



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2008-0112706
(43) 공개일자 2008년12월26일

(51) Int. Cl.

A61B 1/00 (2006.01) B81B 7/00 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2007-0061453

(22) 출원일자 2007년06월22일

심사청구일자 2007년06월22일

(71) 출원인

이상훈

경기도 안산시 단원구 고잔동 720(21/7) 호수공원
아파트 136-102

(72) 발명자

이상훈

경기도 안산시 단원구 고잔동 720(21/7) 호수공원
아파트 136-102

권구한

서울 서초구 반포3동 한신아파트 210동 1203호

(74) 대리인

이재인

전체 청구항 수 : 총 6 항

(54) 마이크로 로봇 및 그 제조 방법

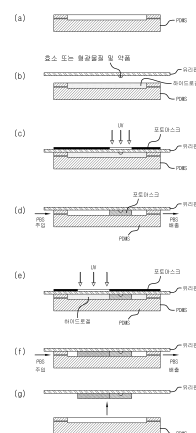
(57) 요약

본 발명은 마이크로 로봇 및 그 제조방법에 관한 것으로, 특히 전기자극형 폴리머 (Electroactive Polymer: EAP)를 마이크로 유체소자 (Microfluidic chip)와 In-situ 광중합(Photopolymerization)을 이용하여 극소형 액츄에이터, 기타 몸체 및 감각기 등을 제작하기 위한 마이크로 로봇 및 그 제조방법에 관한 것이다. 본 발명은 매우 작게 할 수 있으면서도 외부에서 동력원의 공급이 가능하여 작동 유지 시간을 충분히 확보할 수 있으며, 액츄에이터에 의하여 이동 가능한 두부에 형광물질이나 효소 등의 다양한 반응 물질을 형성하여 줌으로써, 마이크로 로봇의 궤적 모니터링이나 주변 물질에 의한 반응 등 다양한 용도로 활용할 수 있도록 한 것이다.

본 발명은 하이드로겔에 acrylic acid를 첨가하여 제작된 물질을 In-situ 광중합을 통하여 액츄에이터 모양으로 제작하고, 다른 부분, 예를 들면 몸체는 하이드로겔만으로 된 물질로 제작하고, 효소나 형광물질을 몸체 부분에 부착 (immobilize) 하여 센서나 약물 전달용 담체(carrier)의 기능을 하도록 한 것이다.

이에 따라 본 발명은 전기장의 제어에 의하여 액츄에이터로 기능 가능함과 아울러, 두부에 형성된 반응 물질에 의하여 추적, 반응 등 다양한 효용을 제공하는 마이크로 로봇을 제조할 수 있게 되는 것이다.

대표도 - 도1



특허청구의 범위

청구항 1

PDMS의 상부에 요입부를 형성하고, 하이드로겔을 채운다음, 유리판의 적정 개소에 효소나 형광물질을 부착시키고 이를 전술한 PDMS의 요입부에 덮은 후,

두부에 해당하는 부분의 형상으로 빛을 통과시키는 마스크를 덮되, 전술한 효소나 형광물질의 위치가 두부 내부에 있도록 중심을 맞추고,

이에 자외선램프를 조사하여 두부에 해당하는 부분을 경화시키며,

경화되지 않은 부분을 PBS(BUFFER SOLUTION)에 의하여 배출, 제거되도록 하고,

PDMS의 요입부에 하이드로겔에 acrylic acid가 첨가된 액체를 다시 주입하여 채우고, 그 위에 다리에 해당하는 부분의 형상으로 빛을 통과시키는 마스크를 덮은 후, 이에 다시 자외선램프를 조사하여 다리에 해당하는 부분을 경화시키며,

이러한 과정으로 다리가 경화되도록 한 다음, PBS에 의하여 재차 경화되지 않은 부분을 배출시킨 다음, 유리판에 붙은 마이크로 로봇을 떼어 냄을 특징으로 하는 마이크로 로봇 제조 방법.

청구항 2

제 1항에 있어서,

전술한 유리판에 붙은 마이크로 로봇의 다리에 물을 떨어 뜨려 흡습성으로 유리판에서 스스로 분리되도록 함을 특징으로 하는 마이크로 로봇 제조 방법.

청구항 3

하이드로겔만으로 된 두부와, 하이드로겔에 acrylic acid를 첨가하여서 된 다리로 구성됨을 특징으로 하는 마이크로 로봇.

청구항 4

청구항 2에 있어서,

하이드로겔만으로 된 두부에 효소가 부착됨을 특징으로 하는 마이크로 로봇.

청구항 5

청구항 2에 있어서,

하이드로겔만으로 된 두부에 형광물질이 부착됨을 특징으로 하는 마이크로 로봇.

청구항 6

청구항 2에 있어서,

하이드로겔만으로 된 두부에 진단, 치료를 위한 약물이 부착됨을 특징으로 하는 마이크로 로봇.

명 세 서

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

<10> 본 발명은 EAP를 이용한 마이크로 로봇 및 그 제조방법에 관한 것으로 특히 Hydrogel(이하 '하이드로겔'이라 함)을 이용하여 제조되는 극소형인 액츄에이터를 구비하여서 된 마이크로 로봇 및 그 제조방법에 관한 것이다.

<11> 주지하는 바와 같이 미세 전자기술과 미세한 기계적 구조를 결합한 초소형 스마트 센서 등은 상용화됐으나 실리

콘이나 기타 재료로 만든 마이크로 로봇 또는 극소형 기계의 개발은 아직 개발 초기 단계에 있다. 특히 생체의 운동과 비슷한 유연한 동작을 갖는 마이크로 로봇의 제작은 인류의 꿈 중 하나이다. 이러한 마이크로 로봇의 실용화에 있어서, 가장 어려운 난제는 운동기능을 구현하기 위해 많은 전자 및 기계 부품을 사용해서 제작하기 때문에 그 크기를 소형화 할 수 없다는 것이고, 유연한 동작의 구현을 위해 고무나 실리콘 등과 같은 탄성 물질을 사용해야 하는데 현재의 기술로서는 구현하기 어려워 수 마이크로 크기 이하의 마이크로 액츄에이터 제작이 어렵게 되는 문제점이 있다.

<12> 또한, 가장 작은 마이크로 액츄에이터의 대표적인 것으로 초소형의 모우터를 예로 들 수 있으나, 이는 그 크기를 소형화하는데 한계가 있다. 그러므로, 인체의 장기 또는 혈관 내부의 시료를 채취하거나 막힌 혈관의 혈전을 제거하는 등의 용도로 사용하기 위한 극소형의 액츄에이터는 현재까지 개발되지 않고 있으며, 용량이 극히 제한된 전원을 사용하게 되는 것이어서, 환경 감시등 장시간의 작동 유지 시간이 필요한 용도로는 전혀 활용할 수 없는 문제점이 있는 것이다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

<13> 본 발명의 목적은 이러한 요구에 부응하기 위하여 본 발명의 제 1목적은 그 크기를 1mm 크기 이하로 충분히 작게 할 수 있으면서도 외부에서 동력원의 공급이 가능하여 작동 유지 시간을 충분히 확보할 수 있는 한 마이크로 로봇 및 그 제조 방법을 제공함에 있다.

<14> 본 발명의 제 2목적은 액츄에이터에 의하여 이동 가능한 두부에 형광물질이나 효소 등의 다양한 반응 물질을 형성하여 줌으로써, 마이크로 로봇의 궤적 모니터링이나 주변 물질에 의한 반응 등 다양한 용도로 활용할 수 있는 마이크로 로봇 및 그 제조 방법을 제공함에 있다.

<15> 본 발명의 제 3 목적은 소형 전자 부품 등을 함께 부착하여 자율적으로 움직일 수 있는 마이크로 로봇 및 그 제조 방법을 제공함에 있다.

발명의 구성 및 작용

<16> 본 발명은 이러한 목적을 달성하기 위하여 극소형의 액츄에이터를 얻기 위한 연구를 진행하였으며, 그 결과 하이드로겔에 acrylic acid를 첨가하고, 그 양단에 전기장을 가함으로써, 전기장의 양이온에 의한 변형을 유발시켜 벤딩되도록 한 논문(Y. Osada, H. Okuzaki, H. Hori, "A Polymer Gel with Electrically Driven motility", Nature, 35, 1992, 242-244)에 의하여 공개된 바 있는 하이드로겔과 유사한 성질을 갖는 하이드로겔에 acrylic acid를 첨가하여 제작된 물질을 In-situ 광중합을 통하여 액츄에이터 모양으로 제작하고, 다른 부분, 예를 들면 몸체는 하이드로겔만으로 된 물질로 제작하고, 효소나 형광물질을 몸체 부분에 부착(immobilize)하여 센서나 약물 전달용 담체(carrier)의 기능을 하도록 한 것이다.

<17> 이에 따라 본 발명은 전기장의 제어에 의하여 액츄에이터로 기능 가능함과 아울러, 두부에 형성된 반응 물질에 의하여 추적, 반응 등 다양한 효용을 제공할 수 있게 되는 것이다.

<18> 이러한 본 발명을 첨부된 도면을 참조하여 더욱 상세히 설명하면 다음과 같다.

<19> 먼저, 본 발명에 의한 마이크로 로봇의 제조 방법을 설명하면 다음과 같다.

<20> 본 발명은 도 1(a)에 보인 바와 같이, PDMS로 제작된 마이크로유체 칩의 상부에 요입부를 형성하고, 도 1(b)에 보인 바와 같이, 하이드로겔을 채운다. 하이드로겔을 채운 마이크로유체칩의 상부에 특정부위의 형상(예: 액츄에이터, 몸체, 센서 등)이 인쇄된 포토마스크(Photomask)를 덮고, 도 1(c)에 보인바 같이 자외선램프를 조사하면 특정 부위가 경화된다. 이와 같이 한 후, 도 1(d)에 보인 바와 같이 PBS(BUFFER SOLUTION)를 일측으로 주입하여 타측의 배출구로 배출되도록 함으로써, 경화된 부분을 제외한 나머지 용액상태의 하이드로겔이 모두 타측으로 배출되도록 한다.

<21> 이어서, 도 1(e)로 보인 바와 같이, PDMS의 요입부에 다른 성분을 갖는 하이드로겔을 다시 주입하여 채우고, 그 위에 도 1(b)와는 다른 부분의 형상으로 빛을 통과시키는 마스크를 덮은 후, 이에 다시 자외선램프를 조사하여 다른 부위에 해당하는 부분을 경화시키고, 도 1(f)로 보인 바와 같이 PBS를 일측으로 주입하여 타측으로 배출되도록 하여 경화되지 않은 부분을 제거한다. 이와 같이 각기 다른 물질을 채워가면서 각 부위를 경화시키는 과정을 순차적으로 진행하게 되면 다양한 기능을 갖는 마이크로로봇의 제작이 가능하게 된다. 이러한 과정이 마무리되면, 도 1(g)로 보인 바와 같이 유리판을 들어낸다. 이러한 유리판에는 전술한 과정으로 경화된 마이크로 로봇이 형성되어 있는 것이며, 이는 유리판으로부터 분리되어야 하므로, 미세한 형태의 다리는 증류수를 떨어 뜨려

줌으로써, 부피 팽창으로 인하여 스스로 유리판에서 분리되도록 한 다음 규격이 큰 두부는 날카로운 도구로 떼어 내도록 한다.

- <22> 이와 같이 하여 얻은 본 발명에 의한 마이크로 로봇은 효소나 형광물질이 두부의 중심에 위치하고, 두부의 일측에 acrylic acid가 첨가된 하이드로겔로 된 다리가 일체로 형성된 상태가 된다.
- <23> 이러한 본 발명에 의하여 제조된 마이크로 로봇은 생리식염수에 백금 전극을 배치하고, 전극 사이에 마이크로 로봇을 배치한 후, 백금 전극 양단에 "+", "-" 또는 "-", "+"를 인가하게 되는 것이다.
- <24> 이에 따라, 본 발명에 의한 마이크로 로봇은 acrylic acid가 첨가된 하이드로겔로 된 다리 부분이 전기장의 전극 변화에 따라 상방 또는 하방으로 빠른 속도로 구부러지므로 두부와 함께 이동하게 되는 것이다.
- <25> 이러한 본 발명에 의한 마이크로 로봇을 제작하기 위한 설비를 도 3으로 예시하였다.
- <26> 이에서는 자외선 조사나 작업 진행을 위한 현미경이 중심의 노브를 조작함으로써, 선택 사용될 수 있도록 하며, PDMS와 마스크 등의 위치 등을 조절하기 위한 수단이 구비되어 있고, PBS를 주입하기 위한 실린지 펌프도 구비되어 있음을 볼 수 있다.
- <27> 또한, 이와 같이 하여 얻은 본 발명에 의한 마이크로 로봇은 생리 식염수에 넣고 그 양측의 전극에 전압을 인가하되, 그 극성을 변환시켜 주면 마이크로 로봇의 두부는 순수 하이드로겔을 경화시켜서 된 것이므로, 아무런 반응을 보이지 않으나, 다리는 전극의 변화에 따라 그 휘는 방향이 도면상 상방 또는 하방으로 되는 것이며, 이러한 전극에 가하여 지는 극성을 변화시킴에 따라 모든 다리가 일체히 상방으로 휘고 다음 순간 하방으로 휘게 되므로, 두부는 다리 부분의 움직임에 의하여 추진력을 얻게 되어 이동가능하게 되는 것이다. 아울러, 본 발명에 의한 두부에는 효소나 형광물질이 구비되어 있는 것이다.
- <28> 이러한 본 발명에 의하여 제조된 마이크로 로봇의 실물 예를 도 4 내지 도 6으로 보였다.
- <29> 먼저, 도 4a로 도시된 본 발명에 의한 실시 예를 살펴보면, 이에서는 다리가 하나인 정자 형태의 마이크로 로봇을 보이고 있다.
- <30> 이는 다리 부분은 하이드로겔에 acrylic acid가 첨가된 것이고, 두부는 하이드로겔만으로 된 것인바, 이는 전기장을 인가함에 따라 도 4b로 보인 바와 같이 상방으로 벤딩되는 것이고, 전기장의 전극 방향을 반전시킴에 따라 도 4c로 보인 바와 같이 하방으로 벤딩되는 것이다. 그러므로 이러한 동작을 반복하게 되면 다리 부분의 탄발력으로 두부가 도면상 우측으로 이동하게 되는 것이어서, 이동력을 얻게 되는 것이다.
- <31> 아울러, 도 5로 실시 예는 낙지 모양으로 된 마이크로 로봇을 보이고 있다.
- <32> 이에서는 두부가 하나이나 다리는 여러개인 형태로서 더욱 강한 탄발력을 얻을 수 있다. 즉, 전기장을 가하는 방향에 따라 도 5a로 보인 바와 같이 하방으로 배열된 마이크로 로봇의 다리 모양이 도 5b로 보인 바와 같이 상방으로 향하도록 벤딩되는 것이고, 다음 순간 전기장의 전극을 반전시키면 도 5a로 보인 바와 같이 모든 다리가 하방으로 뻗게 되는 결과가 되며, 이러한 동작을 반복하게 되면 본 발명에 의한 마이크로 로봇은 도면상 상방으로 솟구치게 되는 결과가 되어 강한 이동력을 얻을 수 있게 된다.
- <33> 또한, 도 6a로 보인 실시예는 두부에 해당하는 몸체가 길게 되고, 하방으로 가는 다리가 다수개 형성된 벌레 모양 마이크로 로봇이 도시되어 있다. 이러한 실시예에서는 전극에 전원을 가함에 따라 전기장이 형성되고, 이에 따라 다리가 벤딩되면서 도 6b로 보인 바와 같은 상태로 되는 것이다. 그러므로 두부에 해당하는 몸체가 도면상 좌측으로 이동하게 되는 것이며, 이어서 전극에 가하여 지는 전원의 극성을 반대로 함으로써 도 6a로 보인 바와 같은 다리가 접어지는 방향으로 구부러지므로, 이러한 전극의 극성을 연속 반전시키는 동작에 의하여 본 발명에 의한 마이크로 로봇이 전진할 수 있게 되는 것이어서 이동력을 확보할 수 있게 되는 것이다.
- <34> 아울러, 본 발명에서는 이상에서 도시한 형태의 예 외에도 본 발명과 동일한 기술적 특징을 유지하면서 용도에 따라 매우 다양한 형태로 변형, 제조할 수 있음은 물론이다.
- <35> 또한, 이러한 본 발명에 의하여 제조된 마이크로 로봇은 전기장을 형성하는 전압을 높임에 따라 도 7로 보인 바와 같이 구부러지는 각도가 커짐을 확인할 수 있었다. 그러므로, 인가 전극뿐만 아니라, 인가전압을 변화시킴으로써, 원하는 방향, 속도로 이동시킬 수 있는 것이다.
- <36> 아울러, 이러한 본 발명에 의한 마이크로 로봇은 그 크기를 크게 하면 전압을 높임에 따라 더욱 큰 각도로 구부러지므로 전압을 높이고 그 크기를 크게 하면 더욱 활발한 운동력을 부여할 수 있게 된다.

- <37> 또한, 이러한 본 발명은 도 8로 보인 바와 같이 마이크로 로봇의 크기를 크게 할수록 반응에 소요되는 시간이 증가하게 되어 기민한 동작을 위해서는 그 크기를 작게 할 필요가 있음이 확인되었다.
- <38> 아울러, 본 발명에서는 도 9로 보인 바와 같이 다리의 길이를 길게 한 경우가 다리를 짧게 한 경우 보다 전기장의 전압을 상승시켰을 때, 구부러짐 각도를 크게 할 수 있음이 확인되었다.
- <39> 그러므로, 이상의 도 7 내지 도 9로 보인 도표에 의하여 다리의 구부러짐 각도를 크게 하자면 전압을 높이고, 다리의 길이를 길게 하여야 하는 것이며, 반응 속도를 높이자면 마이크로 로봇의 크기를 줄일 필요가 있음을 알 수 있었다.
- <40> 아울러, 이러한 본 발명에 의한 마이크로 로봇은 인체의 의료적 처치를 위하여 적용하는 경우에는 마이크로 로봇을 인체 내부에 침투시키고, 피부 외측에서 전극을 고정시키거나 이동시켜 가면서 전극을 스위칭 시켜 주면 인체의 내부에 침투한 마이크로 로봇의 다리가 연속적으로 움직이면서 혈액 중에 이동하게 되고, 이러한 과정에서 만일 인체의 혈액과 접촉되는 경우에는 혈액 중의 각종 성분과 결합하여 반응을 일으키게 되므로, 이를 회수하여 그 성분을 분석함으로써, 혈액의 분석이 가능하게 된다.
- <41> 또한, 두부에 형광물질이 부착되어 있는 상태에서는 이에 자외선을 조사함으로써 두부에서 발광하는 빛을 모니터링하여 본 발명에 의한 마이크로 로봇의 이동을 쉽게 인지할 수 있게 되는 것이다.
- <42> 아울러, 이러한 본 발명에 의한 마이크로 로봇의 두부에 효소나 형광물질이 아닌 진료나 진단을 위한 약물을 부착시킨 경우에는 인체에 침투시켜 해당 장기 등에 도달시킨 후 체류하도록 함으로써, 해당 약물이 특정 장기에 직접 작용하도록 하여 부작용을 최소화함과 아울러 치료 효과를 증진시킬 수도 있게 되는 것이다.

발명의 효과

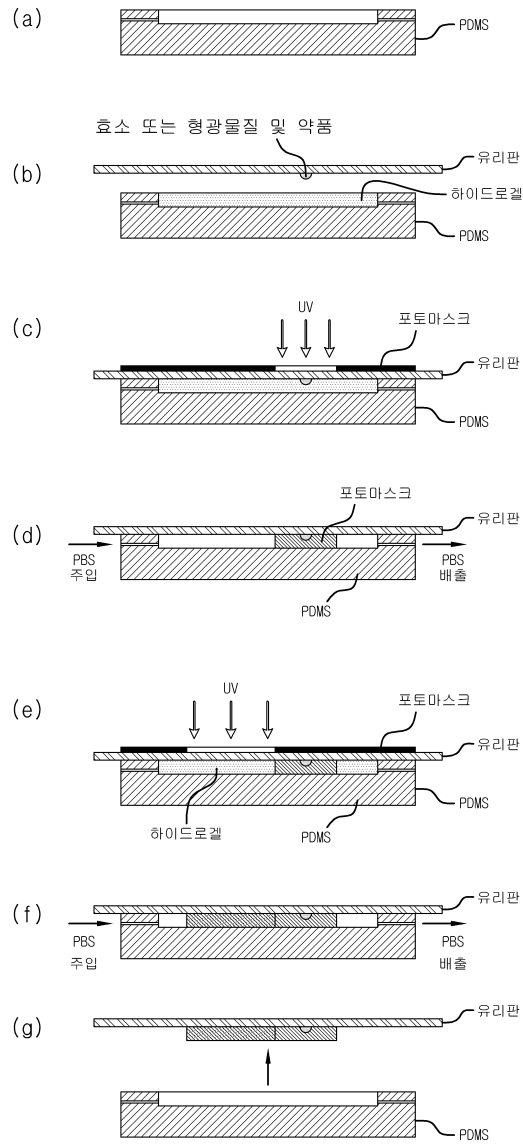
- <43> 이와 같이 하여 본 발명은 초소형의 모터 등 기계요소와 같이 소형화의 한계가 있는 기계요소가 아니어서 1mm 이하 크기의 극소형 액츄에이터를 제공할 수 있게 되므로, 인체의 장기 또는 혈관 내부의 시료를 채취하거나 막힌 혈관의 혈전을 제거하는 등의 용도로 사용하기 위한 극소형의 액츄에이터로 널리 활용할 수 있게 된다.
- <44> 그러므로, 인체의 장기나, 혈관 내부의 시료를 채취하거나 막힌 혈관의 혈전을 제거하고, 약물을 인체 내부 장기 등에 직접 투여하는 등의 용도로 사용할 수 있는 것이다. 이와 같이 본 발명은 외부에서 가하여 지는 전기장에 의하여 목표 지점으로 이동시키면서 시료 채취, 운반 등의 기능을 수행하며, 이러한 과정에서 그 움직임이 모니터링 될 수 있으므로 진단이나 치료를 위하여 사용될 수 있고, 수중에도 투입되어 장시간 동안 유해 물질의 유무, 채취 등의 업무를 수행함으로써, 환경 감시 기능을 하도록 하는 등 매우 다양한 용도로 널리 활용할 수 있게 되는 유용한 효과가 있다.
- <45> 또한 이러한 마이크로 로봇에 마이크로 전자 칩과 무선 통신 및 무선 에너지 전송장치 등을 장착하면 자발적으로 움직일 수 있는 마이크로 로봇의 개발이 가능하게 되며 마이크로 로봇에 금속막이나 전도성 고분자를 이용하여 전기 통로를 제작하면 이러한 자율운동 로봇의 구현이 더욱 쉽게 가능할 것이다.

도면의 간단한 설명

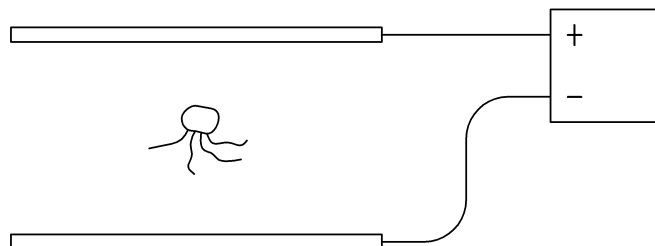
- <1> 도 1은 본 발명에 의한 마이크로 로봇의 제조 과정을 보인 설명도.
- <2> 도 2는 본 발명에 의한 마이크로 로봇의 작동 상태를 보인 설명도.
- <3> 도 3은 본 발명에 의한 마이크로 로봇의 제조 설비를 예시한 설명도.
- <4> 도 4은 본 발명에 의한 정자형 마이크로 로봇의 작동 상태 사진.
- <5> 도 5은 본 발명에 의한 낙지형 마이크로 로봇의 작동 상태 사진.
- <6> 도 6는 본 발명에 의한 벌레형 마이크로 로봇의 작동 상태 사진.
- <7> 도 7는 본 발명에 의한 전압의 변화에 의한 다리의 구부러짐 각도의 변화를 보인 도표.
- <8> 도 8은 본 발명에 의한 전압의 변화에 대한 다리의 구부러짐 반응 소요 시간을 보인 도표.
- <9> 도 9는 본 발명에 의한 길이가 다른 다리의 전압의 변화에 대한 구부러짐 각도의 변화를 보인 도표

도면

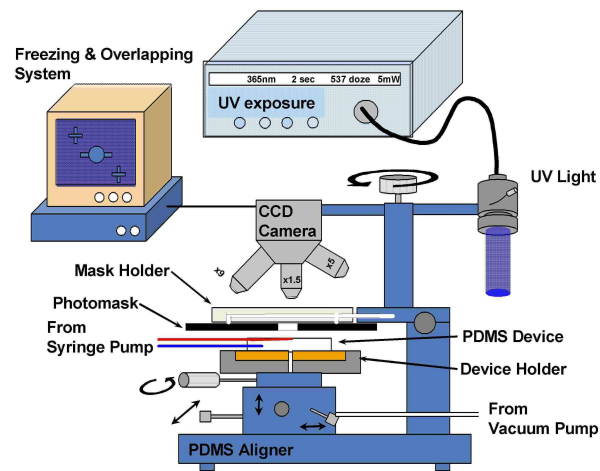
도면1



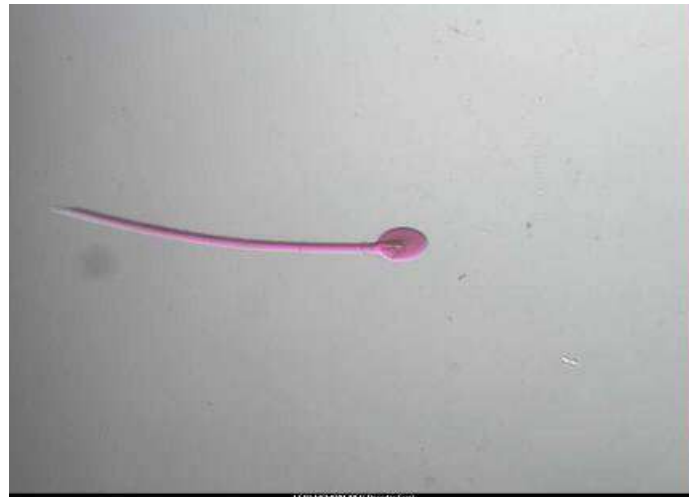
도면2



도면3



도면4a



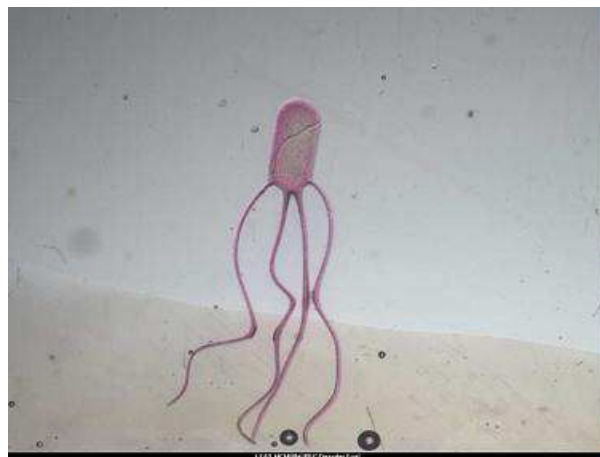
도면4b



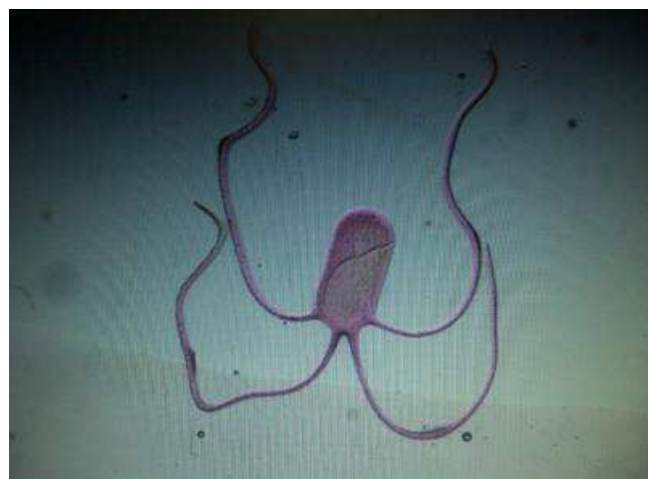
도면4c



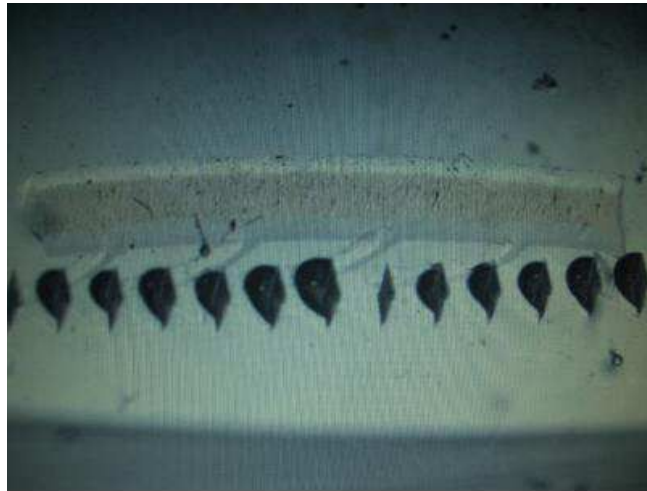
도면5a



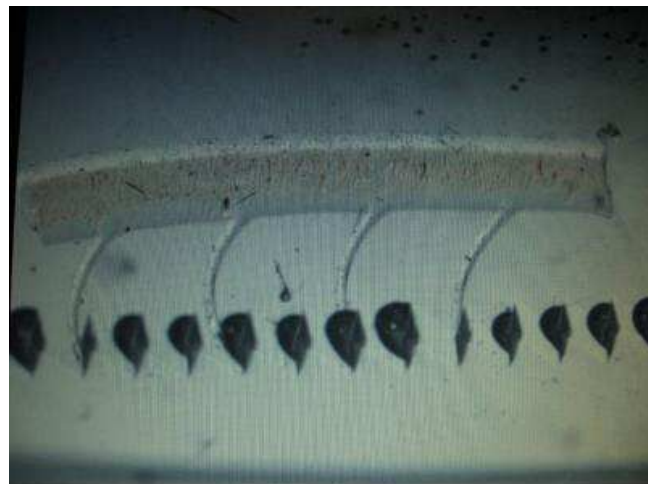
도면5b



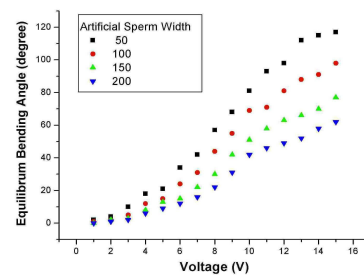
도면6a



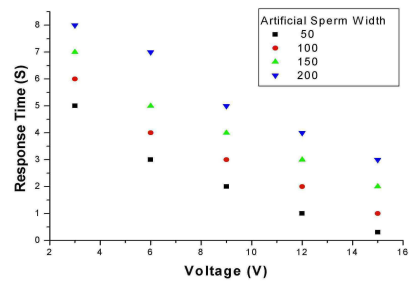
도면6b



도면7



도면8



도면9

