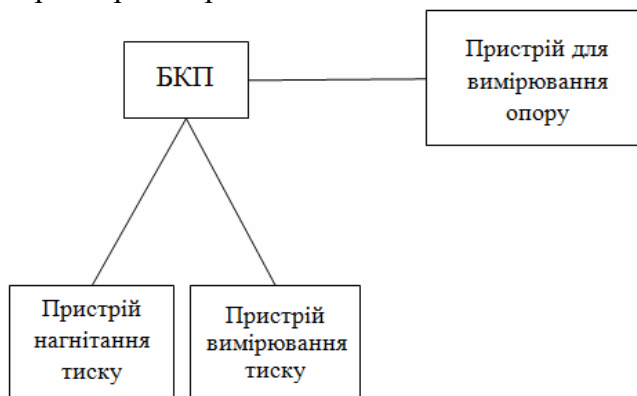


Рисунок 4 – Спрощена схема дослідження

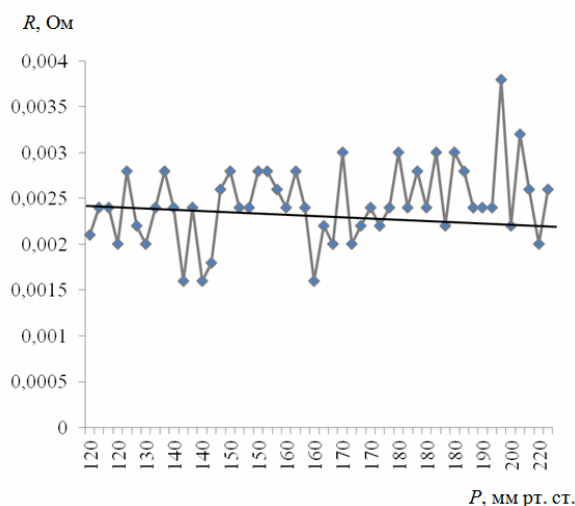


Рисунок 5 – Залежність переходного опору від тиску у процесі притискання гнучкого шлейфу до мікросхеми з кульковими виводами

На рис. 6 цифрами позначені: 1 – БКП; 2 – персональний комп'ютер; 3 – осцилограф; 4 – генератор; 5 – вольтметр; 6 – балон; 7 – насос; 8 – манометр; 9 – шлейф; 10 – кроковий шукач.

Стиснене повітря подається до нижньої частини корпусу та підтримується за показниками манометра. Шлейф розташований вище повітряної камери на решітці зондами нагору. Повітряне притиснення шлейфа із зондами дозволяє забезпечити необхідне зусилля контактування всіх виводів мікросхеми та зондів шлейфа.

Для накачування та випускання стисненого повітря у корпусі БКП передбачено два отвори під штуцер.

Подача тиску в корпус БКП – необхідний елемент під час контролю мікросхем, тому що контрольований об'єкт притискається до гнучкої пластини БКП за допомогою стисненого повітря.

У зв'язку із цим, область корпусу БКП, з якої виходить гнучкий шлейф, має бути виконана герметично з метою запобігання витоку тиску під час подачі стисненого повітря та в той же час – забезпечення можливості підтримки тиску, вимірювання параметрів внутрішнього тиску та його регулювання. У свою чергу корпус пристрою контролю має

витримувати робочий тиск у 0,25 МПа (2,5 атм.) із запасом у 0,05 МПа (0,5 атм). Цього можна досягти, використовуючи принцип герметизації, застосовуваний в автоклаві. Автоклав – це герметичний пристрій для здійснення технологічної обробки речовин у герметичній посудині під дією підвищених температур і надлишкового тиску.

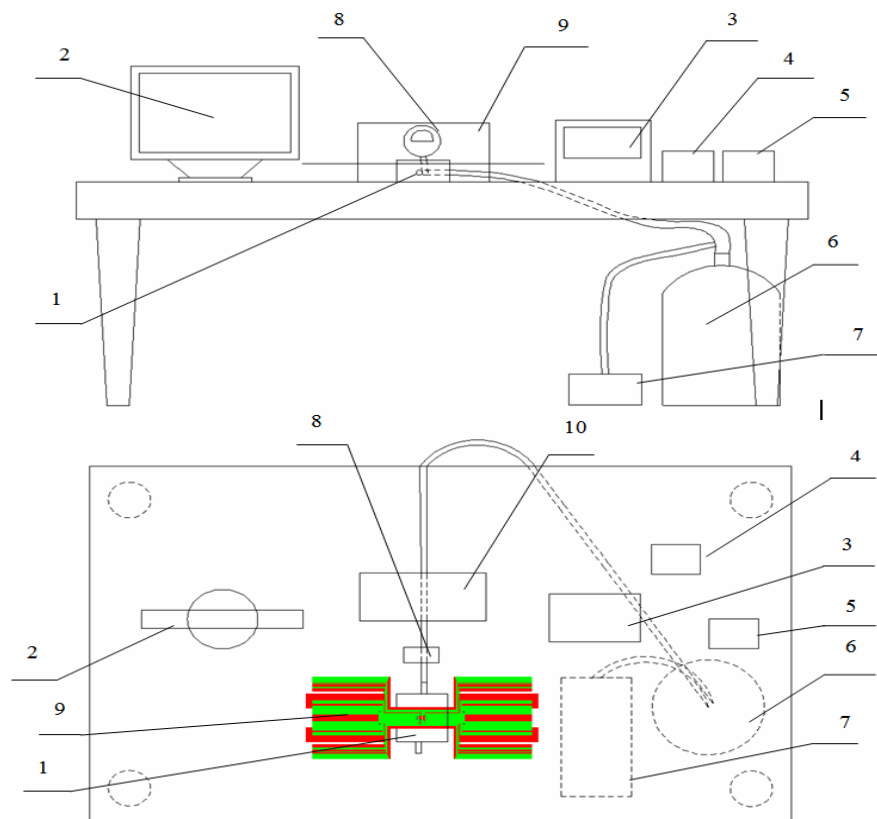


Рисунок 6 – Схематичне зображення робочого місця

Для корпусів мікросхем FG-320, які мають 320 виводів, згідно топології гнучкого шлейфа БКП до кожного виводу буде підключатися два контактні майданчики. Сила притиснення кожного майданчика до кульки має лежати в межах $F_i = 0,03 \dots 0,3$ Н. Внутрішня площа корпусу дорівнює $0,0029 \text{ м}^2$ (ширина 50 мм, довжина 58 мм). Таким чином, необхідна величина тиску становить:

$$P = \frac{F_i \cdot n}{S} = \frac{0,3 \cdot 640}{0,0029} = 66,2 \frac{\text{кН}}{\text{м}^2},$$

де F_i – сила притиснення контактного майданчика до кульки; S – площа внутрішньої частини корпусу; n – кількість контактів з виводами мікросхеми.

Корпус БКП закривається за нормального тиску, атмосферного. Контрольований елемент, мікросхему, необхідно зафіксувати в корпусі та створити надлишковий тиск, що дорівнює розрахованому.

Під час створення робочого місця у виробничих приміщеннях існує можливість використання цехової магістралі стисненого повітря з редуктором для зниження тиску в робочому об'ємі. У випадку відсутності такої магістралі для проведення робіт у приміщеннях, де стисненого повітря немає, можна використовувати схему робочого місця, наведену на рис. 6.

У цьому випадку необхідно розрахувати кількість циклів контролю n для того, щоб довідатися, скільки операцій контролю можна виконати із застосуванням стисненого повітря з балону. Для цього використовуємо наступну формулу (рівняння стану ідеального газу):

$$p_1 V_1 = p_2 (V_1 + n V_1),$$

$$n = \frac{\frac{p_1 V_1}{p_2} - V_1}{V_1},$$

де $p_1 = 405,3$ кПа – тиск у балоні; $V_1 = 0,003$ м³ – об’єм балона; $p_2 = 66,2$ кПа – надлишковий тиск; $V_2 = 0,00008$ м³ – об’єм корпусу БКП.

Розрахуємо кількість циклів контролю:

$$n = \frac{\frac{405,3 \cdot 0,003}{66,2} - 0,003}{0,00008} \approx 192.$$

Отже, оператор робочого місця зможе виконати 192 цикли контролю із застосуванням БКП.

Таким чином, у ході виконання наукової роботи:

- визначені особливості застосування БКП для контролю мікросхем у корпусах BGA;
- виконано аналіз фізичних процесів, які протікають під час виникнення електричного контакту;
- проаналізовані вимоги, яким має відповідати робоче місце оператора контролю мікросхем.

Розраховано необхідну величину тиску стисненого повітря у корпусі БКП, а також кількість циклів контролю із застосуванням БКП (192 за одноразового закачування балона), розроблено компоновання робочого місця. Побудовано залежність перехідного опору у зоні контактування гнучкого шлейфу із кульковими виводами мікросхеми від тиску у процесі притискання.

ЛІТЕРАТУРА

1. Ching-Mai Ko, Ming-Kun Chen, Yu-Jung Huang, Shen-Li Fu. Надежность тестирования BGA-компонентов // Журнал «Технологии в электронной промышленности». – 2009, №4. – С. 38-42.
2. Мікроелектромеханічний багатозондовий підмикальний пристрій: патент № 95190 України: МПК H05K 3/40 / Борщов В. М., Жарікова І. В., Коцій Л. Д., Невлюдов І. Ш., Палагін В. А., Проценко М. А., Разумов-Фризюк Є. А., Тертишний С. М., Тимчук І. Т. та ін. – 11.07.2011.
3. Медведев А. М., Мылов Г. В., Набатов Ю. А., Люлина В. И. Гибкие платы. Преимущества и применение // «Компоненты и технологии». – 2007, № 9. – С. 202-208.
4. Nevliudov I. Sh., Palagin V. A., Razumov-Frizjuk E. A., Zharikova I. V. MEMS Intellect Multiprobes Contacting Devices for Electrical Checking-up of Multilayers Commutative Boards and BGA/CSP Electronic Components. Proceedings of IEEE East-West Design & Test Symposium (EWDTS'2012). September 14-17, 2012. Kharkov, Ukraine. PP. 483-485.
5. Близняков О. В., Скрупська Л. С. Контакти та електродинамічні зусилля в електричних апаратах. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2018. – 26 с.

Науковий керівник: Боцман Ірина Володимирівна, к. т. н., доцент кафедри КІТАМ Харківського національного університету радіоелектроніки.