

The 22nd Korean MEMS Conference

제22회 한국 MEMS 학술대회

2020.8.19(수) ~ 8.21(금) | 휘닉스 평창 |

Plenary & Invited Speakers

Plenary talk

8.20(목) 10:00~10:50(50") _ 삼성 전자 주혁 상무

Invited talk

8.20(목) 09:15~09:45(30") _ 광운대 박재영 교수

8.20(목) 13:30~14:00(30") _ 서울대학교 김호영 교수

8.21(금) 13:30~14:00(30") _ 울산과학기술원 고현협 교수

Tutorial Session

Smart Wearables for The 4th Industrial Revolution

Organizer: 박재영교수 (광운대), 전자MEMS 분과위원회

- 최정일교수 (국민대) Microfluidic Wearables 50분 강연
- 정재웅교수 (KAIST) Bio Wearables 50분 강연
- 김정현교수 (광운대) Wireless Wearables 50분 강연

Conference Topics

1. Materials, Fabrication, and Packaging Technologies
2. Fundamentals in MEMS/NEMS
3. Micro/Nanofluidics and Lab-on-a-Chip
4. Bio/Medical Micro/Nano Devices
5. Micro/Nano Sensors and Actuators
6. RF/Optical Micro/Nano Devices
7. Micro/Nano Energy Devices
8. Flexible and Printed Devices
9. MEMS/NEMS Applications and Commercialization

Pre-registration

- ★ 온라인 사전등록 기간 : ~2020년 8월 10일(월)
- ★ 등록처 : 학회 홈페이지 : micronanos.org

Program

8.19 (수요일)

13:30~17:00

14:00~16:50(170")

16:50~17:30(40")

17:30~19:00(90")

등록

Tutorial Session (Smart Wearables for the 4th Industrial Revolution)

휴식

리셉션

8.20 (목요일)

08:00~09:00(60")

09:00~09:15(15")

09:15~09:45(30")

09:45~10:00(15")

10:00~10:50(50")

10:50~12:00(70")

12:00~13:30(90")

13:30~14:00(30")

14:00~15:00(60")

15:00~15:20(20")

15:20~16:20(60")

16:20~17:30(70")

17:30~19:30(120")

구두 발표 TO-1 Physical and Mechanical Micro/Nano Sensors

휴식

학술상 초청강연1 (Invited talk 1) 광운대 박재영 교수

개회식

기조강연 (Plenary talk) 삼성전자 주혁 상무

포스터 발표 TP-1

후원기관 소개 및 점심

초청강연 2 (Invited talk 2) 서울대 김호영 교수

구두 발표 TO-2 Nature-Inspired Microsystems

휴식

구두 발표 TO-3 Physics and Chemistry of Micro/Nanofluidics

포스터 발표 TP-2

만찬

8.21 (금요일)

08:00~09:00(60")

09:00~10:10(70")

10:10~11:10(60")

11:10~12:20(70")

12:20~13:30(70")

13:30~14:00(30")

14:00~15:00(60")

15:00~15:20(20")

구두발표 FO-4 Bio/Medical Micro/Nano Devices

포스터 발표 FP-3

구두발표 FO-5 Lab-on-a-Chip

포스터 발표 FP-4

후원기관 소개 및 점심

초청강연 3 (Invited talk 3) UNIST 고현협 교수

구두 발표 FO-6 Fabrication, and Packaging Technologies

우수논문 시상 및 폐회

논문 No.	Journal Title	First Author	Corresponding Author	Presenting Author	Organization
TP-2-31	미세 유체 내 동전기 현상에 의해 향상된 광촉매 반응	WANG CONG	박정열	WANG CONG	서강대학교
TP-2-32	3D Human glioblastoma in vitro platform for studying the interaction between glioblastoma and brain blood vessel	서은우	김홍남	서은우	한국과학기술연구원
TP-2-33	Human glioblastoma on a chip for anti-cancer drug screening	서수영	김홍남	서수영	한국과학기술연구원
TP-2-34	Development of brain-on-a-chip for studying entry of air pollution particle into brain tissue	김휘은	김홍남	김휘은	한국과학기술연구원
TP-2-35	Fabrication and Measurement of Fiber Optic Surface Plasmon Resonance Sensor Based on Polymer Microtip	김형민	이승기	김형민	단국대학교 전자전기공학부
TP-2-36	산화아연 나노복합 구조물을 이용한 광유도 전자 효율 특성 연구	강동희	강현욱	강동희	전남대학교
TP-2-37	Laser-modulated Scanning MEMS Mirror for High-resolution Microscopic Imaging	김현우	정기훈	김현우	한국과학기술원
TP-2-38	LED를 이용한 Otto 구조의 표면 플라즈몬 공명 측정과 공진 특성의 가변성	이연수	김정무	이연수	전북대학교
TP-2-39	RF MEMS 가변 커패시터 기반 다중 대역 재구성 가능한 전력증폭기	조현욱	박재영	조현욱	광운대학교
TP-2-40	마이크로히터를 이용한 질화갈륨 자외선 센서의 감쇠 시간 단축 방법에 관한 연구	신상훈	소홍윤	신상훈	한양대학교
TP-2-41	Self-cleaning Device Using SAW for Miniature Camera	송현석	정상국	송현석	명지대학교
TP-2-42	3D Printed Electromagnetic Omnidirectional Scanning Micromirror	황정연	지창현	황정연	이화여자대학교
TP-2-43	Fully Integrated Ultrathin Fingerprint Camera with Arrayed Camera and LED Backlight Unit	장경원	정기훈	장경원	한국과학기술원
TP-2-44	Monolithic Fabrication of Microlens Arrays using Multilayer Resist Reflow	배상인	정기훈	배상인	한국과학기술원
TP-2-45	정전 구동형 MEMS 구동기를 이용한 밀리미터파 대역 주파수 가변형 메타물질 흡수체 설계 및 제작	정명진	백창욱	정명진	서울대학교
TP-2-46	CMOS Voltage-Controlled Oscillator Integrated with High-Performance MEMS Tunable Inductor tuned by MEMS switch	채의규	조일주	채의규	한국과학기술연구원

Poster Session 3 (FP-3)					8월 21일 금요일 09:00~10:10
논문 No.	Journal Title	First Author	Corresponding Author	Presenting Author	Organization
FP-3-01	Minimally invasive, closed-loop temperature controlled magnetic hyperthermia therapy using swarm of superparamagnetic iron-oxide nanoparticles	AWAIS AHMED	최홍수	AWAIS AHMED	대구경북과학기술원
FP-3-02	Quartz crystal microbalance based immunosensor for the detection of amyloid β	김동은	한성웅	김동은	포항공과대학교
FP-3-03	DNA-dCas9 결합을 통한 변성 혈액암 DNA 검출 장치	이상준	김성재	이상준	서울대학교
FP-3-04	An assembly-disposable degassing technology for micro-bubble removal in microfluidic device	조형석	한기호	조형석	인제대학교
FP-3-05	세포 성숙도 및 수축력 향상을 위한 금속 나노 와이어 기반의 기능성 폴리머 기판	윤하영	이동원	심유리	전남대학교
FP-3-06	Wirelessly Rechargeable, Fully Implantable Optogenetic System with Smartphone Control	김충연	정재웅	김충연	한국과학기술원
FP-3-07	Fabrication of Rapidly Swellable Hydrogel-coated Microneedle Sensor for Measurement of Glucose from Interstitial Fluid	박승현	류원형	박승현	연세대학교
FP-3-08	Electromagnetic Actuation System for Manipulation of MICRO/NANO objects	Nader Latifi	최홍수	Nader Latifi	대구경북과학기술원

세포 성숙도 및 수축력 향상을 위한 금속 나노 와이어 기반의 기능성 폴리머 기판

¹윤하영*, ¹정민영*, ¹심유리*, ¹정윤진, ¹김종윤, ^{1,2}이동원,
¹전남대학교 기계공학부, ²전남대학교 차세대센서연구개발센터
E-mail: mems@jnu.ac.kr

Silver nanowire-based functional polymer substrate for improving maturity and contractility of cardiac cells

¹Ha-Young Yun*, ¹Min-young Jung*, ¹Yu-ri Sim*, ¹Yun-Jin Jeong, ¹Jong-Yun Kim, ^{1,2}Dong-Weon Lee

¹Department of Mechanical Engineering, Chonnam National University,

²Center for Next-Generation Sensor Research and Development, Chonnam National University

*These authors contributed equally to this work.

Abstract

Herein, we propose a functional polymer substrate to enhance maturation and contractile force of cardiomyocyte. The proposed substrate consists of a surface-patterned polymer substrate and silver nanowires (AgNWs). The AgNWs are transferred to the PDMS substrate using conventional molding techniques. This thin metallic surface significantly improves the adhesion of cardiomyocyte on the surface-patterned PDMS with the hydrophobic characteristics. In addition, the use of AgNWs improves the visibility of the conducting PDMS substrate for the observation of cardiomyocyte through an inverted microscope. The AgNWs also assist in synchronizing each cardiomyocyte to maximize its contractile force.

Keywords: *Functional polymer substrate (기능성 폴리머 기판), Cardiomyocytes (심근세포), Silver nanowires (은 나노 와이어), Transfer (전사)*

1. 서론

치료목적으로 사용하는 신약의 개발비용과 소요시간은 2018 년 기준 개당 약 2 조원 및 15 년이 소요된다. 오랜 기간과 막대한 비용이 투자된 신약은 시판후에도 심장에 대한 독성문제로 시장에서 철수해야 하는 경우가 빈번하게 발생한다. 약물의 심장독성 문제와 관련한 원인 중 하나는 신약 개발 당시 실험동물을 사용하여 독성평가를 한다는 점과 또 하나는 약물의 심장독성 검사의 초기에 사용하는 패치클램프 방법에서 단일 심장세포를 사용하기 때문인 것으로 보고되고 있다. 패치클램프는 단일 심장세포 내 활동 전위의 기록을 통하여 심장에 대한 약물독성을 분석하는 유일한 방법으로, 최근 기존의 전기생리학 기반의 심장약물독성 검사 방법의 한계를 보완하고자 심근세포의 수축력 측정하는 등 기계공학적으로 접근하는 다양한 새로운 연구가 진행되고 있다[1]. 약물의 농도에 따른 심근세포의 수축력 변화를 정량적으로 측정하기에 앞서 미성숙한 세포는 독성검사의 부정확성을 초래할 수 있으며, 수축력 또한 매우 작기 때문에 측정하기 용이하지 않다는 단점이 있다. 본 연구에서는 심근세포의 성숙 및 수축력을 최대화하기 위해 Micro groove 구조를

이용하여 이방성을 가진 성숙을 유도하고, AgNWs 를 PDMS 기판에 함침시켜 심근세포간 동기화를 극대화하는 기능성 폴리머 기판의 제작에 관하여 제안하고자 한다.

2. 본론

2.1 제작

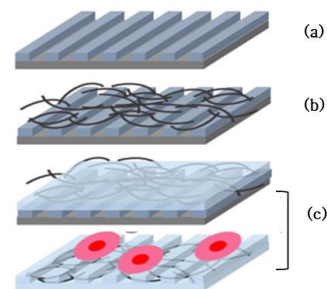


그림. 1 제작 과정 (a) micro groove 구조 wafer 제작 (b) wafer 위에 AgNWs 도포 (c) PDMS로의 transfer

그림 1-(a)는 micro groove 구조 wafer 기판을 제작하는 단계를 나타낸다. Photo-Lithography 공정을 거쳐 groove 를 제작한다. 심근세포는 groove 를 따라 정렬 및 성장하는 특징이 있다. 즉, 실제 사람의 몸 안에서의 심근세포의 형태로 성장할 수 있게 유도하여 세포의 성숙도를 향상시킨다. Groove 의 너비는 $3\mu\text{m}$, 깊이는 $1\mu\text{m}$ 로 설계하였다. 그림 1-(b)는 Micro groove 구조 wafer 기판에 AgNWs 를 coating 하는 단계를 나타낸다. Spin coater 를 사용하여 AgNWs 를 기판위에 균일하게 코팅하였다. AgNWs 의 높은 전기전도도는 심근세포 간에 전기적 동기화를 향상시키고 이는 수축력 향상에 기여한다. 그림 1-(c)는 AgNWs 를 도포한 micro groove 구조 wafer 에 PDMS 를 부은 뒤 분리하여 기능성 폴리머 기판을 완성시키는 단계이다. Micro groove 구조 PDMS 에 AgNW 가 함침되어 있는 기판을 제작함으로써 시간이 경과하여도 AgNWs 가 기판에서 떨어지지 않는 내구성 높은 기판을 완성시킨다.

2.2 심근세포 배양 및 성숙도 평가

제작한 기능성 폴리머 기판에 심근세포를 배양하고 배양시간에 따른 수축력을 현미경을 이용하여 평가하였으며, 최종적으로 세포의 염색을 통해 성숙도를 평가하였다.

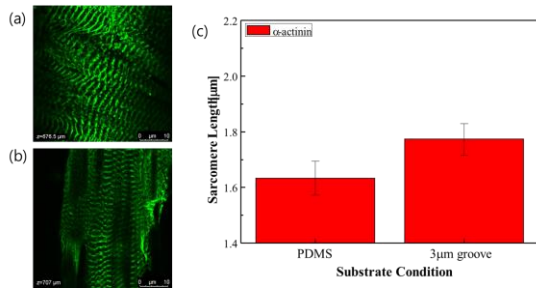


그림 2. 세포 성숙 후 α -actinin 사진 (a) pure pdms 기판 (b) Groove 기판 및 (c) 기판에 따른 근절 길이

그림 2는 α -actinin의 염색사진으로, α -actinin의 간격을 통하여 근절길이를 확인할 수 있었다. 성체 심근세포의 근절길이는 약 $2.1 \sim 2.2 \mu\text{m}$ 이며, 근절 길이를 측정함으로써 심근 세포 성숙도를 평가할 수 있다. 그림 2-(b)를 통해 groove가 있는 기판에서 groove 방향을 따라 세포가 성숙하고 있음을 확인할 수 있다. Groove를 기판에 추가함으로써 근절길이가 성체 심근세포의 근절 길이에 약 90% 이상 근접함을 알 수 있었다(그림 2c).

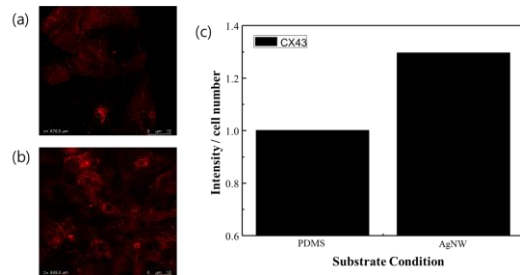


그림 3. 세포 성숙 후 Cx43 사진 (a) pure PDMS 기판 (b) AgNWs 기판 및 (c) AgNWs 유무에 따른 심근세포 대비 Cx43 밀도

그림 3 (a)와 (b)는 Cx43의 분포를 나타내는 사진으로, 심근세포 간의 동기화 정도를 볼 수 있는 지표로 활용된다. 그림 3-(b)에서와 같이 AgNW가 표면에 함침된 기판의 경우 Cx43 분포가 더욱 발현된 것을 볼 수 있고, 이에 따라 세포간 동기화가 많이 이루어진 것을 확인할 수 있다. 그림 3(c)를 통하여 기판에 AgNWs를 추가함으로써 Cx43를 더욱 발현시켜 세포 간 동기화 정도가 약 29.5% 향상된 것을 확인하였다.

2.3 PDMS에 대한 AgNWs 부착력 및 가시성 평가

제작한 기능성 폴리머 기판에 심근세포를 배양하는 동안 SEM 및 광학현미경을 통해 기판에 대한 AgNW 부착력 및 가시성을 평가하였다.

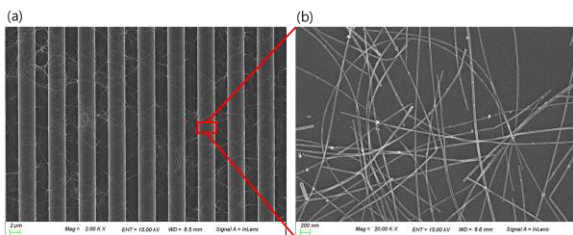


그림 4. AgNWs가 전사된 기판의 SEM 사진 (a) 2k 배율 및 (b) 20k 배율

그림 4는 AgNWs가 함침된 기판의 SEM 사진으로, spin coating을 통해 AgNW가 코팅된 SU-8 기판에 PDMS를 부어 진공에서 30분, 상온에서 1시간, Hotplate에서 1시간 경화시켰다. Micro groove 사이로 액체 PDMS가 들어가 경화되어 AgNWs가 함침된 구조로 실제 심근세포를 올렸을 때 부착력이 향상되었음을 관찰하였다(그림 5).

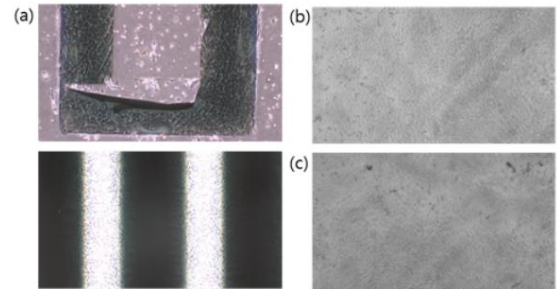


그림 5 다양한 기판 위 세포 배양사진 (a) Metal patterned PDMS (b) pure PDMS (c) AgNWs imbedded PDMS

그림 5-(a)는 PDMS에 금속 패턴을 증착한 기판으로 심근세포가 수축함에 따라 금속 패턴이 PDMS에서 벗겨지는 부착력 문제가 있었으나, AgNWs를 기판에 전사한 구조를 통해 부착력을 향상시킬 수 있었다. 또한, AgNW는 직경 15nm, 길이 $30 \mu\text{m}$ 로 0.1wt% 용액을 spin coating(40초 4000rpm)을 통해 코팅하여 전사한 결과 세포 배양 후 광학 현미경을 통해 세포를 관찰하기 용이함을 확인하였다.

3. 결론

본 연구에서는 심근세포의 수축력을 측정하기 위해 세포 성숙도 및 수축력 향상을 위한 기판의 구조 설계 및 제작, 전기적인 동기화를 위한 연구를 진행하였다. PDMS만을 이용한 평평한 기판과 비교를 해보았을 때, Micro groove 구조에 AgNWs를 전사시킨 기판에서 심근세포는 성체 근절길이의 약 94.7%까지 근접한 성숙도를 볼 수 있었다. 또한 AgNWs가 전사되어 있을 때 심근세포간의 전기적인 동기화가 증가함을 실험적으로 확인하였다. 기능성 폴리머 기판을 통한 심근세포의 수축력 향상을 이용하여 기존의 Patch-clamp 방법을 보완하고 심근세포의 기계적 수축력 분석을 통한 약물심장독성검사 방법으로서의 활용을 기대한다.

감사의 글

This study was supported by the National Research Foundation of Korea (NRF) grant funded by the Korea government (MSIT). (No.2017R1E1A1A01074550).

참고문헌

1. Dong-Su Kim et al., Piezoresistive sensor-integrated PDMS cantilever: A new class of device for measuring the drug-induced changes in the mechanical activity of cardiomyocytes, *Sensor and Actuators b: Chemical*, **240**, 566-572, (Mar. 2017)