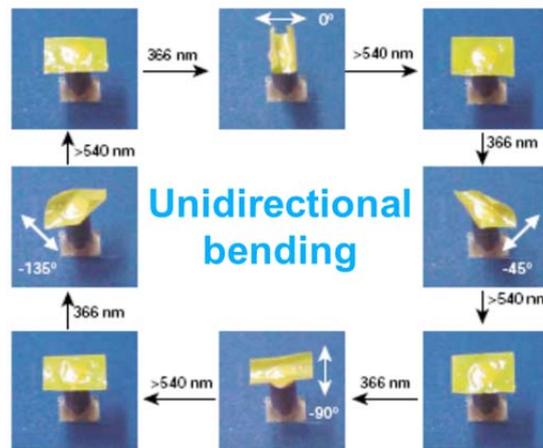


제 8 장 액정을 이용한 마이크로액추에이터

김윤호

마이크로 전자기계 시스템은 이미 우리 삶의 일부분이 되고 있으며, 자동차 에어백의 가속도계 센서, 드롭 온 디맨드형 잉크 분사 인쇄기, 의학용 바이오 센서 등 가시적으로는 잘 보이지 않는 응용분야에서 널리 사용되고 있다. 기술의 발전에 따른 우리의 일상은 점점 더 작은 사이즈의 기계장치를 요구 하고 있다. 이러한 점에서 마이크로 전자기계 장치를 구동할 수 있는 액추에이터는 매우 중요하다. 이를 위해 다양한 형태로 제작이 가능하고 간단하게 작동 될 수 있는 액추에이터의 개발과 그 신소재의 필요성이 대두되고 있다. 특히, 액정 고분자 탄성체 (Elastomer)는 탄성체가 가지는 기계적 특성과 액정이 갖는 전기/광학적 특성을 바탕으로 해 마이크로 전자기계 액추에이터 제작에 필요한 강력한 후보로 각광 받고 있다.

1. 광반응성 스마트 액추에이터



2003년 일본 동경대학의 Ikeda 그룹에서 처음으로 UV에 의해 분자의 기계적 변형이 발생하는 Azo- 그룹을 이용하여, 빛에 의해 선택적으로 변형을 제어할 수 있는 액정 고분자형 스마트 액추에이터가 보고되었다. (그림 1) N=N 으로 이루어진 Azo- 그룹은 UV 빛을 받을 경우, Trans (9 Å) 구조에서 Cis (5.5 Å) 구조로 변형이 이루어지며, 이 때 발생하는 3.5 Å의 기계적 변형에 의해, Bulk 필름이 기계적으로 움직이게 되는 원리이다. 또한 입사되는 광축에 의해, Trans-Cis 변환 효율이 다르기 때문에, 입사되는 빛의 편광방향에 따라 여러방향으로 변형을 제어할 수 있는 장점이 있다. 이러한 원리를 기반으로 하여, 2008년 미국 Air Force Lab.의 T. Bunning 그룹에서는 액정고분자 네트워크 구조를 이용하여 청색 레이저를 받으면 30Hz 이상으로 진동할 수 있는 광반응성 고속 액추에이터에 대한 연구 결과를 보고하였다. 이러한 진동속도는 벌새의

날개짓과 동등한 수준의 움직임으로서, 생체 모방형 액추에이터 개발에 대한 가능성을 제시하였다. (그림 2) 고속 진동운동을 할 수 있는 원리를 살펴보면 광반응성이 있는 Azo- 그룹을 가지는 액정 물질을 한쪽 방향으로 배향 후, 가교 반응을 통해 광반응성 액정 고분자 네트워크를 만들었기 때문이다. 입사된 광에너지에 의해 일부분의 액정 분자들의 배향이 바뀌면, 액정의 Co-operative 거동에 의해 전체적인 고분자 필름으로 분자 배향 효과가 전이되어 매우 빠른 응답속도를 가지는 액추에이터 거동이 가능하다. 진동형 움직임의 주파수는 필름의 dimension에 큰 영향이 있으며, 진동폭은 온도에 크게 영향을 받는다. 최근에는 여러가지 조건을 최적화하여 270 Hz의 진동을 할 수 있는 액정형 액추에이터가 보고되고 있다.

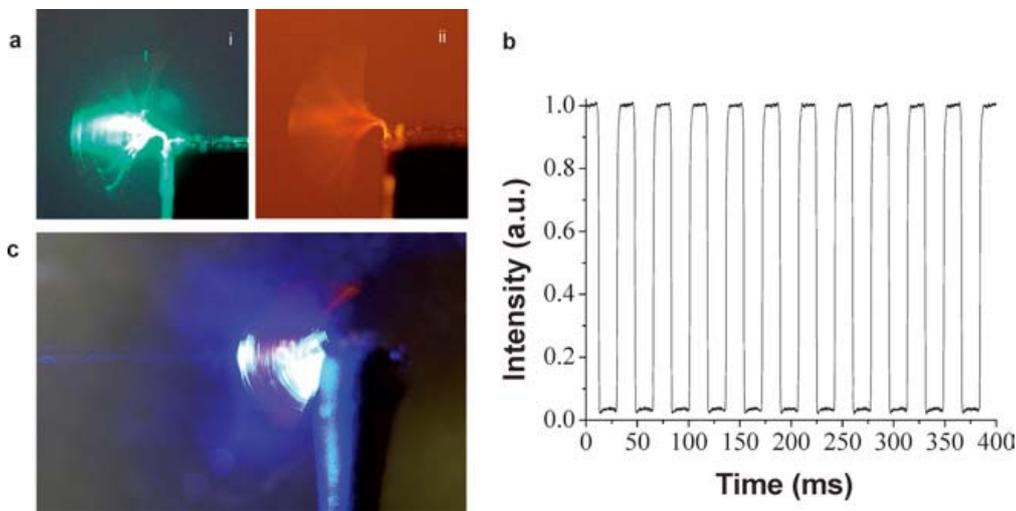


그림 2. 고속으로 진동하는 액정형 고분자 액추에이터

관련 연구분야는 계속 진행되어, 최근에는 액정 배향을 패턴화 하여 선택적으로 제어함에 따라, 원하는 방향으로 휘거나, 특정 방향으로만 꼬이는 광반응성 스마트 액추에이터에 대한 결과들이 보고되고 있다. (그림 3) 이러한 광반응성 스마트 액추에이터 기술은 Wireless 하고 매우 정확하게 움직임을 제어할 수 있는 장점이 있어서, 기존 전기구동이나 기계적 구동방식의 액추에이터를 대체할 수 있는 미래 기술로 각광받고 있다. 구체적인 응용분야로는 Soft robotics나 초소형 무인항공기의 날개 등에 적용이 가능하다.

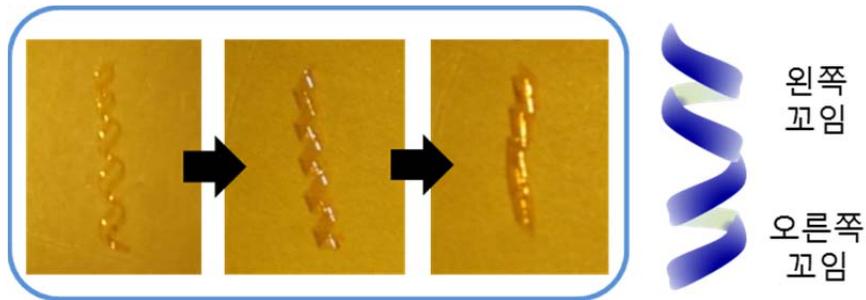


그림 3. 액정의 선택적 배향을 통한 꼬임 구조

2. 액정 고무를 이용한 마이크로 펌프

2012년 서울대학교 Lagerwall 연구팀은 다양한 바이오 칩, 인공장기, MEMS등에 응용될 수 있는 미세유체공정기술로 액정고무로 된 초미세 마이크로 펌프를 제작하는데 성공했다. (그림 4) 이 펌프는 얇은 껍질로 이루어진 구형 모양의 액정고무로, 연구진이 개발한 기술을 사용하면 수백 마이크로미터 또는 수십 밀리미터 지름의 구형 액정고무 펌프를 분당 100개 까지 만들 수 있다. 이 펌프를 사용하면 삼차원 미세유체공학 시스템이 획기적으로 바뀔 수 있을 것으로 전망된다. 액정(liquid crystal)고무는 외부의 온도 변화만으로도 쉽게 모양이 바뀌는 특징이 있으며, 변형된 형태는 다시금 원상 복귀가 가능하다. 또한, 매우 가볍고 쉽게 찢어지지 않으며 원하는 형태로 가공하기 쉬운 특성을 갖고 있다. 이러한 장점을 기반으로 액정고무는 인공 근육 또는 플라스틱기반의 마이크로 기계장치의 개발 등에 응용되고 있다. 연구진은 액정고무 펌프에 마이크로 단위의 관을 삽입하고, 펌프 내부에 액체를 채웠다. 그리고 액정고무의 '온도에 따라 모양이 변화되는 성질'을 사용해, 외부의 온도 변화만으로 액정고무 마이크로 펌프가 반복적이고 안정적으로 내부 액체를 빨아올릴 수 있음을 실험적으로 보였다. 미세유체공학에서는 작은 펌프를 사용해 액체를 추출하거나 삽입하는 것이 매우 중요하다. 더욱이, 이 펌프들은 구동을 위해 기판 또는 추가적인 기계장치를 필요로 하지 않으며, 원하는 각도에서 입/배출구를 위한 미세 관을 액정고무에 쉽게 삽입할 수 있다.

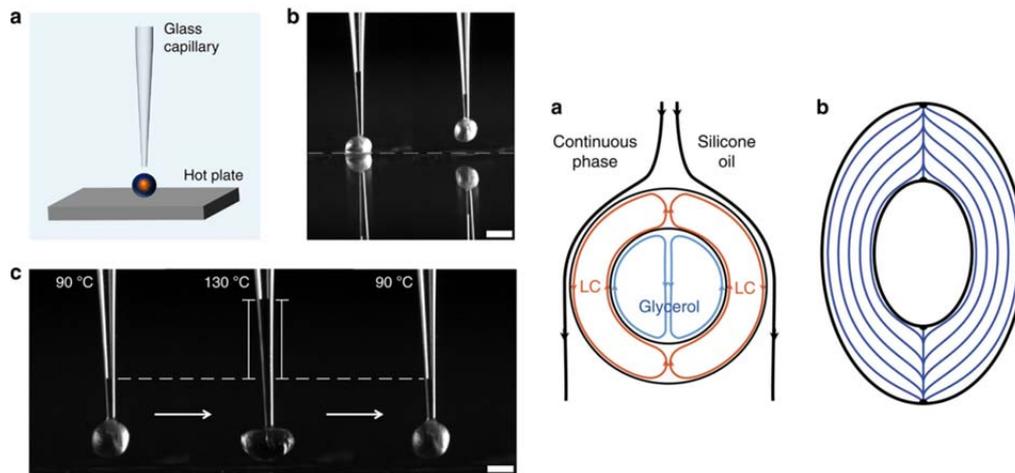


그림 4. (좌) 마이크로펌프 기능을 하는코어-셸 액정 elastomer 마이크로입자 (우) 액정 고무 마이크로펌프의 분자배향 모식도