



**(19) 대한민국특허청(KR)**  
**(12) 등록특허공보(B1)**

(45) 공고일자 2014년11월12일  
 (11) 등록번호 10-1454270  
 (24) 등록일자 2014년10월17일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
 G02B 3/00 (2006.01) G02B 3/14 (2006.01)  
 G02B 27/22 (2006.01)  
 (21) 출원번호 10-2013-0043431  
 (22) 출원일자 2013년04월19일  
 심사청구일자 2013년04월19일  
 (56) 선행기술조사문헌  
 Jianfeng Zang et al., "Multifunctionality and control of the crumpling and unfolding of large-area graphene," Nature Materials 12, pp 321-325 (2013)\*  
 KR1020120111456 A  
 KR1020120134214 A  
 KR1020110087713 A  
 \*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자  
 서울대학교산학협력단  
 서울특별시 관악구 관악로 1 (신림동)  
 그래핀스퀘어 주식회사  
 서울특별시 금천구 벚꽃로 298, 제3층 제313호(가산동, 대륭포스트타워6차)  
 (72) 발명자  
 홍병희  
 경기 수원시 장안구 화산로 85, 120동 1503호 (천천동, 천천푸르지오아파트)  
 강준모  
 경기 부천시 원미구 장말로 107-1, 1535동 1703호 (상동, 한아름아파트)  
 (74) 대리인  
 특허법인엠에이피에스

전체 청구항 수 : 총 13 항

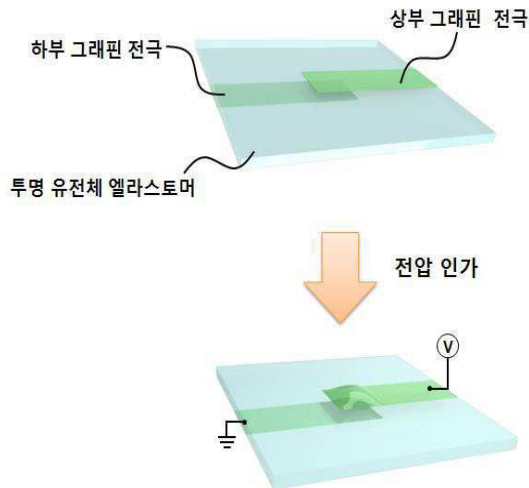
심사관 : 오군규

**(54) 발명의 명칭 가변초점 렌즈, 및 그 제조방법**

**(57) 요약**

본원은, 그래핀을 포함하는 가변초점 렌즈, 상기 가변초점 렌즈의 제조방법, 상기 가변초점 렌즈의 초점 조절 방법, 및 상기 가변초점 렌즈를 포함하는 디스플레이 장치에 관한 것이다.

**대표도** - 도2



## 특허청구의 범위

### 청구항 1

투명 유전체 엘라스토머(elastomer) 층, 및

그래핀을 함유하는 투명 전극층을 포함하며,

상기 투명 유전체 엘라스토머 층의 양 면 각각의 적어도 일부에 상기 그래핀을 함유하는 투명 전극층이 각각 형성되어 있는 것이며,

상기 투명 전극층에 인가되는 전압의 변화에 의하여 상기 투명 유전체 엘라스토머 층의 굴절률이 변화되어 렌즈의 초점을 변화시키는 것인,

가변초점 렌즈.

### 청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 투명 전극층은 각각 독립적으로 1층 내지 20 층의 그래핀을 포함하는 것인, 가변초점 렌즈.

### 청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 투명 전극층은 각각 50% 이상의 가시광선 투과율을 가지는 것인, 가변초점 렌즈.

### 청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 투명 유전체 엘라스토머 층은, 실리콘(silicone), 폴리우레탄, 폴리디메틸실록세인(PDMS), 아크릴, 및 이들의 조합들로 이루어지는 군에서 선택되는 것을 포함하는 것인, 가변초점 렌즈.

### 청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 투명 유전체 엘라스토머 층의 두께는 10  $\mu\text{m}$  내지 1 cm 인 것인, 가변초점 렌즈.

### 청구항 6

제 1 항에 있어서,

상기 투명 유전체 엘라스토머 층의 유전상수는 1 내지 50인 것인, 가변초점 렌즈.

### 청구항 7

제 1 항에 있어서,

상기 투명 전극층의 두께는 0.1 nm 내지 50 nm 인 것인, 가변초점 렌즈.

### 청구항 8

제 1 항에 있어서,

상기 투명 유전체 엘라스토머 층의 형상은,

전체적으로 또는 부분적으로, 평평한(flat) 형상, 양 면이 볼록한 형상, 양 면이 오목한 형상, 어느 한 면이 오목한 형상, 또는 어느 한 면이 볼록한 형상을 포함하는 것인, 가변초점 렌즈.

### 청구항 9

삭제

### 청구항 10

투명 유전체 엘라스토머 층의 양 면 각각의 적어도 일부에 그래핀을 함유하는 투명 전극층을 형성하는 단계를 포함하는, 제 1 항에 따른 가변초점 렌즈의 제조방법.

### 청구항 11

제 10 항에 있어서,

상기 투명 유전체 엘라스토머 층의 양 면 각각의 적어도 일부에 그래핀을 함유하는 투명 전극층을 형성하는 단계는, 상기 투명 유전체 엘라스토머 층의 양 면 각각의 적어도 일부에 그래핀을 전사하는 단계를 포함하는 것인, 가변초점 렌즈의 제조방법.

### 청구항 12

제 11 항에 있어서,

상기 전사는 습식 전사, 건식 전사, 물투를 전사, 및 이들의 조합들로 이루어지는 군에서 선택되는 전사방법에 의하여 수행되는 것인, 가변초점 렌즈의 제조방법.

### 청구항 13

제 1 항 내지 제 8 항 중 어느 한 항에 따른 가변초점 렌즈의 양 면에 형성된 상기 투명 전극층에 전압을 인가하여 상기 투명 전극층들 사이에 전위차를 발생시킴으로써 상기 가변초점 렌즈의 초점을 변화시키는 것을 포함하는, 가변초점 렌즈의 초점 조절 방법.

### 청구항 14

제 1 항 내지 제 8 항 중 어느 한 항에 따른 가변초점 렌즈를 포함하는, 디스플레이 장치.

## 명세서

### 기술분야

본원은, 그래핀을 포함하는 가변초점 렌즈, 상기 가변초점 렌즈의 제조방법, 상기 가변초점 렌즈의 초점 조절 방법, 및 상기 가변초점 렌즈를 포함하는 디스플레이 장치에 관한 것이다.

[0001]

**배경 기술**

[0002] 가변초점 렌즈는 렌즈의 굴절률이 변화될 수 있는 렌즈로서, 종래의 대표적 가변초점 렌즈인 액체 렌즈는 크게 두 가지 방식으로 초점거리가 조절되었다. 첫 번째 방식은, 고분자 필름의 아래에 액상 물질을 채운 상태에서 전기-기계적인 구동체를 조작하여 상기 액상 물질의 부피를 조절함으로써 상기 고분자 필름의 형태 및/또는 높이를 변형시키는 방식이다. 두 번째 방식은, 전도성 액체와 부도체이면서 혼합되지 않는 두 액체 각각의 상의 모습을 전기적으로 제어하여 조작하는 방식이다. 특히, 전자의 경우에는 액체, 고분자 필름, 및 부피 조절을 위한 전기-기계적인 구동체 등의 복잡한 구조가 요구되며, 렌즈 주변에 부가적으로 제작해야 하는 모터 및 고정 지지대 등이 필요하였다. 따라서, 가변초점 렌즈의 크기를 작게 제조하기 어려웠으며, 이에 따라 마이크로 크기의 굴곡을 제어하는 것에 어려움이 있었다. 아울러, 기존의 방식은 전극으로서 얇은 금속 박막을 사용하였기 때문에 휘어지거나 투명한 전극을 제작하는 데에 한계가 있었다.

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

[0003] 본원은, 투명 전극으로서 사용된 그래핀에 전압을 가함으로써 투명 전극들 사이에 전위차를 발생시켜 상기 투명 전극들 사이에 배치된, 렌즈 역할을 하는 유전체 엘라스토머를 움직이게 하여 렌즈의 초점을 변화시킬 수 있는 가변초점 렌즈, 상기 가변초점 렌즈의 제조방법, 상기 가변초점 렌즈의 초점 조절 방법, 및 상기 가변초점 렌즈를 포함하며 3D 화면이 구현가능한 디스플레이 장치를 제공한다.

[0004] 그러나, 본원이 해결하고자 하는 과제는 이상에서 언급한 과제로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 과제들은 아래의 기재로부터 당업자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

**과제의 해결 수단**

[0005] 본원의 제 1 측면은, 투명 유전체 엘라스토머(elastomer) 층, 및 그래핀을 함유하는 투명 전극층을 포함하며, 상기 투명 유전체 엘라스토머 층의 양 면 각각의 적어도 일부에 상기 그래핀을 함유하는 투명 전극층이 각각 형성되어 있는 것인, 가변초점 렌즈를 제공할 수 있다.

[0006] 본원의 제 2 측면은, 투명 유전체 엘라스토머 층의 양 면의 적어도 일부에 그래핀을 함유하는 투명 전극층을 형성하는 단계를 포함하는, 가변초점 렌즈의 제조방법을 제공할 수 있다.

[0007] 본원의 제 3 측면은, 본원의 제 1 측면에 따른 가변초점 렌즈의 양 면에 형성된 상기 투명 전극에 전압을 인가하여 전위차를 발생시킴으로써 상기 가변초점 렌즈의 초점을 변화시키는 것을 포함하는, 가변초점 렌즈의 초점 조절 방법을 제공할 수 있다.

[0008] 본원의 제 4 측면은, 본원의 제 1 측면에 따른 가변초점 렌즈를 포함하는 디스플레이 장치를 제공할 수 있다.

**발명의 효과**

[0009] 본원에 따르면, 모터 또는 지지대 등의 부속이 필요없으며, 포토리소그래피 또는 전자빔 리소그래피 공정을 이용하여 마이크로 크기로도 제조가 가능한 가변초점 렌즈를 제조할 수 있다. 또한, 본원의 가변초점 렌즈는 기계적 특성이 우수하여 유전체의 움직임에 따른 전극 손상을 최소화하여 렌즈의 신뢰성을 확보할 수 있다. 아울러, 상기 가변초점 렌즈에 포함되는 그래핀은 패터닝이 가능하고 투명하기 때문에 원하는 모양 및/또는 크기를 가지는 전극을 제작할 수 있으며, 단층 그래핀만으로도 구동이 가능하므로 높은 광투과율을 확보할 수 있다.

**도면의 간단한 설명**

- [0010] 도 1은 본원의 일 구현예에 따른 가변초점 렌즈의 구동 원리를 나타내는 개략도이다.
- 도 2는 본원의 일 구현예에 따른 가변초점 렌즈의 구동 방법을 나타내는 개략도이다.
- 도 3은 본원의 일 실시예에 따른 가변초점 렌즈의 특성 분석에 필요한 실험 기기 및 그 관계를 나타낸 개략도이다.
- 도 4는 본원의 일 실시예에 따른 가변초점 렌즈의 변위를 측정된 결과를 나타내는 그래프이다.
- 도 5는 본원의 일 실시예에 따른 투명 전극의 광투과율을 측정된 결과를 나타내는 그래프이다.
- 도 6은 본원의 일 실시예에 따른 투명 전극의 면저항을 측정된 결과를 나타내는 그래프이다.
- 도 7은 본원의 일 실시예에 따른 가변초점 렌즈의 변위를 측정된 결과를 나타내는 그래프이다.
- 도 8은 본원의 일 실시예에 따른 가변초점 렌즈의 구동을 보여주는 사진이다.
- 도 9는 본원의 일 실시예에 따른 가변초점 렌즈의 변위를 측정된 결과를 나타내는 그래프이다.
- 도 10은 본원의 일 실시예에 따른 가변초점 렌즈의 변위를 측정된 결과를 나타내는 그래프이다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

- [0011] 아래에서는 첨부한 도면을 참조하여 본원이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 본원의 실시예를 상세히 설명한다. 그러나 본원은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 실시예에 한정되지 않는다. 그리고 도면에서 본원을 명확하게 설명하기 위해서 설명과 관계없는 부분은 생략하였으며, 명세서 전체를 통하여 유사한 부분에 대해서는 유사한 도면 부호를 붙였다.
- [0012] 본원 명세서 전체에서, 어떤 부분이 어떤 구성 요소를 "포함"한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성 요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성 요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미한다.
- [0013] 본원 명세서에서 사용되는 정도의 용어 "약", "실질적으로" 등은 언급된 의미에 고유한 제조 및 물질 허용오차가 제시될 때 그 수치에서 또는 그 수치에 근접한 의미로서 사용되고, 본원의 이해를 돕기 위해 정확하거나 절대적인 수치가 언급된 개시 내용을 비양심적인 침해자가 부당하게 이용하는 것을 방지하기 위해 사용된다. 또한, 본원 명세서 전체에서, "~하는 단계" 또는 "~의 단계"는 "~를 위한 단계"를 의미하지 않는다.
- [0014] 본원 명세서 전체에서, 어떤 부재가 다른 부재 "상에" 위치하고 있다고 할 때, 이는 어떤 부재가 다른 부재에 접해 있는 경우뿐 아니라 두 부재 사이에 또 다른 부재가 존재하는 경우도 포함한다.
- [0015] 본원 명세서 전체에서, 마쿠시 형식의 표현에 포함된 "이들의 조합"의 용어는 마쿠시 형식의 표현에 기재된 구성 요소들로 이루어지는 군에서 선택되는 하나 이상의 혼합 또는 조합을 의미하는 것으로서, 상기 구성 요소들로 이루어지는 군에서 선택되는 하나 이상을 포함하는 것을 의미한다.
- [0016] 본원 명세서 전체에서, "A 및/또는 B"의 기재는, "A 또는 B, 또는 A 및 B"를 의미한다.
- [0017] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본원의 구현예 및 실시예를 상세히 설명한다.
- [0018] 본원의 제 1 측면은, 투명 유전체 엘라스토머(elastomer) 층, 및 그래핀을 함유하는 투명 전극층을 포함하며, 상기 투명 유전체 엘라스토머 층의 양 면 각각의 적어도 일부에 상기 그래핀을 함유하는 투명 전극층이 각각 형성되어 있는 것인, 가변초점 렌즈를 제공할 수 있다.
- [0019] 도 1은 본원의 가변초점 렌즈의 구동 원리를 나타내는 개략도이다. 도 1에 나타난 바에 따르면, 유전체 엘라스토머에 압축힘(compression force)이 가해지면, 상기 유전체 엘라스토머가 x 축 및 y 축 방향으로 팽창하게 된다. 그러나 팽창하고자 하는 상기 유전체 엘라스토머의 주변에 고정된 지지대가 존재하는 경우, 역으로 z 축 방향으로 반발힘이 작용하게 되고, 이에 의하여 상기 유전체 엘라스토머는 위 또는 아래로 움직이게 된다.

[0020] 상기 유전체 엘라스토머에 가해지는 압축힘의 크기는 하기의 식으로 나타낼 수 있다.

$$\text{압축힘: } p = \epsilon_0 \epsilon_r \left( \frac{V}{z} \right)^2$$

[0021]

[0022]  $\epsilon_0 \epsilon_r$  : 유전율

[0023] V : 전압

[0024] z : 엘라스토머의 두께

[0025] 상기 압축힘이 상기 유전체 엘라스토머를 움직여 본원의 가변초점 렌즈를 구동하게 하는 것이며, 상기 압축힘은 유전율 및 전압의 제곱에 비례하고, 상기 유전체 엘라스토머의 두께의 제곱에 반비례하는 관계에 있다. 상기 압축힘이 증가할수록, 상기 유전체 엘라스토머가 위 또는 아래로 움직일 수 있는 변위(displacement)가 증가하게 된다.

[0026] 도 2는 본원의 가변초점 렌즈의 모식도이다. 유전체 엘라스토머 층의 상부 및 하부에 각각 상부 그래핀 전극과 하부 그래핀 전극이 형성되어 있고, 상기 상부 그래핀 전극 및 상기 하부 그래핀 전극 사이에 전압을 인가하게 되면, 해당 부분의 유전체 엘라스토머가 상기 압축힘에 의하여 움직여 초점이 변화되게 된다. 이 경우, 상기 그래핀 전극들 사이가 아닌 그 주위의 유전체 엘라스토머는 전압 인가의 영향을 받지 않아 압축힘을 받지 않으므로 움직임이 없으며, 따라서 상기 "고정된 지지대"의 역할을 할 수 있다.

[0027] 예를 들어, 상기 그래핀은 당업계에서 그래핀 성장을 위해 통상적으로 사용하는 방법을 특별히 제한 없이 사용하여 형성된 것일 수 있으며, 예를 들어, 상기 그래핀은 화학기상증착법(CVD), 에피택시(epitaxy)법, 또는 기계적 박리법에 의하여 형성된 것일 수 있으나, 이에 제한되지 않을 수 있다.

[0028] 예를 들어, 상기 그래핀을 형성하기 위하여 화학기상증착법을 이용할 수 있으나, 이에 제한되지 않을 수 있다. 상기 화학기상증착법은 고온 화학기상증착(Rapid Thermal Chemical Vapor Deposition, RTCVD), 유도결합플라즈마 화학기상증착(Inductively Coupled Plasma-Chemical Vapor Deposition, ICP-CVD), 저압 화학기상증착(Low Pressure Chemical Vapor Deposition, LPCVD), 상압 화학기상증착(Atmospheric Pressure Chemical Vapor Deposition, APCVD), 금속 유기화학기상증착(Metal Organic Chemical Vapor Deposition, MOCVD), 또는 플라즈마 화학기상증착(Plasma-Enhanced Chemical Vapor Deposition, PECVD)을 포함할 수 있으나, 이에 제한되지 않을 수 있다.

[0029] 상기 그래핀을 성장시키는 공정은 상압, 저압, 또는 진공 하에서 수행 가능하다. 예를 들어, 상압 조건 하에서 상기 공정을 수행하는 경우 헬륨(He) 등을 캐리어 가스로 사용함으로써 고온에서 무거운 아르곤(Ar)과의 충돌에 의해 야기되는 그래핀의 손상(damage)을 최소화시킬 수 있다. 또한 상압 조건 하에서 상기 공정을 수행하는 경우, 저비용으로 간단한 공정에 의하여 대면적 그래핀 필름을 제조할 수 있는 이점이 있다. 또한, 상기 공정이 저압 또는 진공 조건에서 수행되는 경우, 수소(H<sub>2</sub>)를 분위기 가스로 사용하며, 온도를 올리면서 처리하면 금속 촉매의 산화된 표면을 환원시킴으로써 고품질의 그래핀을 합성할 수 있다.

[0030] 상기 언급한 방법에 의해 형성되는 그래핀은 횡방향 및/또는 종방향 길이가 약 1 mm 이상 내지 약 1,000 m 에 이르는 대면적일 수 있으며, 상기 그래핀은 결함이 거의 없는 균질한 구조를 가질 수 있다. 또한, 상기 언급한 방법에 의해 제조되는 그래핀은 그래핀의 단일층 또는 복수층을 포함할 수 있으며, 비제한적 예로서, 상기 그래핀의 두께는 약 1 층 내지 약 100 층 범위에서 조절할 수 있다.

[0031] 상기 그래핀은 기재 상에서 형성될 수 있다. 상기 기재의 형상은 특별히 제한되지 않으며, 예를 들어, 상기 기재는 호일(foil), 와이어(wire), 플레이트(plate), 튜브(tube), 또는 네트(net) 형태를 포함할 수 있으나, 이에 제한되지 않을 수 있다.

[0032] 또한, 상기 기재의 재료는 특별히 제한되지 않으며, 예를 들어, Ni, Co, Fe, Pt, Au, Al, Cr, Cu, Mg, Mn, Mo, Rh, Si, Ta, Ti, W, U, V, Zr, 황동(brass), 청동(bronze), 백동(white brass), 스테인레스 스틸(stainless steel), Ge, 및 고분자로 이루어진 그룹으로부터 선택된 하나 이상을 포함할 수 있다. 상기 기재가 금속인 경



우, 상기 금속 기재는 그래핀이 형성되기 위한 촉매 역할을 할 수 있다.

- [0033] 다만, 상기 기재가 반드시 금속일 필요는 없다. 예를 들어, 상기 기재로서 실리콘(silicon)을 사용할 수 있으며, 상기 실리콘 기재 상에 촉매층을 형성하기 위해 상기 실리콘 기재를 산화시켜 상기 실리콘 기재 상에 실리콘 산화물층이 추가 형성된 기재를 사용할 수 있으나, 이에 제한되지 않을 수 있다. 또한, 상기 기재는 고분자 기재일 수 있으며, 실리콘(silicone), 폴리이미드(PI), 폴리에테르설폰(PES), 폴리에테르에테르케톤(PEEK), 폴리에틸렌테레프탈레이트(PET), 또는 폴리카보네이트(PC)와 같은 고분자를 포함할 수 있다. 상기 고분자 기재 상에 그래핀을 형성하는 방법은 상기 언급한 화학기상증착법이 모두 사용될 수 있으며, 보다 바람직하게는 플라즈마 화학기상증착법에 의하여 약 100℃ 내지 약 600℃ 의 저온에서 수행될 수 있으나, 이에 제한되지 않을 수 있다.
- [0034] 여기서, 상기 기재 상에 그래핀의 성장을 용이하게 하기 위하여 촉매층을 추가로 형성할 수 있다. 상기 촉매층은 재료, 두께, 및 형태에 있어, 제한 없이 사용될 수 있다. 예를 들어, 상기 촉매층은 Ni, Co, Fe, Pt, Au, Al, Cr, Cu, Mg, Mn, Mo, Rh, Si, Ta, Ti, W, U, V, Zr, 황동(brass), 청동(bronze), 백동, 스테인레스 스틸(stainless steel), 및 Ge 로 이루어진 그룹으로부터 선택된 하나 이상의 금속 또는 합금일 수 있으며, 상기 기재와 동일하거나 상이한 재료에 의해 형성될 수 있다. 또한, 상기 촉매층의 두께는 제한되지 않으며, 박막 또는 후막일 수 있다.
- [0035] 상기 기재 상에 그래핀을 형성하는 일 구현예에 있어서, 박막 또는 호일 형태의 금속 기재를 롤 형태로 관 형태의 로(furnace)에 넣고 탄소 소스를 포함하는 반응 가스를 공급하고 상압에서 열처리함으로써 그래핀을 성장시킬 수 있으나, 이에 제한되지 않을 수 있다. 상기 탄소 소스는, 예를 들어, 일산화탄소, 이산화탄소, 메탄, 에탄, 에틸렌, 에탄올, 아세틸렌, 프로판, 부탄, 부타디엔, 펜탄, 헥산, 사이클로펜타디엔, 헥산, 사이클로헥산, 벤젠, 톨루엔 등과 같은 탄소 소스를 기상으로 공급하면서, 예를 들어, 약 300℃ 내지 약 2,000℃의 온도로 열처리하면 상기 탄소 소스에 존재하는 탄소 성분들이 결합하여 6각형의 판상 구조를 형성하면서 그래핀이 성장될 수 있으나, 이에 제한되지 않을 수 있다.
- [0036] 상기와 같이 형성된 그래핀은 다양한 방법에 의해 상기 기재에 전사될 수 있다. 상기 전사 방법은 당업계에서 통상적으로 사용되는 그래핀의 전사 방법이라면 특별히 제한 없이 사용 가능하며, 예를 들어, 건식 공정, 습식 공정, 스프레이 공정, 또는 롤투롤 공정을 사용할 수 있으며, 보다 바람직하게는 저비용으로 간단한 공정에 의해 대면적의 그래핀을 전사하고자 하는 경우에는 롤투롤 공정을 사용할 수 있으나, 이에 제한되지 않을 수 있다.
- [0037] 예를 들어, 상기 그래핀을 함유하는 투명 전극층은 상기 투명 유전체 엘라스토머 상에 그래핀을 전사함으로써 형성된 것일 수 있으나, 이에 제한되지 않을 수 있다. 상기 그래핀은 영률(Young's modulus)이 우수하여 기계적 강도가 좋기 때문에 렌즈의 모양 변화에도 상기 투명 전극의 특성이 크게 변화되지 않을 수 있다.
- [0038] 본원의 일 구현예에 따르면, 상기 투명 전극층은 각각 독립적으로 20 층 이하의 그래핀을 포함하는 것일 수 있으나, 이에 제한되지 않을 수 있다. 예를 들어, 상기 투명 전극층은, 각각 독립적으로 1 층, 2 층, 3 층, 4 층, 5 층, 6 층, 7 층, 8 층, 9 층, 10 층, 11 층, 12 층, 13 층, 14 층, 15 층, 16 층, 17 층, 18 층, 19 층, 또는 20 층의 그래핀을 포함하는 것일 수 있으나, 이에 제한되지 않을 수 있다. 예를 들어, 상기 투명 전극층에 포함된 상기 그래핀의 층 수가 증가할수록, 상기 가변초점 렌즈의 모양 변화에 따라 상기 투명 전극이 깨지는 현상이 용이하게 방지되고, 상기 가변초점 렌즈의 구동 중에도 전압이 일정하게 형성될 수 있으나, 이에 제한되지 않을 수 있다. 예를 들어, 상기 투명 전극층에 포함된 상기 그래핀의 층 수가 증가할수록, 상기 투명 전극층의 광투과율은 낮아질 수 있다.
- [0039] 본원의 일 구현예에 따르면, 상기 투명 전극층은, 각각 약 50% 이상의 가시광선 투과율을 가지는 것일 수 있으나, 이에 제한되지 않을 수 있다.
- [0040] 예를 들어, 상기 투명 전극층은 각각 약 50% 이상, 약 55% 이상, 약 60% 이상, 약 65% 이상, 약 70% 이상, 약 75% 이상, 약 80% 이상, 약 85% 이상, 약 90% 이상, 또는 약 95% 이상의 가시광선 투과율을 가지는 것일 수 있으나, 이에 제한되지 않을 수 있다.
- [0041] 본원의 일 구현예에 따르면, 상기 투명 전극층은 그래핀 또는 카본 블랙에 의하여 전원의 (+)극 및 (-)극 각각에 연결되어 있는 것일 수 있으나, 이에 제한되지 않을 수 있다.
- [0042] 본원의 일 구현예에 따르면, 상기 투명 유전체 엘라스토머 층은, 실리콘, 폴리우레탄, 폴리디메틸실록세인(PDMS), 아크릴, 및 이들의 조합들로 이루어지는 군에서 선택되는 것을 포함하는 것일 수 있으나, 이에 제한되

지 않을 수 있다. 예를 들어, 상기 투명 유전체 엘라스토머 층은, 3M 사의 VHB 테이프를 포함하는 것일 수 있으나, 이에 제한되지 않을 수 있다.

[0043] 본원의 일 구현예에 따르면, 상기 투명 유전체 엘라스토머 층의 두께는 약 1 cm 이하인 것일 수 있으나, 이에 제한되지 않을 수 있다. 예를 들어, 상기 투명 유전체 엘라스토머 층의 두께는 약 10  $\mu\text{m}$  내지 약 1 cm, 약 50  $\mu\text{m}$  내지 약 1 cm, 약 100  $\mu\text{m}$  내지 약 1 cm, 약 500  $\mu\text{m}$  내지 약 1 cm, 약 1 mm 내지 약 1 cm, 약 5 mm 내지 약 1 cm, 약 10  $\mu\text{m}$  내지 약 5 mm, 약 10  $\mu\text{m}$  내지 약 1 mm, 약 10  $\mu\text{m}$  내지 약 500  $\mu\text{m}$ , 약 10  $\mu\text{m}$  내지 약 100  $\mu\text{m}$ , 약 10  $\mu\text{m}$  내지 약 50  $\mu\text{m}$ , 또는 약 50  $\mu\text{m}$  내지 약 200  $\mu\text{m}$ 인 것일 수 있으나, 이에 제한되지 않을 수 있다.

[0044] 본원의 일 구현예에 따르면, 상기 투명 전극층의 두께는 약 50 nm 이하인 것일 수 있으나, 이에 제한되지 않을 수 있다. 예를 들어, 상기 투명 전극층의 두께는 약 0.1 nm 내지 약 50 nm, 약 1 nm 내지 약 50 nm, 약 10 nm 내지 약 50 nm, 약 20 nm 내지 약 50 nm, 약 0.1 nm 내지 약 10 nm, 또는 약 0.1 nm 내지 약 1 nm인 것일 수 있으나, 이에 제한되지 않을 수 있다.

[0045] 본원의 일 구현예에 따르면, 상기 투명 유전체 엘라스토머 층의 유전상수는 약 1 내지 약 50인 것일 수 있으나, 이에 제한되지 않을 수 있다. 예를 들어, 상기 투명 유전체 엘라스토머 층의 유전상수는 약 1 내지 약 50, 약 1 내지 약 30, 약 1 내지 약 10, 약 1 내지 약 5, 약 5 내지 약 50, 약 10 내지 약 50, 또는 약 30 내지 약 50 인 것일 수 있으나, 이에 제한되지 않을 수 있다.

[0046] 본원의 일 구현예에 따르면, 상기 투명 유전체 엘라스토머 층의 형상은, 전체적으로 또는 부분적으로, 평평한 (flat) 형상, 양 면이 볼록한 형상, 양 면이 오목한 형상, 어느 한 면이 오목한 형상, 또는 어느 한 면이 볼록한 형상을 포함하는 것일 수 있으나, 이에 제한되지 않을 수 있다.

[0047] 본원의 일 구현예에 따르면, 상기 가변초점 렌즈는 상기 투명 전극층에 인가되는 전압의 변화에 의하여 상기 투명 유전체 엘라스토머 층의 굴절률이 변화되는 것일 수 있으나, 이에 제한되지 않을 수 있다.

[0048] 본원의 제 2 측면은, 투명 유전체 엘라스토머 층의 양 면 각각의 적어도 일부에 그래핀을 함유하는 투명 전극층을 형성하는 단계를 포함하는, 가변초점 렌즈의 제조방법을 제공할 수 있다.

[0049] 본원의 일 구현예에 따르면, 상기 투명 유전체 엘라스토머 층의 양 면 각각의 적어도 일부에 그래핀을 함유하는 투명 전극층을 형성하는 단계는, 상기 투명 유전체 엘라스토머 층의 양 면 각각의 적어도 일부에 그래핀을 전사하는 단계를 포함하는 것일 수 있으나, 이에 제한되지 않을 수 있다.

[0050] 본원의 일 구현예에 따르면, 상기 투명 전극층을 각각 전원의 (+)극 및 (-)극에 전기적으로 연결하는 단계를 추가적으로 포함하는 것일 수 있으나, 이에 제한되지 않을 수 있다. 예를 들어, 상기 투명 전극층을 각각 전원의 (+)극 및 (-)극에 전기적으로 연결하는 단계는, 카본 블랙 및/또는 그래핀을 이용하여 수행되는 것일 수 있으나, 이에 제한되지 않을 수 있다.

[0051] 본원의 일 구현예에 따르면, 상기 전사는 습식 전사, 건식 전사, 롤투롤 전사, 및 이들의 조합들로 이루어지는 군에서 선택되는 전사방법에 의하여 수행되는 것일 수 있으나, 이에 제한되지 않을 수 있다.

[0052] 예를 들어, 상기 그래핀 층의 전사는 PDMS, PMMA, 또는 열 박리(thermal release) 테이프를 이용하거나, 롤(roll)을 이용하여 수행되는 것일 수 있으나, 이에 제한되지 않을 수 있다. 예를 들어, 그래핀을 상기 기재 상에 전사하는 것은 단일층 또는 복수층의 그래핀을 전사하는 것을 포함할 수 있다.

[0053] 본원의 제 3 측면은, 본원의 제 1 측면에 따른 가변초점 렌즈의 양 면에 형성된 상기 투명 전극층에 전압을 인가하여 상기 투명 전극층들 사이에 전위차를 발생시킴으로써 상기 가변초점 렌즈의 초점을 변화시키는 것을 포함하는, 가변초점 렌즈의 초점 조절 방법을 제공할 수 있다. 본원의 제 3 측면은 본원의 제 1 측면에 따른 가변초점 렌즈의 초점 조절 방법에 관한 것으로서, 본원의 제 1 측면과 중복되는 부분들에 대해서는 상세한 설명을 생략하였으나, 본원의 제 1 측면에 대해 설명한 내용은 본원의 제 3 측면에서 그 설명이 생략되었더라도 동일하게 적용될 수 있다. 예를 들어, 상기 가변초점 렌즈의 초점 조절 방법은, 상기 가변초점 렌즈의 양 면에 형성된 상기 투명 전극층에 전압을 인가하여, 상기 각각의 투명 전극층들 사이에 전위차를 발생시킴으로써 도 1에 나타난 바와 같은 구동 원리에 따라 상기 가변초점 렌즈에 포함된 투명 유전체 엘라스토머 층의 형태를 변화시켜 상기 가변초점 렌즈의 초점이 조절되는 것을 포함할 수 있으나, 이에 제한되지 않을 수 있다.



[0054] 본원의 제 4 측면은, 본원의 제 1 측면에 따른 가변초점 렌즈를 포함하는, 디스플레이 장치를 제공할 수 있다. 본원의 제 4 측면은 본원의 제 1 측면에 따른 가변초점 렌즈를 포함하는 것으로서, 본원의 제 1 측면과 중복되는 부분들에 대해서는 상세한 설명을 생략하였으나, 본원의 제 1 측면에 대해 설명한 내용은 본원의 제 4 측면에서 그 설명이 생략되었다더라도 동일하게 적용될 수 있다. 예를 들어, 상기 디스플레이 장치는 노트북, 모니터, 텔레비전, 또는 모바일 기기 등에 사용되는 것일 수 있으나, 이에 제한되지 않을 수 있다.

[0055] 예를 들어, 상기 가변초점 렌즈가 상기 디스플레이 장치에 사용될 경우, 기존의 안경을 이용한 3D 디스플레이 방식이 아닌, 렌티큘러(lenticular) 방식을 통한 무안경 3D 디스플레이를 구현할 수 있으나, 이에 제한되지 않을 수 있다.

[0056] 이하 실시예를 통하여 본 발명을 더욱 상세하게 설명하고자 하나, 하기의 실시예는 단지 설명의 목적을 위한 것이며 본원의 범위를 한정하고자 하는 것은 아니다.

[0057] **[실시예]**

[0058] **1. 그래핀의 제조**

[0059] 본 실시예에서는, 25  $\mu\text{m}$  두께의 Cu 호일을 이용하여 그래핀을 제조하였다. 먼저, Cu 호일을 석영 튜브 내에 삽입하여 고정하였다. 이후 2 sccm  $\text{H}_2$  를 흘려주면서 상기 석영 튜브를 1,000 $^\circ\text{C}$ 로 가열하였다. 상기 석영 튜브의 온도가 1,000 $^\circ\text{C}$ 에 도달한 후, 상기 수소 흐름 및 압력을 유지하면서 30 분 동안 어닐링하였다. 이어서, 탄소 소스를 포함하는 가스 혼합물( $\text{CH}_4 : \text{H}_2 = 20 \text{ sccm} : 2 \text{ sccm}$ )을 30 분 동안 공급하여 그래핀을 상기 Cu 호일 상에 성장시킨 후,  $\text{H}_2$ 를 흘려주면서 단시간에  $\sim 10^\circ\text{C}/\text{s}$ 의 속도로 실온으로 냉각하여, 상기 Cu 호일 상에 성장된 그래핀을 수득하였다.

[0060] **2. 투명 유전체 엘라스토머 상에 그래핀 전사**

[0061] 본 실시예에서는, 습식 전사 방법 또는 롤투롤 전사 방법을 이용하여 투명 유전체 엘라스토머 상에 그래핀을 전사하였다.

[0062] 먼저, 롤투롤 전사의 경우, Cu 호일의 양 면에 성장된 그래핀 중 한쪽 면의 그래핀을 산소 플라즈마 처리를 통하여 제거하고, 나머지 한쪽 면의 그래핀을 투명 유전체 엘라스토머인 실리콘(silicone) 기재의 일 면에 롤투롤 방법을 이용하여 부착한 후, 상기 Cu 호일을 에칭하여 상기 그래핀을 상기 실리콘 기재로 전사함으로써 상기 실리콘 기재에 1 층의 그래핀을 전사하였다. 습식 전사의 경우, Cu 호일의 한쪽 면에 성장된 그래핀 상에 PMMA를 스핀 코팅하고, 나머지 한쪽 면의 그래핀을 산소 플라즈마 처리를 통하여 제거하고, 상기 Cu 호일을 에칭하여 제거한 후, 상기 그래핀을 실리콘 기재 상에 전사하였다. 이후, 상기와 같은 방법을 상기 실리콘 기재의 동일 면 또는 반대쪽 면에 실시하여 상기 실리콘 기재의 양 면에 각각 3 층의 그래핀을 전사함으로써, 상기 실리콘 기재의 양 면에 각각 투명 전극을 형성하였다.

[0063] **3. 가변초점 렌즈의 구동 및 변위의 측정**

[0064] 파형발생기(function generator, AFG3021+R5)에서 공급되는 전압 소스를 고전압 증폭기(high voltage amplifier, Trek 10/10B-HS)를 통하여 증폭시켜 두 개의 투명 전극에 연결하여 전압을 공급하였다. 상기 공급된 전압에 의하여 유도되는 렌즈의 위치 변화는, 상기 렌즈에 수직방향으로 레이저를 조사하여 반사되는 레이저의 파장을 레이저 변위센서(Laser displacement sensor, Keyence LK-G150)를 이용하여 실시간으로 확인하였다(도 3). 인가된 전압의 범위는 0 kV 내지 3.5 kV였고, 상기 레이저 변위센서의 해상도는 0.1  $\mu\text{m}$ 인 것을 사용하였으며, 주파수의 범위는 0.2 Hz 내지 2 Hz였다.

[0065] **4. 가변초점 렌즈에 전압을 인가함에 따른 위치변화 측정**

[0066] 본 실시예에서는, 투명 실리콘 기재의 양 면에 각각 전사된 3 층의 그래핀을 투명 전극으로서 사용한 가변초점 렌즈에 전압을 인가하여 상기 가변초점 렌즈의 위치변화를 레이저 변위센서를 이용하여 측정하였다. 4 kV의 전압을 가한 경우의 상기 가변초점 렌즈의 변위 측정결과는 도 4에 나타나 있다. 도 4에 따르면, 상기 가변초점 렌즈가 전압의 인가에 따라 그 모양이 변화됨을 확인할 수 있다.

[0067] **5. 그래핀의 층 수에 따른 투명 전극의 특성 변화**

[0068] 본 실시예에서는, 투명 실리콘 기재의 양 면에 전사된 그래핀의 층 수를 조절하며, 상기 그래핀을 포함하는 투명 전극의 특성을 분석하였다.

[0069] 먼저, 전사된 그래핀의 층 수 변화에 따른 상기 투명 전극의 광투과율의 변화를 UV-vis-NIR 분광기(UV-vis-NIR spectroscopy, Agilent 8453)를 이용하여 분석하였다 (도 5). 도 5에 나타난 바에 따르면, 상기 투명 전극에 포함된 그래핀의 층 수가 늘어날수록 광투과율이 낮아짐을 확인할 수 있다. 구체적으로, 550 nm의 파장에서 투명 전극이 2 층의 그래핀을 포함할 경우 광투과율은 약 95.2%였고, 4 층의 그래핀을 포함할 경우 광투과율은 약 89.3%였으며, 6 층의 그래핀을 포함할 경우 광투과율은 약 84.5%로 측정되었다.

[0070] 다음으로, 룰투를 방법으로 전사된 그래핀의 층 수 변화에 따른 상기 투명 전극의 면저항 변화를 면저항 측정기(four-point probe system, AIT CMT-100MP)를 이용하여 분석하였다 (도 6). 도 6에 나타난 바에 따르면, 상기 투명 전극에 포함된 그래핀의 층 수가 많아질수록, 면저항은 감소한다는 것을 확인할 수 있다.

[0071] **6. 인가 전압의 변화에 따른 가변초점 렌즈의 변위 변화**

[0072] 본 실시예에서는, 가변초점 렌즈의 양 면에 포함된 그래핀 투명 전극을 통하여 인가되는 인가 전압 변화에 따른 상기 가변초점 렌즈의 변위 변화를 측정하였다. 도 7의 그래프는 인가 전압을 0.3 kV에서 3.0 kV까지 순차적으로 변화시키며 상기 가변초점 렌즈의 변위를 측정해 온 것으로서, 인가 전압이 높아질수록 변위가 커짐을 확인할 수 있다. 도 8은 인가 전압을 0 kV에서 3 kV까지 순차적으로 변화시킨 경우 상기 가변초점 렌즈의 변위가 변화되며 구동됨을 보여주는 사진이다. 도 8에 따르면, 인가 전압이 높아질수록 상기 가변초점 렌즈의 변위가 커져 초점의 변화 역시 커짐을 확인할 수 있다.

[0073] **7. 투명 전극에 포함된 그래핀의 층 수 변화에 따른 가변초점 렌즈의 변위 변화**

[0074] 본 실시예에서는, 투명 전극에 포함된 그래핀의 층 수를 다양화하여, 동일한 인가 전압 하에서 그래핀의 층 수 변화에 따른 가변초점 렌즈의 변위 변화를 측정하였다. 도 9에 나타난 바에 따르면, 동일한 인가 전압 하에서 그래핀의 층 수가 증가할수록 가변초점 렌즈의 변위가 커짐을 확인하였다. 이러한 결과는, 그래핀의 층 수가 증가함에 따라 렌즈의 움직임에 따른 전극의 깨짐이 방지되며, 렌즈의 구동 중에도 전압이 일정하게 유지될 수 있었기 때문으로 분석된다. 또한, 그래핀의 층 수에 상관 없이 인가 전압이 3 kV 이상인 경우 더 이상 변위의 변화가 없음을 확인하였다.

[0075] **8. 인가 주파수에 따른 가변초점 렌즈의 변위 변화**

[0076] 본 실시예에서는, 3 층의 그래핀을 양 면의 투명 전극에 각각 포함하는 가변초점 렌즈를 이용하여, 인가되는 주파수의 변화에 따른 가변초점 렌즈의 변위 변화를 측정하였다. 도 10은 가변초점 렌즈에 인가된 주파수 별로 최대 변위를 표시한 그래프이다. 도 10에 나타난 바에 따르면, 상기 가변초점 렌즈의 변위는 주파수의 증가에 의존적으로 감소함을 확인하였다.

[0077] 전술한 본원의 설명은 예시를 위한 것이며, 본원이 속하는 기술분야의 통상의 지식을 가진 자는 본원의 기술적 사상이나 필수적인 특징을 변경하지 않고서 다른 구체적인 형태로 쉽게 변형이 가능하다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로 이상에서 기술한 실시예들은 모든 면에서 예시적인 것이며 한정적이 아닌 것으로 이해해야만

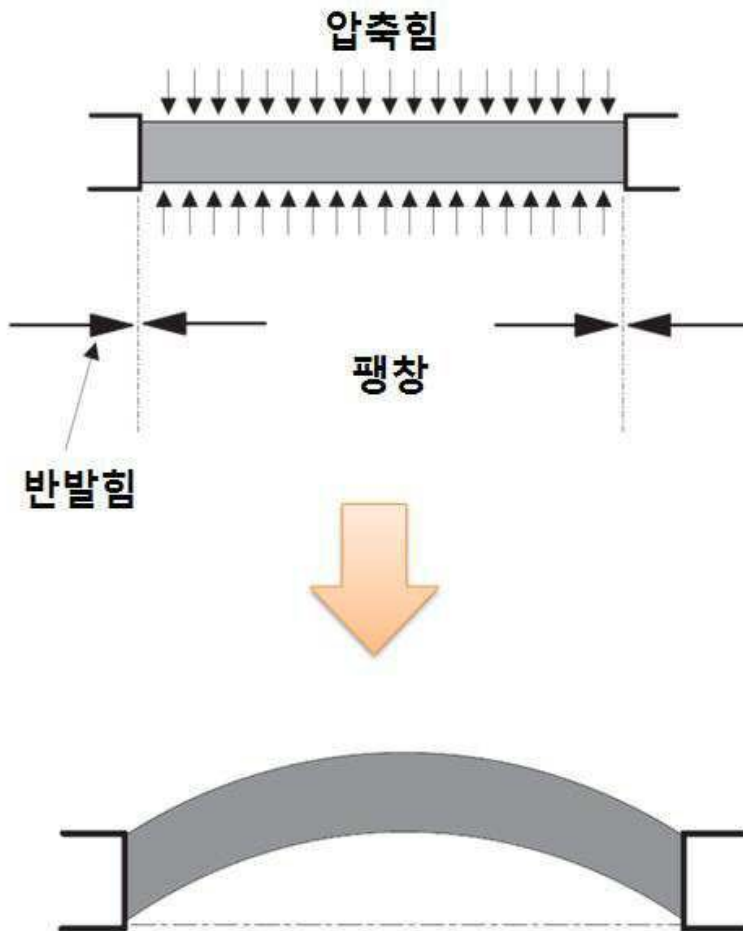
한다. 예를 들어, 단일형으로 설명되어 있는 각 구성 요소는 분산되어 실시될 수도 있으며, 마찬가지로 분산된 것으로 설명되어 있는 구성 요소들도 결합된 형태로 실시될 수도 있다.

[0078]

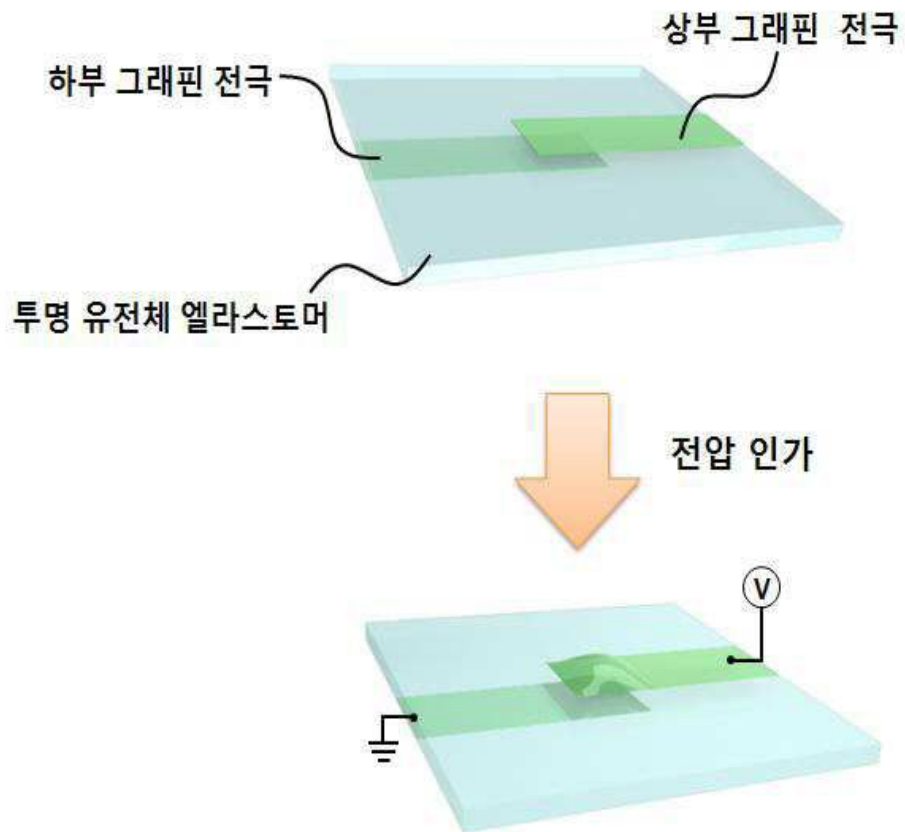
본원의 범위는 상기 상세한 설명보다는 후술하는 특허청구범위에 의하여 나타내어지며, 특허청구범위의 의미 및 범위, 그리고 그 균등 개념으로부터 도출되는 모든 변경 또는 변형된 형태가 본원의 범위에 포함되는 것으로 해석되어야 한다.

도면

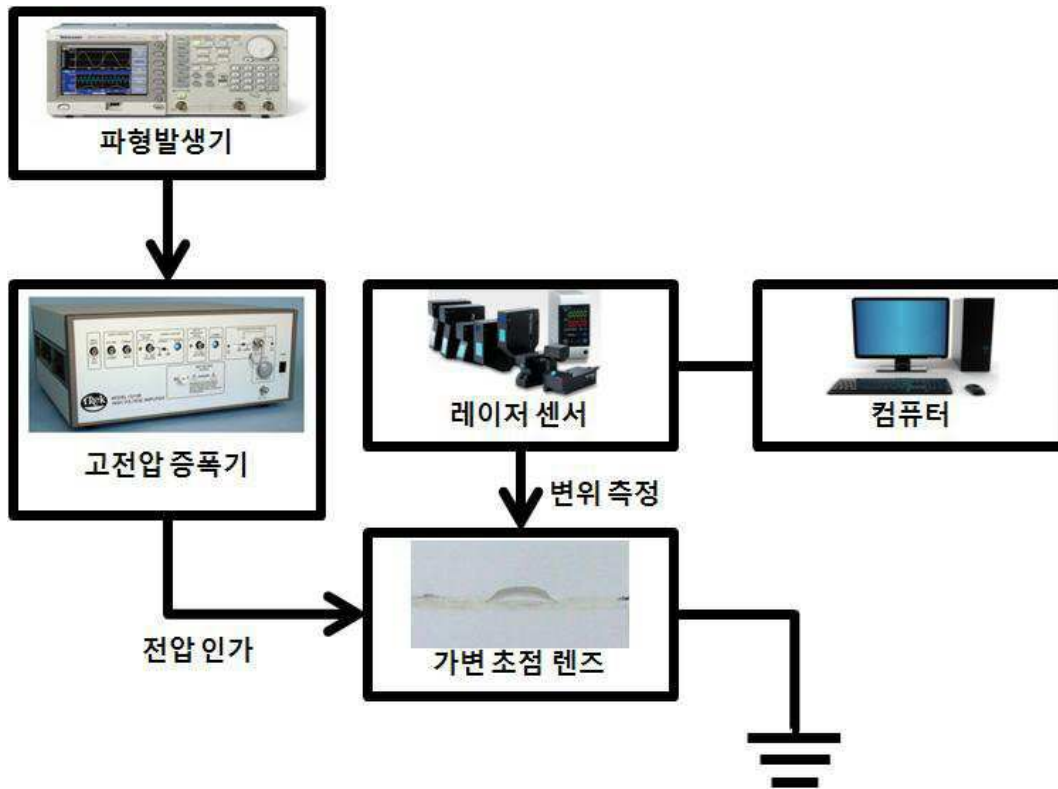
도면1



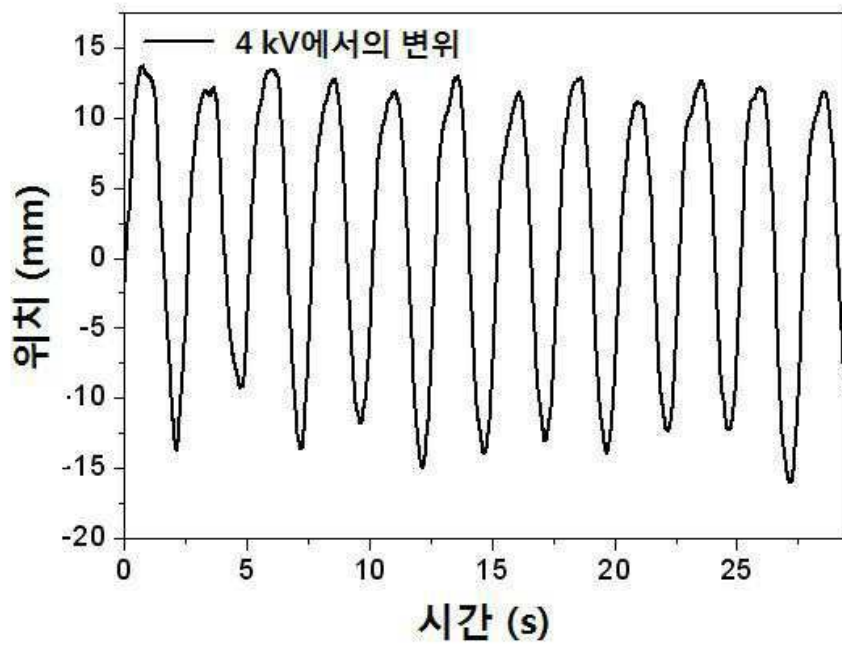
도면2



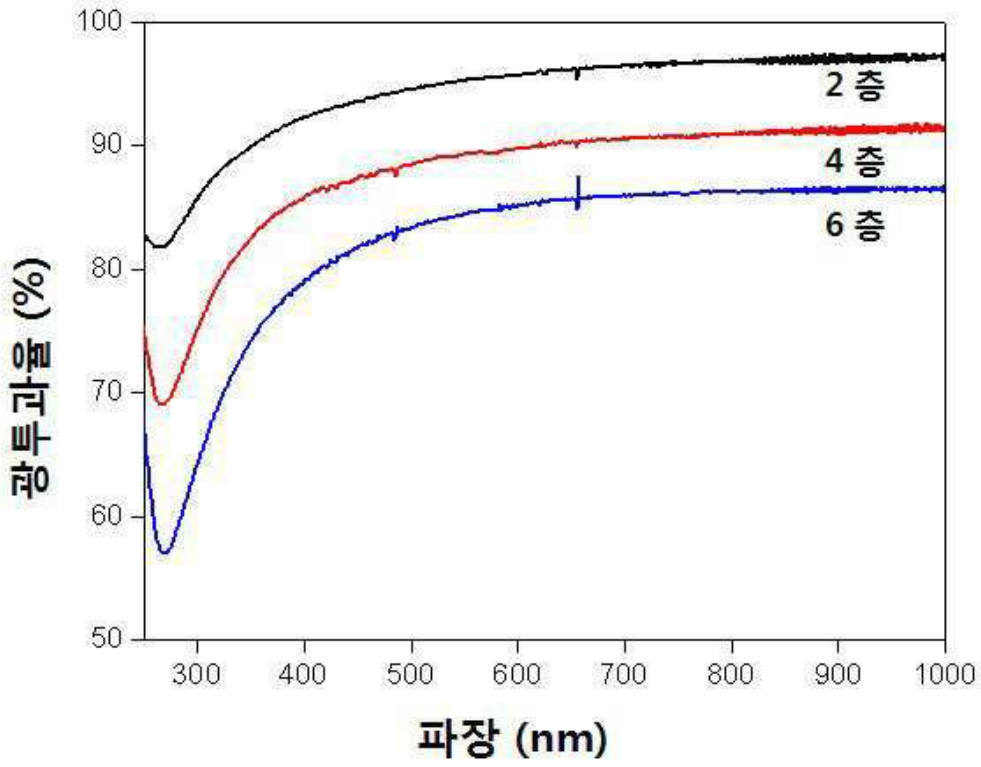
도면3



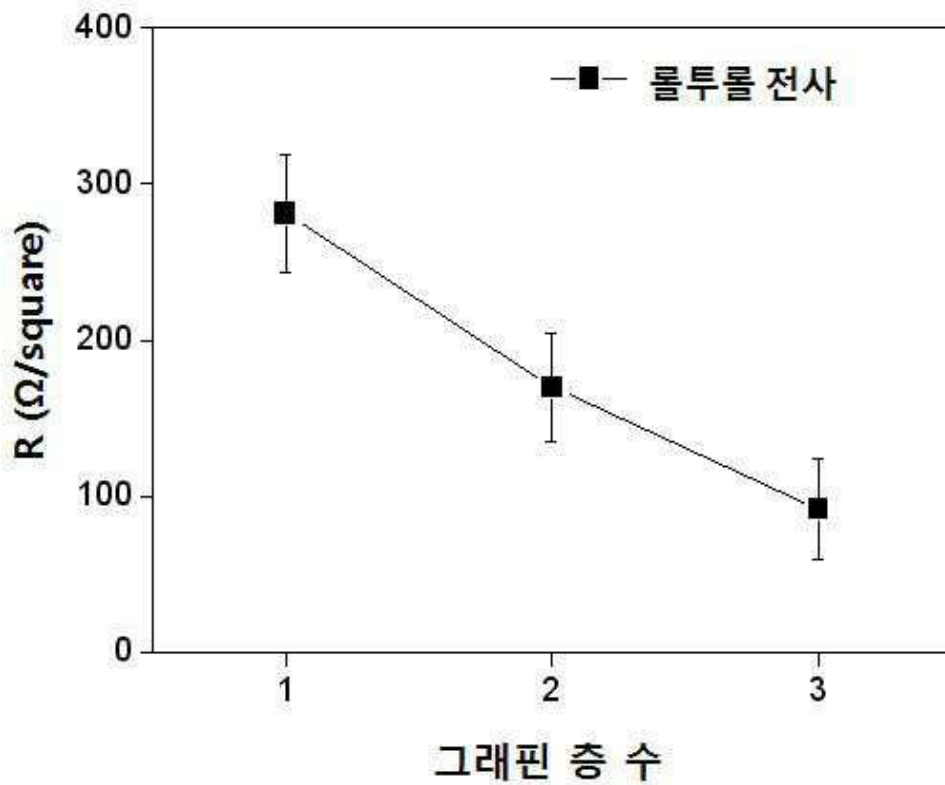
도면4



도면5

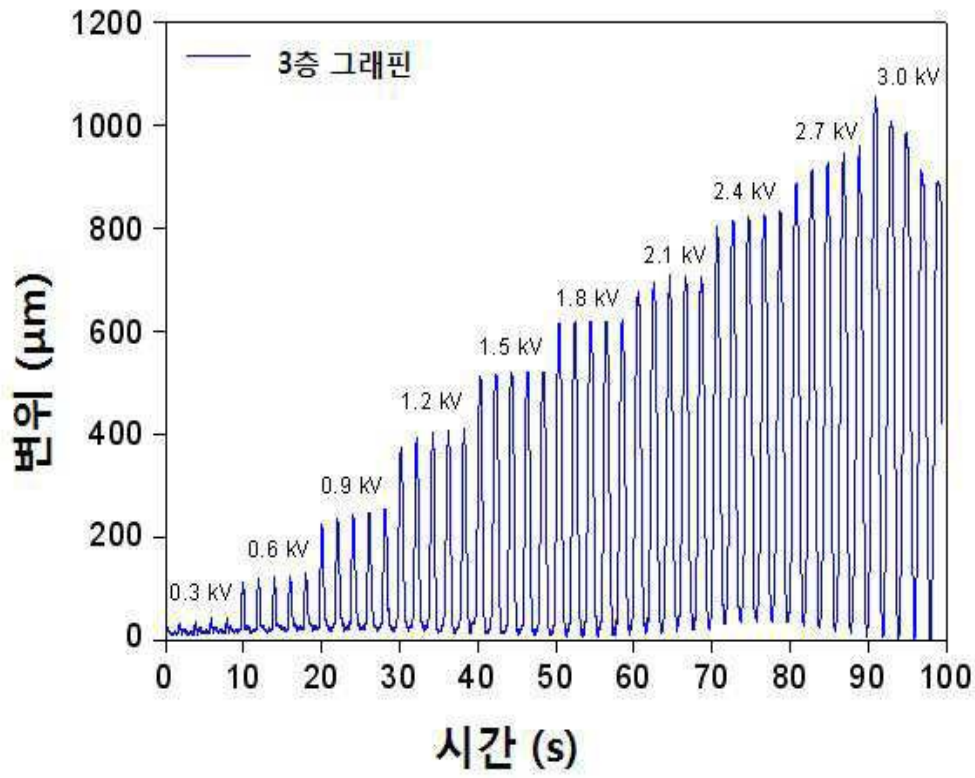


도면6

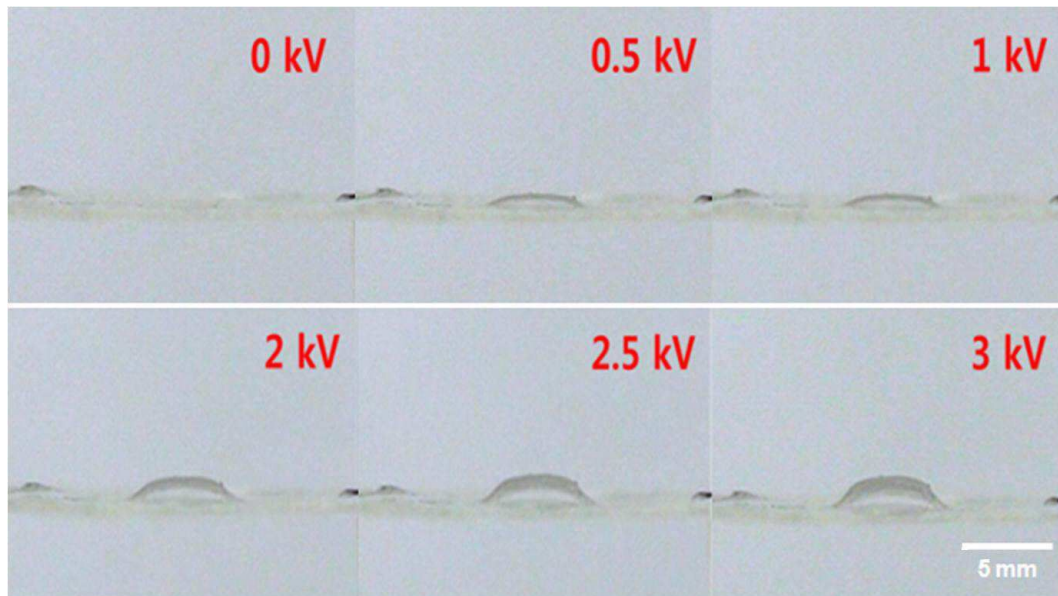




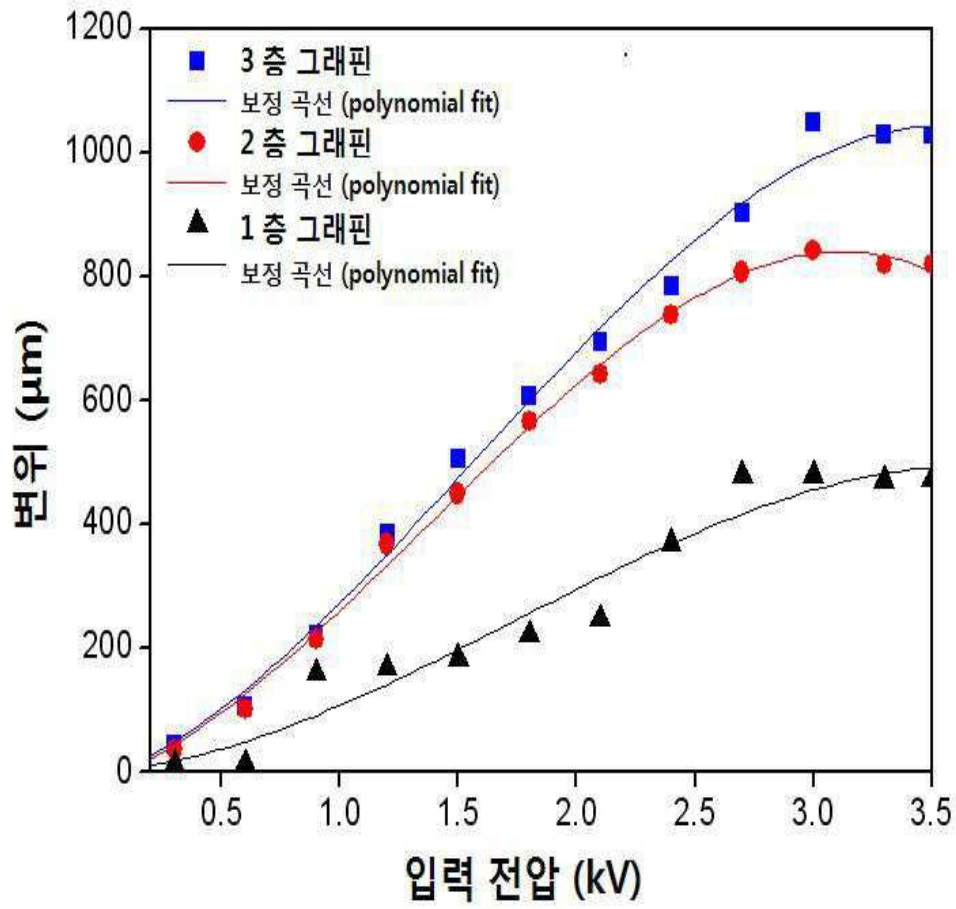
도면7



도면8



도면9



도면10

