

# 멀티칩 기술을 이용한 ATM 교환기용 Switch 모듈 제작

論 文
49C-8-1

## Fabrication of Switch Module for ATM Exchange System using MCM Technology

朱 哲 源\* · 金 晶 薰\* · 韓 秉 誠\*\*  
(Chul-Won Ju · Cheong-Hoon Kim · Byung-Sung Han)

**Abstract** - We fabricated switch module of ATM(Asynchronous Transfer Mode) exchange system with MCM-C(MultiChip Module Co-fired) technology and measured its electrical characteristics. Green tape was used as substrate and Au/Ag paste was used to form the interconnect layers. The via holes were made by drill and filled with metal paste using screen method. After manufacturing the substrate, chips and passive components were assembled on the substrate. In electrical test, the module showed the output signal of 46.9MHz synchronized with input signal. In the view of substrate size reduction, the area of MCM switch module was 35% of conventional hybrid switch module.

**Key Words** : 멀티칩모듈, MCM-C, switch모듈, ATM교환기

### 1. 서 론

정보통신 시스템의 고기능화 및 고성능화(고속화)에 따라 고밀도실장 및 고속(고주파) 배선기술이 필요하다. 현재의 인쇄회로기판 및 hybrid기술로는 고밀도실장, 고속성능 구현, 방열처리 등에 한계가 있어 미국, 일본, 유럽에서는 멀티칩모듈(MCM : Multichip Module)기술의 개발 및 활용이 활발한데, 국내 시스템 분야에서는 이러한 기술의 활용 및 기술개발 현황은 시작단계이다. MCM이란 한 개의 기판(substrate)에 베어(bare)칩 상태의 여러개의 반도체소자와 수동소자(저항, 커패시터, 인덕터)를 실장시키기 때문에 MCM기판의 회로 점유밀도는 90% 정도로 높아 통상 10%에 불과한 PCB와는 밀도면에서 엄청난 차이가 있으며, 베어칩 간의 거리가 좁혀져 상호연결배선(interconnection)의 길이가 짧아지게 되어 패키지(package) 및 PCB에서 발생하는 지연시간을 감소시키므로 기존의 기술에 비하여 보드(board)에 실장시 속도향상, 보드 크기축소(size reduction), 높은 신뢰성을 갖는 장점을 갖고 있어 MCM 기술을 적용하면 시스템의 소형화, 고속화를 이룰 수 있기 때문에 '90년대 초부터 미국을 중심으로 본격 상용화 개발이 이루어져 왔으며, 활용분야는 슈퍼컴퓨터, 워크스테이션[1-2], 통신시스템[3], 군사무기, 의료기기[4], 자동차[5], 휴대용단말기[6], 소형전자기기[7] 등으로 사용분야는 넓다.

통신시스템은 고기능화 및 고성능화(고속화) 추세에 따

라 PCB에 실장되는 부품의 크기는 작아지는 반면 단위 면적당 부품의 수는 수배로 증가되는 추세에 있으며, 현재 널리 보급되고 있는 ATM(Asynchronous Transfer Mode) 교환기의 경우 많은 mother board 및 daughter board가 교환기에 실장되고 이들 board에 장착된 전자부품에서 많은 열을 방출하는데 PCB는 열방출 효율이 좋지않아 열을 방출하고자 많은 냉각용 팬(fan)이 시스템에 장착되어 기본적으로 시스템이 크다.

따라서 본 논문에서는 ATM 교환기내의 SMLA 보드 크기를 줄이고 240MHz의 고속신호를 처리하기 위하여 MCM 기술을 이용하여 ATM 교환기용 switch 모듈을 제작하였다. 현재 SMLA 보드에 실장되어 클럭 생성 및 분배 기능을 하는 switch 모듈은 hybrid 형태로 제작되는데 hybrid 모듈의 기판은 양면 기판으로 회로(Vcc, GND, Signal)가 기판 위, 아래에 형성되는데 비하여, MCM 모듈의 기판은 4층(Vcc, GND, signal 1, signal 2) 구조로 되어 있어 동일한 회로를 구성할 때 MCM 기판의 크기는 hybrid 기판의 2/3 이하로 작아져 모듈크기가 작아지고 이들 모듈이 실장되는 PCB 보드 크기 또한 작아짐으로 시스템의 크기가 작아진다. 본 논문에서는 switch 모듈을 MCM으로 제작하기 위하여 MCM-C기판을 설계하고, LTCC 공정을 이용하여 기판을 제작한 후 베어칩과 수동소자를 기판위에 장착한 후 패키징하여 switch 모듈의 전기적 특성을 평가하였다.

### 2. Switch 모듈 설계

#### 2.1 모듈 개요

Switch 모듈은 ATM 교환기의 SMLA 보드에서 nibble

\* 正 會 員 : 全 北 大 電 氣 工 學 科 博 士 課 程

\*\* 正 會 員 : 全 北 大 電 氣 工 學 科 副 教 授 · 工 博

接 受 日 字 : 1999年 11月 23日

最 終 完 了 : 2000年 7月 13日

클럭, nibble 셀동기, 2개의 bit clock을 제공하는 128pin power QFP type의 MCM 소자로서, GaAs gate array를 이용하여 PLL(Phase Locked Loop)기능중 위상비교 기능을 수행하는 CGDI(Clock Generation & Distribution Integrated circuit)와 bipolar technology 를 이용하여 PLL 기능중 charge pump 및 VCO 기능을 수행하는 FCOI(Filter & voltage Controlled Oscillation Integrated circuit)로 구성되어 PLL 기능을 수행한다. Switch 모듈은 SMLA보드에 실장되어 보드에 nibble 클럭(46.94 MHz, TTL : nrcp 명), nibble 셀동기(366.79 KHz, TTL : cs명), 비트 클럭(234.7 MHz, ECL Differential : vcp\_out 명)을 발생시킬 뿐만 아니라, LTGA(ALS 영역)와 SCDA(ACS 영역)에서 제공되는 이중화된 클럭(46.94 MHz, ECL Differential : 이하 nclk\_a, nclk\_b 명)과 SMLA보드에 실장되는 내부 백업 oscillator (46.94 MHz, ECL single ended : 이하 ref\_cp 명), FCOI에서 제공되는 비트클럭(234.7 MHz, ECL Differential : 이하 vcp 명)을 입력하여, nclk\_a, nclk\_b의 주파수 비교 및 감시 기능, ref\_cp의 천이 감시기능, nclk\_a, nclk\_b, ref\_cp중 정상 클럭 선택 기능, 프로세서 신호에 의한 클럭 절체 기능도 수행한다. MCM switch 모듈은 CGDI 칩 1개와 FCOI 칩 1개로 구성되며 개략적인 구성도는 그림 1과 같다.

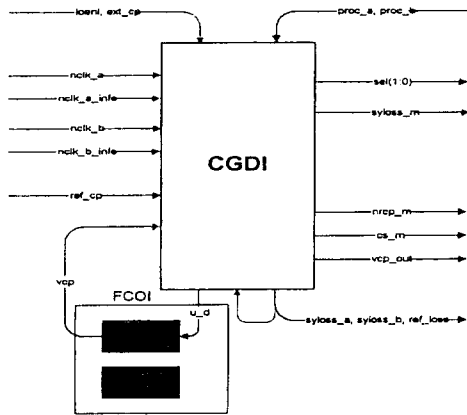


그림 1 Switch 모듈구성도  
Fig. 1 Block diagram of switch module

2.2 모듈 설계

Switch 모듈기판 크기는 실장되는 칩 및 수동소자의 수, 배선층 수, 칩 및 수동소자의 배치방법과 설계 규칙(design rule)에 따라 결정되는데, 제작되는 switch 모듈에는 chip 2개, 저항11개, 커패시터 5개를 실장한다. 이 모듈의 최대 동작 주파수는 300 MHz이고, 패키지 형태는 power QFP 160 pin, 열방출(power dissipation)은 3W, I/O pin 수는 45개로서 기판의 설계 규칙은 다음 표 1과 같다.

표 1 Switch 모듈의 설계규칙

Table 1 Design rule of switch module

항목	치수(μm)	항목	치수(μm)
배선폭	150	비아캡처	400
배선두께	7	비아간격	400
배선간격	200	칩패드크기	170x470
비아	150	기판패드크기	390x470

그림 2는 switch 모듈의 회로도(schematics)이고, 그림 3은 표 1의 설계규칙에 따라 MCM-station 설계 tool로 설계한 switch 모듈 기판의 최상층 layer의 배치배선을 나타낸 것이다.

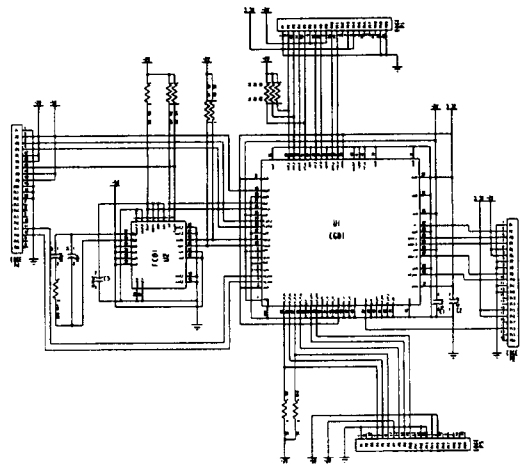


그림 2 Switch 모듈 기판의 회로도  
Fig. 2 Schematics of switch module substrate

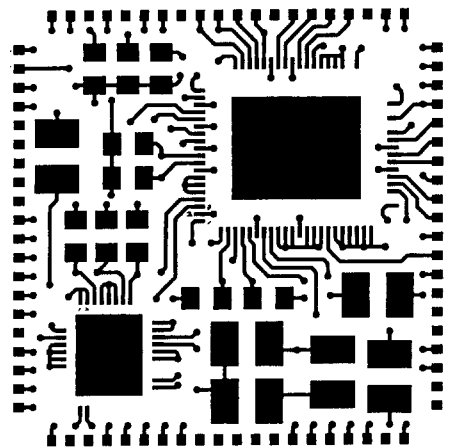


그림 3 Switch 모듈 기판의 top layer 배치배선  
Fig. 3 The layout for the top layer of switch module substrate

### 3. 모듈 제작 및 분석

#### 3.1 기판 제작

MCM은 기판을 제조하기 위한 재료 및 공정에 따라 MCM-L(Laminated), MCM-C(Cofired), MCM-D (Deposited) 의 3가지 형태가 있고, MCM-C는 소성(fire)온도에 따라 LTCC(Low temp cofired ceramics, <870 °C), HTCC(High temp cofired ceramics, >1500 °C)로 구분되는데, ATM 교환기의 멀티칩 switch 모듈은 3W의 열을 방출하므로 열방출 효과가 우수한 세라믹을 기판 재질로 사용하는 MCM-C의 LTCC 공정을 이용하여 다음 그림 4와 같은 공정으로 기판을 제작하였다.

기판제작에서 중요한 것은 금속배선 구조인데 일반적으로 LTCC에서 채택하는 금속배선은 전체 층(layer)을 Au 또는 Ag 페이스트(paste)로 스크린 프린트(screen print)하는 경우와 이 두 페이스트를 혼합하여 사용하는 3가지 경우인데, 본 기판 제작에는 이 3가지 형태의 페이스트를 사용하여 그 특성을 비교하였으며, 기판 재료는 그린테이프(greentape)를 사용하였다. 먼저 그린테이프에 드릴을 사용하여 직경 0.15 mm인 비아 홀(via hole)을 형성한 후 금속마스크 (metal mask)를 사용하여 페이스트를 스크린 프린트하는데 이때 그린테이프의 밑면을 진공으로 빨아들여 페이스트가 비아 홀에 잘 채워지도록 한다. 비아 공정 후 신호층, 전원층은 실크마스크 (silk mask)를 사용하여 페이스트를 스크린 프린팅하여 제작하는데, 신호층 및 전원층(VCC,GND) 제작 공정은 각층마다 병렬로 진행된다. 다음 공정은 이렇게 개별 공정된 각층을 적층(stack)한 후 70 °C에서 3분간 10톤 프레스로 압력을 가하여 붙인다(laminate). 이후 공정은 그린테이프를 기판 크기로 잘라낸 다음, 금속 페이스트에 남아있는 유기용제를 없애기 위하여 450 °C에서 72시간 열을 가하고(burn out), 마지막으로 850 °C에서 10분간 소성시켜(fire) 그림 5와 같은 switch 모듈 기판을 제작하였다.

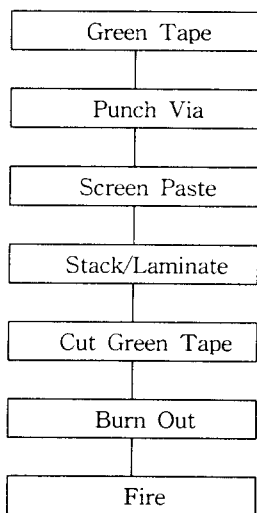


그림 4 MCM-C 기판 제조과정  
Fig. 4 Fabrication process of MCM-C substrate

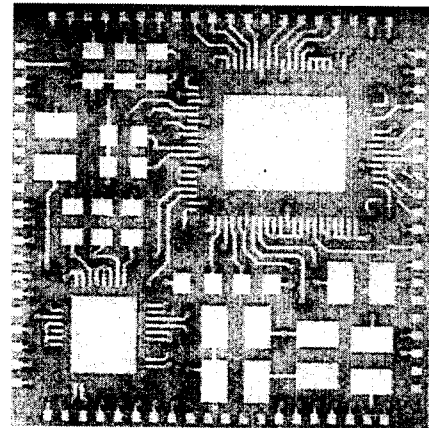


그림 5 Switch 모듈 기판  
Fig. 5 Substrate for the switch module

#### 3.2 기판 분석

LTCC에서 사용하는 금속 페이스트는 Au, Ag 또는 Au/Ag 혼합 페이스트를 사용하는 데, 본 기판 제작에서는 이들 3가지 형태의 페이스트를 각각 사용하여 배선의 연결상태를 전기적(단락, 개방상태)으로 측정하였으며, 또한 서로 다른 점도의 페이스트를 사용하였을 때 공정에서 나타나는 문제점을 살펴보았다. 전체 층(layer)이 Ag 페이스트일 경우 배선저항은 다른 페이스트에 비하여 낮지만 와이어 본딩(wire bonding)할 때 본딩상태가 완전하지 않아 본딩후 보강 작업이 필요하였으며, Au 페이스트를 사용하였을 때에는 문제점은 발견되지 않았지만 Ag 페이스트에 비하여 배선 저항은 상대적으로 높았다. Au/Ag 혼합 페이스트 사용시 최상층은 Au 페이스트로 프린팅하고 나머지 3개 층은 Ag 페이스트를 사용한 결과 배선의 단락(open)현상은 발견되지 않았다.

다음은 점도가 서로 다른 페이스트를 배선과 비아에 프린팅하여 페이스트의 점도가 끼치는 영향을 살펴보았다. 점도가 낮은 Ag 페이스트를 배선으로 사용하였을 때에는 문제가 없지만 비아 홀에 사용하였을 때에는 비아 홀과 비아 캡처(via capture) 간의 개방 현상이 다수 발생하였다. 이 현상은 비아를 채우고 있는 페이스트가 함유하고 있는 유기용제의 조성 비율 차이에 의한 것으로, 비아 프린팅 작업 후 소성공정에서 페이스트로부터 발생하는 가스에 의한 것으로 추정된다. 또한 비아 홀 프린팅과정에서 실크마스크를 사용하여 페이스트를 프린팅 하였을 경우, 페이스트가 충분히 채워지지 않는 현상이 발견되어 금속 마스크를 제작 사용한 결과 비아를 완전히 채울 수 있었다. 이러한 현상은 프린팅 작업시 기판 밑면에서 뽑아내는 진공으로 인하여 실크 마스크의 경우 마스크의 강도가 낮아 비아 홀 내부로 조금 유입된 것으로 추정된다.

MCM-C 기판 제작은 개별 공정된 5개 층을 적층한 후 프레스로 압력을 가하여 붙이기 때문에 층간의 정렬(alignment)

상태가 정확하지 않으면 비아 연결에서 많은 불량 현상이 발생한다. 그림 6은 5층 구조로 제작된 기판의 비아 연결 상태를 분석하고자 기판의 단면을 절단하여 SEM(Scanning electron microscopy)으로 촬영한 비아 사진으로 비아 홀 fill 공정과 stack 공정이 잘 되었음을 알 수 있다.



그림 6 비아 contact SEM 사진  
Fig. 6 SEM of the via contact

### 3.3 전기적특성 분석

Switch모듈의 주 기능은 시스템이 공급하는 클럭신호(nclk\_a, nclk\_b, ref-cp)에 동기된(synchronized) 정확한 46.94 MHz 출력신호(nrpc)를 재생하여 보드 내의 타 소자들에 공급하는 것이다. 그림 7. 8은 각각 digital oscilloscope를 사용하여 제작된 MCM switch 모듈의 입출력 신호를 측정 한 것으로, 그림 7에서 (a) ref-cp 신호는 외부입력신호로 logic level은 ECL로서 10:1 probe를 사용하여 측정 한 것으로 측정된 position이 -0.135 V이고 swing은 0.02 V이므로 실제 position 및 swing은 각각 -1.35 V, 0.2 V이며, (b) nrpc 신호는 출력신호로 logic level은 TTL로서 3 V를 나타 낸 것이고, 그림 8에서 nrpc 및 cs 신호는 각각 TTL 출력 신호를 나타낸 것이다.

그림 7 (a), (b)에서 입력신호(ref-cp)에 동기된 nrpc 출력 신호를 볼 수 있으므로, switch 모듈의 PLL 회로가 잘 동작 하고 있음을 알 수 있으며, 그림 8의 신호(b)로 표시한 출력 신호인 cs신호는 nrpc신호가 128분주된 신호로서 cs가 nrpc의 128주기에 한번씩 nrpc의 한주기 동안 로직 low의 상태를 나타낸 것이고, 파형에 step이 생긴 것은 기판의 신호배선에서 임피던스 정합(matching)이 정확하게 되지않아 발생된 반사파 때문에 생긴 것으로 보이지만 nrpc신호의 rising에서 cs신호가 low 이기 때문에 logic state에는 영향을 끼치지 않으므로 switch 모듈의 spec을 만족하고 있음을 알 수 있다. 또한 그림 7 (a)에서 측정 한 nrpc 신호의 period는 21 nsec로서 주파수는 47 MHz가 되는데, nrpc 신호는 FCOI에서 출력되는 비트클럭(VCP)을 5분주한 것임

로 FCOI에서 출력되는 비트클럭은 235 MHz가 됨을 알 수 있다.

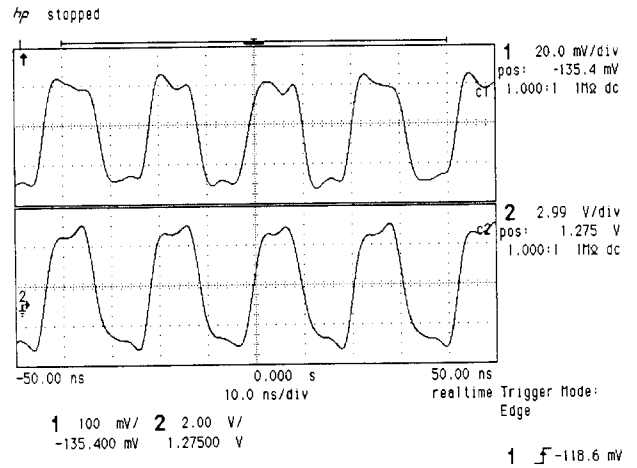


그림 7 ref-cp(a), nrpc 신호(b)  
Fig. 7 Signals of ref-cp(a) and nrpc(b)

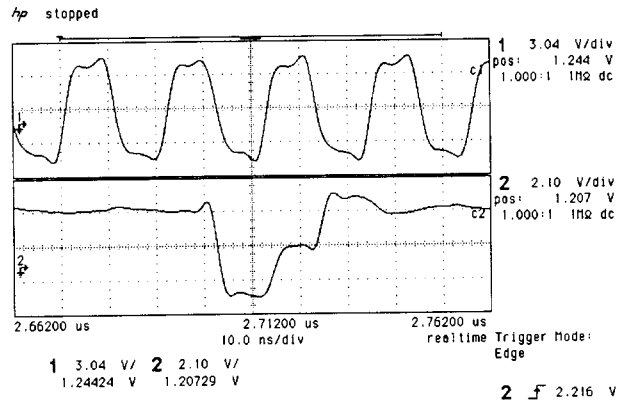


그림 8 nrpc(a), cs 신호(b)  
Fig. 8 Signals of nrpc(a) and cs(b)

### 4. 결 론

본 논문에서는 멀티칩모듈 기술을 이용하여 ATM교환기의 switch 모듈을 제작하고 전기적 특성을 평가하였다. Switch 모듈은 입력신호(ref-cp)에 동기된(synchronized) 정확한 46.94 MHz인 출력신호(nrpc)를 재생하였고, nrpc 신호가 128 분주되는 출력신호 cs도 재생하여 switch 모듈의 사양을 만족하였다. 모듈 기판 제작은 MCM-C의 LTCC 공정을 이용하였는데 금속배선 형성용 페이스트는 작업성 및 저항측면에서 최상층에는 Au 페이스트를 사용하고 나머지 층

에는 Ag 페이스트를 사용하는 것이 좋고, 비아 홀을 채우는 Ag 페이스트의 경우 배선에 사용되는 Ag 페이스트보다 접도가 높은 것을 사용해야 비아홀과 비아 캡처(via capture) 간의 개방(open)을 방지 할 수 있다. 또한 모듈 기판을 선폭 150  $\mu\text{m}$ , 선폭간격 200  $\mu\text{m}$ 로 제작한 결과 기판의 크기는 16x16 mm로서 hybrid 모듈 기판에 비하여 면적을 1/3로 축소시킬 수 있었다. 따라서 멀티칩모듈 기술을 활용하면 시스템, 특히 휴대 시스템을 소형화 시킬것으로 기대된다.

참 고 문 헌

[1] T.Okada, H.Hayashida, Y.Yamaji, S.Watanabe, T.Sudo and M.Hitosugi, "RISC Based Multichip Modules for Workstation Performance Comparison among Types of MCMs," Proc.International Conference on Multichip Modules, pp. 230-237, April, 1993.  
 [2] Michelle Hou, Amjad Nezami, Chris Furman, " Fujitsu /SUN Microsystems Ultrasparc-II i MCM", Proc.International Conference on High Density Packaging and MCMs, pp. 126-130, April, 1999.  
 [3] Naoaki Yamanaka, Ken-ichi Endo, Kouichi Genda,

Hideki Fukuda, Tohru Kishimoto, Shinichi Sasaki, " 320 Gb/s High Speed ATM Switching System Hardware Technologies Based on Copper Polyimide MCM," IEEE Trans.on Comp., Packag., Manufact., Technol.,Vol. 18, no 1, pp. 83-91, Feb. 1995.  
 [4] T.G.Tessier, M.Johnson and D.McCann, M.Schaldach, U.Franke and M.Starke, J.Muller, " A 3-Dimensional Laminate Multichip Module Technology for High Reliability Medical Electronics Applications," Proc. International Conference on High Density Packaging and MCMs, pp. 103-107, April, 1999.  
 [5] Arzu Simsek, Wilhard Strohschein, Herbert Reichl, " Multichip Modules for Automotive Applications,"Proc. International Conference on High Density Packaging and MCMs, pp. 58-63, April, 1999.  
 [6] Georg Meyer-Berg, " A digital cellular phone MCM manufacturing report," Proc. International Conference on High Density Packaging and MCMs, pp. 231-236, April, 1999.  
 [7] W.B.Baringer, R.W.Brodersen, "MCMs for Portable Applications,"Proc.IEEE Multichip Module Conference, Sandia Cruz, CA., pp. 1-5, March, 1993.

저 자 소 개



주철원 (朱哲源)  
 1954년 6월 17일 생. 1977년 부산대 화학공학과 졸업. 1990년 동 대학원 전기전자과 졸업(석사). 1998년~현재 전북대 전기공학과 박사과정  
 Tel : 042-860-5738



한병성 (韓秉誠)  
 1951년 12월 22일생. 1988년 프랑스 루이파스퇴르대학 박사학위취득. 1988년 프랑스 CNRS(프랑스 국립과학연구소)연구원. 현재 전북대 공대 전기공학과 교수  
 Tel : 0652-270-2396

김정훈 (金晶薰)  
 1956년 10월 25일생. 1982년 전남대학교 공과대학 계측제어과 졸업. 1984년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1997년~현재 전북대학교 전기공학과 박사과정  
 Tel : 042-862-4297