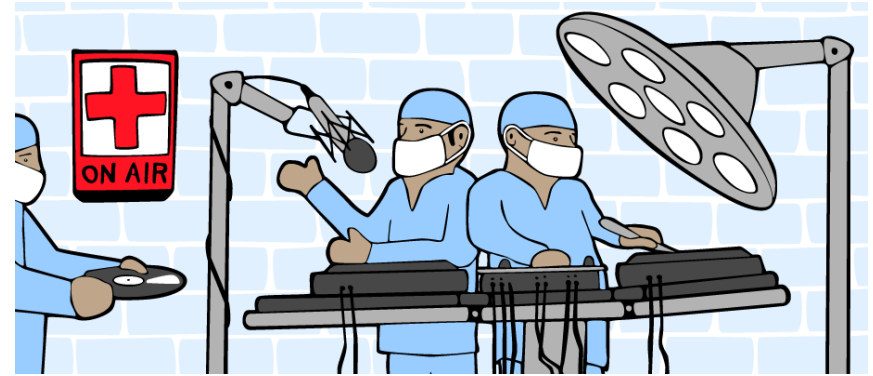
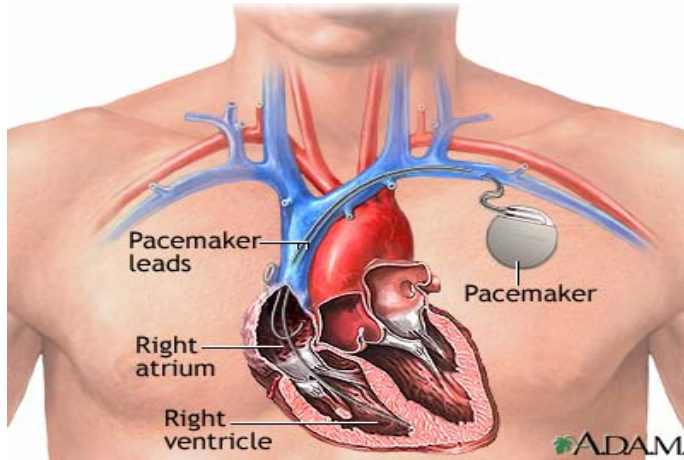


# 자가발전형 심장박동기 구현

Keon Jae Lee, Ph.D

Associate Professor, Dept. of Materials Science and Engineering  
Korea Advanced Institute of Science and Technology (KAIST)

# 인공심장박동기



- ✓생체 이식 형 의료기기
- ✓불규칙한 심장박동의 정상화

- ✓배터리 수명의 제한
- ✓주기적인 교체 수술 필요
- > 수술중 감염 또는 출혈 유발가능
- ✓ 자가발전 시스템의 필요성  
(e.g., Recharging Battery, Self-powered Stimuli)

# Self-powered Energy



Machines

Bio

**Self-powered Energy**

Electronics



Environment & Safety



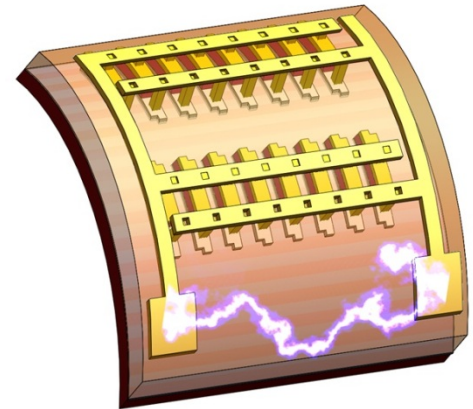
# 압전 자가발전기

## • 압전현상 : 기계적 에너지 → 전기 에너지



## • 유연한 자가발전기

플라스틱 기판의 작은 움직임 → 전기 생성  
(바람, 사람의 동작)



# 융합연구 역할체계 및 연구 수행과정

## 융합연구 역할체계

### KAIST 신소재공학과 (이건재 교수 연구팀)

유연한 압전 자가발전기의 제작 및 성능평가  
(신재생에너지/압전소재/반도체 공정기술 이용)

↑↓ (융합연구 및 상호협력)

### 연세대학교 세브란스 병원 (정보영 교수 연구팀)

유연한 압전 자가발전기를 이용한 인공심장박동 실험 실시  
(첨단 의료기술 이용)

## 융합 연구수행과정

고효율의 압전물질 탐색 (단결정 PMN-PT 박막선택)



니켈의 인장응력을 이용해 PMN-PT 박막을 웨이퍼로부터 박리



세계 최고성능의 유연한 압전 자가발전기 개발



유연한 압전 자가발전기를 이용한 심장박동 규칙화 성공

# 융합연구에서의 소통의 중요성

- 전문용어의 생소함 → 소통 및 학습을 통한 이해
- 거리적 제약 → 화상통화, SNS 등 적극 활용
- 수평적/열린자세의 의견교환 필요



## 긴밀한 소통, 융합연구의 성공 위한 조건

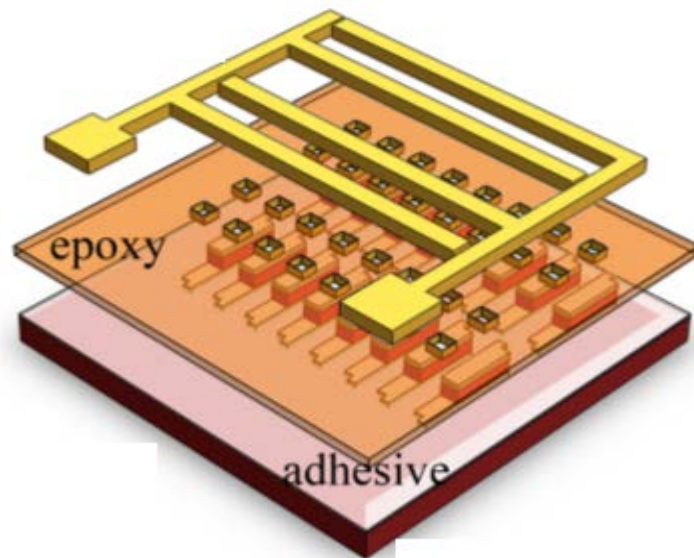
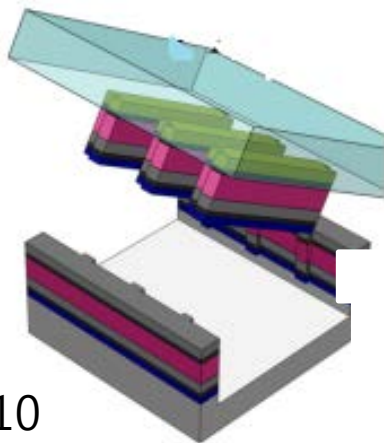
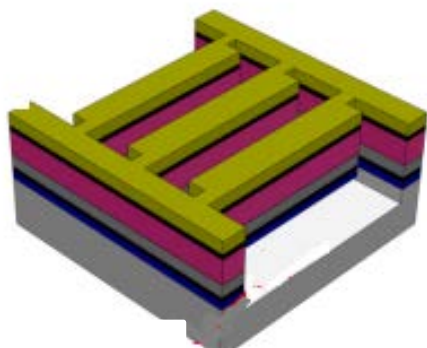
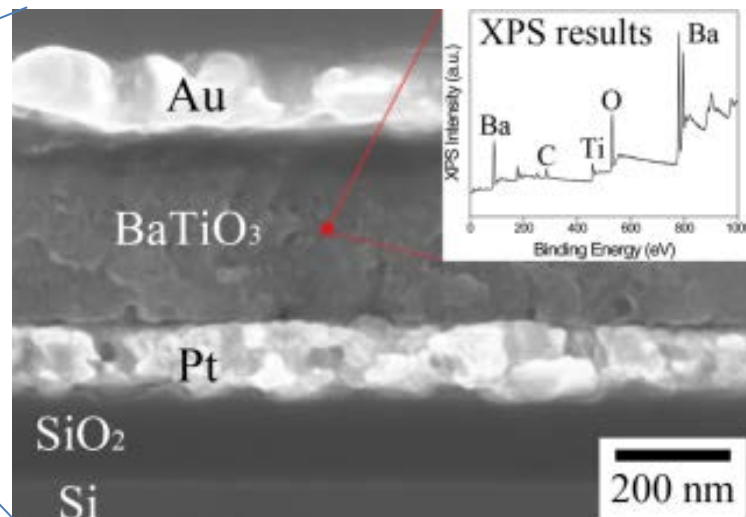
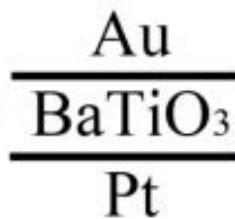
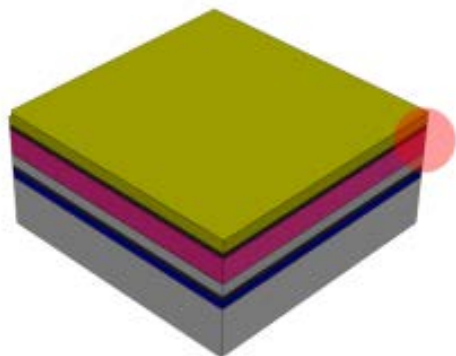
“인공심장박동기는 주로 서맥증상을 보이는 환자에게 이식합니다.”

“서맥증상이요? 그게 뭐지...”

“아, 서맥이란 용어를 먼저 설명 드려야겠군요. 서맥이란 쉽게 말해서 심장박동이 느려지는 현상이에요. 일반인의 경우 심장박동은 1분에 60~100회 정도 뛰는데, 만약 50~60회 이하로 뛰면 서맥환자로 분류합니다...”

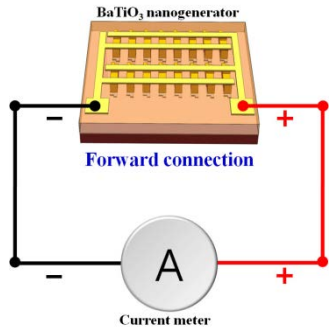
대전의 이건재 교수 연구팀과 서울의 정보영 교수 연구팀이 본격적인 융합 연구에 돌입한 후 가장 먼저 맞닥뜨린 문제는 바로 ‘소통’이었다. 공학과 의학, 서로 다른 분야의 연구원들에게 상대방 분야의 전문용어는 자주 대화의 걸림돌이 되었고, 연구를 이해하는데 어려운 요소가 되기도 했다.

# 유연한 BaTiO<sub>3</sub> 박막 자가발전기

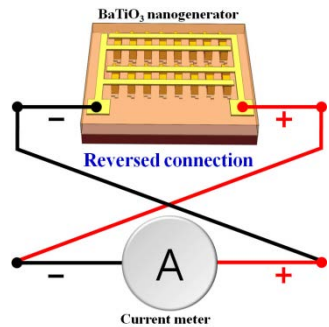
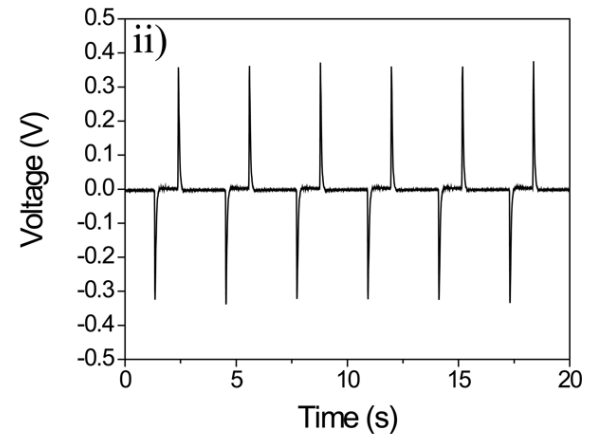
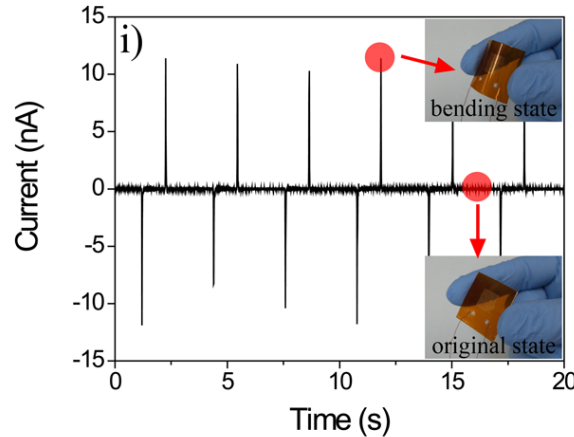


Nano Letters, 10, 4939, 2010

# 유연한 BaTiO<sub>3</sub> 박막 자가발전기의 전기적 출력특성

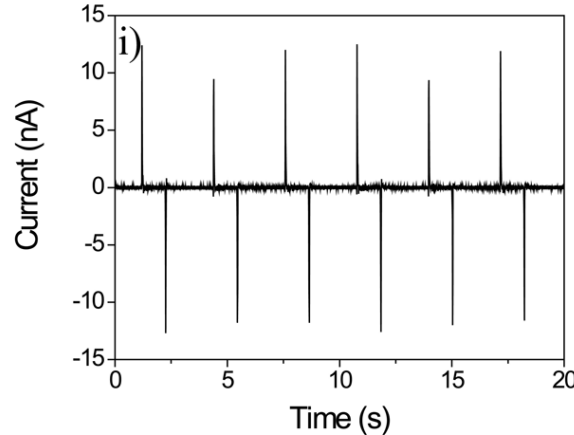


Forward connection

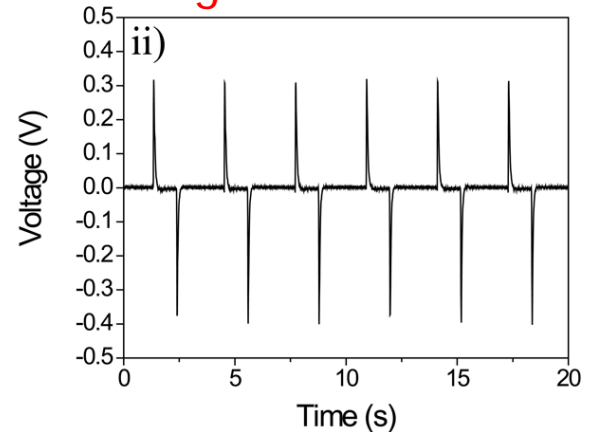


Reverse connection

Current : 8 nA to 12 nA



Voltage : 0.3 V to 0.4 V

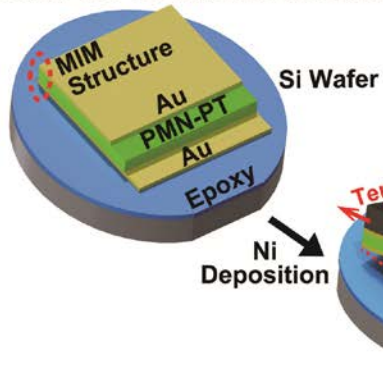


→ 낮은 전기적 출력으로 인한 응용의 제한

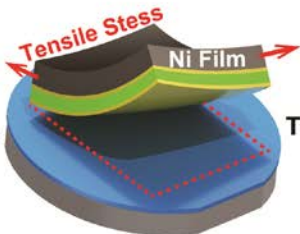


# 유연한 PMN-PT 박막 자가발전기

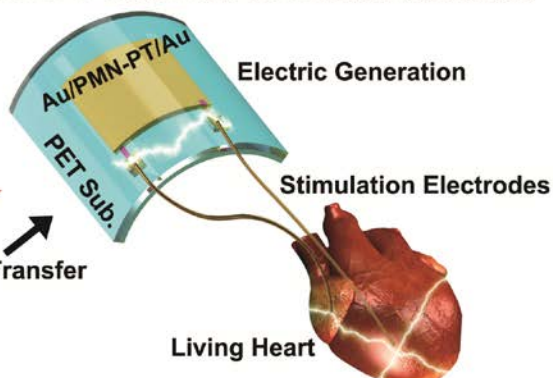
i) PMN-PT Thin Film on Bulk Wafer



ii) Exfoliation of MIM Structure from Wafer

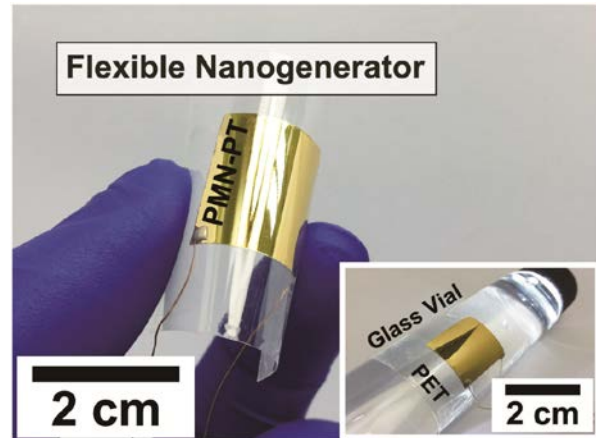


iii) PMN-PT Thin Film on Flexible Substrate

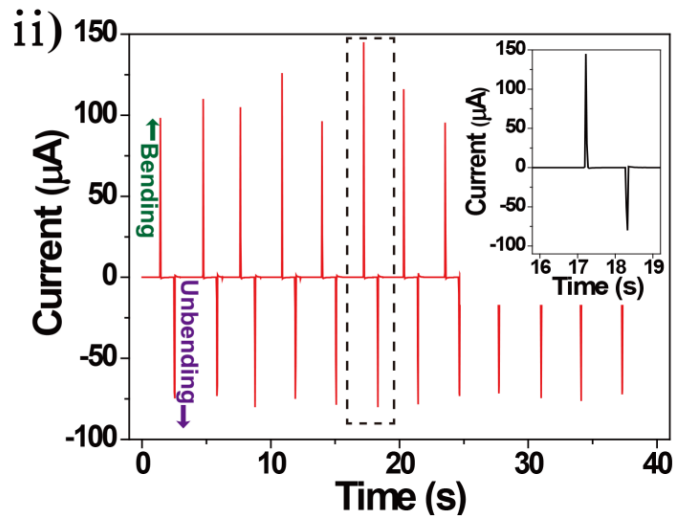
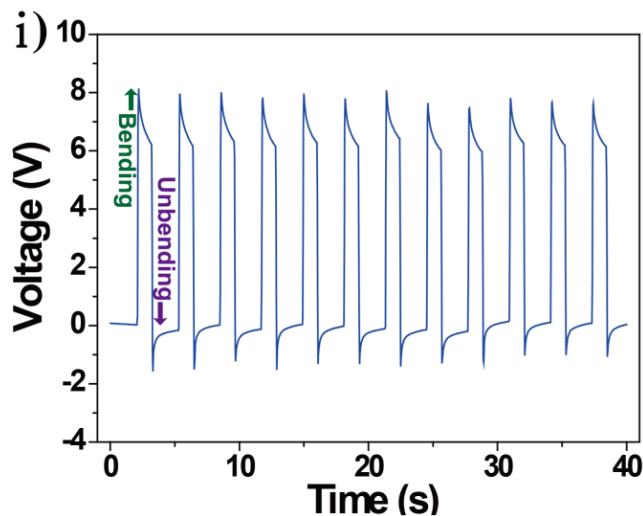


iv) Direct Pacemaking

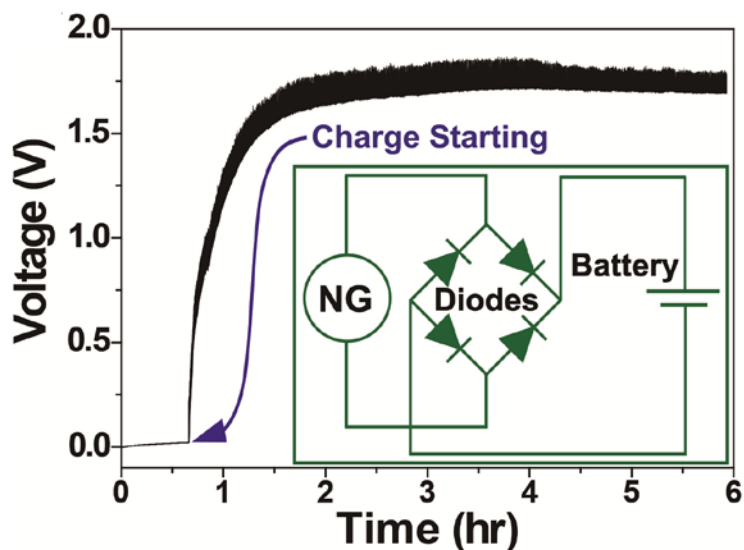
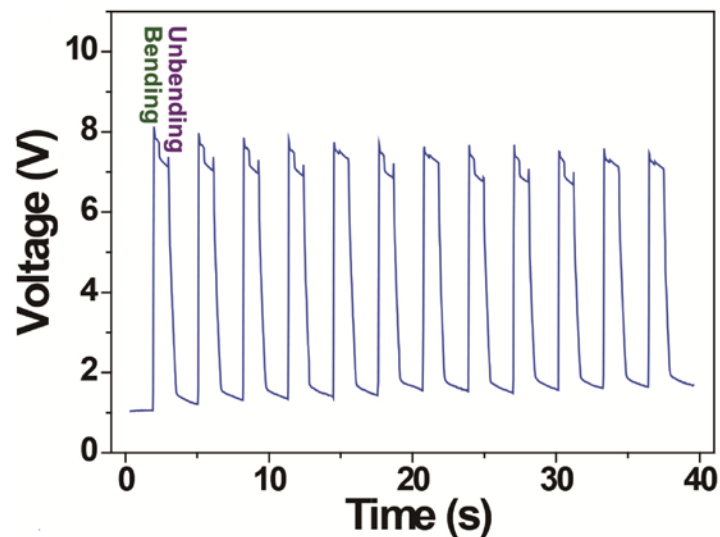
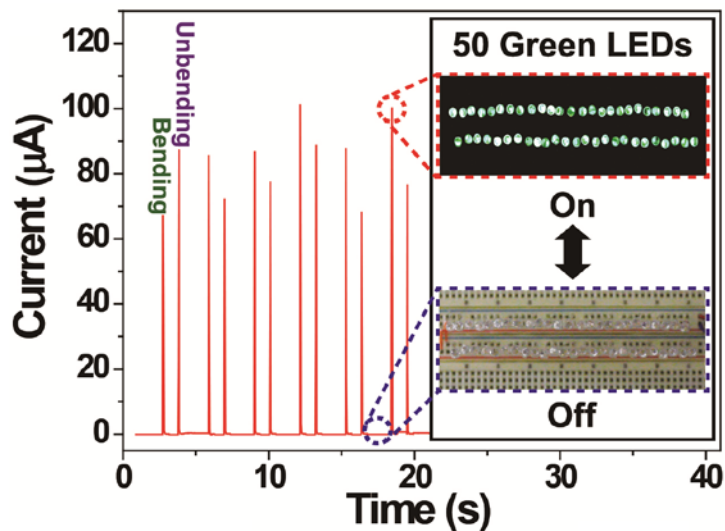
Severance Hospital  
(Prof. B. Jung)



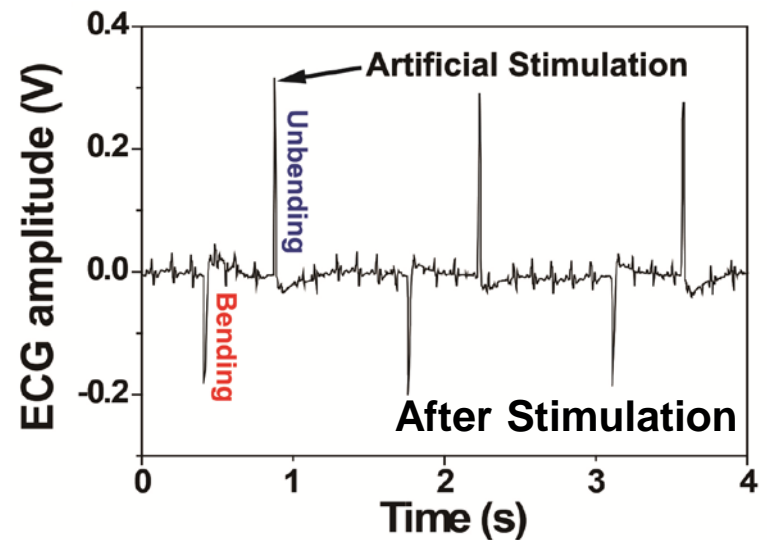
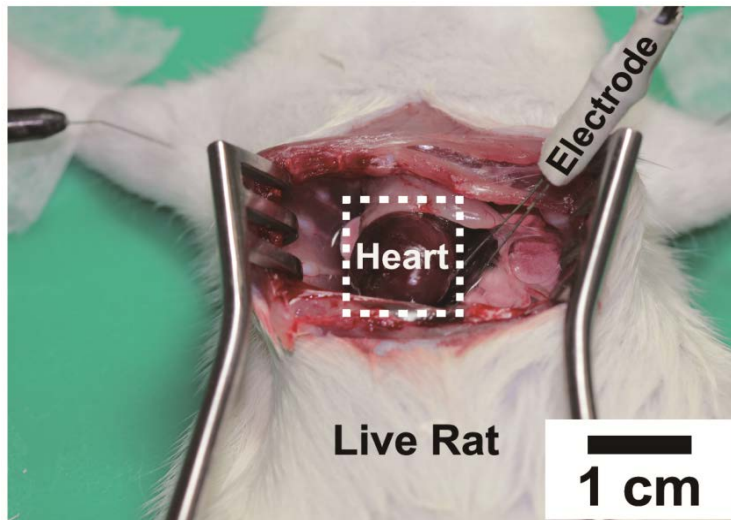
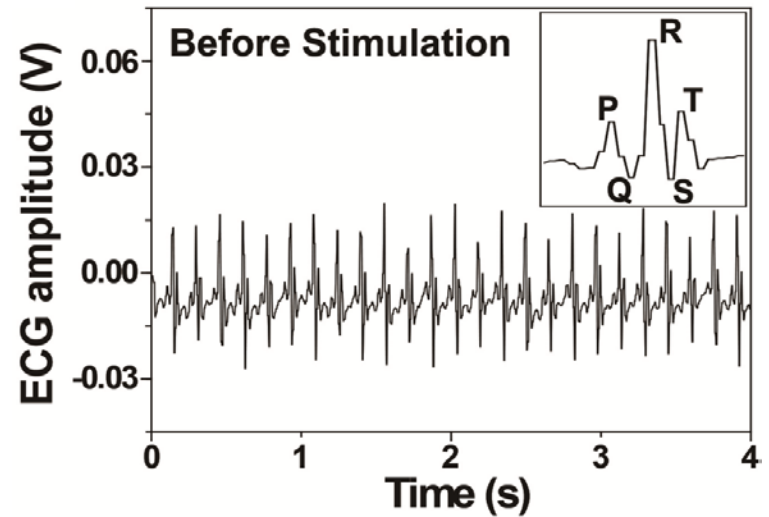
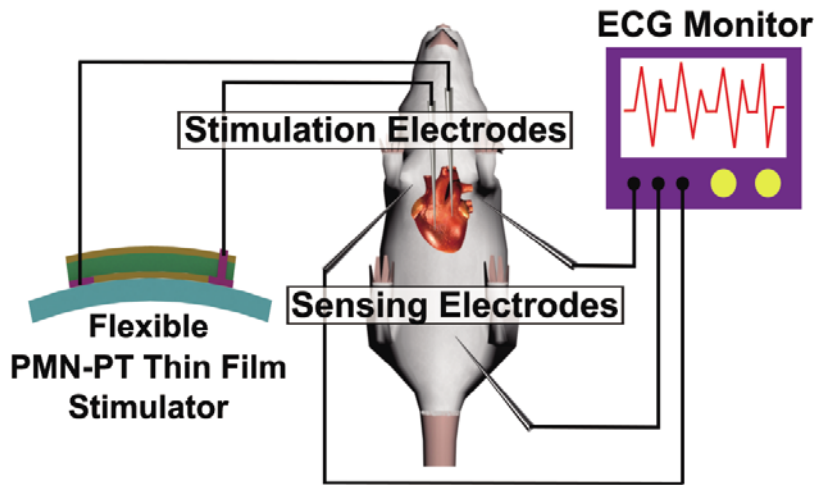
Output Power: 8 V, 200  $\mu$ A



# 유연한 자가발전기의 전자기기 응용



# 자가발전형 심장박동기의 구현



# 자가발전형 심장박동기의 구현



Adv. Mater. 26, 4880, 2014 (Cover)

# Group Research

- **Flexible Energy Source**

- Nanogenerator
- Solid State Battery

Nano Letters 2010  
Nano Letters 2012  
Adv. Mater. 2012  
ACS Nano 2013  
Adv. Energy Mater. 2013  
Adv. Func. Mater. 2013  
Adv. Mater. 2014  
Adv. Healthcare Mater. 2014

Nano Letters 2011  
ACS Nano 2013  
ACS Nano 2013  
Small 2013  
ACS Nano 2013  
Nano Letters 2012  
ACS Nano 2014

- *Invivo* Flexible LSI
- Flexible Memory

- **Flexible Electronics**

- **Flexible Optoelectronics**

- Flexible LED Display
- *Invivo* Flexible LED

Energy Environ. Sci., 2014  
Nano Energy 2012  
Nanobiosensors 2012  
Nano Energy 2014

Adv. Mater. 2014  
ACS Nano 2014  
Adv. Mater. 2014  
Adv. Func. Mater. 2014

- f-Display & LLO
- New Flexible Materials

- **Laser Material Interaction**



**Self-powered Flexible  
Electronic Systems**

# Acknowledgement

- **GIT** : Prof. Zhong Lin Wang
- **Columbia Univ.** : Prof. James Im
- **Harvard Medical School**: Prof. Andy Yun
- **Yonsei Severance** : Prof. B. Jung
- **Research Prof.**  
Myung Hwan Byun
- **Graduate Students**  
Jung-Hwan Park                      Seung-Jun Kim  
Han Eol Lee                            In-Sung Choi  
Dae Young Park                      Geon-Tae Hwang  
Jong Kook Choi                        Hyun-Gyun You  
Do hyun Kim                            Beom-Ho Mun  
Jae Hyun Han                         Chang-Gyu Jung  
Dong Hyun Kim                        Seung-Hyun Lee  
   Byung-Gook You
- **KAIST** : Prof. S. Kim, Prof. Y. Jung,  
Prof. Y. Nam, Prof. S. Choi
- **UIUC**: Prof. J. Rogers
- **SNU Hospital** : Prof. S. Oh
- **Funding Source**  
National Research Lab. (NRL)  
Global Frontier  
Engineer Research Center (ERC)  
World Class University (WCU)  
Fusion Pioneer  
Agency Defense Development  
KIMM  
ETRI  
KOLON  
LG Display  
Samsung 미래기술육성