

Универзитет у Нишу

Машински факултет

Далибор М. Петковић

ДИПЛОМСКИ РАД

Ниш, 2008.

Универзитет у Нишу

Машински факултет



Развој нове технологије монтаже више чипова на једном модулу

- дипломски рад -

Кандидат:

Далибор М. Петковић 10243

Ментор:

Проф. др. Ненад Павловић

Ниш, април 2008.

Развој нове технологије монтаже више чипова на једном модулу

- Резиме -

Главни циљ овог дипломског рада је развој нове технологије за монтажу више чипова на једном модулу. LTCC-технологија (технологија нискотемпературне заједничко печене керамике) је коришћена за израду модула. Ова технологија се може дефинисати као процедура ламинације (спајања) више од једне керамичке траке на релативно ниским температурама. Применом ове технологије не постоје грешке и дефекти који се јављају код монолитне технологије и технологије дебелог филма. Модул има три канала (удубљења) где се чипови монтирају. За овај пројекат су коришћени AMR-сензори. То су анизотропни магнетски сензори. За монтажу и спајање чипова са модулом, тестиране су различите методе лепљења и лемљења, а изабрана је она која је дала најбоље резултате. На крају је, за спајања модула са штампаном плочом (PCB) коришћена технологија површинске монтаже (SMT).

- Abstract -

The main goal of this project was the development of a high accuracy module where three chips were assembled and joined in. For the module production LTCC (Low Temperature Co-Fired Ceramics) technology was used. LTCC technology may be defined like a lamination procedure for more than one ceramic tapes of relative low temperatures. When one uses the LTCC technology one does not have defects that are present in the monolithic technology and the thick film technology. The module has three cavities (channels) where the chips are mounted on. The chips (sensors) measure the magnitude of magnetic field. For this project AMR (Anisotropic Magneto Resistive) sensors was used. For the chips connection with the module different methods was tested and in the end that one which gives the best results was chosen. In the end, for connecting a finished module with a PCB (Printed Circuit Board) SM (Surface Mount) technology was used.

Садржај

1 Увод	4
1.1 Увод у микромеханику	4
1.2 Увод у LTCC-технологију	4
1.3 Пројектни задатак	5
2 Теоријске основе	8
2.1 Развој LTCC-технологија	8
2.2 LTCC-материјали	11
2.2.1 Дефиниција кључних термина	11
2.2.2 Опис компоненти	12
2.2.3 Технолошки поступак заједничко печене керамике и технолошки изазови	14
2.3 Области примене LTCC-технологије	19
2.4 Магнетски сензори. Магнетоотпорни ефекат	20
2.4.1 Анизотропна магнетска отпорност (AMR). Карактеристике и апликације	23
2.4.2 Велика магнетска отпорност (GMR). Карактеристике и апликације	25
2.5 Вишечипни модули	28
3 Развој нове технологије монтаже више чипова на једном модулу	29
3.1 Пројектни задатак	29
3.2 Процес развоја LTCC-подлошке	30
3.2.1 Дизајнирање структура за бушење отвора и штампање проводника	30
3.2.2 Процес израде LTCC-модула	32
3.2.2.1 Припремање LTCC-трака	33
3.2.2.2 Бушење отвора на LTCC-тракама коришћењем CNC-машине	34
3.2.2.3 Пуњење отвора проводном пастом	37
3.2.2.4 Штампање проводника (пре печења)	38
3.2.2.5 Ламинација слојева	40
3.2.2.6 Заједничко печење LTCC-трака	40
3.2.2.7 Штампање проводника (после печења)	42
3.2.2.8 Тестирање електричне проводљивости кроз модул	42
3.2.2.9 Сечење модула на крајње димензије	43
3.2.2.10 Завршна провера LTCC-модула	44
3.2.2.11 Монтажа чипова на LTCC-модулу	44
3.3 Резултати и потенцијални проблеми	48
4 Закључак	56
Литература	57

1. Увод

1.1 Увод у микромеханику

Микромеханика је дисциплина која се бави развојем, израдом и применом тродимензионалних микроелемената и система чије су димензије тако мале да их није могуће израдити технологијама прецизне механике. Израђују се технолошким поступцима микроелектронике, а за потребе механике, оптике, пнеуматике и других области технике [1].

За производњу микроелектронских компоненти и кола су развијене различите технологије. У зависности од карактеристика и димензија које је потребно остварити, као и места примене компоненти или кола, користе се различите технологије за њихову израду. Технологије које се најчешће користе за израду микроструктура су **монолитна** технологија [2], технологија **дебелог филма** [3], **LTCC**-технологија (*Low Temperature Co-Fired Technology* – технологија нискотемпературне заједничко печене керамике) [4], [5]. Свака од њих има одређене предности и мане. Пројектант микроелектронских структура мора да познаје што већи број технологија, како би могао да одлучи која технологија даје оптималне карактеристике пројектованог дизајна.

У монолитној технологији могу се правити компоненте малих димензија (реда 200 μm), али је реализација вишеслојних компоненти тежа него применом LTCC-технологије.

Код технологије дебелог филма, која се често користи за израду микроелектронских компоненти ради се на релативно ниским температурама (од 850°C до 1000°C) и могу се користити добри проводници као што су злато, сребро и бакар. Међутим, ова технологија се заснива на вишеструком печењу, које квари особине добијене компоненте. На тај начин се нижи слојеви више пута излажу повишеној температури у односу на горње слојеве па се особине употребљених пасти на крају процеса разликују. Овај проблем не постоји у LTCC-технологији, јер она подразумева истовремено печење свих слојева (*Co-Fired* – истовремено печење).

Циљ овог рада је да представи LTCC-технологију и предочи њене предности у односу на друге технологије. Поред тога, приказан је детаљно процес израде једног вишеслојног модула за спајање и монтажу три чипа на њему, коришћењем LTCC-технологије.

1.2 Увод у LTCC-технологију

Развој LTCC-технологије започео је осамдесетих година прошлог века. Она се може дефинисати као поступак ламинације више керамичких трака, при релативно ниској температури. LTCC-технологија је нашла примену у производњи вишеслојних микроелектронских компоненти и кола, која су реализована помоћу појединачних керамичких трака на које се, у облику пасте, наносе проводни, диелектрични или отпорни материјали. На тај начин се добија уштеда на димензијама компоненте, смањује се површина коју оне заузимају на плочици, а тиме се смањује и њихова цена. Такође, време потребно за производњу већег броја компоненти је смањено њиховим интегрисањем у више слојева, у оквиру једног процеса производње. Њена предност је и могућност појединачног испитивања слојева и у случају грешке или неисправности његова замена пре спајања са осталим слојевима компоненте. На тај начин избегава се поновна производња целе компоненте. Због релативно ниске температуре при којој се слојеви спајају, у LTCC-технологији се могу користити стандардни дебљи филмови. Температура спајања слојева је 850°C до 1000°C, па се користе добри проводни материјали

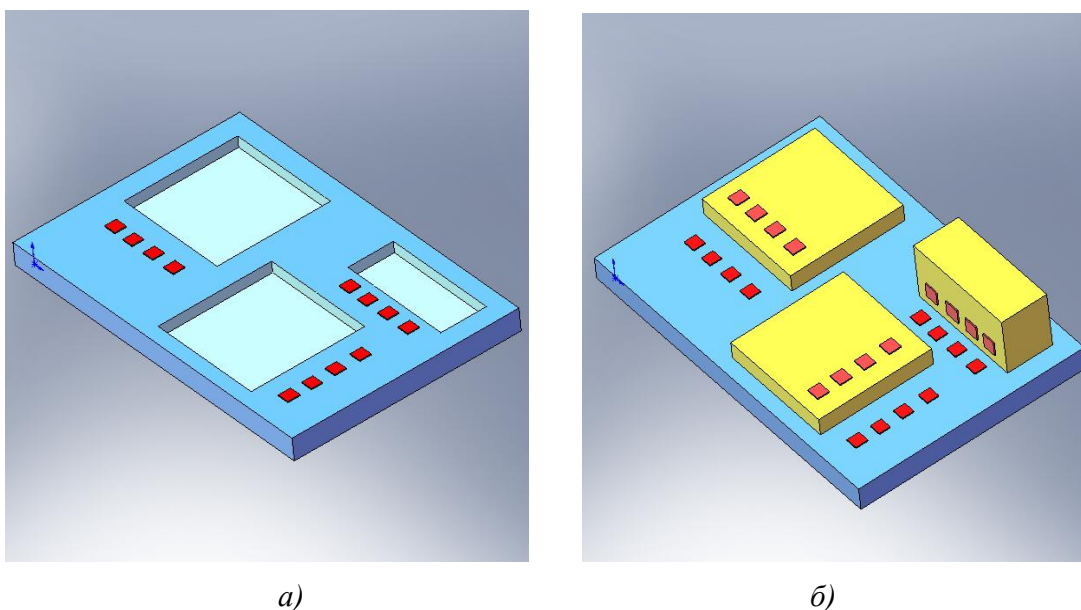
(сребро и злато). Дебљи филмови материјала остављају могућност да се на њих, поред мреже проводника, постављају и појединачне електронске компоненте.

LTCC-технологија има велику примену. Помоћу ње се могу правити и једнослојне компоненте, међутим највећа примена је код прављења вишеслојних компоненти и кола. Главне области у којима се примењује LTCC-технологија су: рад на високим фреквенцијама, микро- и мили-таласи, рад у захтевним окружењима (посебно на високим температурама и при високој влажности), модули за бежичну комуникацију, радио-фреквентне пасивне компоненте – индуктори, кондензатори, резонатори, филтри, антене, високо прецизни модули за више чипова, управљачки уређаји у авионској навигацији, медицински имплантати итд. [6].

Коришћењем LTCC-технологије избегавају се неки недостаци који су присутни код монолитне технологије и технологије дебелог филма, а поред тога она поседује и додатне предности. Паралелним процесирањем постиже се већа економичност производње у односу на уобичајену технологију дебелог филма. Сви кораци производње могу се аутоматизовати и на тај начин у потпуности искористити предност масивне производње [7].

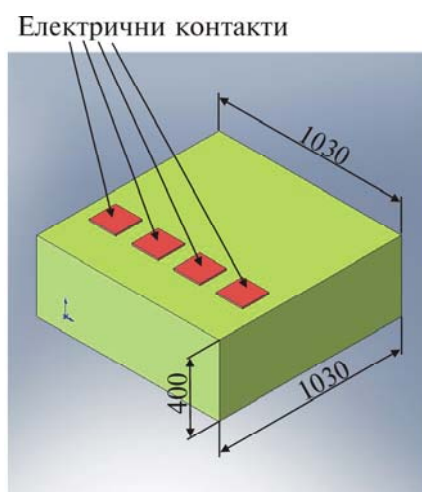
1.3 Пројектни задатак

Пројектним задатаком овог дипломског рада требало је развити један високопрецизан вишеслојни модул на коме ће бити монтирана три чипа. За израду модула ће се користити LTCC-технологија. На слици 1 је приказано како би требало да изгледа један модула без и са чиповима на њему.



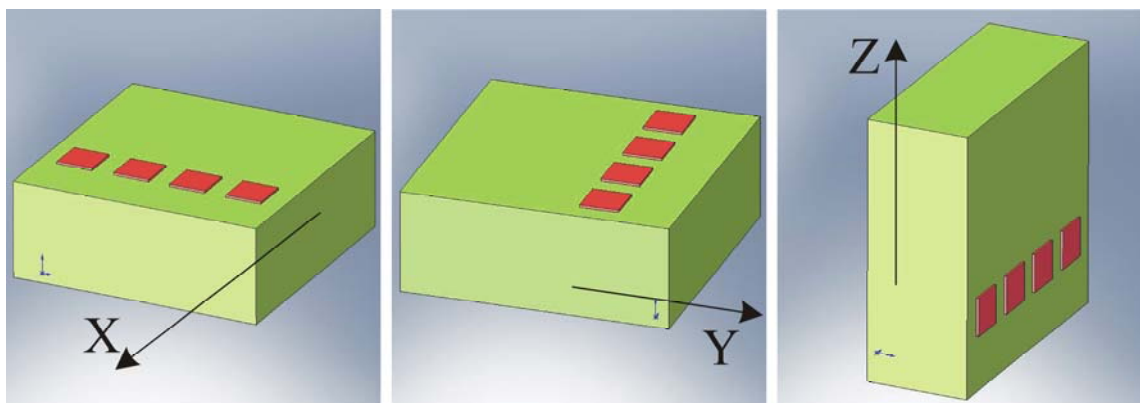
Слика 1: LTCC-модул са каналима за чипове (а) и са уметнутим чиповима у канале (б)

Као што се може видети са слике на модулу се налазе три удубљења – канала у која се стављају чипови. Чипови (детектори) служе за детекцију и мерење величине магнетног поља. Један чип мери величину магнетног поља у једном координатном правцу (x), други у другом (y), и трећи у трећем правцу (z). Када се сви споје на једном модулу добија се вектор магнетног поља. За овај пројекат биће коришћени AMR- (Anisotropic Magneto Resistive) сензори за мерење величине магнетног поља. Изглед једног AMR-сензора је приказан на слици 2.



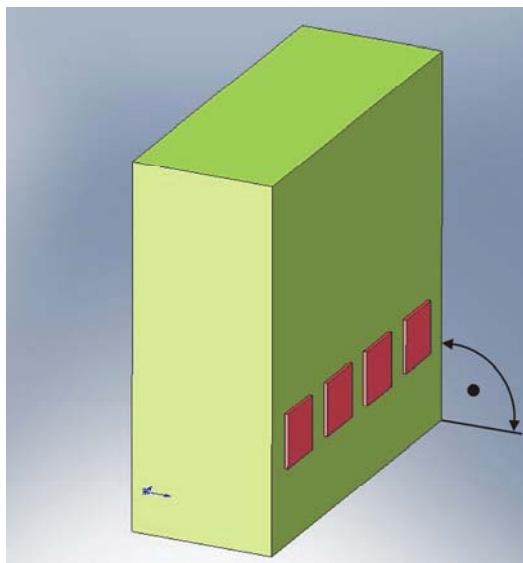
Слика 2: Димензије једног AMR-сензора (чип) [μm]

На слици 3 је приказана оријентација чипова на самом модулу јер је битно да сваки чип буде оријентисан у једном правцу координатног система.



Слика 3: Оријентација чипова на LTCC-модулу

Циљ је да буду прави углови између чипова и модула јер је битно да углови између x-, y- и z-координате буду прави. То посебно важи за чип у z-правцу јер је због његове висине и мале површине контакта са модулом теже постићи прав угао. Због тога се морају испробати разна конструктивна решења, а мерења и контроле одступања у току самог рада су веома важни како би се на крају добили задовољавајући резултати.



Слика 4: Прав угао између чипа у z-правцу и модула

За везу чипова са модулом биће испробане разне могућности лепљења и лемљења и на крају ће бити изабрана она која највише задовољава. Веома је такође битно да веза буде чврста односно да чипови буду фиксирани.

На самом крају, за везу готовог модула на електронску плочу биће коришћена технологија површинске монтаже (SMT – *Surface Mount Technology*).

4. Закључак

Технологија детектовања и мерења магнетних поља је била веома популарна у последњем веку. Интеграција више магнетских сензора на једном модулу представља изузетно нову технологију. Постоје веома велики број различитих сензора као што су Hall, AMR, GMR, GMI, итд.

Пројектни задатак овог дипломског рада био је монтирати три AMR-сензора на једном LTCC-модулу. Тај модул је прво печен у једној пећи и потом су монтирани чипови на њему. Један од највећих проблема је било лепљење и повезивање чипова са модулом.

Овај пројекат представља нови метод за монтажу више чипова на једном модулу. То је технологија нискотемпературне заједничко печене керамике. Ова технологија има многе предности, али главни проблем код ове технологије представља сакупљање LTCC-трака након процеса печења. Нова истраживања и будуће перспективе у производњи LTCC-материјала имају следеће циљеве: смањење сакупљања трака на минимум, уклањања стакла и олова, и многе друге. На крају овог пројекта дошло се до једног бољег метода за монтирање и повезивање чипова са модулом. Ради се повезивању Hall-ових сензора на модулу и то у фази пре печења тог модула. После тога модул заједно са чиповима се пече у пећи и тако се формира чврста веза. Није потребно накнадно лемљење и лепљење. Ово је могуће урадити са Hall-овим сензором зато што он може да поднесе високе температуре за разлику од AMR-сензора. Тиме се постиже краће време производње, а тим и нижа цена.

На крају овог пројекта, могу се навести следећи закључци:

- Даљина између канала за чипове не сме да буде мања од 100 μm јер се може догодити пуцање прелазног моста између канала.
- Квалитет самог модула зависи највише од дизајна структура за штампање проводника и за бушење отвора, тако да се на то мора највише обратити пажња.
- Ширина проводних линија препоручљиво је да буде 100 μm . Свака мања ширина може да проузрокује прекидање проводних линија.
- Препоручљиво је да минимална даљина између проводних путања буде минимум 100 μm . Ако је неопходно да буде мања, на пример 50 μm , тада постоји велика шанса да се након штампања две проводне линије додирну.
- За време бушења отвора, пет кружића (слика 43) су обавезни на сваком слоју јер без њих структура у току бушења отвора није фиксирана.
- Тестирање електричне проводљивости је могуће урадити једино пре сечења модула на крајње димензије јер након сечења модули су веома мали и веома је ташко ручно урадити тестирање.

Технологија спајања више чипова на модулу (MCM) представља идеалну солуцију за различите типове апликација. То представља најпрактичнији начин да се интегрише више компоненти на једном модулу.

Једна од најинтересантнијих области истраживања су LTCC-траке које се не скупљају после печења. Екстремно ниске вредности скупљања трака представљају изузетно велико побољшање за производњу, елиминишући тиме потребу за избацивању жртвујућег слоја, да би се редуковале толеранције сакупљања.

Литература

- [1] Павловић Н., Mikromehanika, Машински факултет, Ниш, 1998.
- [2] Niknejad A. M., Mayer R. G., Analysis, design, and optimization of spiral inductors and transformers for Si RF IC's, IEEE Journal of Solid-State Circuits
- [3] Десница В., Живанов Љ., Алексић О., Jenei S., Modeling and optimization of thick film solenoid-bar type inductors and transformers, COMPEL, 2000.
- [4] Golonka L.J., New application of LTCC technology , 28th Int. Spring Seminar on Electronics Technology, 2005.
- [5] Golonka L.J., Technology and applications of Low Temperature Cofired Ceramic (LTCC) based sensors and mycrosystems, Bulletin of the Polish Academy of Sciences, Technical Sciences, 2006.
- [6] LTCC Design Guide, Formosa Teletek Corporation, 2004.
- [7] Марић В., Живанов Љ., Стојановић Г., RF and MEMS Components in LTCC Technology, 6th Inr. Symp. on Interdisciplinary Regional Research, Novi Sad, 2002.
- [8] Tummala R.R., Ceramic and glass-ceramic packaging in the 1990s, J. Am. Ceram. Soc., 1991.
- [9] Chowdhry U., Sleight A.W., Ceramics substrates for microelectronic packaging, Ann. Rev. Mater. Sci., 1987.
- [10] Kelly G., Alderman J., Lyden C., Barrett J., Microsystem packaging: l lessons from conventional low cost IC packaging, J. Micromech Microeng., 1997.
- [11] Al-Taei S., Haigh D., Passiopoulos G., Multilayer ceramic integrated circuits (MCICs) technology and passive circuit design, Proceedings of the London Communication Symposium 2001.
- [12] Pitt K.E.G., Handbook of Thick-film Technology, Pitt, Electrochemical Publications Ltd., друго издање, 2005.
- [13] Jackson M., Pecht M., Lee S.B., Sandborn P., Integral, embedded and buried passive technologies, Calce Electronics and Products Center, 2003.
- [14] Chiriac V.A., Tom Lee T.-Y., Thermal assessment of RF integrated LTCC front end module (FEM), IEEE Trans. Adv. Pack., 2004.
- [15] Kulke R., Rittweger M., Uhlig PO., Günner C., LTCC-multilayer ceramic for wireless and sensor applications, 2001, IMST GmbH, сајт: <http://www.taconicadd.com/pdf/technicalarticles--ltccmultilayer.pdf>.
- [16] Barnwell P., Zhang W., Lebowitz J., Jones K., MacDonald N., Free C., Tian Z., An investigation of the properties of LTCC materials and compatible conductors for their use in wireless applications, Proceedings of the IMAPS International Symposium on Microelectronics, 2000, Бостон.
- [17] Jantunen H., Low temperature co-fired ceramic (LTCC) materials for telecommunication devices, PhD thesis, одсек за електро инжињење, Универзитет у Оулу, Финска, 2001.
- [18] Mistler R.E., Tape casting: past, present, potential, Am. Ceram. Soc. Bull., 1998.
- [19] Brook R.J., Materials Science and Technology, A Comprehensive Treatment, 17A, Processing of Ceramics, 1996.
- [20] Fournier Y., Bieri L.S., Maeder T., Ryser P., Influence of lamination parameters on LTCC shrinkage under unconstrained sintering, Proceedings of the 4th European Microelectronics and Packaging Symposium, 2006.
- [21] Anderson D., Trends in LTCC Processing, Proceedings of the 2003 Ceramic Interconnect Technology Conference, 2003.

- [22] Nishigaki S., Goebel U., Roethlingshoefer W., LTCC (LFC) material systems and its application in automotive ECU's, Proceedings of the IMAPS 2004 Meeting, 2004, Денвер
- [23] Kádár Z., Bossche A., Mollinger J., Integrated resonant magnetic-field sensor, Sensors and Actuators A: Physical, 1994.
- [24] Dong S., Li J.F., Viehland D., Ultrahigh magnetic field sensitivity in laminates of TERFENOL-D, Appl. Phys., 2003.
- [25] Daughton J., Chen Y., GMR Materials for Low Field Applications, IEEE Trans Magn, 1993.
- [26] Daughton J., Magnetic Field Sensors Using GMR Multilayer, IEEE Trans Magn, 1994.
- [27] Salmelin R., Hari R., Lounasmaa O. V., M. Sams, Nature, 1994.
- [28] Spong J.K., Giant Magnetoresistive Spin Valve Bridge Sensor, IEEE Trans Magn, 1996.
- [29] Smith N., Zeltser A., Yang D., Koeppe P., Very High Sensitivity GMR Spin-Valve Magnetometer, IEEE Trans. Magn., 1997.
- [30] Sablik M. J., Beech R., Tondra S., Designing a giant magnetoresistance field sensor via inferences from a giant magnetoresistance hysteresis model, J. Appl. Phys, 2000.
- [31] Pannetier M., Fermon C., Le Goff G., Simola J., Kerr E., Femtotesla Magnetic Field Measurement with Magnetoresistive Sensors, Science, 2004.
- [32] Smith C. H., Schneider R. W., Pohm A. V., High-resolution giant magnetoresistance on-chip arrays for magnetic imaging, J. Appl. Phys., 2003.
- [33] National Semiconductor, <http://www.national.com>