(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2009-0049881
(43) 공개일자 2009년05월19일

(51) Int. Cl.
G01N 21/23 (2006.01) *G01N 21/00* (2006.01)
G01B 9/02 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2007-0116223
(22) 출원일자 2007년11월14일
심사청구일자 2007년11월14일

(71) 출원인
서강대학교산학협력단
서울 마포구 신수동 1-1 서강대학교
연세대학교 산학협력단
서울 서대문구 신촌동 134 연세대학교
(72) 발명자
조규만
서울 강북구 수유6동 530-1 현대빌라 4동 201호
박영규
인천 남구 주안4동 1559-30 한미아파트 704호
(74) 대리인
이지연, 양부현

전체 청구항 수 : 총 8 항

(54) 시료의 비선형계수의 균질성 검사 장치

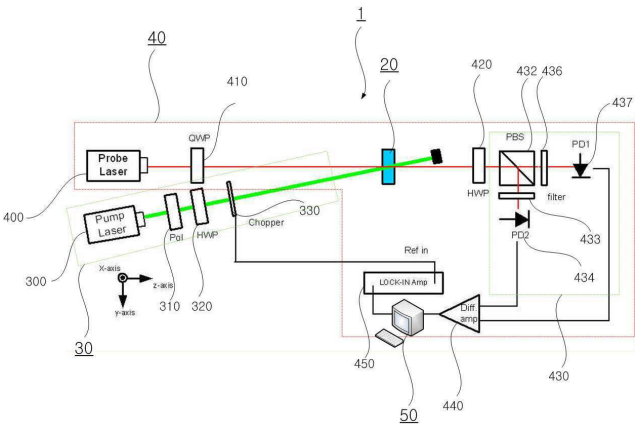
(57) 요 약

본 발명은 시료의 비선형 계수의 균질성을 검사하는 검사 장치에 관한 것이다. 상기 검사 장치는 상기 검사할 시료를 배치하고 X,Y 방향을 따라 이동시키는 스캐너, 상기 스캐너에 배치된 시료에 대하여 광 kerr 효과에 의한 복굴절을 유도시키는 펌핑계, 상기 시료의 복굴절도를 측정하는 간섭계, 및 상기 간섭계로부터 제공되는 복굴절도를 이용하여 비선형 계수값을 계산하는 제어 컴퓨터를 구비한다.

상기 제어 컴퓨터는 시료의 측정 영역에 따라 스캐너를 X,Y 방향으로 이동시키면서 시료의 측정 영역의 모든 위치에 대한 복굴절도를 상기 간섭계로부터 제공받고, 상기 복굴절도 및 상기 펌핑계의 광원 세기값을 이용하여 비선형 계수값을 추출하고, 상기 시료의 측정 영역에 대하여 추출된 모든 비선형 계수값들을 이용하여 3차원 이미지로 작성하여 제공한다.

본 발명에 의하여, 비선형 매질인 시료의 측정 영역에 대한 비선형 계수값들을 이미지화하여 제공함으로써 비선형 계수값의 균질성을 검사할 수 있도록 한다.

대 표 도 - 도1



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	10816
부처명	서울특별시
연구사업명	서울시 산학연 협력사업(2006년 기술기반구축사업)
연구과제명	나노 기술을 이용한 바이오 융합산업 혁신클러스터
주관기관	연세대학교 산학협력단
연구기간	2006년 08월 01일 ~ 2008년 07월 31일

특허청구의 범위

청구항 1

비선형 매질인 시료의 비선형 계수의 균질성을 검사하는 검사 장치에 관한 것으로서, 상기 검사 장치는

상기 검사할 시료를 배치하고 X,Y 방향을 따라 이동시키는 스캐너;

상기 스캐너에 배치된 시료에 대하여 광 kerr 효과에 의한 복굴절을 유도시키는 펌핑계;

상기 시료의 복굴절도를 측정하는 간섭계; 및

시료의 측정 영역에 따라 상기 스캐너를 이동시키면서 상기 간섭계로부터 제공되는 시료의 측정 영역의 각 위치에 대한 복굴절도를 이용하여 비선형 계수값을 계산하고, 시료의 측정 영역에 대한 비선형 계수값들을 이미지화하여 제공하는 제어 컴퓨터;

를 구비하여, 상기 시료의 측정 영역에 대한 비선형 계수값들을 이미지화하여 제공함으로써 비선형 계수값의 균질성을 검사할 수 있도록 하는 시료의 비선형 계수의 균질성을 검사하는 검사 장치.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 스캐너는

상기 시료를 고정시키는 시료대,

상기 시료대를 X,Y 방향으로 이동시키는 액츄에이터;

상기 액츄에이터를 구동하는 액츄에이터 구동부;

를 구비하고, 상기 액츄에이터 구동부는 상기 제어 컴퓨터로부터 제공되는 제어신호에 따라 상기 액츄에이터를 구동하여 시료대를 X,Y 방향으로 이동시키는 것을 특징으로 하는 시료의 비선형 계수의 균질성 검사 장치.

청구항 3

제1항에 있어서, 상기 펌핑계는

펌프 광원;

상기 펌프 광원의 정면에 배치되되 상기 펌프 광원과 상기 스캐너의 동일축상에 배치되어, 상기 펌프 광원으로부터의 빔을 편광시키는 편광자(Polarizer); 및

상기 편광자와 상기 스캐너의 사이에 배치되되, 상기 펌프 광원과 상기 편광자와 동일축상에 배치되어, 상기 편광자로부터의 빔을 위상 지연시키는 λ/2-위상지연판(HWP);

으로 이루어지는 것을 특징으로 하는 시료의 비선형 계수의 균질성 검사 장치.

청구항 4

제3항에 있어서, 상기 펌핑계는 상기 λ/2-위상지연판과 상기 스캐너의 사이에 배치되는 초퍼(Chopper)를 더 구비하고, 상기 초퍼는 상기 λ/2-위상지연판으로부터의 빔을 구형파 형태의 펄스로 변환시켜 출력하는 것을 특징으로 하는 시료의 비선형 계수의 균질성 검사 장치.

청구항 5

제1항에 있어서, 상기 간섭계는

선형 편광 빔을 출력하는 프로브 광원;

상기 프로브 광원의 전면에 배치되되 상기 프로브 광원과 상기 스캐너의 동일축상에 배치되어, 상기 프로브 광원으로부터의 선형 편광 빔을 위상 지연시켜 원형 편광빔으로 변환시키는 λ/4-위상지연판(QWP);

상기 스캐너의 전면에 배치되어 상기 시료로부터 출력되는 타원형 편광빔을 위상 지연시키는 λ/2-위상지연판(HWP);

상기 λ/2-위상지연판을 통과한 빔을 수직 편광빔과 수평 편광빔으로 분리하여 출력하는 편광 감지부;

상기 편광 감지부로부터 출력되는 수직 편광빔과 수평 편광빔을 입력신호로 제공받고, 상기 입력 신호들의 차이값을 증폭하여 출력하는 차동 증폭기; 및

상기 차동 증폭기의 출력 신호를 기준 주파수에 고정시켜 증폭하는 록인(Lock-In) 증폭기

를 구비하고, 상기 λ/4-위상지연판과 λ/2-위상지연판의 사이에 상기 시료가 배치되는 것을 특징으로 하는 시료의 비선형 계수의 균질성 검사 장치.

청구항 6

제5항에 있어서, 상기 편광 감지부는 상기 시료를 통과한 빛의 수직 빔 및 수평 편광 빔을 각각 분리하여 검출하는 것으로서,

입력된 빔 중 수직 편광 성분은 반사시키고, 수평 편광 성분은 통과시키는 편광 빔 스플리터(PBS),

상기 PBS의 반사면과 동일 축상에 배치되어, 상기 수직 방향의 간섭된 성분을 통과시키는 제1 필터,

상기 제1 필터를 통과한 간섭된 빔을 검출하는 제1 광 검출기,

상기 PBS의 정면과 동일축상에 배치되어, 상기 수평 방향의 간섭된 성분을 통과시키는 제2 필터,

상기 제2 필터를 통과한 간섭된 빔을 검출하는 제2 광 검출기

를 구비하는 것을 특징으로 하는 시료의 비선형 계수의 균질성 검사 장치.

청구항 7

제5항에 있어서, 상기 록인 증폭기는 상기 펌핑계의 초퍼로부터 입력되는 기준 주파수 신호에 따라 차동 증폭기의 출력 신호를 고정하여 증폭시키는 것을 특징으로 하는 시료의 비선형 계수의 균질성 검사 장치.

청구항 8

제1항에 있어서, 상기 제어 컴퓨터는 시료의 측정 영역에 따라 스캐너를 X,Y 방향으로 이동시키면서 시료의 측정 영역의 모든 위치에 대한 복굴절도를 상기 간섭계로부터 제공받고, 상기 복굴절도 및 상기 펌핑계의 광원 세기값을 이용하여 비선형 계수값을 추출하고, 상기 시료의 측정 영역에 대하여 추출된 모든 비선형 계수값들을 이용하여 그래프로 작성하여 제공하는 것을 특징으로 하는 시료의 비선형 계수의 균질성 검사 장치.

명 세 서

발명의 상세한 설명

기 술 분 야

<1> 본 발명은 시료의 비선형 계수에 대한 균질성 검사 장치에 관한 것으로서, 더욱 구체적으로는 스캐닝 호모다인 간섭계를 이용하여 비선형 광학 특성을 갖는 시료의 비선형 계수의 균질성을 검사하는 균질성 검사 장치에 관한 것이다.

배 경 기 술

<2> 기존 전자회로 기반의 통신 및 정보처리에 대한 한계를 극복하고자 광 기반의 소자를 만들려는 노력이 다각적으로 수행되어지고 있다. 이러한 연구 중 한 분야가 광학적 비선형 효과가 매우큰 매질의 비선형 효과를 이용하여 광도파로 및 스위칭 소자를 결합하여 나노크기의 전광소자를 구현하는 것이다. 이러한 소자 구현을 위해서는 일차적으로 비선형 광학계수가 매우 큰 물질을 구현하는 것이 제일 중요하며, 두 번 째로 비선형 매질에 대한 크기 측정 및 국부적인 영역에서의 비선형 계수값의 균일함을 검사하는 것이고 마지막으로 나노크기로 가공하는 것이라 하겠다. 따라서 소자 제작 시 재료의 비선형 광학적 균질성(homogeneity)을 쉽고 빠르게 검사하는 것은 매우 중요한 과정이라 할 수 있다.

<3> 전술한 첫 번째 단계에서 비선형 계수 측정에 대한 장치는 다양한 장치들이 보편적으로 사용되고 있으며, 그 예로 Z-scan, optical Kerr-gate, Four-wave mixing, marker fringe, interferometer 등이 있다. 전술한 종래

의 비선형 계수 측정 장치들은 시료를 광축방향으로 이동하거나 회전하면서 투과 및 반사되는 빛을 분석하여 비선형 계수를 계산한다. 그러나 이와 같은 종래의 비선형 계수 측정 장치들에 사용되는 방법들은 국부적인 영역에 대한 비선형 계수의 균질성을 검사하는 것이 불가능하거나 검사시간이 매우 오래 걸릴뿐만 아니라, 장치의 구조가 복잡하다는 단점을 갖고 있다.

<4> 본 발명은 이러한 단점을 제거하고 간단한 원리로 매질의 비선형 계수 값을 국부적인 영역을 이미지화함으로서 단시간에 매질의 비선형성의 균질도를 판단할 수 있는 방안을 제안하고자 한다.

발명의 내용

해결 하고자하는 과제

<5> 전술한 문제점을 해결하기 위한 본 발명에 따른 시료의 비선형계수의 균질성 검사 장치는 비선형 매질에서의 광 Kerr 효과에 의한 복굴절을 발생시켜 이를 Pump-Probe 방식의 주사형 호모다인 간섭계로 매우 미세한 신호를 검출하게 하고 시료를 scanning 장치에 장착하여 국부적인 영역에서의 복굴절 변화를 측정하여 비선형 계수를 이미지화하여 시료의 균질성을 검사할 수 있도록 하는 장치를 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제 해결수단

<6> 전술한 기술적 과제를 달성하기 위한 본 발명의 특징은 비선형 매질인 시료의 비선형 계수의 균질성을 검사하는 검사 장치에 관한 것으로서, 상기 검사 장치는

<7> 상기 검사할 시료를 배치하고 X,Y 방향을 따라 이동시키는 스캐너,

<8> 상기 스캐너에 배치된 시료에 대하여 광 kerr 효과에 의한 복굴절을 유도시키는 펌핑계,

<9> 상기 시료의 복굴절도를 측정하는 간섭계, 및

<10> 시료의 측정 영역에 따라 상기 스캐너를 이동시키면서 상기 간섭계로부터 제공되는 시료의 측정 영역의 각 위치에 대한 복굴절도를 이용하여 비선형 계수값을 계산하고, 시료의 측정 영역에 대한 비선형 계수값들을 이미지화하여 제공하는 제어 컴퓨터를 구비하여, 상기 시료의 측정 영역에 대한 비선형 계수값들을 이미지화하여 제공함으로써 비선형 계수값의 균질성을 검사할 수 있도록 한다.

<11> 전술한 특징을 갖는 검사 장치의 상기 스캐너는

<12> 상기 시료를 고정시키는 시료대,

<13> 상기 시료대를 X,Y 방향으로 이동시키는 액츄에이터(모터, pzt 등);

<14> 상기 액츄에이터를 구동하는 액츄에이터 구동부;

<15> 를 구비하고, 상기 액츄에이터 구동부는 상기 제어 컴퓨터로부터 제공되는 제어신호에 따라 상기 액츄에이터를 구동하여 시료대를 X,Y 방향으로 이동시키는 것이 바람직하다.

<16> 전술한 특징을 갖는 검사 장치의 상기 펌핑계는

<17> 펌프 광원,

<18> 상기 펌프 광원의 정면에 배치되되 상기 펌프 광원과 상기 스캐너의 동일축상에 배치되어, 상기 펌프 광원으로부터의 빔을 편광시키는 편광자(Polarizer),

<19> 상기 편광자와 상기 스캐너의 사이에 배치되되, 상기 펌프 광원과 상기 편광자와 동일축상에 배치되어, 상기 편광자로부터의 빔을 위상 지연시키는 λ/2-위상지연판(HWP),

<20> 상기 λ/2-위상지연판과 상기 스캐너의 사이에 배치되는 초퍼(Chopper)를 구비하고, 상기 초퍼는 상기 λ/2-위상지연판으로부터의 빔을 구형파 형태의 펄스로 변환시켜 출력하는 것이 바람직하다.

<21> 전술한 특징을 갖는 검사 장치의 상기 간섭계는

<22> 선형 편광 빔을 출력하는 프로브 광원,

<23> 상기 프로브 광원의 전면에 배치되되 상기 프로브 광원과 상기 스캐너의 동일축상에 배치되어, 상기 프로브 광원으로부터의 선형 편광 빔을 위상 지연시켜 원형 편광빔으로 변환시키는 λ/4-위상지연판(QWP),

<24> 상기 스캐너의 전면에 배치되어 상기 시료로부터 출력되는 타원형 편광빔을 위상 지연시키는 λ/2-위상지연판(HWP),

<25> 상기 λ/2-위상지연판을 통과한 빔을 수직 편광빔과 수평 편광빔으로 분리하여 출력하는 편광 감지부,

<26> 상기 편광 감지부로부터 출력되는 수직 편광빔과 수평 편광빔을 입력신호로 제공받고, 상기 입력 신호들의 차이값을 증폭하여 출력하는 차동 증폭기, 및

<27> 상기 차동 증폭기의 출력 신호를 기준 주파수에 고정시켜 증폭하는 록인(Lock-In) 증폭기를 구비하고, 상기 λ/4-위상지연판과 λ/2-위상지연판의 사이에 상기 시료가 배치되는 것이 바람직하며,

<28> 상기 편광 감지부는

<29> 입력된 빔 중 수직 편광 성분은 반사시키고, 수평 편광 성분은 통과시키는 편광 빔 스플리터(PBS),

<30> 상기 PBS의 반사면과 동일 축상에 배치되어, 상기 수직 편광 성분을 통과시키는 제1 필터,

<31> 상기 제1 필터를 통과한 수직 편광 빔을 검출하는 제1 광 검출기,

<32> 상기 PBS의 정면과 동일축상에 배치되어, 상기 수평 편광 성분을 통과시키는 제2 필터,

<33> 상기 제2 필터를 통과한 수평 편광빔을 검출하는 제2 광 검출기를 구비하는 것이 바람직하다.

<34> 전술한 특징을 갖는 검사 장치의 상기 제어 컴퓨터는 시료의 측정 영역에 따라 스캐너를 X,Y 방향으로 이동시키면서 시료의 측정 영역의 모든 위치에 대한 복굴절도를 상기 간섭계로부터 제공받고, 상기 복굴절도 및 상기 펌핑계의 광원 세기값을 이용하여 비선형 계수값을 추출하고, 상기 시료의 측정 영역에 대하여 추출된 모든 비선형 계수값들을 이용하여 이미지로 작성하여 제공하는 것이 바람직하다.

효 과

<35> 본 발명에 따른 매질의 비선형 계수의 균질성 검사 장치의 성능을 확인하기 위하여, 유도 복굴절 측정에 사용된 실험 장치는 액츄에이터와 렌즈 쌍으로 구성된 scanning 장치와 호모다인 간섭계를 결합하여 구성하였다.

<36> 도 4과 도 6은 비선형 계수값이 크다고 알려진 나노복합 박막에 대한 측정결과로서, 각각 단층박막과 다층박막에서의 이미지를 나타낸다. 도 4를 참조하면, 띠 모양으로 광유도 복굴절이 큰 영역과 양쪽으로 작은 영역이 확연하게 구분되는 것을 볼 수 있으며, 이러한 띠 형태의 비균일함은 대부분의 샘플에서 나타났다. 결과적으로 박막의 비선형 효과가 균일하지 않음을 알 수 있다.

<37> 도 5의 (a), (b)는 도 4의 A, B지점에서 펌핑 파워에 따른 복굴절 변화를 측정한 것으로 스캐닝 결과와 동일한 값이 측정되었으며, 펌핑 파워가 200mW일 때 A, B의 위치에서 광유도 복굴절(Δn) 크기가 각각 2.2×10^{-5}, 8.7×10^{-7}로 order 차이가 10^{2}로 매우 크다는 것을 알 수 있었다.

<38> 도 6의 스캐닝 이미지를 보면 단일층 박막과 달리 광유도 복굴절이 음수인 영역이 형성되었다. 특히, 도 7에서는 광유도 복굴절이 음수인 영역 중 한 지점에서 펌핑 파워에 따른 광유도 복굴절 변화를 측정하였다. 이 경우, 선형적으로 증가하는 도 5의 (a), (b)와는 달리, 최초 낮은 파워에서는 양수 값을 나타내다가 파워가 점점 높아짐에 따라 그 값이 감소하기 시작하여 펌핑 파워가 130mW을 기준으로 광유도 복굴절 부호가 음수 값으로 반전되는 것을 관찰할 수 있다. 즉, 펌핑 파워에 따라 비선형성이 양수에서 음수로 반전되며, 투과율 역시 선형적 변화를 보이지 않고 최대 12%정도 감소하다 광유도 복굴절이 선형성이 깨지는 지점에서 증가하는 현상을 관찰할 수 있다.

<39> 따라서, 본 발명에 따른 시료의 비선형 계수의 균질성 검사 장치는 광학계 정렬이 쉬우면서도 매우 정밀하게 신호를 측정할 수 있는 호모다인 간섭계에 스캐닝 장치를 결합함으로서, 선형 복굴절 특성을 측정하고 이를 이용하여 국부적인 영역의 비선형 계수값을 이미지화하여 비선형 계수에 대한 균질성 여부를 쉽게 판단할 수 있게 된다.

<40> 본 발명에 의하여 쉽고 빠르게 비선형 매질의 국부적인 영역을 검사할 수 있게 된다.

<41> 본 발명에 따른 균질성 검사 장치는 비선형 매질인 시료에서의 정밀 광 kerr효과에 의한 복굴절을 발생시키고, 이를 Pump-Probe 방식의 호모다인 간섭계로 매우 미세한 신호를 검출하게 하고, 시료를 X,Y 방향의 이동 가능한 스캐너에 장착하여, 국부적인 영역에서의 복굴절 변화를 측정하여 비선형 계수값을 이미지하여 시료의 균질성을

검사할 수 있도록 한다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

<42> 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 시료의 비선형 계수의 균질성 검사 장치의 구성 및 동작을 구체적으로 설명한다.

<43> 도 1은 본 발명의 바람직한 실시예에 다른 비선형 계수의 균질성 검사 장치(10)를 개략적으로 도시한 구성도이다. 도 1을 참조하면, 상기 장치(1)는 검사할 시료를 배치하고 X,Y 방향을 따라 이동시키는 스캐너(20), 상기 시료에서 광 kerr 효과에 의한 복굴절을 유도시키는 펌핑계(30), 상기 시료의 복굴절도의 미세 변화를 측정하는 간섭계(40), 상기 스캐너(20)의 동작을 제어하고 상기 간섭계로부터 제공되는 복굴절도를 이용하여 데이터 처리하여 비선형 계수값을 계산하고 이를 이미지화하여 제공하는 제어 컴퓨터(50)를 구비한다. 이하, 전술한 각 구성요소들의 구성 및 동작에 대하여 구체적으로 설명한다.

<44> 상기 스캐너(20)는 시료를 고정시키기 위한 것으로서, 간섭계(40)의 광축 방향에 배치된다. 상기 스캐너(20)는 시료를 고정시키는 시료대, 시료대를 X,Y 방향으로 이동시키기 위한 액츄에이터 및 액츄에이터 구동부를 구비하며, 상기 액츄에이터 구동부는 상기 제어 컴퓨터(50)로부터 제공되는 제어 신호에 따라 액츄에이터를 X,Y 방향으로 이동시킨다. 따라서, 본 발명에 따른 장치의 제어 컴퓨터는 스캐너를 X,Y 방향으로 이동시키면서 시료대에 놓인 시료를 스캐닝할 수 있도록 한다.

<45> 상기 펌핑계(30)는 펌프 광원(300), 편광자(Polarizer; 310), λ/2-위상지연판(Half-Wave Plate,이하 'HWP'라 한다; 320) 및 초퍼(Chopper; 330)를 구비한다.

<46> 상기 펌프 광원(300)은 매질의 종류에 따라 다양한 파장의 laser를 선택하여 사용하는 것이 바람직하다. 상기 HWP(320)는 입력되는 편광 빔의 위상을 지연시킴으로써, 선형 편광빔의 각도를 조절한다. 상기 펌프 광원(300)의 정면에 편광자(310) 및 HWP(320)를 순차적으로 배치시킴으로써, 펌프 광원(300)으로부터의 빔이 편광자(310) 및 HWP(320)를 통과한 후 스캐너(20)의 시료로 공급된다. 스캐너(20)의 시료는 광원으로부터 제공된 빔에 의하여, optical kerr effect가 발생하고 그 결과 복굴절에 의한 상광선(ordinary ray)과 이상광선(extraordinary ray)이 발생된다. 이때, 스캐너(10)에 배치된 시료의 특성에 따라 복굴절된 두 광선의 위상에 변화가 발생하게 된다. 복굴절도(△n)는 상광선의 굴절율(n_x)와 이상광선의 굴절율(n_y)의 차이값으로 결정된다.

<47> 한편, 상기 초퍼(Chopper; 330)는 일정 시간을 주기로 하여 빔을 잘라냄으로써 상기 광원으로부터 제공되는 빔을 구형파 형태의 펄스파로 변환시키게 된다.

<48> 본 발명의 상기 펌핑계의 다른 실시 형태에서는 상기 펌프 광원과 상기 스캐너의 사이에 λ/4-위상지연판(Quater-Wave Plate,이하 'QWP'라 한다; 도시되지 않음)을 더 구비하여, 상기 펌프 광원으로부터 나오는 선형 편광 빔을 원형 편광빔으로 변환시킬 수도 있다.

<49> 한편, 상기 간섭계(40)는 상기 펌핑계에 의해 시료에서 발생된 복굴절도의 미세한 변화 정도를 측정하고, 측정된 복굴절도의 변화량을 상기 제어 컴퓨터로 제공한다. 상기 간섭계(40)는 프로브 광원(400), λ/4-위상지연판(Quater-Wave Plate, 이하 'QWP'라 한다 ; 410), HWP(420), 편광 감지부(430), 차동 증폭기(440), 록인 증폭기(Lock-In Amplifier; 450)를 구비한다.

<50> 상기 프로브 광원(400)은 매질의 종류에 따라 선형 편광 빔을 생성하는 Laser를 사용하는 것이 바람직하다.

<51> 상기 QWP(410)는 상기 광원(400)으로부터 출발한 선형 편광 빔을 주축으로부터 45㎭회전시킴으로써, 원형 편광을 생성한다. 상기 QWP(410)로부터의 원형 편광은 스캐너에 배치된 시료로 입사하게 되고, 시료의 특성에 의해 위상차가 발생하게 되고, 그 결과 원형 편광은 타원형 편광으로 변환된다.

<52> 상기 HWP(420)는 λ/2-위상 지연판으로서, 상기 시료로부터 출력된 타원형 편광 빔은 상기 HWP(420)를 통과한 후에는 수직 성분과 수평 성분을 각각 반으로 나누어 편광 빔 스플리터로 들어간다.

<53> 상기 편광 감지부(430)는 상기 시료로부터 출력된 빔의 수직 및 수평 편광 성분을 간섭시켜 검출하는 것으로서, 편광 빔 스플리터(Polarization Beam Splitter, 이하 'PBS'라 한다; 432), 제1 필터(433)와 상기 제1 필터를 통과한 수평 방향의 간섭된 빔(I_1)을 검출하는 제1 광 검출기(434), 제2 필터(436)와 상기 제2 필터를 통과한 수평 방향의 간섭된 빔(I_2)을 검출하는 제2 광 검출기(437)를 구비한다. 상기 편광 빔 스플리터(432)는 상기 HWP(420)를 통과한 빔의 수직 방향의 간섭된 성분(I_1)을 제1 필터(433)로 통과시키고, 수평 방향의 간섭된 성분

(I_2)을 제2 필터(436)로 통과시킨다. 제1 필터(433)를 통과한 성분은 제1 광 검출기(434)를 통해 검출되어 차동 증폭기(440)의 제1 입력 신호(I_1)로 제공되며, 제2 필터(436)를 통과한 성분은 제2 광 검출기(437)를 통해 검출되어 차동 증폭기(440)의 제2 입력 신호(I_2)로 제공된다.

<54> 상기 제1 광 검출기(434) 및 제2 광 검출기(437)는 빛을 수광하는 포토 다이오드를 사용할 수 있다.

<55> 상기 차동 증폭기(Differential Amplifier; 440)는 상기 편광 감지부(430)로부터 제1 입력 신호와 제2 입력 신호를 각각 수신하고, 수신된 제1 입력 신호와 제2 입력 신호의 차이($I_{diff}= I_1-I_2$)를 증폭하여 출력한다.

<56> 상기 록인 증폭기(450)는 상기 초퍼(330)로부터 기준 주파수 신호를 입력받고, 상기 차동 증폭기(440)의 출력 신호를 상기 기준 주파수 신호에 고정시켜 증폭시켜 출력한다.

<57> 전술한 구성을 갖는 간섭계(40)는 광원(400)을 출발한 선형 편광 빔이 주축에 45도로 정렬된 QWP(410)를 통과하면서 원형 편광 빔이 되어 시료로 입사하게 되고, 시료에 의해 광학적으로 유도되는 위상차는 입사된 원형 편광 빔을 타원형 편광 빔으로 변환시키게 되며, 이러한 변화는 뒷단의 HWP와 PBS에 의해 간섭되어져 광검출기 1,2에 의해 측정된 신호의 차이를 증폭하여 검출함으로서 매우 작은 신호를 검출할 수 있게 된다. 상기 차동 증폭기(440)로부터 출력되는 출력 신호는 상기 시료에서 유도된 복굴절도(△n)를 증폭한 신호로서, 제어 컴퓨터(50)로 제공된다.

<58> 상기 제어 컴퓨터(50)는 시료의 일정 영역에서의 복굴절도를 측정하기 위하여 스캐너(20)의 시료대를 상기 측정하고자 하는 영역에서의 X,Y 방향으로 이동시키기 위한 제어 신호를 스캐너(20)로 제공하고, 스캐너(20)는 제어 컴퓨터로부터의 제어 신호에 따라 시료대를 이동시키게 된다.

<59> 상기 제어 컴퓨터(50)는 시료의 측정 영역내에서 상기 스캐너를 이동시키면서 상기 간섭계(40)의 차동 증폭기(440)로부터 시료의 측정 영역의 모든 위치에 대한 복굴절도의 정보들을 수신하고, 수신된 복굴절도의 정보들과 상기 펌핑계의 펌핑 광원의 세기값을 이용하여 시료에 대한 비선형 계수값(χ)을 추출한다. 비선형 계수값(χ)은 복굴절도의 변화량과 펌핑 광원의 세기값에 이용하여 수학식 1 내지 수학식 5 에 의해 계산된다. Jones matrix는 수학식 1과 같이 나타낼 수 있다.

수학식 1

<60>
$$\begin{bmatrix} \cos 2\theta & \sin 2\theta \\ \sin 2\theta & -\cos 2\theta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} e^{i\varphi_x} & 0 \\ 0 & e^{i\varphi_y} \end{bmatrix} \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1+i & 0 \\ 0 & 1-i \end{bmatrix} \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \end{bmatrix}$$

<61> 여기서, Jones matrix는 우측으로부터 주축에서 45도 선형편광된 프로브 빛, 주축(x축)에 정렬된(Θ=0) λ / 4 위상 지연판, 펌프 빛에 의해 유도되는 위상값, 주축에 Θ로 정렬된 λ / 2 위상 지연판을 각각 나타낸다.

<62> 간섭계의 차동 증폭기(440)에 의해 검출되는 신호(△I)는 수학식 2와 같이 나타낼 수 있다.

수학식 2

<63>
$$\Delta I = I_1 - I_2 \propto 2|E_o|^2 \cos 2\theta \sin 2\theta \sin \Delta\Phi$$
$$\approx |E_o|^2 \Delta\Phi \sin 4\theta \qquad (\text{at } \Delta\Phi \ll 1)$$

<64> 여기서, φ_x, φ_y 를 펌프광원에 의해 유도된 광 kerr 효과로 인한 각각의 방향에서의 위상값으로서, 펌프 빛에 의해 생성된다고 하여 광유도 위상(Optically induced Phase)라고 명명하고, $\Delta\Phi$ 는 그 차이를 나타낸다.

<65> λ / 2 위상 지연판이 주축에서 22.5도일 때 측정하므로 △Φ는 수학식 3과 같이 나타낼 수 있다.

수학식 3

$$\Delta\Phi \cong \frac{\Delta I}{|E_o|^2} = \frac{2\pi}{\lambda}\Delta nL$$

<66>

<67> 여기서, L은 시료의 두께이고, λ는 프로브 광원의 파장을 나타낸다.

<68> 수학식 4 및 수학식 5로부터 비선형 굴절률(γ)을 구할 수 있다.

수학식 4

$$n = n_0 + \Delta n = n_0 + \gamma I$$

<69>

수학식 5

$$\gamma = \Delta n / I$$

<70>

<71> 여기서, n_0는 선형굴절률이며, I는 펌프빛의 강도(Intensity)이다. n 은 굴절률로서 빛의 세기에 의해 변화되는 부분이 있는데 일반적으로 이러한 모든 것을 포함하여 굴절률이라 한다. n_0는 선형굴절률로서, 굴절률 성분중에서 빛의 세기와 무관한 상수값을 나타내며, △n 은 복굴절도로서, 각각의 방향에서의 굴절률 차이를 말하는 일반적인 말이나 본 명세서에서는 펌프 광원에 의해 유도되는 굴절률 차이를 말한다. γ는 3차 비선형 굴절률로서, 굴절률 성분중에서 빛의 세기(intensity)에 비례하는 굴절률 성분을 말한다.

<72> 도 2는 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 시료에서의 펌프 광원의 출력에 따라 유도된 복굴절도(Birefringence)를 도시한 그래프이다. 그래프에서 보는 바와 같이 수학시 (4), (5)에서 보듯이 펌프광의 세기에 따라 신호의 세기가 선형적으로 증가하는 것을 알 수 있다.

<73> 도 3은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 비선형 매질에서의 λ/2 위상 지연판의 회전에 따라 유도된 복굴절도를 도시한 그래프이다. 이러한 실시예는 주어진 매질의 비선형 굴절계수 크기 및 부호를 결정할 수 있다. 수학식 2와 같이 사인그래프를 그리는 것을 알 수 있으며, 비선형 굴절계수값과 관련된 광유도 위상이 양수값임을 알 수 있다.

<74> 전술한 과정을 통해, 상기 제어 컴퓨터는 스캐너를 이동시키면서 시료의 국부적인 위치에 대하여 비선형 계수값들을 계산하여 이미지화하여 디스플레이시킨다. 디스플레이된 이미지를 통해, 단시간내에 시료의 비선형 계수값의 균질도를 검사할 수 있게 된다.

<75> 이상에서 본 발명에 대하여 그 바람직한 실시예를 중심으로 설명하였으나, 이는 단지 예시일 뿐 본 발명을 한정하는 것이 아니며, 본 발명이 속하는 분야의 통상의 지식을 가진 자라면 본 발명의 본질적인 특성을 벗어나지 않는 범위에서 이상에 예시되지 않은 여러 가지의 변형과 응용이 가능함을 알 수 있을 것이다. 예를 들어, 본 발명의 실시예에서, 펌핑계와 간섭계에 사용되는 광원의 종류 등은 전체 시스템의 성능을 향상시키기 위하여 다양하게 변형하여 실시할 수 있는 것이다. 그리고, 이러한 변형과 응용에 관계된 차이점들은 첨부된 청구 범위에서 규정하는 본 발명의 범위에 포함되는 것으로 해석되어야 할 것이다.

산업이용 가능성

<76> 본 발명에 따른 시료의 비선형계수의 균질성 검사 장치는 전광소자를 구현하는 과정에서 비선형 매질에 대한 국부적인 비선형 효과가 균일한지 여부를 검사하기 위하여 사용될 수 있다.

도면의 간단한 설명

<77> 도 1은 본 발명의 바람직한 실시예에 다른 비선형 계수의 균질성 검사 장치(10)를 개략적으로 도시한 구성도이다.

<78> 도 2는 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 시료에서의 펌프 광원의 출력에 따라 유도된 복굴절도(Birefringence)를 도시한 그래프이다.

<79> 도 3은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 비선형 매질에서의 λ/2 위상 지연판의 회전에 따라 유도된 복굴절도를 도시한 그래프이다.

<80> 도 4과 도 6은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 균질성 검사 장치를 이용하여 비선형 계수값이 크다고 알려진 나노복합 박막에 대한 측정한 결과로서, 각각 단층박막과 다층박막에서의 이미지를 나타낸다.

<81> 도 5의 (a), (b)는 도 4의 A, B지점에서 펌핑 파워에 따른 복굴절 변화를 측정한 그래프이다.

<82> 도 7은 광유도 복굴절이 음수인 영역 중 한 지점에서 펌핑 파워에 따른 광유도 복굴절 변화를 측정한 그래프이다.

<83> <도면의 주요 부분에 대한 부호의 설명>

<84> 1 : 비선형 계수의 균질성 검사 장치

<85> 20 : 스캐너

<86> 30 : 펌핑계

<87> 300 : 펌프 광원

<88> 310 : 편광자(Polarizer)

<89> 320 : λ/2-위상지연판(Half-Wave Plate)

<90> 330 : 초퍼(Chopper)

<91> 40 : 간섭계

<92> 400 : 프로브 광원

<93> 410 : λ/4-위상지연판(Quater-Wave Plate)

<94> 420 : HWP

<95> 430 : 편광 감지부

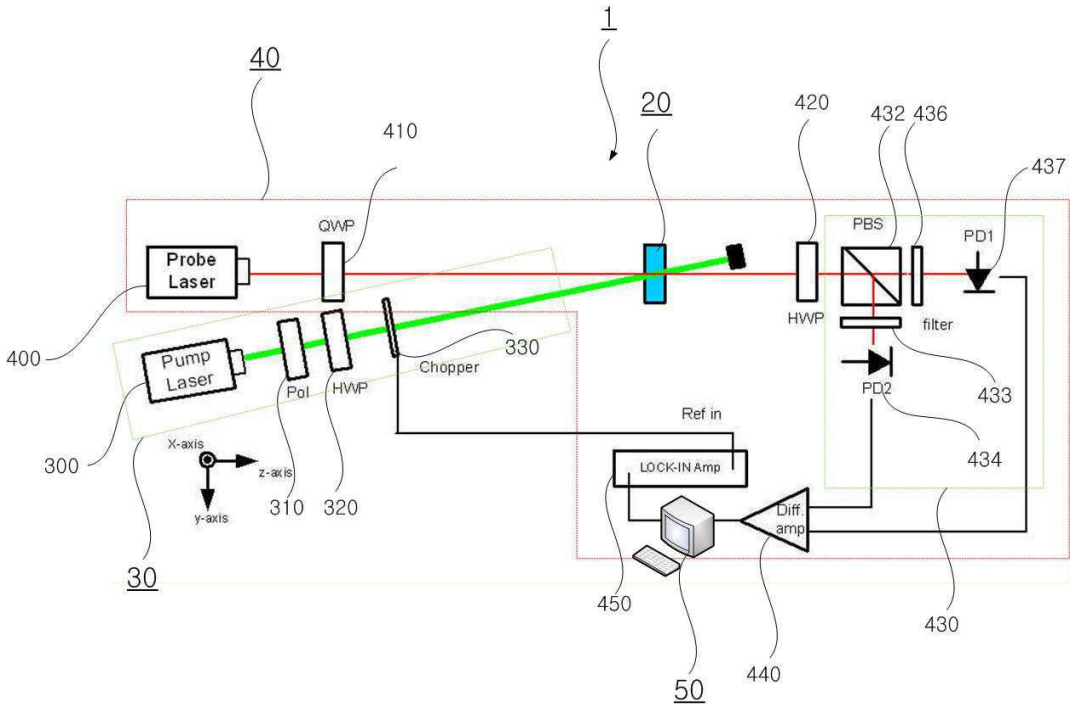
<96> 440 : 차동 증폭기

<97> 450 :록인 증폭기(Lock-In Amplifier)

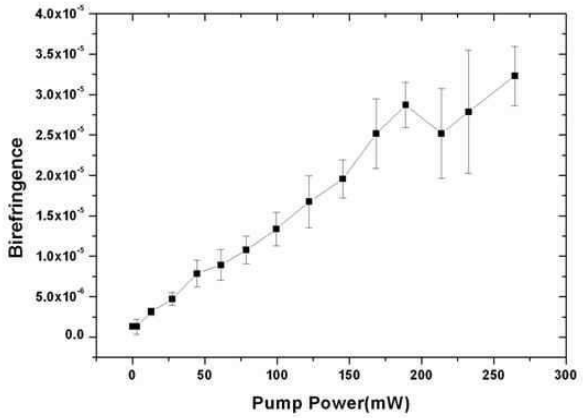
<98> 50 : 제어 컴퓨터

도면

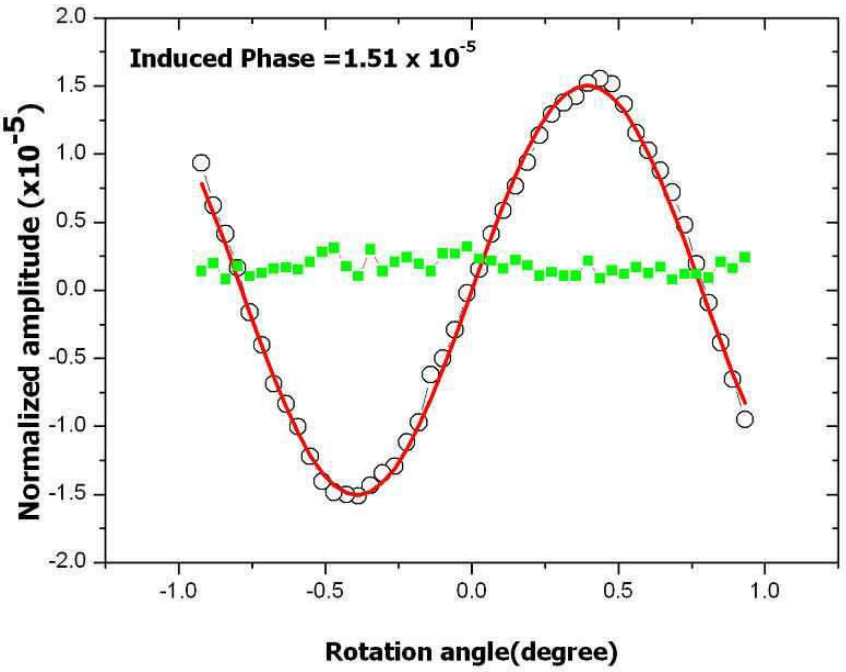
도면1


1
40
20
410
420
432
436
437
QWP
PBS
PD1
Probe Laser
400
HWP
filter
Pump Laser
Pol
HWP
Chopper
330
PD2
433
Ref in
434
300
X-axis
z-axis
y-axis
LOCK-IN Amp
Diff. amp
310
320
30
450
430
440
50

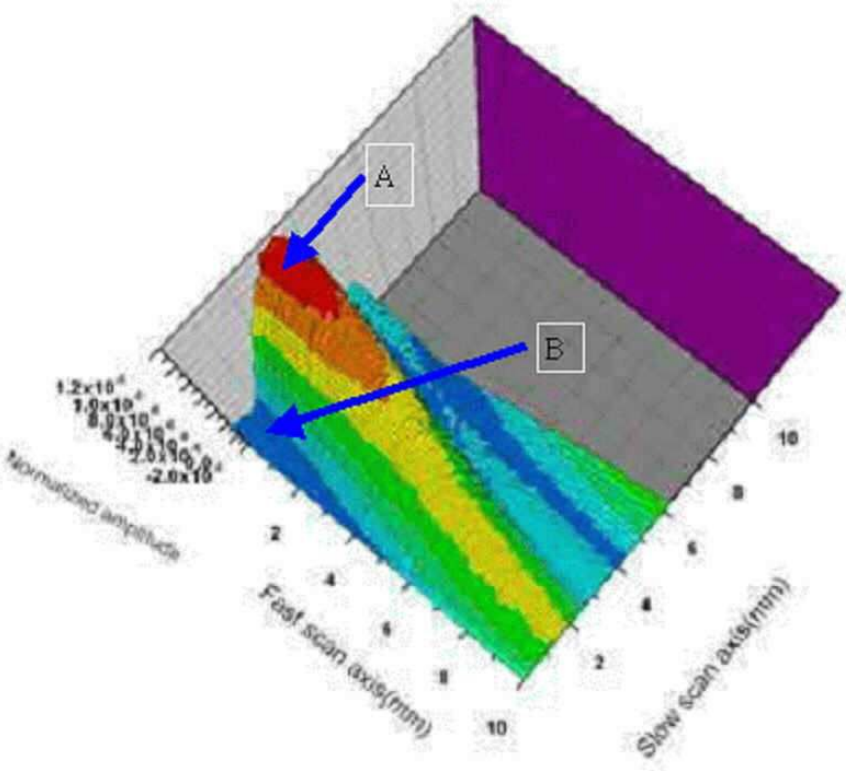
도면2


Birefringence
4.0x10⁻⁵
3.5x10⁻⁵
3.0x10⁻⁵
2.5x10⁻⁵
2.0x10⁻⁵
1.5x10⁻⁵
1.0x10⁻⁵
5.0x10⁻⁶
0.0
0
50
100
150
200
250
300
Pump Power(mW)

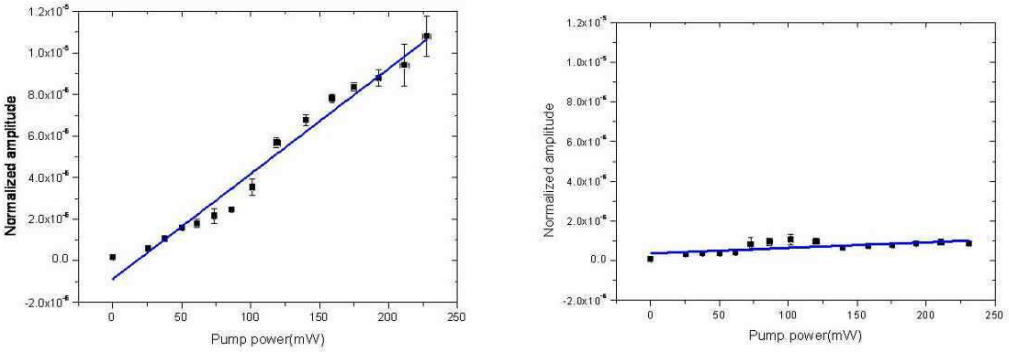
도면3


Induced Phase =1.51 x 10-5
Normalized amplitude (x10-5)
Rotation angle(degree)
2.0
1.5
1.0
0.5
0.0
-0.5
-1.0
-1.5
-2.0
-1.0
-0.5
0.0
0.5
1.0

도면4

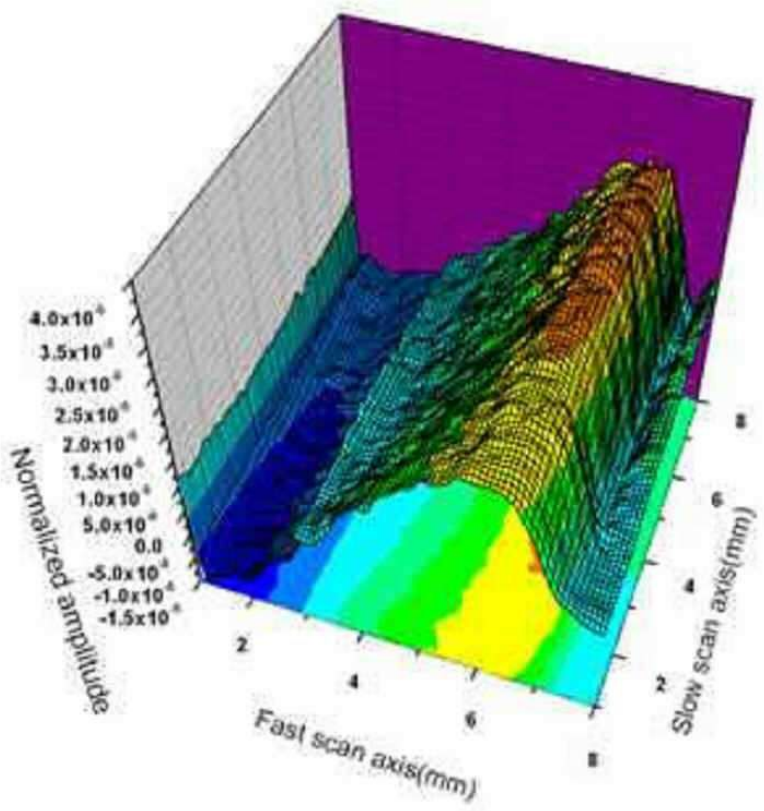

A
B
Normalized amplitude
Fast scan axis(mm)
Slow scan axis(mm)
2
4
6
8
10

도면5

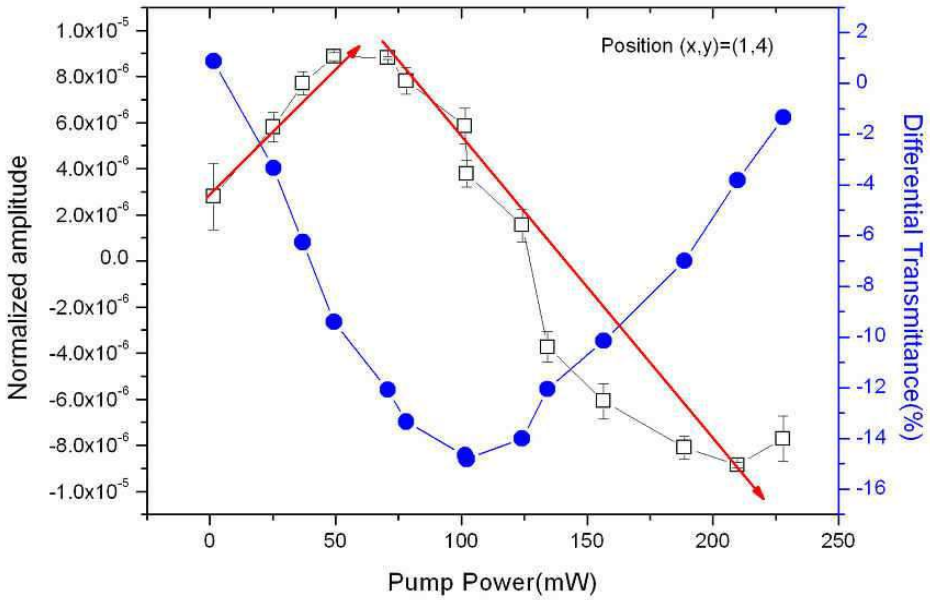

Normalized amplitude
Pump power(mW)
Normalized amplitude
Pump power(mW)

(a) (b)

도면6


Normalized amplitude
Fast scan axis(mm)
Slow scan axis(mm)

도면7


Position (x,y)=(1,4)
Normalized amplitude
Differential Transmittance(%)
Pump Power(mW)
1.0x10-5
8.0x10-6
6.0x10-6
4.0x10-6
2.0x10-6
0.0
-2.0x10-6
-4.0x10-6
-6.0x10-6
-8.0x10-6
-1.0x10-5
2
0
-2
-4
-6
-8
-10
-12
-14
-16
0
50
100
150
200
250