

(12) 특허협력조약에 의하여 공개된 국제출원

(19) 세계지식재산권기구
국제사무국

(43) 국제공개일
2012년 12월 27일 (27.12.2012)



(10) 국제공개번호
WO 2012/177082 A2

(51) 국제특허분류:
G02B 5/30 (2006.01)

(21) 국제출원번호: PCT/KR2012/004958

(22) 국제출원일: 2012년 6월 22일 (22.06.2012)

(25) 출원언어: 한국어

(26) 공개언어: 한국어

(30) 우선권정보:
10-2011-0060872 2011년 6월 22일 (22.06.2011) KR

(71) 출원인 (US 을(를) 제외한 모든 지정국에 대하여): 서울대학교 산학협력단 (SEOUL NATIONAL UNIVERSITY R&DB FOUNDATION) [KR/KR]; 서울 관악구 관악로 1, 151-015 Seoul (KR).

(72) 발명자: 김

(75) 발명자/출원인 (US 에 한하여): 김대식 (KIM, Dia Sik) [KR/KR]; 서울 관악구 관악로 1 서울대학교 56-308, 151-015 Seoul (KR). 박형렬 (PARK, Hyeong Ryeol) [KR/KR]; 서울 관악구 관악로 1 서울대학교 22-308, 151-015 Seoul (KR). 경지수 (KYOUNG, Ji Soo) [KR/KR]; 서울 관악구 관악로 1 서울대학교 22-307, 151-015 Seoul (KR). 김용협 (KIM, Yong Hyup) [KR/KR]; 서울 서초구 서초중앙로 188 C 동 505 호,

137-070 Seoul (KR). 장의윤 (JANG, Eui Yun) [KR/KR]; 제주시 제주특별자치도 제주시 광양 10 길 24-5, 690-022 Jeju (KR).

(74) 대리인: 특허법인 이노 (INNO PATENT & LAW); 서울 서초구 서초동 1699-3 신한국빌딩 8층, 137-883 Seoul (KR).

(81) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 국내 권리의 보호를 위하여): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KZ, LA, LC, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

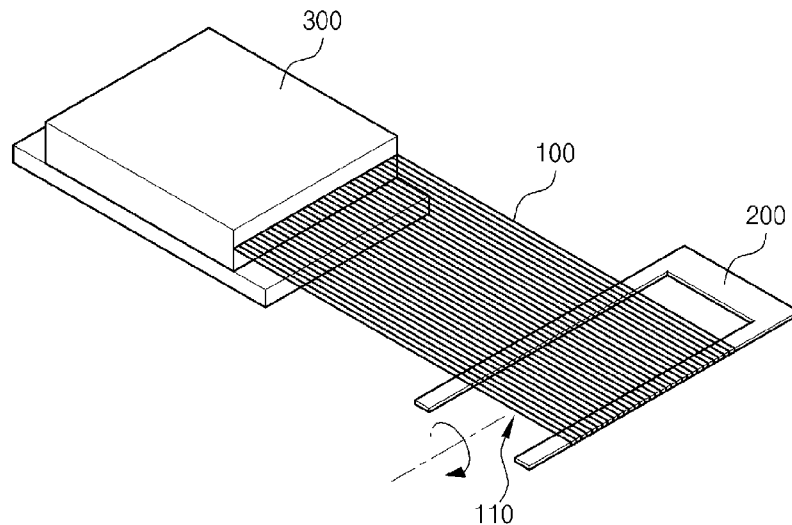
(84) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 국내 권리의 보호를 위하여): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 유라시아 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 유럽 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR),

[다음 쪽 계속]

(54) Title: CARBON NANOTUBE SHEET AND POLARIZER USING SAME

(54) 발명의 명칭: 탄소나노튜브 시트 및 이를 이용한 편광자

[Fig. 1]



(57) Abstract: The present invention relates to a carbon nanotube sheet, and to a polarizer using same. More particularly, the present invention relates to a carbon nanotube sheet, and to a polarizer using same, the carbon nanotube sheet comprising: a base; and a carbon nanotube layer which is derived from a carbon nanotube forest and wound on the base, wherein the carbon nanotube layer is made of 5 or more layers.

(57) 요약서: 본 발명은 탄소나노튜브 시트 및 이를 이용한 편광자에 관한 것으로 보다 상세하게는 기재와; 탄소나노튜브 포레스트로부터 유도되어 상기 기재에 권취되는 탄소나노튜브층을 포함하되, 상기 탄소나노튜브는 5층 이상으로 이루어진 탄소나노튜브 시트 및 이를 이용한 편광자를 제공한다.



WO 2012/177082 A2



OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

— 공개:
국제조사보고서 없이 공개하며 보고서 접수 후 이를
별도 공개함 (규칙 48.2(g))

명세서

발명의 명칭: 탄소나노튜브 시트 및 이를 이용한 편광자 기술분야

- [1] 본 발명은 탄소나노튜브 시트 및 이를 이용한 편광자에 관한 것으로서 특히 다중벽 탄소나노튜브를 이용한 탄소나노튜브 시트 및 이를 이용한 편광자에 관한 것이다.

[2]

배경기술

- [3] 탄소나노튜브는 전기 전도도가 구리와 비슷하고, 열전도율은 자연계에서 가장 뛰어난 다이아몬드와 같으며, 강도는 철강보다 100배나 뛰어난 특성을 가지기 때문에 차세대 전자장치, 광전자장치 및 회로 등에 사용될 재료로써 크게 주목받고 있다.
- [4] 또한 탄소나노튜브는 큰 가로세로 비율과 작은 단면 크기로 인해 유사 일차원 시스템으로 만드는 전기 및 광학 이방성이다. 이러한 특성 때문에, 장과장영역뿐만 아니라 가시적인 주파수 범위에서 탄소나노튜브 필름을 선형 편광자로 사용하려는 여러 시도가 있었다.
- [5] 한편 편광자(Polarizer)는 편광상태가 무질서하게 섞여 있는 상태에서 특정한 방향으로 선편광된 빛을 선택적으로 투과시키는 광학기구로서, 한 방향의 선편광된 빛을 선택적으로 흡수하거나 굴절시켜 그 방향에 수직한 선편광만을 통과시키기 때문에 편광자의 역할을 하게 된다. 이 때 선택적으로 통과시키는 방향을 편광축이라하고 편광축의 성분을 전부 투과시키고 수직성분을 전부 차단시킨다면 이는 이상적인 편광자가 된다.
- [6] 전통적인 테라헤르츠(terahertz, THz)영역의 편광자는 와이어 격자가 편광판 시장을 지배했다. 와이어 격자 편광판은 높은 장력으로 강성프레임에 얇은 철사를 기계적으로 감음으로써 제조될 수 있다. 이러한 편광자 유형은 기관이 필요없기 때문에 낮은 손실과 최소 분산이 보장된다. 상기 독립 와이어 격자 편광판을 만들 때 요청되는 것 중 하나는 와인딩 장력으로서 각 와이어의 직경과 균일한 간격을 유지하는 것이 중요하다. 그러나, 이러한 조건은 실제 구현하기가 불가능한 점이 있고 독립적 샘플은 얇은 금속 와이어의 강도가 너무 약하기 때문에 종종 끊어진다. 또한 공기 중에 편광기를 두면, 금속 와이어에 산화가 급속하게 진행되어 편광기의 수명이 매우 짧아진다. 더 심각한 점은 각 와이어의 전도성은 유한하고 전선 사이의 간격이 소광비에 대한 입사 빔의 파장보다 작아야하기 때문에 독립 와이어 격자 형식이 높은 테라헤르츠 주파수 영역에 적합하지 않다.
- [7] 상기 독립 샘플의 약점을 극복하기 위한 대안으로서 기관에 와이어 그리드를 제조하는 방법이 제안되었다. 와이어 격자 편광판의 유형은 리소그래피 또는

나노-프린팅과 같은 최근에 개발된 다양한 나노 정형화기술로 인해 정교한 피치를 만드는 것이 가능하기 때문에 상대적으로 견고하고 높은 테라헤르츠 주파수 범위에서 작동한다. 그럼에도 불구하고, 기판은 본질적인 손실과 입사파의 분산을 초래하며 나노 정형화기술은 시간소모적인 과정을 필요로 한다.

- [8] 이에 탄소나노튜브를 이용한 편광자가 제안되고 있는데 지금까지 탄소나노튜브필름은 자체가 강점이 많음에도 불구하고 탄소나노튜브필름이 와이어 그리드 또는 액정 편광자와 같은 다른 유형에 비해 낮은 소광비를 나타내는 단점이 있어 이의 해결수단이 간절히 요청되었다.

[9]

발명의 상세한 설명

기술적 과제

- [10] 상기와 같은 문제점을 해결하기 위해 본 발명은 탄소나노튜브를 주재로 한 시트 및 이를 이용한 편광자를 제공하는데 있다.
- [11] 또한 본 발명은 테라헤르츠 영역에서 편광성을 발현할 수 있는 탄소나노튜브 시트 및 이를 이용한 편광자를 제공하는데 있다.
- [12] 또한 본 발명은 소광비가 향상된 탄소나노튜브 시트 및 이를 이용한 편광자를 제공하는데 있다.
- [13] 또한 본 발명은 에칭과 같은 화학적 처리 없이 용이하게 제조될 수 있는 탄소나노튜브 시트 및 이를 이용한 편광자를 제공하는데 있다.

[14]

과제 해결 수단

- [15] 본 발명은 기재와; 탄소나노튜브 포레스트로부터 유도되어 상기 기재에 권취되는 탄소나노튜브층을 포함하되, 상기 탄소나노튜브는 5층 이상으로 이루어진 탄소나노튜브 시트를 제공한다.
- [16] 또한 본 발명은 상기 탄소나노튜브층이 테라헤르츠 대역에서 편광성을 발현하는 탄소나노튜브 시트를 제공한다.
- [17] 또한 본 발명은 테라헤르츠 대역이 0.1 ~ 2.0 THz인 탄소나노튜브 시트를 제공한다.
- [18] 또한 본 발명은 상기 기재에 권취되는 탄소나노튜브가 필라멘트상인 탄소나노튜브 시트를 제공한다.
- [19] 또한 본 발명은 상기 기재가 탄소나노튜브층이 편광성을 발현하는 구간에 기재가 포함되지 않도록 형성된 탄소나노튜브 시트를 제공한다.
- [20] 또한 본 발명은 상기 기재가 U자형 또는 □형인 탄소나노튜브 시트를 제공한다.
- [21] 또한 본 발명은 상기 탄소나노튜브가 5 내지 30m/분의 속도로 기재에 권취되는 탄소나노튜브 시트를 제공한다.
- [22] 또한 본 발명은 상기 탄소나노튜브층이 기재의 양면 또는 단면에 형성된

탄소나노튜브 시트를 제공한다.

- [23] 또한 본 발명은 상기 탄소나노튜브층의 두께가 $4\mu\text{m}$ 내지 $10\mu\text{m}$ 인 탄소나노튜브 시트를 제공한다.
- [24] 또한 본 발명은 상기 시트에 권취된 탄소나노튜브가 물리적 또는 화학적 수단을 통해 시트상에 집적화되는 탄소나노튜브 시트를 제공한다.
- [25] 또한 본 발명은 상기 탄소나노튜브층이 150층 이상이고 이 때 소광비는 40dB인 탄소나노튜브 시트를 제공한다.
- [26] 또한 본 발명은 탄소나노튜브 포레스트를 준비하는 단계; 상기 포레스트로부터 금속핀과 같은 유도수단을 통해 핀의 말단부에 상기 포레스트가 접하면서 전단응력이 발생하여 포레스트로부터 탄소나노튜브를 필라멘트상으로 유도하는 단계; 상기 유도된 필라멘트상의 탄소나노튜브를 기재에 5층 이상으로 형성되도록 권취하는 단계를 포함하는 탄소나노튜브 시트의 제조방법을 제공한다.
- [27] 또한 본 발명은 기재와, 상기 기재를 회전시키기 위한 회전수단과, 탄소나노튜브 포레스트로부터 필라멘트상의 탄소나노튜브를 인출하기 위한 유도수단을 포함하되, 상기 유도수단에 의해 인출된 탄소나노튜브가 회전수단에 의해 회전하는 기재에 권취되는 장치를 제공한다.
- [28] 또한 본 발명은 상기 유도수단이 금속핀인 장치를 제공한다.
- [29] 또한 본 발명은 상기 시트를 포함하는 편광자를 제공한다.
- [30]

발명의 효과

- [31] 본 발명에 의한 탄소나노시트 및 이를 이용한 편광자는 탄소나노튜브층을 제어함으로써 테라헤르츠 대역에서 우수한 편광성을 발현하는 특징이 있다.
- [32] 또한 본 발명에 의한 탄소나노시트 및 이를 이용한 편광자는 간단한 기계적 장치(수동도 포함)만으로도 제조가 가능하도록 구성된 장점이 있다.
- [33] 또한 제조의 용이성이 확보되면서도 기존의 상업화된 편광기 이상의 편광기능을 발현하는 장점이 있다.
- [34]

도면의 간단한 설명

- [35] 도 1은 본 발명의 바람직한 일실시예에 의한 탄소나노튜브 시트의 제공 개념도.
- [36] 도 2는 본 발명의 바람직한 일실시예로 제조된 시트 사진.
- [37] 도 3은 본 발명의 실시예들의 편광상태 측정을 위한 실험 개략도.
- [38] 도 4는 본 발명의 실시예 4에 대한 편광 각도에 따른 전기장 X성분의 그래프.
- [39] 도 5는 본 발명의 실시예 4에 대한 편광 각도에 따른 전기장 Y성분의 그래프.
- [40] 도 6은 본 발명의 실시예 4에 대한 0° (열려있는 검은원)에 참조 공간(검은선)과 탄소나노튜브 시트를 통한 전송 신호의 위상 정보를 나타낸 그래프.
- [41] 도 7은 본 발명의 실시예 4에 대한 편광 각도에 따른 전송 스펙트럼을 나타낸

그래프.

- [42] 도 8은 본 발명의 실시예 4에 대한 편광 각도와 해당 $\cos^2\theta$ 적합곡선을 함수로 하는 1 테라헤르츠에서의 전송을 나타낸 그래프.
- [43] 도 9는 본 발명의 실시예 4에 대한 스펙트럼영역에서 편광정도를 나타낸 그래프.
- [44] 도 10은 본 발명의 일실시예들에 의한 시트의 탄소나노튜브 층수 변화에 따른 소광비를 나타낸 그래프.
- [45] 도 11은 본 발명의 일실시예들에 의한 시트의 층수 변화에 따른 DOP(편광정도)를 나타낸 그래프.

[46]

[47] [도면의 부호]

[48] 10 : 탄소나노튜브 시트

[49] 100 : 탄소나노튜브 110 : 구간

[50] 200 : 기재 300 : 탄소나노튜브 포레스트

[51]

발명의 실시를 위한 최선의 형태

- [52] 이하 본 발명에 첨부된 도면을 참조하여 발명의 실시를 위한 구체적인 내용에서는 본 발명의 바람직한 일실시예를 상세히 설명하기로 한다. 우선, 도면들 중, 동일한 구성요소 또는 부품들은 가능한 한 동일한 참조부호를 나타내고 있음에 유의하여야 한다. 본 발명을 설명함에 있어, 관련된 공지기능 혹은 구성에 대한 구체적인 설명은 본 발명의 요지를 모호하지 않게 하기 위하여 생략한다.
- [53] 본 명세서에서 사용되는 정도의 용어 약, 실질적으로 등은 언급된 의미에 고유한 제조 및 물질 허용오차가 제시될 때 그 수치에서 또는 그 수치에 근접한 의미로 사용되고, 본 발명의 이해를 돕기 위해 정확하거나 절대적인 수치가 언급된 개시 내용을 비양심적인 침해자가 부당하게 이용하는 것을 방지하기 위해 사용된다.
- [54] 이하 본 명세서 있어서 사용되는 용어 중 "시트"라 함은 일정한 폭과 두께를 갖는 물질로서 비제한적인 예로서 필름, 웹, 막, 이들의 복합 구성체를 모두 포함하는 개념으로 이해될 수 있다.
- [55] 또 "편광자"라 함은 진행방향에 수직한 임의의 평면에서 전기장의 방향이 일정한 빛을 유도 내지 발생시킬 수 있는 물질을 의미하는 것으로 이해될 수 있다.
- [56] 본 발명의 바람직한 일실시예로서 탄소나노튜브 시트를 제조하는 과정을 설명하도록 한다. 본 발명에 의한 탄소나노튜브는 탄소나노튜브 포레스트(forest)로부터 제조될 수 있다. 상기 탄소나노튜브는 제한되지 않으나 다중벽 탄소나노튜브임이 바람직하다.

- [57] 상기 포레스트는 비제한적인 예로서 대한민국 공개특허 제2010-0072912호에 개시된 방법 등에 의해 제조될 수 있다. 바람직하게는 화학기상증착법으로 합성될 수 있으나 이에 제한되는 것은 아니다.
- [58] 도 1을 참조하여 시트의 제조방법을 설명하면, 상기 포레스트(300)가 준비되면 포레스트의 일측으로부터 탄소나노튜브(100)가 유도될 수 있다. 유도수단으로는 다양한 장치 및 도구가 사용될 수 있으며, 금속핀과 같은 유도수단을 통해 핀의 말단부에 상기 포레스트가 접하면 전단응력이 발생하여 포레스트로부터 탄소나노튜브가 필라멘트상으로 유도될 수 있다.
- [59] 상기 유도된 탄소나노튜브(100)는 기재(200)에 권취되는데, 상기 기재는 다양한 형태가 가능하다. 비제한적인 일례로서 가시광 영역에서 투명한 재질, 구체적으로 PE 또는 PET 필름상에 권취될 수 있다. 상기 기재는 통상의 필름상일 수도 있으나 탄소나노튜브가 권취되어 기능성을 발현하는 구간(110)에는 기재가 포함되지 않는 형태일 수 있고, 이에 대한 비제한 예는 도 1과 같이 U자 형태가 될 수 있다.
- [60] 상기 기재(200)는 크기 및 형태는 제한되지 않으나 불필요한 기관 손실이나 입사파 분산을 제어한다는 점에서 상기 기재가 형성되지 않는 구간(110)이 형성되어 있는 U자형이 바람직할 수 있다. 또 상기 기관의 권취방향의 길이에 따라 탄소나노튜브 시트의 크기가 결정될 수 있다. 즉 본 발명의 일실시예에 의한 시트는 크기의 제한없이 제조가 가능한 특징이 있는 것이다.
- [61] 상기 포레스트(300)에서 유도되어 기재(200)에 권취되는 탄소나노튜브(100)는 균일한 권취속도를 보장하기 위해 회전수단(미도시)에 의해 기재(200)가 회전함으로서 포레스트(300)로부터 탄소나노튜브(100)를 연속적으로 기재(200)에 권취할 수 있다. 상기 회전수단은 수동 및/또는 자동수단이 채택될 수 있고, 자동수단으로서는 모터에 의해 구동될 수 있다.
- [62] 상기 탄소나노튜브 시트(10)를 제조함에 있어 기재(200)에 탄소나노튜브(100)를 권취하는 속도는 탄소나노튜브의 물성, 시트의 용도 등에 의해 제한되지 않으나 비제한적인 일례로서 안정적 권취를 위해 5 내지 30m/분 정도로 권취될 수 있다.
- [63] 상기 권취속도는 탄소나노튜브의 기계적 강도에 따라 결정될 수 있다. 시트에 권취되는 탄소나노튜브의 절단이 발생하는 것을 방지하며, 포레스트로부터 계속적인 권취를 하면서 장력을 유지하기 위하여 상기 범위의 권취속도가 바람직한 예로서 적용될 수 있다.
- [64] 상기 기재(200)의 1/2회전은 기재의 일면 즉 1층의 탄소나노튜브 층의 형성을 의미하며 본 발명의 일실시예에 의한 시트는 기재의 일면에만 탄소나노튜브층이 형성된 시트를 포함한다. 한편 기재(200)의 1회전은 기재의 양면 즉 2층의 탄소나노튜브 층의 형성을 의미하며 상기 회전수에 따라 시트의 두께가 결정될 수 있다. 본 발명자들은 상기 시트의 두께를 제어함으로서 탄소나노튜브 시트(10)가 편광자로서 다양한 대역의 편광 특성을 발현할 수

있음을 발견하였다.

- [65] 탄소나노튜브 시트의 두께 조절은 무늬가 있는 탄소나노튜브의 성장과 전송 프로세스를 사용할 때 재현성이 현저히 저하되고 최대 두께도 역시 제한적이다. 이러한 문제로 인해 THz 편광자는 전자 빔 리소그래피 공정이나 에칭공정이 수반되었고, 이 역시 두께를 제어하는데는 한계가 있었다.
- [66] 본 발명자들은 상기와 같은 문제점을 탄소나노튜브, 바람직하게는 다중벽 탄소나노튜브(MWCNT) 시트를 기반으로 한 독립적 테라헤르츠 편광자로서 해결될 수 있다는 점에 주목한다. 상기 탄소나노튜브 시트는 상기와 같이 고체상 추출방법에 의해 조정렬된 상태를 유지할 수 있고, 탄소나노튜브의 시트에서 구간(110)에서는 0.1 내지 2.0 THz의 광범위한 범위에서 소광비가 우수한 편광자의 구현이 가능하도록 한다. 특히 와이어 격자에서 얻어질 수 있는 가장 높은 소광비인 40dB의 구현이 가능하다는 점에서 본 발명의 특징이 있다 할 것이다.
- [67] 본 발명에 의한 탄소나노튜브 시트 및 이를 이용한 편광자가 THz 영역에서 우수한 소광성을 발현하기 위해서는 상기 권취되는 탄소나노튜브의 권취층을 증가시키거나 감소시킴으로서 달성될 수 있음을 본 발명자들은 알게 되었다. 따라서 목적하는 THz 영역의 편광기능을 발현하기 위해 적절한 범위의 층을 형성할 수 있다. 상기 층은 5층 이상으로 형성될 경우 테라헤르츠 영역에서 편광기능을 발현할 수 있다. 바람직하게는 5 내지 3,000층이고 더욱 바람직하게는 10 내지 200층 일 수 있다. 상기 두께는 4 μm 내지 10 μm 일 수 있다. 상기 층이 증가할수록 낮은 주파수 THz 대역의 기능발현에 유리할 수 있다.
- [68] 한편 상기 탄소나노튜브 시트를 이용한 편광자는 상기 시트에 다수의 탄소나노튜브층을 형성시킨 것은 물론 상기 시트를 복층화한 구조 역시 포함될 수 있다.
- [69] 상기 탄소나노튜브 시트에 권취되는 각각의 탄소나노튜브는 시트상에 집적화될수록 편광기능 발현에 유리할 수 있다. 상기 집적화 방법은 다양한 수단이 채택될 수 있는데, 권취시 정밀 제어와 같은 물리적 수단을 통해 구현될 수도 있고, 권취된 시트에 에탄올을 투입하는 것과 같은 화학적 수단을 통해서도 구현될 수 있다.

[70]

발명의 실시를 위한 형태

- [71] 이하 본 발명의 구체적인 실시예 및 실험예를 통하여 보다 구체적으로 설명한다.

[72]

[73] 실시예 1

- [74] 탄소원이 아세틸렌 기체이며 화학기상증착법으로 형성된 다중벽 탄소나노튜브 포레스트로부터 탄소나노튜브를 유도하고 U자형

기재(PET재질)에 권취하였다. 이 때 권취속도는 10m/분이며, 탄소나노튜브층은 상기 기재의 양면에 권취되어 10층을 형성하였다.

[75] 실시예 2

[76] 상기 실시예 1과 동일하되, 탄소나노튜브층은 상기 기재의 양면에 권취되어 25층을 형성하였다.

[77] 실시예 3

[78] 상기 실시예 1과 동일하되, 탄소나노튜브층은 상기 기재의 양면에 권취되어 50층을 형성하였다.

[79] 실시예 4

[80] 상기 실시예 1과 동일하되, 탄소나노튜브층은 상기 기재의 양면에 권취되어 75층을 형성하였다.

[81] 실시예 5

[82] 상기 실시예 1과 동일하되, 탄소나노튜브층은 상기 기재의 양면에 권취되어 100층을 형성하였다.

[83] 실시예 6

[84] 상기 실시예 1과 동일하되, 탄소나노튜브층은 상기 기재의 양면에 권취되어 150층을 형성하였다.

[85] 실시예 7

[86] 상기 실시예 1과 동일하되, 탄소나노튜브층은 상기 기재의 양면에 권취되어 200층을 형성하였다.

[87]

[88] 상기 실시예들에서 구현된 본 발명은 다양한 방법으로서 편광성이 평가될 수 있다. 구체적으로 하기 도 3 내지 도 9는 실시예 4를 기준으로 평가된 것이다.

상기 실시예의 이방성을 측정하기 위해 테라헤르츠 시간 영역 분광법은 (THz - TDS)이 사용될 수 있다. 테라헤르츠파 편광 방향은 X 축 (광학 테이블의 표면에 평행한)에 고정되었고 탄소나노튜브 시트는 시계 방향으로 15도 간격으로

0°에서 360°까지 회전한다. 테라헤르츠파 전기장 방향과 탄소나노튜브 시트의 긴 축이 수직(병렬) 일 때 0°(90°)로 표시되었다. 전기장 X와 Y성분을 갖는 전송 테라헤르츠파는 종래의 전자 광학 탐지 방법을 사용하여 측정되었다. x와 y성분의 전기장은 결정 90°를 회전함으로써 독립적으로 측정되었다.(도 3 참조)

[89] 도 4 및 5는 각각 시간 영역에서 x와 y성분의 각도 의존 전송을 나타낸다. 도 4의 검은 선은 탄소나노튜브 시트를 사용하지 않은 참조 신호이고 X의 경우는, 탄소나노튜브 시트의 긴 축이 테라헤르츠파 전기장에 수직일 때 (도 3의 0°와 180°) 최대한의 전송이 나타난다. 0°인 입사파와 비교하면 측정된 테라헤르츠파가 다소 감소했고 각도가 증가할수록 신호는 점차 감소한다. (도 4) 결국, 테라헤르츠파의 편광과 탄소나노튜브 시트 사이의 각도가 90°(270°)가 되었을 때, 전송파가 100배 이상 감소되면서(Amplitude 기준) 완전히 평평했다. 각도가 변경되었으나, 관심 스펙트럼영역에서 본 발명에 의한 탄소나노튜브

시트는 분산이 없으며 형태 및 정상 위치가 변하지 않았다.

- [90] 반면에, E_y 필드 최대 전송은 네 가지 각도 45° , 135° , 225° (보이지 않음)과 315° (보이지 않음)에서 측정되고, 45° , 225° 와 135° , 315° 사이의 전송에는 180° 에 해당하는 위상차가 발생하였다. (도 5) E_x 측정에서 관찰되지 않았던 이러한 현상은, 정렬된 탄소나노튜브 필름과 높은 편광 입사파 사이의 구체적인 형상으로 이해할 수 있다.

- [91] 본 발명에 일실시예에 의한 탄소나노튜브 시트의 스펙트럼 기능을 추출하기 위해, 고속 푸리에 시간 영역 신호 변환을 적용하였다. 도 6은 참조 신호(검은 선)와 0° 에 전송된 E_x 필드에 대한 위상정보를 나타낸다. 명확하게, 본 발명의 일실시예에 의한 탄소나노튜브 시트는 독립적임을 암시하는 두 개의 데이터 사이에 위상차가 나타나지 않았다.

- [92] 도 7은 $T(\theta) = \sqrt{E_x^2 + E_y^2}$, 주파수 0.1에서 2.0 테라헤르츠 범위에서 0° 에서 90° 까지 정의되는 각도 의존적 전송을 나타낸 것이다. 90° 에서 세 차례의 광도 소광이 관찰되는 동안 0° 에서의 평균전송은 50% 이상이다. 이상적인 편광자를 통한 전송은 맬러스의 법칙($T(\theta) = T(0)\cos^2\theta$)을 따르므로, 측정 데이터 $T(\theta)$ 가 본 발명의 스펙트럼 범위에서 $\cos^2\theta$ 에 얼마나 잘 맞는지 확인할만한 필요성이 있는 것이다.

- [93] 도 8은 비선형 최소 제곱 알고리즘에서 얻은 비례상수 A 가 약 0.33718이며, 해당하는 $A \cos^2\theta$ 와 주파수가 1.0 테라헤르츠일 때 각도 θ 에 편광자의 기능으로 정의되는 측정된 전송강도 $T(\theta)$ 를 나타낸 것이다. 도 8로부터 본 발명에 의한 시트가 편광자로서 우수한 기능을 발휘할 수 있다는 점을 나타내고 있다.

- [94] 본 발명에 의한 시트가 편광자로서 광범위한 스펙트럼 영역에서 기능이 발휘되는지를 확인하기 위해 편광자의 특성을 보여주는 다른 기준 중 하나인 DOP(Degree of Polarization)에 의해 정의된 편광 정도로서 표현될 수 있다. DOP는 하기 수학적 식 1로서 표현될 수 있다.

- [95] 수학적 식 1

$$DOP = \frac{T_{\max} - T_{\min}}{T_{\max} + T_{\min}}$$

- [96] $T_{\max}$ 와 $T_{\min}$ 은 그것이 360도 전체 범위를 통해 설정된 각각 선형 편광자를 통한 광전송의 최대 및 최소 강도이다. 이상적인 편광기는 완벽한 편광 상태를 생성하므로, DOP는 정확하게 1이 된다. 본 실시예 및 실험예에서 $T_{\min}$ 은 $T(90^\circ)$ 이며, $T_{\max}$ 은 $T(0^\circ)$ 로 볼 수 있다. 도 9는 본 발명의 일실시예에 의한 시트의 편광 정도를 보여준다. 대부분 스펙트럼범위에서, DOP가 이상적으로 동작함을 나타내고 있다.

- [97] 도 10 및 11은 탄소나노튜브의 적층구조가 편광 성능에 미치는 영향을 나타낸 것이다. 편광자에 대한 두 가지 중요한 물리적 수량 소광비 ($-10 \log_{10} (T_{\max} /$

Tmin))와 DOP(편광정도)는 실시예 1 내지 7로 표현된다. 상기 각각 실시예에 대한 소광비와 DOP(편광정도)가 모든 주파수 대역에서 평균되었다. 소광비는 도 10에서 보여지듯이 층수에 비례한다. 실시예 7과 같은 두꺼운 상태에서는 와이어 그리드 또는 액정 편광판에서 얻을 수 있는 가장 높은 값과 거의 동일한 40dB의 소광비가 측정되었다.

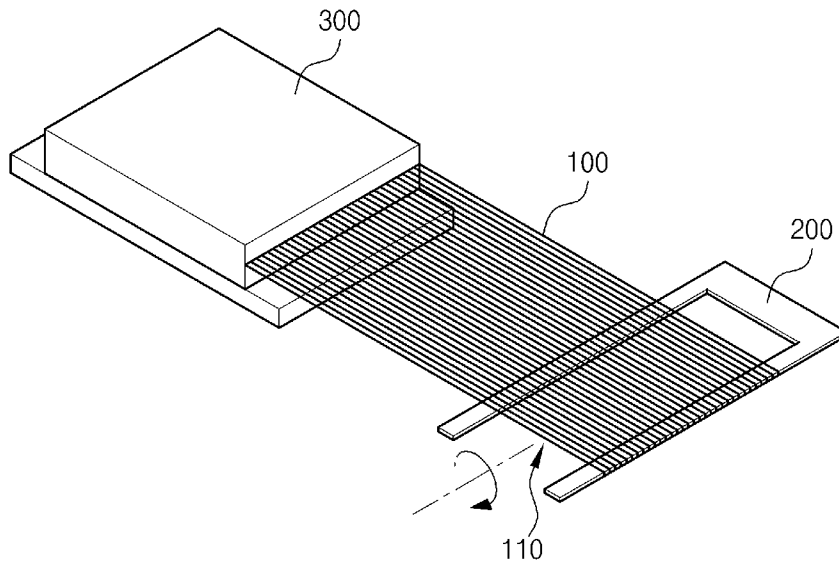
- [98] 도 11은 평균 DOP를 층수의 함수로 보여준다. DOP(편광정도)는 필름의 층이 많아질수록 지속적으로 증가하는 경향을 보여준다. 50겹 이상에서는 0.999이상의 DOP를 보여줌으로써 우리의 편광기가 매우 이상적인 것에 가까움을 보여준다.
- [99] 본 발명의 일실시예에 의한 탄소나노튜브 시트 및 이를 이용한 편광자는 테라헤르츠파 영역에서 와이어 그리드를 대체할 만한 물성이 발현되었다. 따라서 본 발명에 의한 시트 및 편광자는 바이오 샘플 이미징, 테라헤르츠 편광 및 밀리미터파 타원 편광 반사 측정법과 같이 여러 어플리케이션에 사용될 수 있을 것이다.
- [100] 이상에서 설명한 본 발명은 전술한 실시예 및 첨부된 도면에 의해 한정되는 것이 아니고, 본 발명의 기술적 사상을 벗어나지 않는 범위 내에서 여러 가지 치환, 변형 및 변경이 가능함은 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 있어서 명백할 것이다.

청구범위

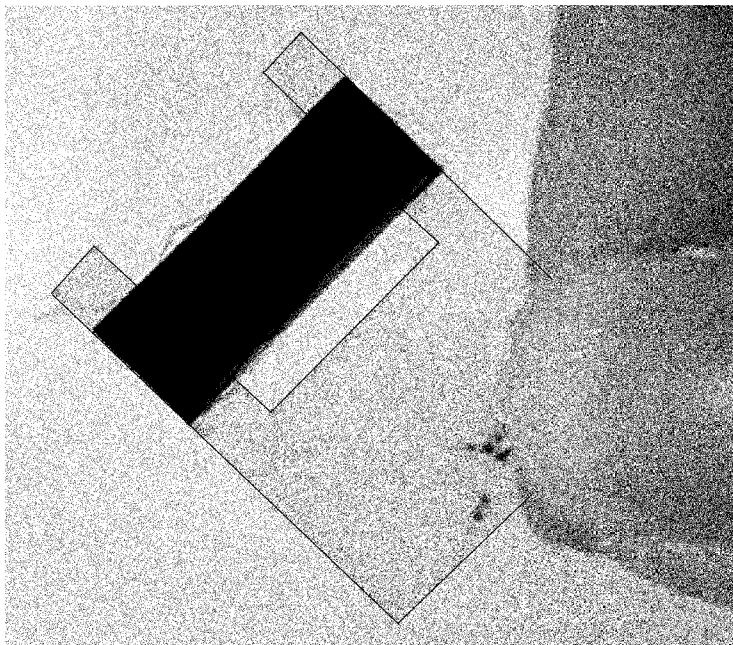
- [청구항 1] 기재와;
탄소나노튜브 포레스트로부터 유도되어 상기 기재에 권취되는
탄소나노튜브층을 포함하되,
상기 탄소나노튜브는 5층 이상으로 이루어진 탄소나노튜브 시트.
- [청구항 2] 제1항에 있어서,
상기 탄소나노튜브는 5 내지 3,000층으로 이루어진 탄소나노튜브
시트.
- [청구항 3] 제2항에 있어서,
상기 탄소나노튜브는 10 내지 200층으로 이루어진 탄소나노튜브
시트.
- [청구항 4] 제1항에 있어서,
상기 탄소나노튜브층은 테라헤르츠 대역에서 편광성을 발현하는
탄소나노튜브 시트.
- [청구항 5] 제1항에 있어서,
테라헤르츠 대역은 0.1 ~ 2.0 THz인 탄소나노튜브 시트.
- [청구항 6] 제1항에 있어서,
상기 기재에 권취되는 탄소나노튜브는 필라멘트상인
탄소나노튜브 시트.
- [청구항 7] 제1항에 있어서,
상기 기재는 탄소나노튜브층이 편광성을 발현하는 구간에 기재가
포함되지 않도록 형성된 탄소나노튜브 시트.
- [청구항 8] 제7항에 있어서,
상기 기재는 U자형 또는 □형인 탄소나노튜브 시트.
- [청구항 9] 제1항에 있어서,
상기 탄소나노튜브는 5 내지 30m/분의 속도로 기재에 권취되는
탄소나노튜브 시트.
- [청구항 10] 제1항에 있어서,
상기 탄소나노튜브층은 기재의 양면 또는 단면에 형성된
탄소나노튜브 시트.
- [청구항 11] 제1항에 있어서,
상기 탄소나노튜브층의 두께는 4 μ m 내지 10 μ m인 탄소나노튜브
시트.
- [청구항 12] 제1항에 있어서,
상기 시트에 권취된 탄소나노튜브는 물리적 또는 화학적 수단을
통해 시트상에 집적화되는 탄소나노튜브 시트.
- [청구항 13] 제1항에 있어서,

- 상기 탄소나노튜브층이 150층 이상이고 이 때 소광비는 40dB인 탄소나노튜브 시트.
- [청구항 14] 기재와,
상기 기재를 회전시키기 위한 회전수단과,
탄소나노튜브 포레스트로부터 필라멘트상의 탄소나노튜브를 인출하기 위한 유도수단을 포함하되,
상기 유도수단에 의해 인출된 탄소나노튜브가 회전수단에 의해 회전하는 기재에 권취되는 장치.
- [청구항 15] 제14항에 있어서,
상기 유도수단은 금속편인 장치.
- [청구항 16] 탄소나노튜브 포레스트를 준비하는 단계;
상기 포레스트로부터 금속편과 같은 유도수단을 통해 편
의 말단부에 상기 포레스트가 접하면서 전단응력이 발생하여
포레스트로부터 탄소나노튜브를 필라멘트상으로 유도하는 단계;
상기 유도된 필라멘트상의 탄소나노튜브를 기재에 5층 이상
형성되도록 권취하는 단계를 포함하는 탄소나노튜브 시트의
제조방법.
- [청구항 17] 제1항 내지 제13항 중 어느 한 항에 의한 탄소나노튜브 시트 또는
제14항 또는 15항의 장치에 의해 제조된 탄소나노튜브시트 또는
제16항의 방법에 의해 제조된 탄소나노튜브 시트를 포함하는
편광자.

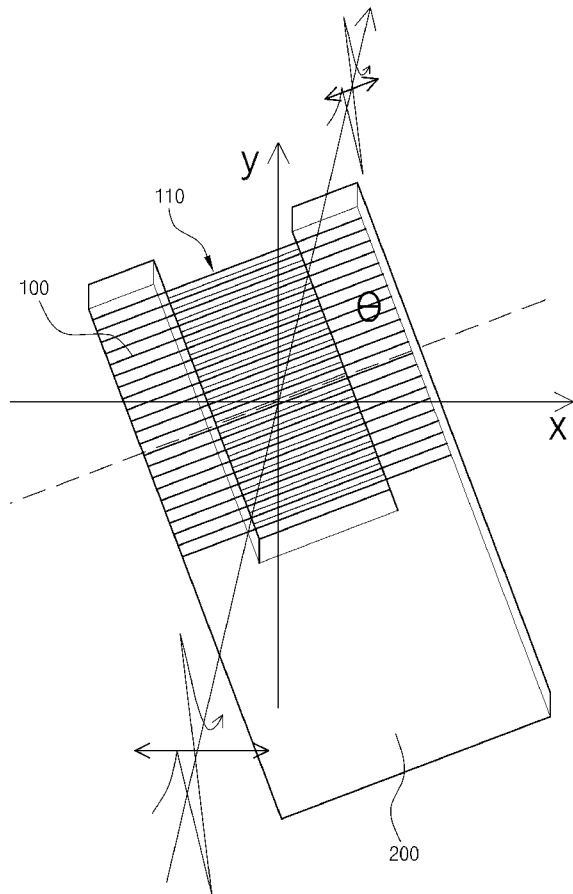
[Fig. 1]



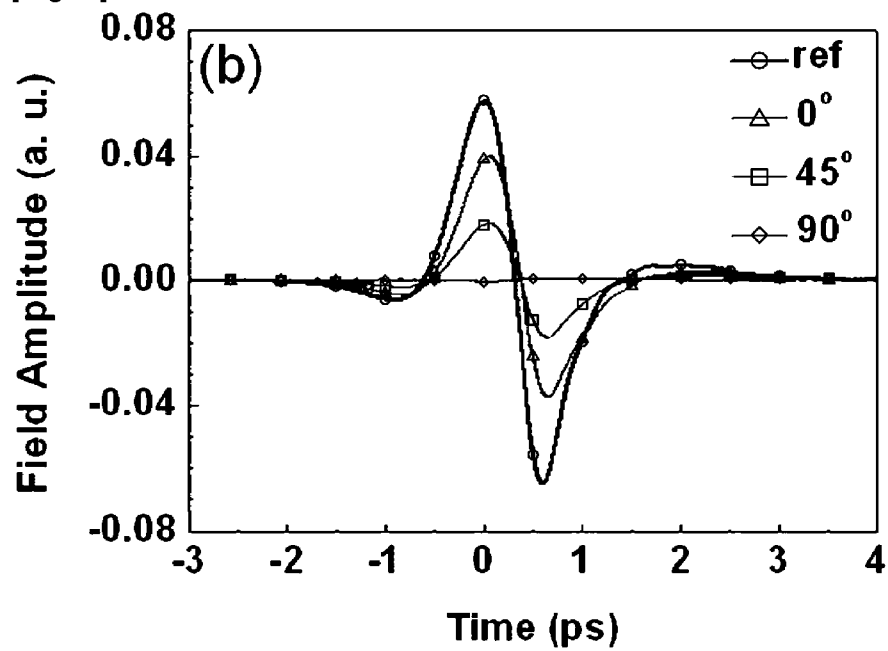
[Fig. 2]



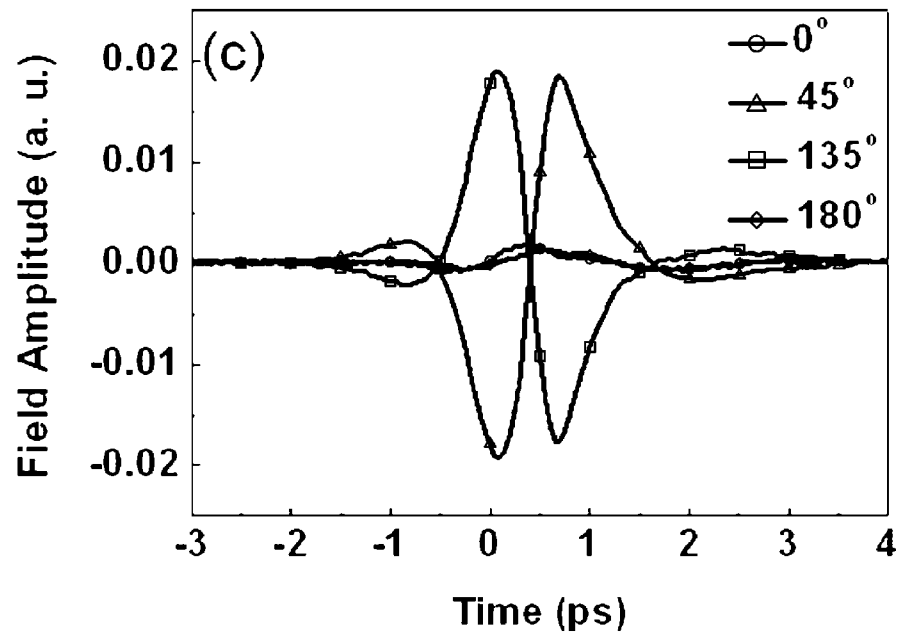
[Fig. 3]



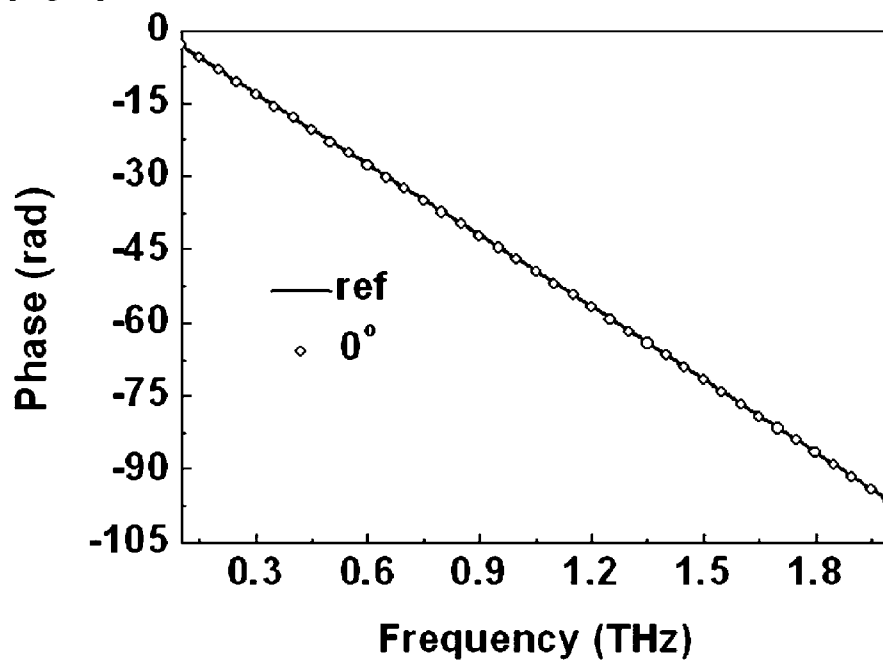
[Fig. 4]



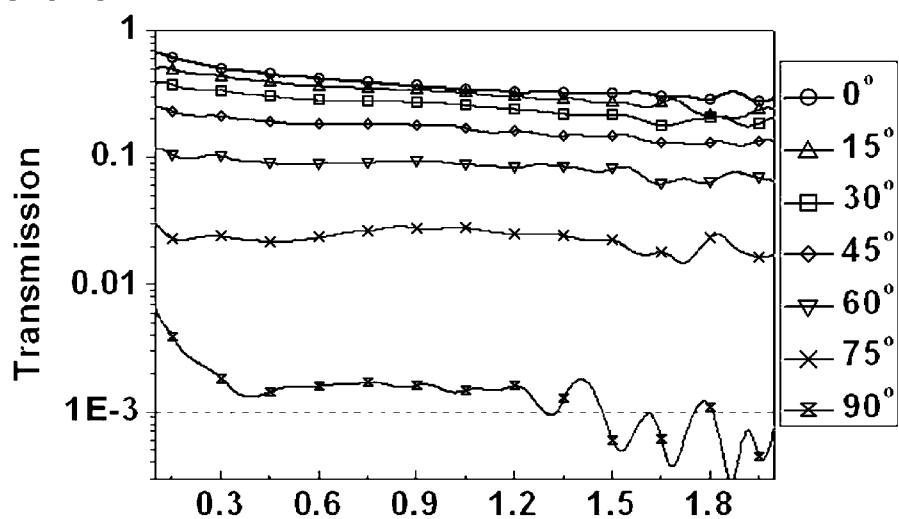
[Fig. 5]



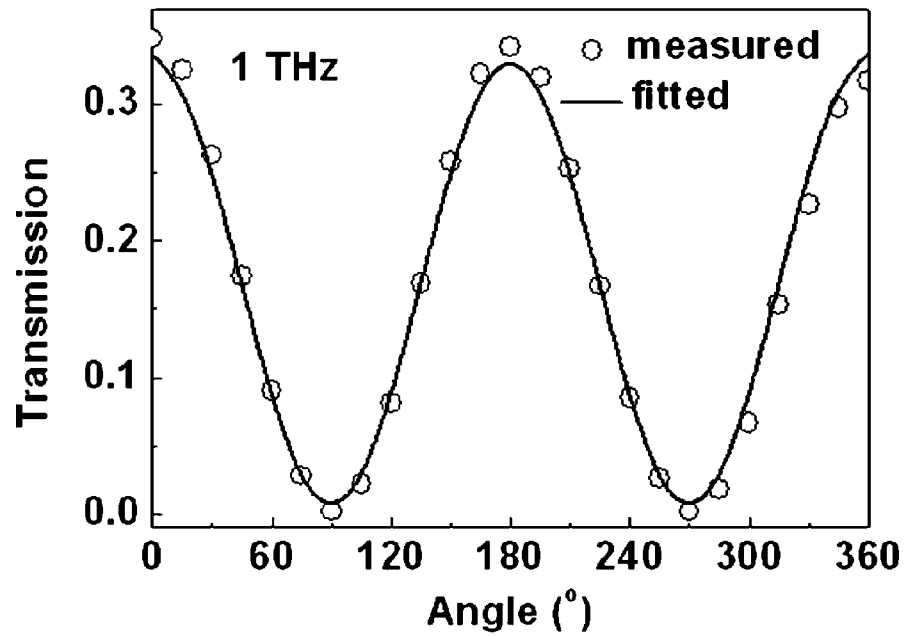
[Fig. 6]



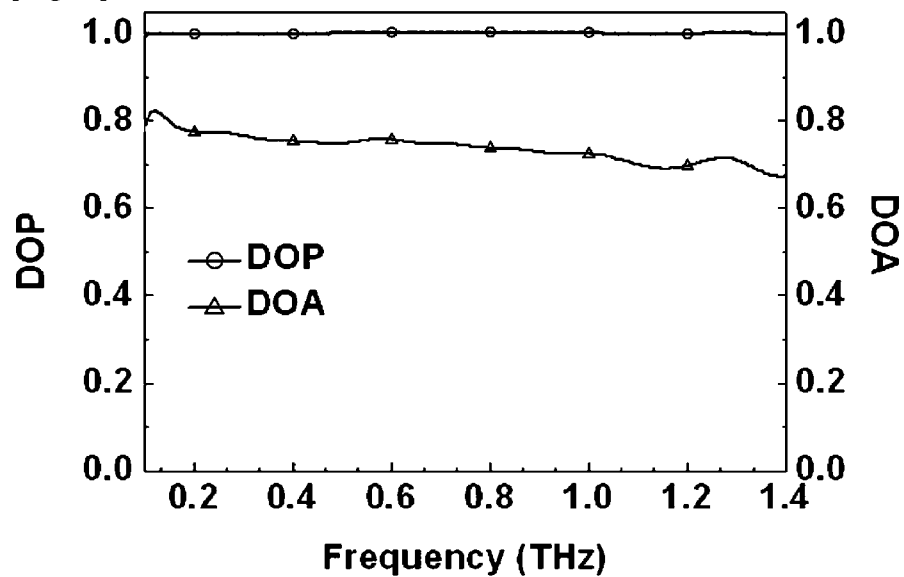
[Fig. 7]



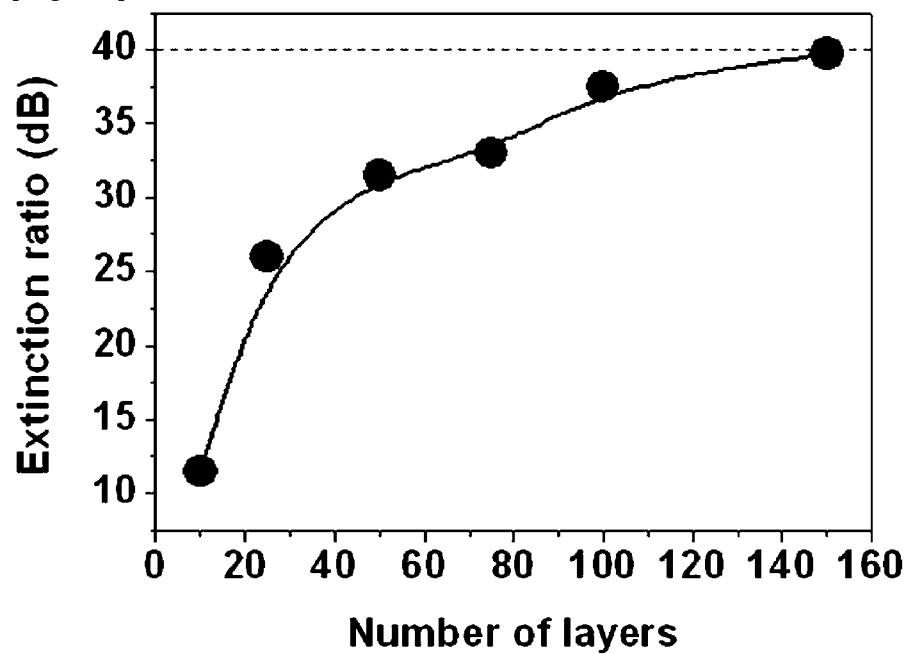
[Fig. 8]



[Fig. 9]



[Fig. 10]



[Fig. 11]

