

실리콘을 대체해 고효율·고주파 전력 설계를 지원하는 질화갈륨(GaN)

GaN takes the baton from silicon to support high efficiency, high frequency power designs

글/용 앙(Yong Ang), 은세미컨덕터 전략 마케팅 디렉터

전력 밀도는 효율성과 스위치 주파수가 높아짐에 따라, 모든 전력 전자 기술 애플리케이션에서 주요 측정 기준들 중 하나로 평가받는다. 실리콘 기반 기술은 진화의 한계에 봉착하였고, 설계 엔지니어들은 현재 솔루션을 제공할 때 질화갈륨(GaN)과 같은 와이드밴드갭 기술을 고려하는 중이다.

새로운 기술로서는 드물게 GaN은 기존의 기술인 실리콘보다 기본적으로 비용이 더 저렴하다. GaN 디바이스들은 실리콘 디바이스들과 동일한 공장에서 같은 제조 공정으로 생산된다. 따라서 GaN 디바이스는 같은 실리콘 디바이스보다 작기 때문에, 웨이퍼 당 더 많이 생산될 수 있어 개당 비용을 감소시킨다.

새로운 기술로서는 드물게 GaN은 기존의 기술인 실리콘보다 기본적으로 비용이 더 저렴하다. GaN 디바이스들은 실리콘 디바이스들과 동일한 공장에서 같은 제조 공정으로 생산된다. 따라서 GaN 디바이스는 같은 실리콘 디바이스보다 작기 때문에, 웨이퍼 당 더 많이 생산될 수 있어 개당 비용을 감소시킨다.

Power density is one of the key metrics in all power electronics applications and this is driven, in no small part, by greater efficiency and higher switching frequencies. As silicon-based technology approaches its evolutionary limits, design engineers are now looking to wide bandgap technologies such as gallium nitride (GaN) to provide a solution.

Unusually for a new technology, GaN is inherently lower cost than the technology it will supercede, namely silicon. GaN devices are produced in the same factories as silicon devices, using the same manufacturing procedures. So, as GaN devices are smaller than the equivalent silicon device, more can be produced per wafer, thereby lowering the individual cost of each one.

GaN has a number of performance advantages including an electron mobility that is far greater than that of silicon (3.4eV vs. 1.1eV) which gives it the potential to conduct electrons more than 1000 times more efficiently than silicon. Significantly, the gate charge (QG) is lower with GaN and, as this has to be replenished during every switching cycle, GaN is able to be operated at frequencies

GaN은 성능상의 장점들이 많다. 그 중 하나로는 전자 이동도가(3.4eV vs. 1.1eV) 실리콘보다 훨씬 높아 1,000배 더 효율적으로 전자를 전도할 수 있는 가능성이 있다. 특히, 게이트 전하량(QG)은 GaN를 사용할 때 더 낮게 나타난다. 이것은 매 스위칭 사이클 동안 charging되어야 하는데, GaN는 스위칭에 의한 효율 감소를 크게 하지 않고도 1MHz까지의 주파수에서 작동될 수 있다. 반면, 실리콘은 주파수가 100 kHz를 초과하면 효율 감소를 더 고려해야한다. 실리콘과는 달리 GaN은 바디 다이오드가 없고, 알루미늄질화갈륨(AlGaN)/GaN 경계면의 2DEG가 전류를 역방향으로 전도할 수 있다(‘제3사분면’ 작동이라고 알려짐). 결과적으로, GaN에서는 역방향 회복 전하량(QRR)이 없어 하드 스위칭 애플리케이션에 이상적이다.

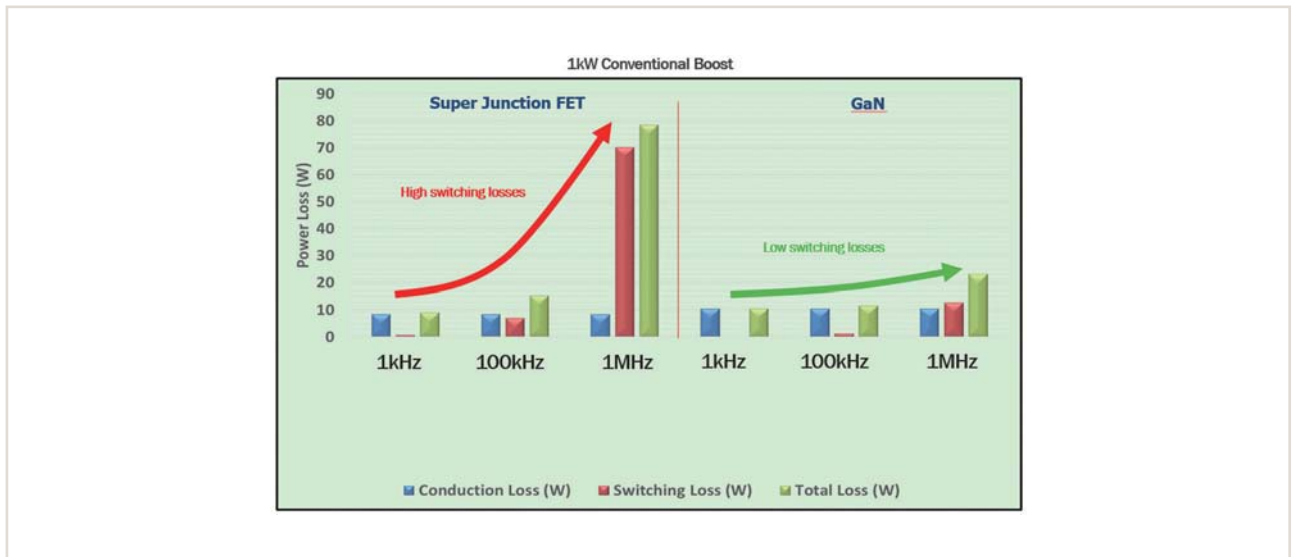
GaN은 한정된 수준의 에벌런치(avalanche) 능력을 가지고 있으며 실리콘보다 과전압에 더욱 민감하다. 따라서 드레인에서 소스간의 전압(VDS)이 레일 전압(입력전압)에 클램프 되는 하프 브릿지 토폴로지에 적합하다. GaN에 바디 다이오드가 없다는 특징은 하드 스위칭 토폴 PFC(power factor controller) 사용에 적합하며, 공진형 LLC 및 액티브 클램프 플라이백과 같은 ZVS(Zero-Voltage Switching) 애플리케이션에 사용될 때도 아주 적합하다.

up to 1 MHz without efficiency degradation while silicon struggles above 100 kHz. Also, unlike silicon, GaN has no body diode and its 2DEG at the AlGaN / GaN boundary surface can conduct current in the reverse direction (known as ‘third quadrant’ operation). As a result, there is no reverse recovery charge (QRR) with GaN, making it ideal for hard switching applications.

GaN does have limited avalanche capability and is more sensitive to overvoltage than silicon, so is ideal in half-bridge topologies where the drain-source voltage (VDS) is clamped to the rail voltage. The lack of a body diode makes GaN a good choice for hard switching totem pole PFC and GaN is also well suited to use in zero-voltage-switching (ZVS) applications, including resonant LLC and active clamp Flyback.

Fast charging adapters at power levels around 45 W to 65 W will benefit from GaN-based active clamp Flyback, while LLC-based GaN is being adopted in 150 W to 300 W power adapters for high-end notebooks, such as those intended for gaming. In these applications, the use of GaN technology doubles the power density, making

그림 1. GaN은 고속 스위칭에 최적화 되었다.



약 45W에서 65W의 전력 수준으로 고속 충전하는 어댑터들은 GaN 기반의 액티브 클램프 플라이백에서 혜택을 받게 된다. GaN을 적용한 LLC 토폴로지도 게임 용도 등으로 사용되는 고급 노트북의 150W에서 300W 전력 어댑터에 도입된다. 이러한 애플리케이션에서 GaN 기술은 전력 밀도를 두 배로 키워주며, 어댑터를 작고 가볍게 만들어준다. 특히 관련 자성부품들의 크기를 축소시킬 수 있다. 예컨대, 전력 변압기 코어를 RM10에서 RM8까지의 로우 프로파일 및 평면 설계로 할 수 있다. 따라서, 많은 애플리케이션에서 전력 밀도는 두 배 혹은 세 배까지도 향상되며, 전력 밀도 수치로는 30 W/in³까지 도달할 수 있게 되었다.

GaN이 사용될 수 있는 고전력 애플리케이션으로는 전력 서버를 위한 전력 공급, 클라우드, 통신 시스템 등이 있으며, 특히 토렘폴 PFC에 기반한 애플리케이션 등이 있다. 이러한 애플리케이션에서 GaN은 99%이상 효율성을 높일 수 있다. 결과적으로 이러한 시스템들이 80+ 티타늄 기준 등의 지극히 중요하고 엄격한 효율 기준을 충족할 수 있도록 해준다.

GaN 디바이스의 작동 방법은 상대적으로 민감도가 높은 게이트 산화물을 보호하는데 대단히 중요하다. 디바이스가 켜져 있는 시간 동안 아주 정확하게 조절된 게이트 드라이브 진폭을 제공하는 것이 특히 중요하다. 이것을 달성하는 한 방법으로는 기존의 실리콘 MOSFET 게이트 드라이버에 LDO를 추가하는 것이다. 그러나 이 방법으로는 게이트 드라이브의 성능을 감소시킬 수 있는 단점이 있으므로, GaN을 작동시키기 위해 특별히 설계된 하프브릿지 드라이버를 사용하는 방법이 선호된다.

구체적으로, 실리콘 MOSFET 드라이버의 일반적인 전달 지연시간은 약 100ns이며 이 수치는 500kHz에서 1MHz 사이의 속도로 GaN 디바이스를 작동시키기에는 적합하지 않

the adapters both smaller and lighter. In particular, associated magnetic components are able to be reduced in size. For example, the power transformer core can be reduced from an RM10 to an RM8 low profile or planar design. In many applications, the power density is thus doubled or even tripled, making power densities of 30 W/in³ achievable.

In higher power applications, such as power supplies intended to power servers, the cloud and telecom systems, especially those based upon a totem pole PFC, GaN is enabling efficiencies in excess of 99%. This allows these systems to meet the all-important (and rigorous) efficiency standards such as 80+ titanium.

The method used to drive GaN devices is critical to protect the relatively sensitive gate oxide. It is especially important to provide a precisely regulated gate drive amplitude during the time the device is turned ON. One means of achieving this is to add an LDO to an existing silicon MOSFET gate driver. However, this can compromise the gate drive performance so, using a half bridge driver designed specifically for the purpose of powering GaN is preferred.

More specifically, the typical propagation delay time for a silicon MOSFET driver is around 100 ns which is not suitable for driving GaN devices at speeds between 500 kHz and 1 MHz. For speeds such as these, the propagation delay should ideally be no more than 50 ns.

Due to the lower capacitances, a high voltage slew rate can be seen between the drain and source on GaN devices. This can lead to premature, even catastrophic, failure of the device — especially in high power applications. To prevent this, high levels of dv/dt immunity (in the region of 100 V/ns) are necessary.

The PCB can have a material effect on performance in GaN designs, so techniques commonly use in RF-type layouts are often used. It is also advised to use low

 GaN이 사용될 수 있는 고전력 애플리케이션으로는
 전력 서버를 위한 전력 공급, 클라우드,
 통신 시스템 등이 있으며, 특히 토렘폴 PFC에
 기반한 애플리케이션 등이 있다.

온세미컨덕터의 NCP51820 제품은 GaN 기술과 함께 사용하도록 특별히 설계된 업계 최초의 하프브릿지 게이트 드라이버이다. 이 제품은 5.2V 게이트 드라이버로서 통상 전달 지연시간은 25ns 정도밖에 되지 않는다. dv/dt 면역성을 최대 200V/ns까지 가지며 낮은 인덕턴스의 PQFN 패키지이다.

다. 이러한 속도에서는 이상적으로 전달 지연시간이 50ns를 초과해서는 안된다.

낮은 커패시턴스 때문에 GaN 디바이스에서는 드레인에서 소스까지 고압의 슬루레이트(Slew rate)가 나타난다. 이는 특히 고전력 애플리케이션에서 조기에 혹은 치명적인 장치 오류가 발생할 수 있다. 해당 현상을 방지하려면, 높은 수준의 dv/dt 면역성(100V/ns 정도)이 요구된다.

PCB는 GaN 설계 성능에 중요한 영향을 미칠 수 있으므로 RF-타입 레이아웃에서 활용되는 기술이 활용된다. 또한 게이트 드라이버에 낮은 인덕턴스 패키지(PQFN 등)를 사용하는 것이 좋다.

온세미컨덕터의 NCP51820 제품은 GaN 기술과 함께 사용하도록 특별히 설계된 업계 최초의 하프브릿지 게이트 드라이버이다. 이 제품은 5.2V 게이트 드라이버로서 통상 전달 지연시간은 25ns 정도밖에 되지 않는다. dv/dt 면역성을 최대 200V/ns까지 가지며 낮은 인덕턴스의 PQFN 패키지이다.

GaN 기술의 발전과 도입이 처음에는 저전력 고속충전 USB PD 어댑터 및 게임용 노트북의 고전력 어댑터와 같은 애플리케이션으로부터 시작될 것이다. 이는 높은 스위칭 주파수가 필수적인 이러한 애플리케이션을 지원하는 컨트롤러와 드라이버의 가용성 때문이며, 그 결과 설계 주기 시간이 단축된다. 서버, 클라우드 및 통신과 같은 고전력 애플리케이션을 위한 적합한 드라이버, 컨트롤러와 모듈 솔루션이 공급됨에 따라 GaN은 해당 분야에도 도입될 것이다. **SN**

그림 2. NCP51820 제품은 고성능이며, GaN 전력 스위치의 650V 하프브릿지 게이트 드라이버이다.



inductance packages (such as PQFN) for the gate driver.

ON Semiconductor's NCP51820 is the industry's first half bridge gate driver that is specifically designed for use with GaN technology. It features a regulated 5.2 V gate drive with a typical propagation delay of just 25 ns. It has dv/dt immunity up to 200 V/ns and is available in a low inductance PQFN style package.

The growth and adoption for GaN technology will initially come from applications such as the lower power fast charging USB PD power adapters and higher power adapters for gaming laptops. This is primarily due to the availability of controllers and drivers to support these applications that require high switching frequencies, thereby reducing design cycle times. As suitable drivers, controllers and module solutions become available for higher power applications such as servers, the cloud and telecom, then GaN will also see adoption there. **SN**