

# 저전력 모터 구동을 위한 SOI 드라이브 IC 와 RC-IGBT를 탑재한 지능형 반도체 모듈

조정수, 박성범, 이준배, 정대웅,  
LS Power Semitech 연구개발 센터

## The Intelligent Power Modules Assembly with Reverse Conduction IGBTs and SOI Driver for Low Power Motor Drives

JeongSu Cho, SungBum Park, JunBae Lee, DaeWoong Chung  
LS Power Semitech R&D

### ABSTRACT

본 논문은 인피니언 테크놀로지스의 RC IGBT (Reverse Conducting Isolated Gate Bipolar Transistor) 와 SOI 드라이브 IC(Integrated Circuit)를 사용한 DIL(Dual In Line) 구조의 저전력 모듈인 CIPOS™ (Control Integrated POWER System) 제품을 소개한다. 이 전력 모듈은 최적의 게이트 구동회로, 트랜치 필드스톱의 RC IGBT를 사용하여 기존의 IGBT 와 Diode를 사용하는 구조에서 최소화 된 패키지 크기를 사용하여 높은 효율을 구현할 수 있다. 본 논문을 통하여 인버터의 어플리케이션에 적합하게 설계된 전력모듈에 대한 소개와 그 특징 및 시스템 구성을 위한 고려사항에 대하여 기술하였다.

### 1. 서 론

최근 기술의 방향은 에너지 절감과 환경오염에 대한 이해가 증가됨에 따라 고효율, 소형화 및 신뢰성과 환경규제를 만족하는 제품을 구현하는 것이 경쟁력으로 부각되고 있다. 이러한 기술은 냉장고, 세탁기 및 에어컨디셔너 등의 적용에도 예외가 아니며, 이러한 시장의 요구에 부합하여 본 제품이 개발되었다 [1]. 본 제품에 사용되는 인피니언 테크놀로지의 6 채널 드라이브 IC 및 IGBT 는 고밀도 적층형 구조를 통한 소자의 개수를 절감하여 저전력 및 후공정 어셈블리를 단순화하였으며 이를 통한 소형화를 실현하였다.

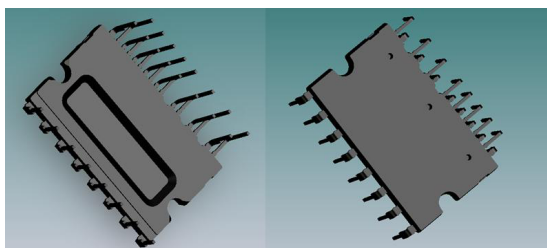


그림 1. DIP 구조의 CIPOS™ (Size : 36 X 21mm)

### 2. 모듈의 소개

#### 2.1 IGBT 와 FRD 를 일체한 RC-IGBT

본 제품에서는 스위칭 소자로 최첨단 설계기술로 만들어진 인피니언의 트랜치 필드스톱 IGBT의 차세대 버전인 RC

IGBT를 사용하였다. RC IGBT 는 기존 IGBT3급의 성능에 FRD(Fast Recovery Diode)를 하나의 Chip 으로 집적함으로써 초기 Model 인 펀치 쓰루(Punch Through) 세대와 비교하여 70%의 턴오프 손실개선, 30%의 컨덕션 손실개선 및 25%의 스위칭 손실개선을 실현하였으며, 전체 Assembly Size 및 공정을 절감하였고, 이로 인하여 동일 패키지에 고전력의 Chip 까지 탑재가 가능한 다양성을 확보하였다.

그림 2. 은 IGBT 세대에 따른 설계기술의 발전을 나타낸다. [2]

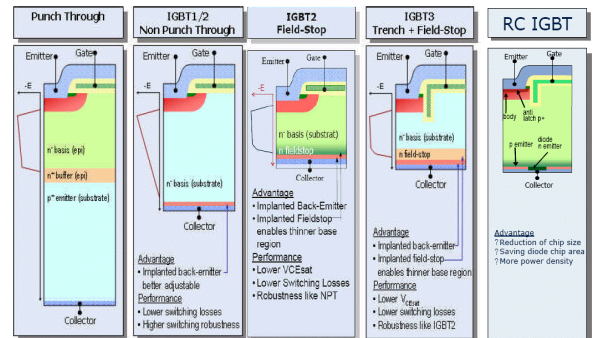


그림 2. IGBT 세대에 따른 설계 기술의 발전

#### 2.2 SOI 기반의 Drive IC

본 제품에서는 SOI(Silicon On Insulator) 기반의 Drive IC 를 적용하였다.. 그림 3. 과 같이 매복된 Silicon Oxide 층은 활성영역과 실리콘 Substrate 간의 절연영역을 형성하며, 활성영역 내부 요소들 간의 절연을 용이하게 한다. 이와 같은 구조는 기생누설전류를 제거하고, 높은 스위칭 속도와 온도에서의 래치업(Latch up) 효과를 근절한다[3].

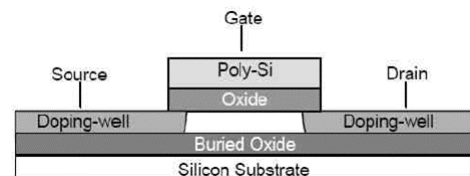


그림 3. SOI 기술기반의 FET 내부 구조

#### 2.3 어셈블리(Assembly)

##### 2.3.1 Package 구조

본 제품은 Drive IC를 탑재하는 PCB 부와 RC IGBT를 담

재하는 리드프레임(Lead frame) 구조로 크게 구성된다. PCB는 리드프레임의 고리구조를 사용하여 물리적으로 고정 연결되며, RC IGBT는 솔더를 이용하여 리드프레임과 연결된다. 각각의 전기적 신호들은 알루미늄 와이어(Al Wire)로 외부단자(Outlead)와 연결되어 회로를 형성한다.

패키지 형태는 그림 4. 과 같이 DIP(Dual Inline Package) 구조이며, IGBT의 발열을 고려한 구리(Cu)로 형성된 리드프레임의 패들(Paddle)들이 패키지 외부와 성형성에 문제가 없는 최소거리의 EMC(Epoxy mold compound)로 절연되어 있어 IGBT에서 발생하는 열 저항들을 DCB(Direct Copper Board) 등의 방열 재료의 삽입 없이 EMC와 리드프레임만으로 구성된 풀 패키지(Full package)구조로 가능하게 한 것이 기존의 제품과 다른 특징이다.

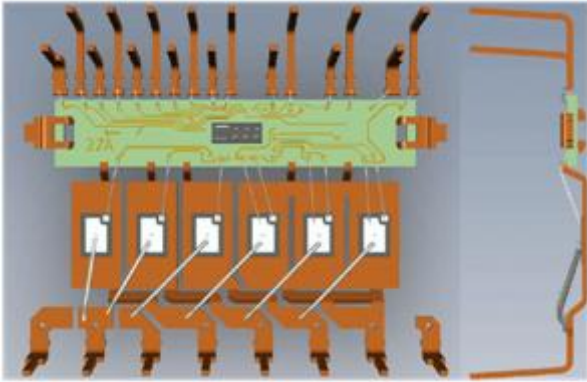


그림 4. Package 내부구조

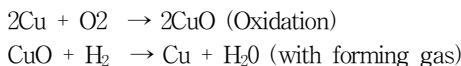
### 2.3.2 공정도

본 제품은 다음과 같은 순서로 조립된다.

#### 1) Solder die attach

리드 프레임과 RC IGBT를 전기적, 물리적으로 연결하는 공정으로, IGBT의 고열특성 때문에 높은 열 특성 및 고 신뢰성에서 안정적인 주석(Sn)을 주 성분으로 하는 솔더 와이어(Solder wire)를 사용하여 이중 접합을 한다. 이 때 작업 상 고열로 인하여 구리(Cu) 리드프레임이 산화되는 것을 방지하기 위하여 수소(H<sub>2</sub>)와 질소(N<sub>2</sub>)가스의 혼합인 포밍가스(Forming Gas)를 사용하여 구리의 산화를 방지한다. 구리의 산화물은 비전도성 물질로 후공정에 있는 알루미늄 와이어(Al wire) 본드 공정에서의 간섭을 유발하여 본드 연결성을 떨어뜨리며, 전기적 특성을 저해하므로 공정상 발생되지 않아야 한다.

다음은 포밍가스의 반응식이다.



#### 2) PCB Connection

리드 프레임과 PCB를 물리적으로 연결하는 공정으로 별도의 재료없이 리드 프레임의 후크(Hook) 설계 및 PCB 상의 홀(Hole)을 물리적으로 연결하여 구조의 안정성 및 재료의 손실을 최소화 하였다.

#### 3) Epoxy die attach

본 제품에서는 일반적으로 Component 타입 Drive IC를 SMT 공정을 통하여 PCB와 연결하는 공정 대신 Bare die 형

태의 Drive IC를 에폭시 수지를 이용하여 물리적으로 연결 후 금선으로 연결해 주는 공정을 적용하여 재료비 저감 및 공정 단순화를 적용하였다. 본 공정에서는 일정시간동안의 큐어링(Curing)을 통하여 젤 상태의 에폭시를 고형화 하여 Drive IC와 PCB 간의 결합력을 증가시킨다..

#### 4) Plasma Cleaning.

플라즈마 크리닝은 여러 공정들을 진행하면서 발생할 수 있는 PCB 위의 회로 패턴들간의 유기 오염물을 제거하고 금선(Gold) 결합공정에서의 높은 결합력을 얻기 위하여 필요한 공정이다. 플라즈마 상태의 챔버(Chamber)에 주입된 아르곤(Ar)가스들이 플라즈마 상태에서 일정량의 운동에너지를 갖는 여러 입자들과 PCB 표면에 고 에너지 이온을 충돌시켜 유기물들을 제거한다.

#### 5) Gold wire bond

Drive IC와 PCB Pattern 간에 금선(Gold wire)을 초음파, 온도, 압력 등의 물리적 에너지를 가하여 전기적으로 결선을 하는 공정이다.

#### 6) Al wire bond

RC IGBT, PCB 및 리드프레임 패턴간의 전기적 연결을 하며 전력량에 맞는 전류에 따라 권선의 크기가 결정된다. 본 제품에서는 300um 및 125um 2종의 알루미늄 와이어를 사용하였으며, 전력량에 맞추어 여러 종류의 권선을 사용할 수 있다.

#### 7) Mold

몰드(Mold)공정은 열 경화성 수지인 EMC(Epoxy mold compound)를 이용하여 Chip 및 회로 결선들을 외부의 물리적, 전기적 영향에 보호하기 위하여 필요하다. 풀 패키지 형태의 몰드에서는 모든 재료들을 EMC 수지로 성형하기 때문에 성형에서 발생할 수 있는 보이드(Void) 및 미충진(Unfill) 등을 해결하는 것이 기술이다. 그림 5. 와 같이 몰드 흐름성(Mold flow balance)에 대한 시뮬레이션(Simulation)을 통한 성형틀 내의 EMC 수지 충전속도를 사전 점검하여 설계에 반영하여, EMC의 최적 사용량 및 품질문제를 개선하였다.

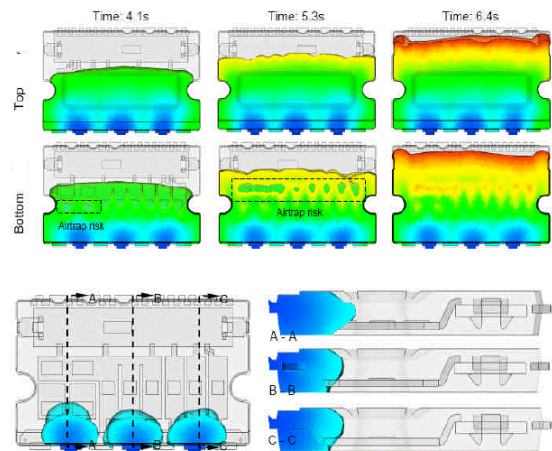


그림 5. Mold 수지의 흐름

#### 8) Trim & Form

Trim 은 Mold 공정에서 EMC가 Package body 외부로 흐르지 못하게 설계된 댐바(Dambar)를 제거하고, Form 공정에서는 최종의 외부 단자(Outlead)의 모양을 형성하게 된다. 본 제품은 그림 1. 및 그림 6. 의 단면도 우측과 같이 패키지 크기를 최소화하고 각 단자 사이의 절연거리를 확보하기 위하여 지그재그(zigzag) 형태의 아웃리드를 구성하여 절연특성을 만족하였다.

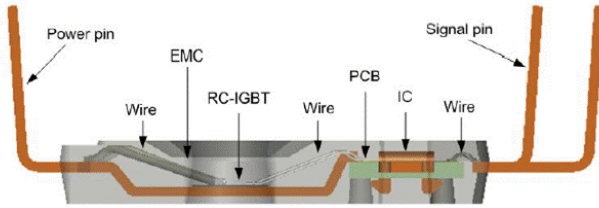


그림 6. Package 단면도

### 2.3.3 신뢰성

본 제품은 JESD22 A102, JESD22 A103 및 JESD22 A104에 근거한 패키지 신뢰성 test 인 HTS(High Temperature Storage) 1000시간, TC(Temperature cycle) 1000cycle 및 AC(Auto clamp) 96 시간을 통과하여 품질을 보증한다.

## 3. 결 론

본 논문은 인피니언 테크놀러지의 SOI 드라이브 IC 와 RC IGBT를 사용한 최소형 LS 파워세미텍의 지능형 반도체 모듈에 대한 소개를 하였다. 본 논문에서 소개된 제품은 소자의 개수의 절감, 최소한의 재료 및 최대한의 공정 단순화를 통하여, 후공정 어셈블리의 소형화를 실현하였다.

## 참 고 문 헌

- [1] W. Frank, J. Oehmen, A. Arens, D. Chung, J. Lee, "A new intelligent power module for home appliances", Proceedings of PCIM 2009, Nuremberg, Germany.
- [2] H. Ruething, F. Hille, F.-J. Niedernostheide, H.-J. Schulze, B. Brunner, "600V Reverse Conducting (RC-) IGBT for drives Applications in Ultra-Thin Wafer Technology", ISPSD 2007.
- [3] R. Keggenhoff, Z.Liang, Andre Arens, P. Kansch, R. Rudolf. 'Novel SOI Driver for Low Power Drive Applications', Power Systems Design Europe Nov.2005