

LCoS 마이크로디스플레이 기반 광 경화 방식 3D 프린팅 기술의 국방 산업 적용에 관한 조사 분석

강현우, 이상민, 장천익*
국방기술품질원 성능개량연구실

A Study and Analysis on the Application of LCoS Microdisplay Based Photocurable Type 3D printing Technology to the Defense Industry

Hyeon-Woo Kang, Sang-Min Lee, Cheon-Ik Jang*

Department of Weapon System Improvement Research, Defense Agency for Technology and Quality

요약 본 연구는 LCoS 마이크로디스플레이 기반 광 경화 방식 3D 프린팅 기술을 한국 국방 산업에 적용하여 마이크로 플루이드 채널 시스템을 제작하고, 이를 통한 생물학적·화학적 위협 탐지 시스템 개발 가능성을 조사하였다. 해상도 1,920×1,080, 8.5 μ m 픽셀피치를 가진 LCoS 마이크로디스플레이와 405nm UV LED를 활용한 광 경화 방식 3D 프린터 프로토타입을 구축하고, 기존의 포토리소그래피 및 소프트 리소그래피 방식과 비교하여 제조 비용과 생산성 관점에서 분석하였다. 50 μ m에서 500 μ m 마이크로플루이드 채널 제작 실험을 수행한 결과, LCoS 기반 3D 프린팅 시스템을 통해 최소 83.3 μ m의 채널 제작이 가능함을 실증하였으며, 이는 DMD나 투과형 LCD 기반 시스템보다 우수한 정밀도를 보여준다. 320mW의 광학 출력을 달성하였으며, 명암비 300:1의 성능을 확보하였다. 본 조사 분석을 통해 LCoS 마이크로디스플레이 기반 3D 프린팅 기술이 기존 반도체 공정의 고비용과 복잡성을 극복하면서도 현장 즉시 대응이 가능한 국방용 Lab-On-a-Chip 시스템 구현에 혁신적인 대안을 제공할 수 있음을 확인하였으며, 한국 국방 산업의 기술 자립도 향상과 첨단 융합 기술 발전에 기여하는 중요한 역할을 할 것으로 기대된다.

Abstract This study investigates the application of LCoS-microdisplay-based photocurable 3D printing technology in South Korea's defense industry by fabricating a microfluidic channel system and exploring its potential for biological and chemical threat detection. We built a 3D printer prototype using an LCoS microdisplay with a resolution of 1,920×1,080 and 8.5 μ m pixel pitch coupled with a 405 nm UV LED, and compared it to conventional photolithography and soft lithography methods in terms of manufacturing cost and productivity. Experiments fabricating microfluidic channels ranging from 50 μ m to 500 μ m demonstrate that the LCoS-based 3D printing system can reliably produce channels as small as 83.3 μ m, outperforming DMD and transmissive LCD-based systems in precision. The proposed system achieved optical output power of 320mW and a contrast ratio of 300:1. Our analysis confirms that LCoS-microdisplay 3D printing technology offers an innovative alternative to traditional, high-cost semiconductor processes, enabling rapid, on-site deployment of defense grade lab-on-a-chip systems. It is expected to play a key role in enhancing South Korea's defense technology self-reliance, and advancing cutting-edge convergent technologies.

Keywords : Microfluidics, 3D Printer, Microchannel, Stereolithography, LCoS Display, Digital Light Processing, Lab On-a-Chip

*Corresponding Author : Cheon-Ik Jang(Defense Agency for Technology and Quality)

email: jangci70@gmail.com

Received September 16, 2025

Accepted October 10, 2025

Revised October 2, 2025

Published October 31, 2025

1. 서론

미래 산업을 선도할 대표적인 첨단산업 중 바이오-나노 기술은 생물학 및 생명공학 연구와 산업에 적용할 수 있는 바이오 융합기술로 정의되며, 나노 기술의 응용은 전자 및 정보통신을 포함한 정보기술 분야뿐만 아니라 에너지, 기계, 환경의 융합을 통해 새로운 기술 혁신과 산업 창출로 이어질 수 있다. 이러한 융합기술 중에서도 Micro-Total Analysis Systems(μ TAS), 바이오센서, MEMS, 바이오칩 기술에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다.

바이오칩의 기술 종류 중 하나인 마이크로플루이딕스 칩(Microfluidics Chip) 기술은 미세유체 제어 기술을 이용하여 유체 시료에 포함된 분석 물질과 칩 위의 생체 물질, 세포, 조직 또는 검출 장치의 상호작용을 측정하는 분석 기법이다. 마이크로플루이딕스 시스템을 이용하여 개발된 최초의 분석 시스템은 실리콘 웨이퍼에 구현된 크로마토그래피였으며, 1990년대 소형화된 μ TAS가 개발된 이후 마이크로플루이딕스 시스템을 이용한 분석 시스템에 대한 본격적인 연구가 진행되고 있다. 생화학 분석 시스템에서 마이크로플루이딕스를 사용하면 분석 시스템의 소형화로 인해 적은 양의 시료와 고가의 시약을 사용할 수 있고, 분석 실험을 병렬로 동시에 수행할 수 있어 분석 시간과 비용을 절감할 수 있다는 장점이 있다. 또한 마이크로플루이딕스는 난류 없이 균일한 층류를 얻을 수 있고 유체 흐름 특성을 제어하기 쉬워 재현성 있는 생화학 분석 데이터를 얻을 수 있다[1,2].

현재 한국 국방 산업은 급변하는 위협 환경에 대응하기 위해 첨단기술의 도입을 추진하고 있다. 특히 생물학적·화학적 위협 탐지, 정밀 센서 제작, 그리고 신속한 부품 생산 등의 분야에서 혁신적인 기술 솔루션이 요구되고 있다. 기존의 생물학적 위협 탐지 시스템은 PCR 기반으로 대형 장비와 복잡한 시설이 필요하며, 현장에서의 즉시 대응에 한계가 있다. 또한 화학물질 분석 시에도 순차적 분석 방식으로 인해 시간이 많이 소요되는 문제점이 있다[3,4].

마이크로플루이딕스 칩은 반도체 공정에서 사용되는 포토리소그래피와 같은 미세가공 기법을 사용하여 제조되었다. 제조 방식은 다음과 같다. 우선 정제된 실리콘 웨이퍼에 포토레지스트(PR)를 도포하고 패턴화된 마스크를 통해 UV를 조사하여 패턴을 형성한다. 생성된 포토레지스트 이미지의 패턴을 에칭하고 포토레지스트를 제거하여 칩을 제조한다. 포토리소그래피 방법은 매우 정

밀한 패턴을 얻을 수 있고, 실리콘 웨이퍼가 물리화학적으로 안정하며, 다양한 용매를 사용할 수 있고, 광학적 특성이 우수하다는 장점이 있다. 반면 클린룸과 같은 고가의 장비가 필요하고 제조 비용이 높다는 단점이 있다. 기존의 포토리소그래피 방법 외에도 마이크로플루이딕스 패턴을 형성하기 위한 소프트 리소그래피 방법이 있다. PDMS로 제작된 마이크로플루이딕스 칩은 폴리머이므로 유연성이 좋고, 분석 실험에 사용되는 세포 및 생체물질에 대한 생체적합성이 우수하며, 가시광선이나 UV에 대한 투과성이 좋아 생화학 반응을 관찰하기 쉽다. 소프트 리소그래피는 기존의 포토리소그래피와 마찬가지로 마이크로 또는 나노 크기의 패턴을 제조하는 기술로 주목받고 있다. 마이크로플루이딕스 패턴 생성은 주로 유리 미세가공과 실리콘 웨이퍼를 이용한 리소그래피 기술에 적용되고 있으나, 반도체 제조기술이 사용되므로 공정비용 절감과 대량 생산을 위한 연구가 여전히 많이 필요한 상황이다.

3D 프린터를 이용한 마이크로플루이딕스 칩의 제작은 기존 제조 공정의 비용과 대량 생산성뿐만 아니라 형상의 자유도를 크게 향상시킬 것으로 기대된다. 3D 프린팅 기술 중에서도 광 경화 방식 기술을 이용한 출력은 우수한 정밀도를 유지하면서 마이크로미터 단위의 표면 거칠기를 가진 매끄러운 표면으로 정밀한 출력물을 제작할 수 있다는 장점이 있다. 본 연구에서는 LCoS 마이크로디스플레이를 사용한 마스크 방식을 채택하였다. 이는 최근까지 마스크 패턴 생성기로 사용된 DMD(Digital Micro Devices)보다 화소 간 간격이 좁고, 색상 표현 능력이 우수하며, 저전압 동작이 가능하다는 장점이 있다. 또한 마스크 방식은 Slicer 프로그램을 사용하여 3D 모델을 적층 두께로 분할 하여 얻은 단면 데이터를 이용한 단면 단위가 출력 가능함으로 출력 속도가 빠르고, SLA 프린터 방식에서 요구되는 UV 레이저의 경로 설정이 필요하지 않아 복잡한 형상 처리에서도 쉽게 가공할 수 있다는 장점이 있다[5].

따라서 본 연구에서는 LCoS 마이크로디스플레이 기반 광 경화 방식 3D 프린터를 구현하고, 이를 통해 제작된 마이크로플루이딕 채널 시스템을 한국 국방 산업에 적용하는 방안을 연구하고자 한다. 특히 Lab-On-a-Chip 시스템을 구현하여 휴대용 생물학적 탐지 시스템과 다중 화학물질 동시 분석 시스템을 개발함으로써 기존 시스템의 한계를 극복하고, 국방 분야에서의 실질적 활용 가능성을 조사하고자 한다.

2. 이론적 배경

2.1 LCoS 프로젝터 작동 원리

Fig. 1은 LCoS 마이크로디스플레이의 구조를 보여준다. LCoS는 전기 전도성이 있는 Indium tin oxide (ITO)로 코팅된 유리나 실리콘 웨이퍼 사이에 액정을 주입한 반사형 화면 표시 장치이다. LCoS의 픽셀 작동 방식은 다음과 같다.

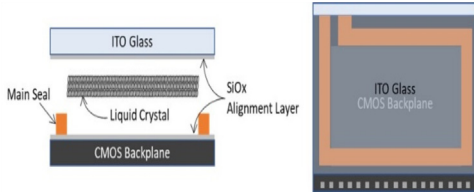


Fig. 1. The basic structure of a completed LCoS

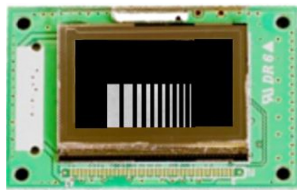


Fig. 2. Two-dimensional test image displayed on LCoS

첫째, 2D 이미지 신호가 LCoS 마이크로디스플레이를 제어하는 컨트롤 보드에 입력된다.

둘째, 입력 이미지의 픽셀 정보에 따라 각 픽셀의 집적 회로에 전압이 인가된다.

셋째, 트랜지스터(TR)가 켜지면 ITO 유리와 실리콘 웨이퍼 사이에 전기장이 발생하며 액정의 각도를 조절합니다. 수직으로 입사하는 편광된 빛은 액정의 각도에 따라 달라지는 굴절률을 겪으면서 반사를 통해 위상이 변조된다.

예를 들어, 서로 다른 폭을 가진 10개의 사각형을 나타내는 2차원 이미지 신호가 LCoS에 입력되면, 트랜지스터(TR)가 'On' 상태인 픽셀들이 표면에 Fig. 2와 같이 사각형 10개가 표시된다.

LCoS 프로젝터의 작동 원리는 다음과 같다.

첫째, 액정은 스스로 빛을 내지 않으므로 이미지를 투사하기 위해서는 외부 광원이 필요하다.

둘째, 광원에서 나온 빛이 렌즈를 통과하여 PBS (Polarizing Beam Splitter)에 닿으면, 반사된 편광 빛이 LCoS 마이크로디스플레이로 향한다.

셋째, 'On' 상태의 픽셀들은 입사된 편광 빛이 액정을 통과하여 실리콘 백플레인의 상단 알루미늄층에서 반사될 때 그 위상을 변조시켜 편광 각도를 90도 변경합니다. 이 빛은 PBS를 통과하고 프로젝션 렌즈의 배율에 따라 확장되어 투사 평면에 2차원 이미지를 형성한다.

2.2 광 경화 방식 3D 프린터 구조

마이크로디스플레이의 반도체 소자 밀도와 픽셀 크기는 3D 프린팅 정밀도에 큰 영향을 미친다. 이는 디스플레이 장치에서 만들어진 2차원 영상이 투사 렌즈를 통해 확대되기 때문이다. 과거에는 주로 LCD(Liquid-Crystal Display)와 DMD가 디스플레이 장치로 사용되었다. 투과형 LCD는 픽셀 크기가 크고 명암비가 낮아 정밀도가 요구되는 구조에는 부적합하다. 반면 반사형인 DMD는 작은 픽셀 크기와 높은 명암비를 갖지만, 빛을 반사하기 위해 칩 표면에 Tilt 가능한 마이크로미러 구조가 집적되어 있어 구조가 복잡하다. 또한 DMD의 픽셀 구동에는 6개의 트랜지스터(TR)로 구성된 정적 램(SRAM)이 사용되는데, 마이크로미터 크기의 픽셀에 TR을 배치하기 어렵고, 구동 전압이 5~20V여서 픽셀의 소형화에 한계가 있다.

본 연구에서는 프로젝터의 디스플레이 장치로 해상도 $1,920 \times 1,080$, $8.5\mu\text{m}$ 픽셀피치를 가진 LCoS 마이크로디스플레이를 사용한 광 경화 방식 3D 프린터를 구축하였다. LCoS는 실리콘 웨이퍼 위에 TR과 addressing 로직 회로가 집적되어 있어 높은 집적도 덕분에 매우 작은 픽셀을 구현할 수 있다. 이러한 장점을 바탕으로, LCoS는 LCD보다 훨씬 작고 DMD보다 상대적으로 작은 픽셀 구현이 가능하다. 또한 TR을 5V 이하의 구동 전압으로 소형화할 수 있으므로 초고해상도 디스플레이 아키텍처 구현에 더 적합하다. 따라서 본 연구에서는 LCoS 기반의 투사 시스템을 구축하여 마이크로플루이드 칩의 핵심 기능인 미세 채널을 형성할 수 있는 광 경화 방식의 3D 프린터의 성능을 구현하였다.

Fig. 3(a)는 광 경화 방식의 3D 프린터 프로토타입, Fig. 3(b)는 LCoS 마이크로디스플레이 기반 프로젝터 모듈을 구성했다. 모듈은 LCoS 마이크로디스플레이 기반으로 광원은 405nm 파장의 UV LED를 사용하며, 투영을 위해 초점 거리 50mm, F/1.4 기성 카메라 렌즈를 장착했다. F/1.4 광학계를 통과하는 UV LED 최대 출력 5W의 약 22%가 통과되며, 여기에 LCoS 반사율 및 편광 손실 약 70%를 고려하면 LCoS 프로젝터는 LED 광의

약 6.5%인 약 320mW를 3D 프린팅 영역에 투사한다. 탱크 바닥에서 측정된 광학 출력 밀도는 $50 \times 70 \text{mm}$ 투영 영상 기준으로 0.08mW/mm^2 였으며, 이는 총 출력 약 280mW에 해당하여 예상치 320mW 대비 13% 이내이다. 명암비는 약 300:1이었으며, 투사 거리 재조정 및 프로젝션 렌즈 재조점을 통해 투영 영상의 대각선 크기를 0.87"(22.1 mm)에서 7"(177.8 mm)까지 조정할 수 있다.

Table 1. Planned UV radiation time recurring robust 3-dimensional structure of photocurable polymer

Total number of layers	Each layer Thickness [μm]	The ideal height of Structure [μm]	Fabrication of Initial Bottome		
			Layers	Time [Sec]	
10	100	500	4	8	
Exposure time [sec]	2	4	6	8	10

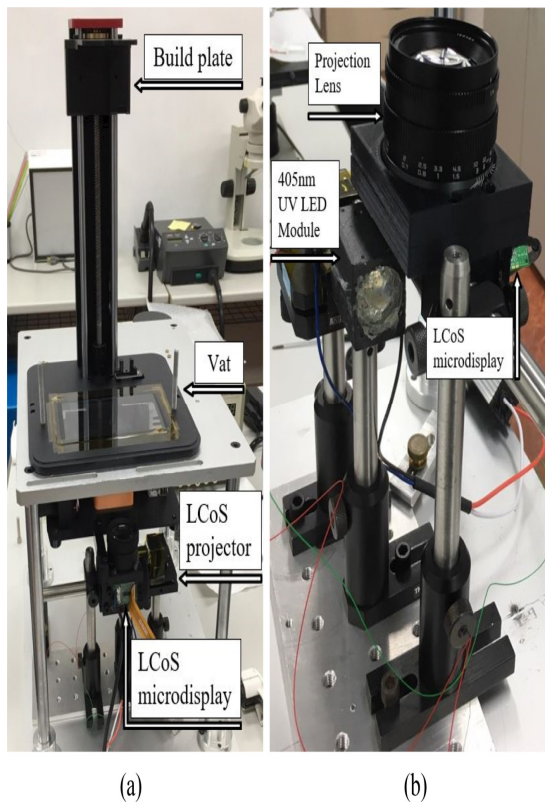


Fig. 3. Photographs of (a) the LCoS 3D printer prototype and (b) LCoS microdisplay-based exposure module used in this study

마이크로플루이드 패턴 생성 전, 경화 시간에 따라 레진 용기에 침전물이나 구조적 과성장(overgrowth)이 발생할 수 있다. 이런 현상을 방지하기 위해 최적 경화 시간 결정을 위한 Table 1의 경화 시간 실험을 수행하였다. 총 10개 층 중 초기 4개 바닥층은 Build Plate 접착을 위해 8초로 설정했다. 마이크로플루이드 패턴의 단면 이미지를 적층하기 위해, 레진 용기에서 Build Plate를 바닥으로부터 단층 높이($50 \mu\text{m}$)까지 내리고 LCoS에 구현된 이미지로 경화한다. 이후 Build Plate를 층 두께만큼 상승시키고, 해당 층 단면을 반복 경화하여 3차원 구조를 형성한다[6].

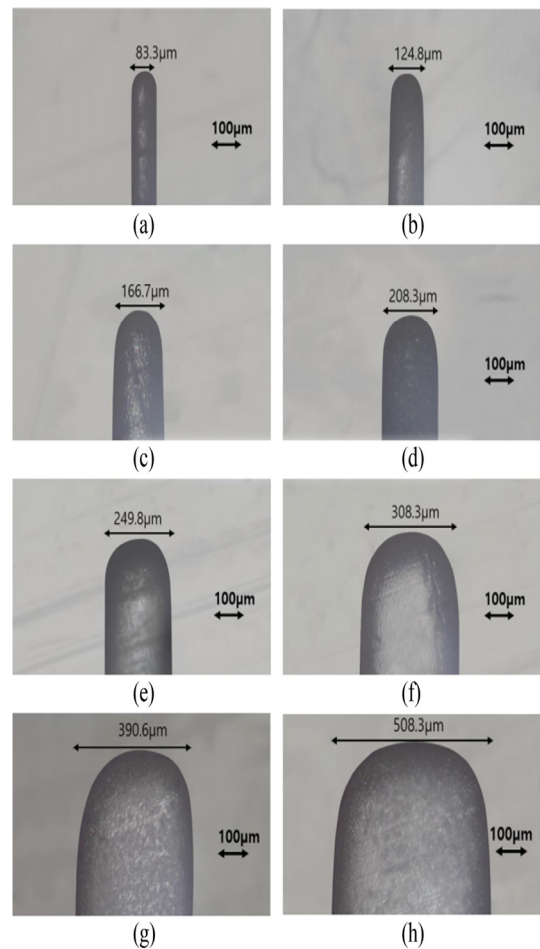


Fig. 4. Cross-sectional micrographs of narrow width strips printed using the prototype 3D printer

Fig. 4는 LCoS 마이크로디스플레이 기반 광 경화 방식 3D 프린터로 제작한 마이크로플루이드 채널 폭은 최소 $83.3 \mu\text{m}$ 까지 구현할 수 있었다.

3. 3D 프린팅 기술 국방 적용 방안 조사

생물학적 위협에 대응하기 위해서는 휴대가 용이하면서도 신속하고 정확한 탐지 시스템이 필요하다. 본 연구에서 제시하는 LCoS 기반 3D 프린팅 기술은 $83.3\mu\text{m}$ 미세 패턴 제작이 가능하여 생물학적 시료의 정밀한 분리, 분석에 매우 적합하다. 마이크로플루이딕 칩 기반의 생물학적 위협 탐지 시스템은 다음과 같은 장점을 제공한다.

첫째, 신속한 분석: 기존 PCR 시스템은 시료 채취부터 검출까지 통상 2~4시간이 소요되는 반면, LOC 시스템은 현장 즉시 시료 주입 후 15분 이내에 정량·정성 분석을 완료할 수 있다고 보여진다. 이는 마이크로플루이딕 채널 내에서 고속 열교환과 효율적 혼합이 구현된 덕분이며, 비상 상황 시 즉각적인 의사결정을 지원한다.

둘째, 소량 시료 사용: 시료 $30\mu\text{L}$ 이하의 소량으로 분석이 가능하여 귀중한 인체·환경 시료의 낭비를 최소화하고, 시약·소모품 사용량을 70% 이상 절감할 수 있다. 또한 혈장·타액·공기 포집 필터 등 다양한 매트릭스에 적용 가능하여 다중 현장 검체 유형에 대응한다.

셋째, 다중 분석: 칩 내부에 마이크로밸브와 분기 채널을 배치하여 4가지 이상의 병원체(바이러스·박테리아 등)를 동시에 분석할 수 있다. 각 채널에는 특정 항체·프라이머가 고정화된 면역·유전자 프로브가 장착되어, 한번의 시료 주입으로 동시 다중 스캐닝을 수행함으로써 분석 효율과 위양성률 저감 효과를 동시에 달성한다 [7,8].

화학물질 탐지 분야에서도 마이크로플루이딕스 기반의 LOC 기술은 활용 가능성이 크다. 특히 의심 물질에 대한 신속한 식별이 중요한데, LOC 시스템을 통해 다중 화학반응 테스트를 동시에 구현할 수 있음이 입증되었다.

다중 화학물질 동시 분석은 칩 내부의 마이크로플루이딕 채널의 서로 분리된 반응 구역으로 구성되어 있다. 각 구역에는 특정 화학물질 검지를 위한 반응 시약(예: 황산염산 혼합물, 니트로페놀 시약, 페놀프탈레인, 알칼리 전환 시료 등)이 고정화되어 있어, 시료를 칩 중앙에 한 번 주입만으로도 화학반응 결과를 동시에 얻는다. 서로 다른 색깔·발색·형광 신호 발생 패턴을 통해 암모늄염류, 질산염, 페인트 잔류물, 폭약 잔류물 등을 동시에 스크리닝할 수 있으며, false positive를 대폭 줄일 수 있다 [9,10].

4. 결론 및 향후 연구 방향

본 연구는 LCoS 마이크로디스플레이 기반 광 경화 방식 3D 프린팅 기술을 한국 국방 산업에 적용하는 새로운 접근법을 제시하였으며, 마이크로플루이딕 채널 시스템 제작을 통해 국방 분야의 첨단 기술 혁신 가능성을 실증하였다. 특히 기존의 반도체 공정 기반 제조 방식이 갖는 고비용과 복잡한 시설 요구사항을 극복하고, 보다 효율적이고 유연한 제조 환경을 구축할 수 있는 대안적 솔루션을 제안하였다는 점에서 중요한 학술적 의의를 갖는다.

연구의 핵심 성과는 LCoS 기반 3D 프린팅 시스템을 통해 최소 $83.3\mu\text{m}$ 의 초미세 패턴 제작이 가능함을 입증한 것이다. 이는 기존의 DMD 기반 시스템이나 투과형 LCD 시스템에 비해 훨씬 우수한 정밀도를 보여주는 결과로, 마이크로플루이딕 채널과 같은 복잡한 미세 구조물 제작이 가능했다. 본 연구 결과를 바탕으로 향후 다음과 같은 방향의 연구 발전이 필요하다.

첫째, 현재 $83.3\mu\text{m}$ 수준인 최소 출력 정밀도를 더욱 향상시켜 나노 스케일에 근접하는 초미세 가공 기술의 구현이 요구된다. 이를 위해 LCoS 마이크로디스플레이의 픽셀 밀도 개선과 광학 시스템의 최적화 연구가 지속되어야 한다.

둘째, 다양한 광경화성 폴리머 재료에 대한 연구를 통해 국방 응용에 특화된 고성능 소재 개발이 필요하다. 특히 화학적 안정성, 생체 적합성, 그리고 극한 환경에서의 내구성을 갖춘 전용 소재 개발은 실제 군사 작전 환경에서의 활용도를 크게 높일 것이다.

셋째, Lab-On-a-Chip 시스템의 실용화를 위한 시스템 통합 연구가 중요하다. 현재의 기초 연구 단계를 넘어 실제 현장에서 활용 가능한 휴대형 통합 시스템 개발을 위해서는 센서 인터페이스, 데이터 처리 알고리즘, 그리고 사용자 인터페이스 등을 포함한 종합적인 시스템 설계가 필요하다.

본 연구는 LCoS 마이크로디스플레이 기반 광 경화 방식 3D 프린팅 기술이 한국 국방 산업에 혁신적인 변화를 가져올 수 있는 핵심 기술임을 실증하였다. $83.3\mu\text{m}$ 수준의 초미세 패턴 제작 능력을 바탕으로 생물학적·화학적 위협 탐지, 군용 센서 제작 분야에서의 실질적 응용 가능성을 조사하였으며, 이는 국방부의 기술 정책과 완벽하게 부합하는 전략적 기술로 평가된다. 특히 기존 제조 방식의 한계를 극복하고 비용 효율성과 생산성을 동시에 개선할 수 있는 혁신적 대안을 제공함으로써, 한국 국방 산업의 기술 자립도 향상과 첨단 융합 기술 발전에

기여할 것으로 기대된다. 향후 지속적인 기술 개발과 시스템 통합 연구를 통해 이 기술이 실제 국방 현장에서 활용될 수 있도록 추가 연구할 예정이다.

References

- [1] J. H. Lee, K. S. Kim, "Nano/Micro Biosensors for Biomedical Applications", *Biosensors* 2024., 14, 58, Jan. 2024.
DOI: <https://doi.org/10.3390/bios14020058>
- [2] S. K. Park, J. R. Yang, "Recent research trends on Bio-MEMS", *Journal of Sensor Science and Technology*, 19(4), 259-270, Jul. 2010.
DOI: <https://doi.org/10.5369/JST.2010.19.4.259>
- [3] H. Kun, "Possible Bioterrorism by North Korea and South Korea's Preparedness", *Infect Chemother*, 56(3), pp.300-307, Jul. 2024.
DOI: <https://doi.org/10.3947/ic.2024.0068>
- [4] S. J. Lee, "Technology trends in lab-on-a-chip based systems", BRIC View 2016-T19., Available From: <https://www.ibric.org/bric/trend/bio-report.do?mode=view&articleNo=8691875>
- [5] H. W. Kang, D. K. Lee, "A Study on Photocurable Liquid-Crystal-on-Silicon (LCoS) Microdisplay Based Stereolithography Type 3D Printer for Fabrication of Microfluidic Channel Systems", *J. Korean Soc. Precis. Eng.*, Vol. 40, No.3, pp.245-251, Mar. 2023.
DOI: <https://doi.org/10.7736/JKSPE.022.099>
- [6] D. H. Shin, Y. M. Park, S. H. Park, "Correlation between UV-dose and Shrinkage amounts of Post-curing Process for Precise Fabrication of Dental Model using DLP 3D Printer", *Journal of the Korean Society of Manufacturing Process Engineers*, Vol. 17, No.2, pp.47-53, 2018.
DOI: <https://doi.org/10.14775/ksmpe.2018.17.2.047>
- [7] J. Bahnemann, A. Grünberge, "Microfluidics in Biotechnology: Overview and Status Quo", *Advances in Biochemical Engineering/Biotechnology book series*, pp.1-16, Mar. 2022.
DOI: https://doi.org/10.1007/10_2022_206
- [8] M. G. Jo, T. S. Seo, J. H. Jeon, "Research trend of gene and protein diagnosis based on lab-on-a-chip system", *Public Health Weekly Report(KCDC)*, Vol. 15, No.7, pp.317-325, May. 2019. From: https://www.kdca.go.kr/board/board.es?mid=a20101000000&bid=0034&list_no=25872&act=view
- [9] N. Mustafee, K. Katsaliaki, T. L. Forsonney, S. Diallio, "Profile of modeling and simulation research published in the Journal of Defense Modeling and Simulation", *The Journal of Defense Modeling and Simulation*, Vol. 15, No.3, pp.337-349, Jul. 2018.
DOI: <https://doi.org/10.1177/1548512917739218>
- [10] K. Elvira, X. Solvas, R. Wootton, "The past, present and potential for microfluidic reactor technology in chemical synthesis", *Nature Chem*, pp.905-915, Oct. 2013.
DOI: <https://doi.org/10.1038/nchem.1753>

강 현 우(Hyeon Woo Kang)

[정회원]



- 2017년 2월 : 경상국립대학교 전자공학과 (학사)
- 2024년 7월 ~ 현재 : 국방기술품 질원 연구원

<관심분야>

국방기술, 국방정책, 반도체, 전자공학

이 상 민(Sang Min Lee)

[정회원]



- 2013년 8월 : 포항공과대학교 기계공학(기계공학석사)
- 2014년 8월 ~ 현재 : 국방기술품 질원 선임연구원

<관심분야>

국방기술, 국방정책, 기계공학

장 천 익(Cheon Ik Jang)

[정회원]



- 1996년 2월 : 울산대학교 조선공학(학사)
- 2007년 2월 : 부산대학교 조선공학(석사)
- 1995년 12월 ~ 현재 : 국방기술품 질원 책임연구원

<관심분야>

국방기술, 국방정책, 조선공학