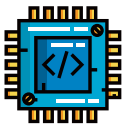


다공성 질화물 반도체 상의 고품질
비극성 / 반극성 소자 및 그 제조 방법



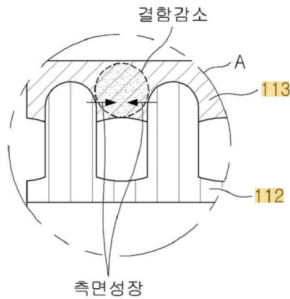
분야 - IT 반도체 제조

<div><div>한국공학대학교 TECH UNIVERSITY OF KOREA</div></div> <div>담당자. 이재호 A. 경기도 시흥시 산기대학로 237 T. 031-8041-0640 E. rtpw10@tukorea.ac.kr</div>			
출원번호	10-2009-0098521	출원일자	2009. 10. 16
등록번호	10-1082788	등록일자	2011. 11. 07
출원인	한국공학대학교 산학협력단	대표발명자	남옥현

■ 기술개요 및 대표도면

영비극성/반극성 질화물 반도체층 성장이 가능한 사파이어 결정면 위에 질화물 반도체 결정을 형성하여 극성 질화물 반도체의 활성층에서 발생하는 압전현상(piezoelectric effect)을 제거하고, 사파이어 기판 위에 다공성 (porous) 질화물 반도체층(예를 들어, GaN 층)을 형성한 후 그 위로 질화물 반도체층(예를 들어, InxAl_yGa_{1-x-y}N(0≤x≤1, 0≤y≤1, 0≤x+y≤1)층)을 재성장시켜 GaN 층의 결함 밀도를 줄이고 내부양자효율과 광추출 효율을 향상시킨 고품질 비극성/반극성 반도체 소자 및 그 제조 방법에 관한 것으로,

비극성 또는 반극성 질화물 반도체층의 성장을 위한 결정면을 갖는 사파이어, SiC, 또는Si기판 상에 템플레이트층과 반도체 소자 구조를 형성하는 반도체 소자의 제조 방법에서, 상기 기판 위에 질화물 반도체층을 형성하고 상기 질화물 반도체층을 다공성으로 표면 개질 한 후, 상기 표면 개질된 질화물 반도체층 위로 질화물 반도체층을 재성장한 상기 템플레이트층을 형성하고, 상기 템플레이트층 위에 상기 반도체 소자 구조를 형성하는 반도체 소자의 제조 방법을 개시함.



기술의 특징 질화물 반도체층은 사파이어 기판 위에 저온 버퍼층을 형성한 후 GaN를 형성하여 결정 결함을 감소시키고자 하나, 광소자 내의 결정 결함 문제는 충분히 해소되지 않고 있어 결정 결함으로 인하여 광소자의 휘도와 신뢰성이 저하되는 문제가 있어서 이를 해결하기 위한 방안으로 극성 GaN 질화물 반도체에서 발생하는 압전현상을 제거하기 위하여 비극성/반극성 질화물 반도체층 성장이 가능한 사파이어 결정면 위에 질화물 반도체 결정을 형성하되, 사파이어 기판 위의 템플레이트(template) 층에 형성된 다공성(porous) GaN 층 위로 InxAl_yGa_{1-x-y}N(0≤x≤1, 0≤y≤1, 0≤x+y≤1) 층을 재성장시켜 표면 형상을 향상시키고 GaN 층의 결함을 감소시킴으로써 결정품질을 향상시킬 수 있고, 이에 따라 소자의 내부양자효율과 광추출 효율을 향상시킨 고품질 비극성/반극성 반도체 소자 및 그 제조 방법에 특징이 있음.

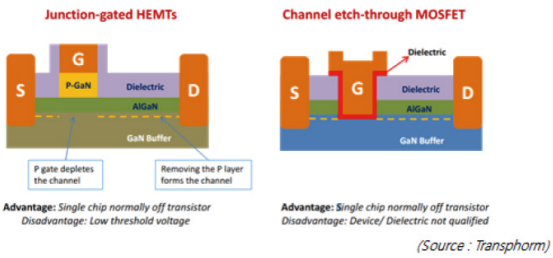
기술의 효과 반도체 소자 및 그 제조 방법에 따르면, 비극성/반극성 질화물 반도체층 성장이 가능한 사파이어 결정면 위에 사파이어 기판 위에 형성한 다공성(porous) GaN 층 위로 GaN 층을 재성장한 후, 그 위에 질화물 반도체 광소자를 형성함으로써, GaN 층에 낮은 결정 결함 밀도를 갖도록 할 수 있고, 이에 따라 반도체 소자의 신뢰성을 높이며 휘도 등 성능을 향상시킬 수 있음.

기술 동향 **01** 최초의 AlGa_xN/GaN HBT 소자와 GaN MOSFET소자는 1998년에 보고가 되었으며, Zhang 그룹에서는 2000년 p-n-p GaN BJT 소자를 개발하였음. GaN 반도체는 실리콘이나 GaAs와 비교하면 밴드갭 (E_g=3.4eV)이 넓은 특성과 고온(700℃) 안정성에 장점이고 GaN 전력반도체는 Si 전력 반도체에 비하여 낮은 온-저항 특성을 가지고 있으며, 이는 전력반도체 동작에 따른 스위칭 손실 최소화 및 시스템 소비전력 최소화의 장점이 있고 고효율용 GaN RF 전력증폭 소자의 전력밀도는 기존 Si-기반 LDMOS 트랜지스터보다 10배 이상 높아 제품의 소형화와 경량화를 통하여 30% 이상의 전력절감이 가능함. GaN 기반의 파워 디바이스는 실리콘카바이드 (SiC)를 이용한 하이 파워, 실리콘을 이용한 로 파워 디바이스의 중간 정도 전압(600V) 영역을 담당해줄 것으로 기대되고 있음.

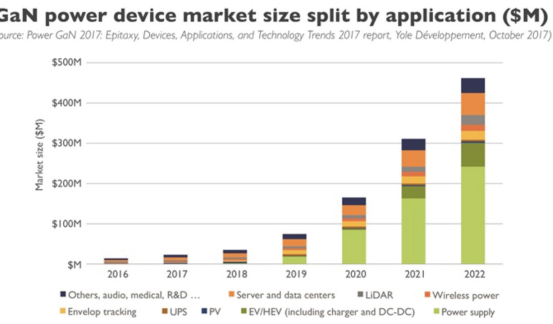
시장 동향

02 스위칭디바이스로는 게이트회로 고장 시 전류가 흐르지 않아 안전하고 단일 전원동작이기 때문에 전원회로가 단순하여 소형화가 가능하다는 이유로 normally-off(E-mode: enhancement모드) 스위치가 선호되고 GaN Transistor의 normally-off 동작은 불소 도핑, 소자 구조, Cascode 접속 3종류의 방법이 있는데, Transphorm, 샤프는 GaN Transistor에 Si-MOSFET을 Cascode 접속하는 방법을 채용하고 있으며, 독자의 소자 구조에서 실현하는 회사는 Efficient Power Conversion, Panasonic 등 이 있음.

< 그림 1. GaN Transistor의 Normally off Design 사례 >



< 그림 2. GaN 전력 디바이스 시장 전망 >

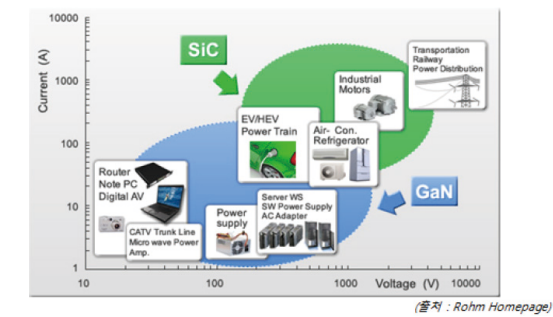


■ 기술의 분야 및 제품 및 특 · 장점

적용 분야

GaN 반도체 소자는 크게 광소자와 전자소자로 분류할 수 있으며, 전자소자는 다시 통신용 마이크로웨이브 소자와 전력전자용 스위칭 소자로 나눌수 있음. 광소자의 응용 분야는 휴대전화기, 자동차, 조명용 하이브리드 LED나 레이저 다이오드 등이 있으며, 전자소자의 응용 분야는 먼저 통신용으로 고효율, 고효율 GaN 전력증폭기는 이동통신 기지국, 위성통신, 선박 및 군수 레이더용 송수신 모듈의 핵심소자이고, 고속 및 저손실 전력 전자 분야에서는 가전제품, 산업체, 자동차, 그린에너지 시스템에 필요한 인버터 또는 컨버터를 구성하는 트랜지스터나 다이오드로 사용되며 GaN 전력반도체 소자를 인버터로 활용하면 전체적으로 에너지 Loss를 Si 반도체에 비해 75%정도 줄일 수 있는 것으로 나타나고 있음.

< 그림 3. GaN 전력소자와 SiC 전력소자의 사용 영역 >



기존기술 대비 특 · 장점 극성 GaN 질화물 반도체에서 발생하는 압전현상을 제거하기 위하여 비극성/반극성 질화물 반도체층 성장이 가능한 사파이어 결정면 위에 질화물 반도체 결정을 형성하되, 사파이어 기판 위의 템플레이트(template) 층에 형성된 다공성(porous) GaN 층 위로 InxAl_yGa_{1-x-y}N(0≤x≤1, 0≤y≤1, 0≤x+y≤1) 층을 재성장시켜 표면 형상을 향상시키고 GaN 층의 결함을 감소시킴으로써 결정품질을 향상시키는 특징이 있음.

■ 기술개발 단계(TRL 3단계)

기초연구단계		실험 단계		시작품 단계		실용화 단계		사업화 단계
1단계	2단계	3단계	4단계	5단계	6단계	7단계	8단계	9단계
기초이론/ 실험	실용목적 아이디어 특허 등 개념정립	실험실 규모의 기본성능 검증	실험실 규모의 소재부품 시스템 핵심 성능평가	확정된 소재부품 시스템 제작 및 성능평	파일럿 규모 시제품 제작 및 성능평가	신뢰성평가 및 수요기업 평가	시제품 인증 및 표준화	사업화