



# GIST(광주과학기술원) 보도자료

<http://www.gist.ac.kr>

보도 일시	<b>배포 즉시 보도 부탁드립니다.</b>	
보도자료 담당	홍보팀 김효정 팀장	062-715-2061 / 010-3644-0356
	홍보팀 이나영 선임행정원	062-715-2062 / 010-2008-2809
자료 문의	신소재공학부 김봉중 교수	062-715-2341

## 공기 수준의 낮은 유전율을 가지며

## 전기/유전적 파괴가 스스로 회복되는 캐퍼시터 개발

- 메모리/비메모리 분야의 반도체 집적 소자와 광대역 안테나, 우주항공 및 군사용 전자 기기의 저유전층에 적용 기대
- GIST 김봉중 교수 공동연구팀, 세계적인 나노분야 최고 권위지인 Nano Letters에 논문 게재

□ GIST(지스트, 총장 김기선) 신소재공학부 김봉중 교수와 캘리포니아 공대 줄리아 그리어(Julia R. Greer) 교수 공동연구팀이 유전율이 공기 수준으로 낮으며, 압축변형시 절연파괴 강도(dielectric breakdown strength)\*와 초저유전 절연체(Ultra low-k dielectric)\*\* 특성이 안정적으로 유지되고, 파괴가 일어나더라도 응력 제거시 스스로 회복되는 3차원-나노라티스(3D-nanolattice)\*\*\* 캐퍼시터를 세계 최초로 구현하였다.

\* 절연파괴 강도(Dielectric breakdown strength) : 전기적으로 절연된 물질 상호간의 전기저항이 감소되어 많은 전류가 흐르게 되는 현상을 절연파괴라 한다. 절연파괴 강도는 절연 물질의 절연특성이 얼마나 유지될 수 있는가에 대한 것으로 그 세기는 상용주파전압 및 뇌 인펄스 전압에 대한 절연파괴 전압 치로 나타낸다.

\*\* 초저유전 절연체(Ultra low-k dielectric) : 1.5이하의 낮은 유전 상수(dielectric constant, 전하 사이에 전기장이 작용할 때 그 전하 사이의 매질이 전기장에 미치는 영향을 나타내는 물리적 단위) 값을 가진 물질

\*\*\* 3차원-나노라티스(3D-nanolattice) 구조 : 정교한 삼차원 레이저 식각(3D laser printing)과 ALD(원자층 증착)기술을 이용하여 세라믹 나노튜브가 단위 셀 형태로 규칙적으로 배열된 3차원-나노라티스(3D-nanolattice) 구조, 유전율이 거의 공기 수준으로 낮고 동시에 기계적인 강도가 우수한 메타물질

◦ 또한, 이러한 회복이 일어나는 메카니즘을 실시간 이미징을 통한 기계적 특성 측정과 이론적 모델링, 그리고 전류-전압 곡선 분석을 통해 규명하였다.

□ 저 유전 상수를 가진 물질의 개발은 컴퓨터 프로세싱, 무선통신, 자율주행차 등 고효율 마이크로 전자기기의 응용분야에 핵심적인 역할을 담당하므로 각광을 받고 있다. 그러나 유전율을 낮추기 위해서 다공도(porosity)\*를 높이면, 기계 강도와 절연파괴강도가 심각하게 약해져 개발하는데 한계가 있어 왔다.

\* 다공도(Porosity) : 고체의 내부에 존재하고 있는 빈틈의 양으로, 다공질 물질에서 전 부피에 대한 구멍 부분의 부피 비율

□ 연구팀은 유전체의 유전율을 공기의 수준으로 낮추면서 필요한 물성을 확보하기 위하여 알루미늄(세라믹) 튜브로 이루어진 다공도 99%의 나노라티스 캐패시터를 제작하였다.

○ 이 캐패시터는 초저유전율( $k = 1.06-1.10$ )을 가지고, 동시에 30 MPa의 영률(Young's modulus)\*과 1.07 MPa의 항복 강도(Yield strength)\*\*, 그리고 압축응력 사이클시 모양의 회복이 가능하다. 이 구조체를 이용하여 최대 50%의 압축변형을 여러 번 반복하여 가해주면서 동시에 절연 파괴 특성, 유전 특성, 전도 메카니즘을 정량적으로 분석하였다.

\* 영률(Young's modulus) : 물체를 양쪽에서 잡아 인장 또는 압축 시킬 때 물체의 길이의 변화율과 인가된 응력의 비율로서 재료의 영구변형이 없는 탄성 변형구간의 강도를 의미

\*\* 항복 강도(Yield strength) : 재료가 영구 변형을 나타낼때의 응력으로, 탄성한계의 실제적인 근사값

○ 실시간 관찰 및 시뮬레이션을 통해 3차원-나노라티스의 전기적인 절연파괴 및 유전률의 상승은 약 50%의 응력 인가시, 나노라티스를 구성하는 나노튜브들이 좌굴(buckling)\*된 후 찢어지지 않아 발생하게 되었고, 응력이 줄어들어 따라 나노라티스의 형태, 절연파괴, 유전상수 모두가 동시에 복구됨을 규명하였다. 또한, 이러한 회복력은 전기적/기계적 충격이 반복될수록 영구적으로 좌굴된 튜브의 수가 증가되어 감퇴되게 된다. 이때의 전도성 메카니즘도 쇼트키 방출(schottky emission)\*\*에서 풀-프렌켈 방출(Poole-frankel emission)\*\*\*방식으로 변화하게 된다.

\* 좌굴(Buckling): 가늘고 긴 봉이나, 두께에 비해 폭이 큰 평판 등에 길이와 폭의 방향으로 압축 하중을 가하면 재료의 비례 한도 이하의 하중에 의해서도 구부러짐 즉, 큰 변형이 생길 수 있는데 이러한 현상을 말한다.

\*\* 쇼트키 방출(schottky emission): 전자관의 음극 표면으로부터의 열전자 방출이 전계에 의해 증가하는 현상

\*\*\* 풀-프렌켈 방출(Poole-frankel emission) : 보통 매우 큰 전계에 대하여 물질의 내부에서 대부분의 열전자 방출이 증가하는 현상

- 일반적으로 알루미늄으로 이루어진 박막구조에서는 불과 17%의 다공도만 주어도 전압을 인가하자마자 바로 파괴가 일어난다. 그러나 본 연구에서 개발된 99%의 다공도를 가지는 3차원-나노라티스 캐퍼시터는 200V의 전압에서 안정적이어서 전기적 강도가 매우 강함을 밝혔다.

□ 김봉중 교수는 “이번 연구 성과는 아직 국내외적으로 아무도 도달하지 못한 초저유전 물질의 응력에 따른 유전/전기적 특성을 정량화하고, 이들의 메카니즘을 규명한 첫 사례이며, 무엇보다 절연파괴 강도와 유전상수가 스스로 회복되는 캐퍼시터를 개발함으로써, 향후 유연한(flexible) 전자기기 시스템이나 전기/기계적 충격으로 잃어버린 정보를 복구할 수 있는 차세대 시스템에 이용할 수 있을 것으로 기대한다”고 말했다.

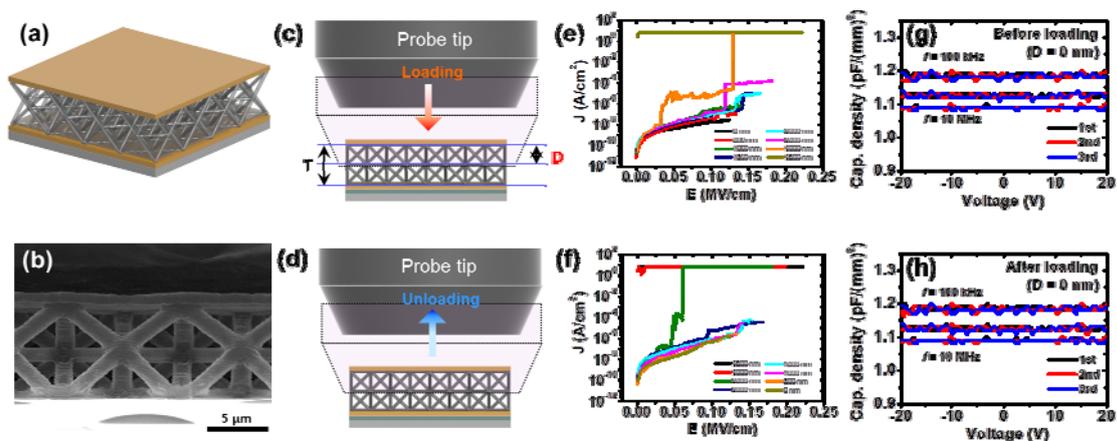
□ GIST 신소재공학부 김봉중 교수(교신저자)와 Julia R. Greer 교수(칼텍, 공동교신저자)가 주도하고, 김민우 연구원(GIST 신소재공학부)과 Max L. Lifson(Caltech) 연구원이 참여한 이번 연구는 GIST-Caltech 공동연구 과제 지원에 의해 수행되었으며, 연구 결과는 세계적인 나노분야 최고 권위지인 Nano Letters에 2019년 7월 12일자 온라인으로 게재되었다. <끝>

## 논문의 주요 내용

### 1. 논문명, 저자정보

- 저널명 : Nano Letters (2018 JCR Impact Factor: 12.279)
- 논문명 : Recoverable electrical breakdown strength and dielectric constant in ultra-low k nanolattice capacitors
- 저자 정보 : 김민우 (GIST 박사과정, 제1저자), Max L. Lifson (caltech, 제1저자), Gallivan Rebecca (caltech, 공동저자), Julia R. Greer 교수 (Caltech, 공동교신저자), 김봉중 교수 (GIST, 교신저자)

# 그림 설명



[그림 1] 본 연구팀에서 개발한 초저유전 캐퍼시터 및 압축변형에 대해 스스로 회복되는 절연과괴 강도와 초저유전 특성

(a,b) 초저유전 캐퍼시터의 모식도와 실제 SEM 이미지

(c,d) 압축 변형에 대한 전기/절연적 특성을 측정하는 모식도

(e,f) 압축 변형이 가해지고/풀어짐에 따른 누설전류밀도

(g,h) 압축 변형에 가해지고/풀어짐에 따른 캐퍼시턴스밀도