(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2012년07월13일
(11) 등록번호 10-1145289
(24) 등록일자 2012년05월04일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01J 1/02 (2006.01) *G01J 1/34* (2006.01)
(21) 출원번호 10-2011-0014348
(22) 출원일자 2011년02월18일
심사청구일자 2011년02월18일
(56) 선행기술조사문헌
KR1020010026805 A

(73) 특허권자
조선대학교산학협력단
광주광역시 동구 서석동 375 조선대학교 내
(72) 발명자
안태정
광주광역시 광산구 첨단중앙로68번길 100, 호반3차 312동 102호 (산월동)
김현경
광주광역시 광산구 신창로71번길 17, 남양휴튼 201동 604호 (신창동)
최동석
광주광역시 서구 죽봉대로 31, 삼익 APT 5동 406호 (화정동)
(74) 대리인
박재홍

전체 청구항 수 : 총 13 항 심사관 : 고재현

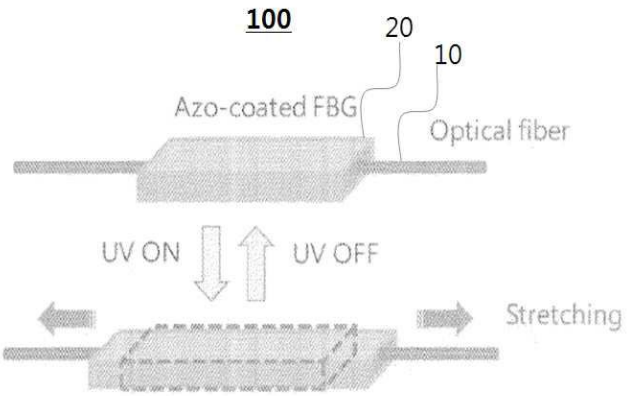
(54) 발명의 명칭 **아조벤젠 폴리머가 코팅된 광섬유 격자 기반 자외선 센서 및 이를 이용한 자외선 광 감지 장치**

(57) 요 약

본 발명은 아조벤젠 폴리머가 코팅된 광섬유 격자 기반 자외선 센서 및 이를 이용한 자외선 광 감지 장치에 관한 것으로, 광섬유 브래그 격자(Fiber Bragg Grating : FBG)가 형성된 광섬유에 아조벤젠(azobenzene) 폴리머를 코팅시켜 결합하여 자외선을 감지할 수 있는 센서를 용이하게 제작할 수 있고, 상기 센서가 UV 광에 노출되는 경우 상기 아조벤젠 폴리머가 광섬유에 장력을 유도하여 광섬유 격자 간격을 변화시켜 최종적으로 중심 파장 특성을 변화시킴으로써, 자외선 광의 세기를 용이하게 측정할 수 있는 아조벤젠 폴리머가 코팅된 광섬유 격자 기반 자외선 센서 및 이를 이용한 자외선 광 감지 장치에 관한 것이다.

본 발명인 아조벤젠 폴리머가 코팅된 광섬유 격자 기반 자외선 센서를 이루는 구성수단은, 광섬유 브래그 격자가 형성된 광섬유, 상기 광섬유에 코팅되는 아조벤젠 폴리머를 포함하여 구성되되, 상기 아조벤젠 폴리머는 자외선 광에 노출되는 경우, 상기 광섬유에 장력을 유도하여 광섬유 코어 격자 주기를 증가시킴으로써, 상기 광섬유 브래그 격자의 중심 파장을 장파장으로 이동시키는 것을 특징으로 한다.

대 표 도 - 도1



특허청구의 범위

청구항 1

광섬유 브래그 격자가 형성된 광섬유;

상기 광섬유에 코팅되는 아조벤젠 폴리머를 포함하여 구성되되,

상기 아조벤젠 폴리머는 자외선 광에 노출되는 경우, 상기 광섬유에 장력을 유도하여 광섬유 코어 격자 주기를 증가시킴으로써, 상기 광섬유 브래그 격자의 중심 파장을 장파장으로 이동시키는 것을 특징으로 하는 아조벤젠 폴리머가 코팅된 광섬유 격자 기반 자외선 센서.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 아조벤젠 폴리머는 열경화법 또는 UV 경화법을 이용하여 상기 광섬유에 코팅되어 결합되는 것을 특징으로 하는 아조벤젠 폴리머가 코팅된 광섬유 격자 기반 자외선 센서.

청구항 3

청구항 2에 있어서,

상기 아조벤전 폴리머는 비닐 이서 타입(vinyl ether-type)의 아조벤젠 모노머, TMPTA(trimethylol propane trimethacrylate), HEA(hydroxyethyl acrylate) 및 광개시제로 구성된 중합체인 것을 특징으로 하는 아조벤젠 폴리머가 코팅된 광섬유 격자 기반 자외선 센서.

청구항 4

청구항 1 내지 청구항 3 중, 어느 한 항에 있어서,

상기 광섬유의 중심 파장은 상기 아조벤젠 폴리머가 상기 자외선 광에 노출되는 시간이 경과함에 따라 점점 증가하고, 상기 자외선 광의 세기가 커짐에 따라 선형적으로 증가하는 것을 특징으로 하는 아조벤젠 폴리머가 코팅된 광섬유 격자 기반 자외선 센서.

청구항 5

청구항 1 내지 청구항 3 중, 어느 한 항에 있어서,

상기 아조벤젠 폴리머는 광감쇠기(optical attenuator) 또는 패브리 페로(Fabry-Perot) 광학 필터에 적용될 수 있는 것을 특징으로 하는 아조벤젠 폴리머가 코팅된 광섬유 격자 기반 자외선 센서.

청구항 6

청구항 1 내지 청구항 3 중, 어느 한 항에 있어서,

상기 아조벤젠 폴리머가 코팅된 광섬유 격자 기반 자외선 센서는 메커니컬 튜너블 필터(mechanical tunable filter) 및 스위칭 장치로 사용될 수 있는 것을 특징으로 하는 아조벤젠 폴리머가 코팅된 광섬유 격자 기반 자외선 센서.

청구항 7

광섬유 브래그 격자가 형성된 광섬유, 상기 광섬유에 코팅되는 아조벤젠 폴리머를 포함하여 구성되되, 상기 아조벤젠 폴리머는 자외선 광에 노출되는 경우, 상기 광섬유에 장력을 유도하여 광섬유 코어 격자 주기를 증가시킴으로써, 상기 광섬유 브래그 격자의 중심 파장을 장파장으로 이동시키는 아조벤젠 폴리머가 코팅된 광섬유 격자 기반 자외선 센서;

상기 자외선 센서와 UV 광원 사이에 배치되어, 자외선 광만 투과시키고 자외선 영역 이외에서 발생하는 복사열을 차단하는 열차단 필터를 포함하여 구성되는 것을 특징으로 하는 자외선 광 감지 장치.

청구항 8

청구항 7에 있어서,

상기 아조벤젠 폴리머는 열경화법 또는 UV 경화법을 이용하여 상기 광섬유에 코팅되어 결합되는 것을 특징으로 하는 자외선 광 감지 장치.

청구항 9

청구항 8에 있어서,

상기 아조벤젠 폴리머는 비닐 이서 타입(vinyl ether-type)의 아조벤젠 모노머, TMPTA(trimethylol propane trimethacrylate), HEA(hydroxyethyl acrylate) 및 광개시제로 구성된 중합체인 것을 특징으로 하는 자외선 광 감지 장치.

청구항 10

청구항 7 내지 청구항 9 중, 어느 한 항에 있어서,

상기 광섬유의 중심 파장은 상기 아조벤젠 폴리머가 상기 자외선 광에 노출되는 시간이 경과함에 따라 점점 증가하고, 상기 자외선 광의 세기가 커짐에 따라 선형적으로 증가하는 것을 특징으로 하는 자외선 광 감지 장치.

청구항 11

청구항 8에 있어서,

상기 열경화법에 의하여 상기 아조벤젠 폴리머가 상기 광섬유에 코팅된 경우보다, 상기 UV 경화법에 의하여 상기 아조벤젠 폴리머가 상기 광섬유에 코팅되는 경우에, 상기 자외선 영역 이외에서 발생하는 복사열에 의한 상기 중심 파장의 이동량이 더 작은 것을 특징으로 하는 자외선 광 감지 장치.

청구항 12

청구항 8에 있어서,

상기 열경화법에 의하여 상기 아조벤젠 폴리머가 상기 광섬유에 코팅된 경우보다, 상기 UV 경화법에 의하여 상기 아조벤젠 폴리머가 상기 광섬유에 코팅되는 경우에, 상기 광섬유 브래그 격자의 변형률(strain) 및 응력(stress)이 더 큰 것을 특징으로 하는 자외선 광 감지 장치.

청구항 13

청구항 7 내지 청구항 9 중, 어느 한 항에 있어서,

상기 광섬유의 중심 파장의 이동량은 자외선 영역 중, 장파장 영역보다 단파장 영역에서 더 큰 것을 특징으로 하는 자외선 광 감지 장치.

명 세 서

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 아조벤젠 폴리머가 코팅된 광섬유 격자 기반 자외선 센서 및 이를 이용한 자외선 광 감지 장치에 관한 것으로, 광섬유 브래그 격자(Fiber Bragg Grating : FBG)가 형성된 광섬유에 아조벤젠(azobenzene) 폴리머를 코팅시켜 결합하여 자외선을 감지할 수 있는 센서를 용이하게 제작할 수 있고, 상기 센서가 UV 광에 노출되는 경우 상기 아조벤젠 폴리머가 광섬유에 장력을 유도하여 광섬유 격자 간격을 변화시켜 최종적으로 중심 파장 특성을 변화시킴으로써, 자외선 광의 세기를 용이하게 측정할 수 있는 아조벤젠 폴리머가 코팅된 광섬유 격자 기반 자외선 센서 및 이를 이용한 자외선 광 감지 장치에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 최근 들어 포토 리소그래피, 워터마크 제작, 광택, 코팅 등 다양한 분야에서 UV light emitting diode(LED), UV 램프, 고출력 UV 레이저 등의 UV광이 많이 사용되고 있다.

[0003] 그 결과, 피부병변이나 색소 침착, 백내장 등의 안과 질환과 인체 면역계통에의 악영향 등의 인체 유해성이 문제로 대두되고 있으며, 이로 인해 UV광의 세기를 안전하게 원격으로 측정할 수 있는 시스템의 필요성이 대두되고 있다["Ultraviolet," Wikipedia, (2010), http://en.wikipedia.org/wiki/Ultraviolet].

[0004] 이와 관련하여 자외선 감지용 반도체 소자에 관한 기술이 특허출원(특허공개번호 10-2007-0044922) 되었다. 이 선행 특허출원에 기재된 자외선 감지용 반도체 소자는 기판 위에 버퍼층, 광 흡수층, 쇼트키 접합층, 오믹 접합층으로 구성된 구조를 갖는 자외선 감지용 반도체 수광 소자를 제공하고, 상기 버퍼층은 AlxGa1-xN(0≤x≤1) 층으로 구성되고, 상기 광 흡수층은 InxGa1-xN (0<x≤0.5) 층으로 구성되며, 상기 버퍼층이나 광 흡수층 상의 일부 영역에 오믹접합층이 형성되고, 상기 광 흡수층 상에 쇼트키 접합층이 형성되는 것을 주요 기술적 특징으로 하고 있다.

[0005] 그러나, 이와 같은 종래의 자외선 감지용 반도체 소자는 다양한 공정이 필요하고 많은 장비가 소요되기 때문에, 필요 이상의 시간, 노력 및 비용이 소요되는 문제점을 안고 있다.

[0006] 한편, 감광성 재료인 아조벤젠 염료를 폴리카보네이트에 도핑시킨 후 측면연마된 광섬유 표면에 도포하여 자외선 광 감지 센서에 대하여 제안되었으나, 이는 광섬유를 측면 연마하기 위한 기술적 어려움이 있다는 문제점을 안고 있고, 제작이 어렵고 단일 측정 시스템에서 다중 포인트를 측정하지 못하는 단점이 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 본 발명은 상기와 같은 종래 기술의 문제점을 해결하기 위하여 창안된 것으로, 광섬유 브래그 격자(Fiber Bragg Grating : FBG)가 형성된 광섬유에 아조벤젠(azobenzene) 폴리머를 코팅시켜 결합하여 자외선을 감지할 수 있는 센서를 용이하게 제작할 수 있고, 상기 센서가 UV 광에 노출되는 경우 상기 아조벤젠 폴리머가 광섬유에 장력을 유도하여 광섬유 격자 간격을 변화시켜 최종적으로 중심 파장 특성을 변화시킴으로써, 자외선 광의 세기를 용이하게 측정할 수 있는 아조벤젠 폴리머가 코팅된 광섬유 격자 기반 자외선 센서 및 이를 이용한 자외선 광 감지 장치를 제공하는 것을 그 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

[0008] 상기와 같은 과제를 해결하기 위하여 제안된 본 발명인 아조벤젠 폴리머가 코팅된 광섬유 격자 기반 자외선

센서를 이루는 구성수단은, 광섬유 브래그 격자가 형성된 광섬유, 상기 광섬유에 코팅되는 아조벤젠 폴리머를 포함하여 구성되되, 상기 아조벤젠 폴리머는 자외선 광에 노출되는 경우, 상기 광섬유에 장력을 유도하여 광섬유 코어 격자 주기를 증가시킴으로써, 상기 광섬유 브래그 격자의 중심 파장을 장파장으로 이동시키는 것을 특징으로 한다.

[0009] 여기서, 상기 아조벤젠 폴리머는 열경화법 또는 UV 경화법을 이용하여 상기 광섬유에 코팅되어 결합되는 것을 특징으로 한다.

[0010] 여기서, 상기 아조벤전 폴리머는 비닐 이서 타입(vinyl ether-type)의 아조벤젠 모노머, TMPTA(trimethylol propane trimethacrylate), HEA(hydroxyethyl acrylate) 및 광개시제로 구성된 중합체인 것을 특징으로 한다.

[0011] 또한, 상기 광섬유의 중심 파장은 상기 아조벤젠 폴리머가 상기 자외선 광에 노출되는 시간이 경과함에 따라 점점 증가하고, 상기 자외선 광의 세기가 커짐에 따라 선형적으로 증가하는 것을 특징으로 한다.

[0012] 또한, 상기 아조벤젠 폴리머는 광감쇠기(optical attenuator) 또는 패브리 페로(Fabry-Perot) 광학 필터에 적용될 수 있는 것을 특징으로 한다.

[0013] 또한, 상기 아조벤젠 폴리머가 코팅된 광섬유 격자 기반 자외선 센서는 메커니컬 튜너블 필터(mechanical tunable filter) 및 스위칭 장치로 사용될 수 있는 것을 특징으로 한다.

[0014] 한편, 상기와 같은 과제를 해결하기 위하여 제안된 본 발명인 아조벤젠 폴리머가 코팅된 광섬유 격자 기반 자외선 센서를 이용한 자외선 광 감지 장치를 이루는 구성수단은, 광섬유 브래그 격자가 형성된 광섬유, 상기 광섬유에 코팅되는 아조벤젠 폴리머를 포함하여 구성되되, 상기 아조벤젠 폴리머는 자외선 광에 노출되는 경우, 상기 광섬유에 장력을 유도하여 광섬유 코어 격자 주기를 증가시킴으로써, 상기 광섬유 브래그 격자의 중심 파장을 장파장으로 이동시키는 아조벤젠 폴리머가 코팅된 광섬유 격자 기반 자외선 센서, 상기 자외선 센서와 UV 광원 사이에 배치되어, 자외선 광만 투과시키고 자외선 영역 이외에서 발생하는 복사열을 차단하는 열차단 필터를 포함하여 구성되는 것을 특징으로 한다.

[0015] 여기서, 상기 아조벤젠 폴리머는 열경화법 또는 UV 경화법을 이용하여 상기 광섬유에 코팅되어 결합되는 것을 특징으로 한다.

[0016] 여기서, 상기 아조벤젠 폴리머는 비닐 이서 타입(vinyl ether-type)의 아조벤젠 모노머, TMPTA(trimethylol propane trimethacrylate), HEA(hydroxyethyl acrylate) 및 광개시제로 구성된 중합체인 것을 특징으로 한다.

[0017] 또한, 상기 광섬유의 중심 파장은 상기 아조벤젠 폴리머가 상기 자외선 광에 노출되는 시간이 경과함에 따라 점점 증가하고, 상기 자외선 광의 세기가 커짐에 따라 선형적으로 증가하는 것을 특징으로 한다.

[0018] 또한, 상기 열경화법에 의하여 상기 아조벤젠 폴리머가 상기 광섬유에 코팅된 경우보다, 상기 UV 경화법에 의하여 상기 아조벤젠 폴리머가 상기 광섬유에 코팅되는 경우에, 상기 자외선 영역 이외에서 발생하는 복사열에 의한 상기 중심 파장의 이동량이 더 작은 것을 특징으로 한다.

[0019] 또한, 상기 열경화법에 의하여 상기 아조벤젠 폴리머가 상기 광섬유에 코팅된 경우보다, 상기 UV 경화법에 의하여 상기 아조벤젠 폴리머가 상기 광섬유에 코팅되는 경우에, 상기 광섬유 브래그 격자의 변형률(strain) 및 응력(stress)이 더 큰 것을 특징으로 한다.

[0020] 또한, 상기 광섬유의 중심 파장의 이동량은 자외선 영역 중, 장파장 영역보다 단파장 영역에서 더 큰 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

[0021] 상기와 같은 과제 및 해결수단을 가지는 본 발명인 아조벤젠 폴리머가 코팅된 광섬유 격자 기반 자외선 센서 및 이를 이용한 자외선 광 감지 장치에 의하면, 광섬유 브래그 격자(Fiber Bragg Grating : FBG)가 형성된 광섬유에 아조벤젠(azobenzene) 폴리머를 코팅시켜 결합하여 자외선을 감지할 수 있는 센서를 용이하게 제작할 수 있고, 센서 제작을 위해 소요되는 비용, 시간 및 노력이 기존에 비하여 대폭 작아지는 장점이 있다.

[0022] 또한, 상기 센서가 UV 광에 노출되는 경우 상기 아조벤젠 폴리머가 광섬유에 장력을 유도하여 광섬유 격자 간격을 변화시켜 최종적으로 중심 파장 특성을 변화시킴으로써, 자외선 광의 세기를 용이하게 측정할 수 있고, 주변 전자기파의 영향을 받지 않는 광섬유의 특성으로 인해 잡음이 없으며 다중 포인트 측정을 위한 확장성이

매우 뛰어난 장점이 있다.

[0023] 또한, 자외선 광원과 자외선 센서 사이에 열차단 필터를 형성시켜 자외선 광 감지 장치를 구성함으로써, 자외선 광 파장 영역 이외의 광에 의하여 발생하는 외부열(자외선 광원의 복사열, 주변 온도)의 영향으로 발생하는 자외선 광 감지 오차를 대폭 줄일 수 있는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

[0024] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 아조벤젠 폴리머가 코팅된 광섬유 격자 기반 자외선 센서의 구성과 자외선 광 조사에 의한 메커니컬 동작을 보여준다.

도 2는 본 발명에 따른 아조벤젠 폴리머가 코팅된 광섬유 격자 기반 자외선 센서를 실제 제작한 실물 사진을 보여준다.

도 3은 본 발명의 실시예에 따른 아조벤젠 폴리머가 코팅된 광섬유 격자 기반 자외선 센서를 이용한 자외선 광 감지를 실험하기 위한 구성도이다.

도 4는 본 발명의 실시예에 따른 시간에 관하여 공진 스펙트럼과 중심파장의 이동을 보여주는 그래프이다.

도 5는 본 발명의 실시예에 따른 자외선 광의 세기와 중심 파장의 이동량의 선형성을 보여주는 그래프이다.

도 6은 본 발명의 실시예에 따른 열경화법에 의한 아조벤젠 폴리머가 코팅된 자외선 센서 상에 열차단 필터의 존재 유무에 따른 중심파장 이동 그래프이다.

도 7은 본 발명의 실시예에 따른 UV 경화법에 의한 아조벤젠 폴리머가 코팅된 자외선 센서 상에 열차단 필터의 존재 유무에 따른 중심파장 이동 그래프이다.

도 8은 본 발명의 실시예에 따른 UV 광원의 스펙트럼을 보여주는 그래프이다.

도 9는 본 발명의 실시예에 따라, 아조벤젠 폴리머의 흡수 스펙트럼과 사용된 각 필터의 단위 UV 광 세기당 중심파장의 이동량을 보여주는 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0025] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 상기와 같은 과제, 해결수단 및 효과를 가지는 본 발명인 아조벤젠 폴리머가 코팅된 광섬유 격자 기반 자외선 센서 및 이를 이용한 자외선 광 감지 장치에 관한 바람직한 실시예를 상세하게 설명한다.

[0026] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 아조벤젠 폴리머가 코팅된 광섬유 격자 기반 자외선 센서(100)의 구성과 자외선 광 조사에 의한 메커니컬 동작을 보여준다. 그리고 도 2는 실제 제작된 아조벤젠 코팅 FBG를 보여주고 있다.

[0027] 도 1에 도시된 바와 같이, 본 발명의 실시예에 따른 아조벤젠 폴리머가 코팅된 광섬유 격자 기반 자외선 센서(100)는 광섬유(10)와 상기 광섬유(10)에 코팅되어 결합되는 아조벤젠 폴리머를 포함하여 구성된다.

[0028] 상기 광섬유(10)는 광섬유 브래그 격자가 형성된 광섬유에 해당된다. 그리고, 상기 아조벤젠 폴리머(20)는 상기 광섬유(10)에 코팅되어 결합된다. 이러한 아조벤젠 폴리머(20)는 도 1에 도시된 바와 같이, 상기 광섬유(10)의 일부분을 감쌀 수 있도록 형성됨과 동시에 소정 형상을 가질 수 있도록 형성된다.

[0029] 이와 같이, 구성되는 상기 아조벤젠 폴리머가 코팅된 광섬유 격자 기반 자외선 센서(100)는 자외선 광이 조사되는 경우 변형을 일으킨다. 즉, 상기 아조벤젠 폴리머(20)는 자외선 광원에 의하여 조사되는 자외선 광에 노출되는 경우, 상기 광섬유(10)에 장력을 유도하여 광섬유 코어 격자 주기를 증가시킴으로써, 상기 광섬유 브래그 격자의 중심 파장을 장파장으로 이동시킨다.

[0030] 구체적으로, 도 1에 도시된 바와 같이, 상기 아조벤젠 폴리머가 코팅된 광섬유 격자 기반 자외선 센서(100)가 자외선 광에 노출되면(UV ON), 상기 아조벤젠 폴리머는 화살표 방향으로 늘어나면서 상기 광섬유(10)에 장력을 발생시킨다. 따라서, 광섬유 브래그 격자 간격이 늘어나게 되고, 최종적으로 상기 광섬유 브래그 격자의 중심 파장이 장파장으로 이동된다.

[0031] 상기와 같이, 자외선 광에 노출되면, 탄성이 줄어들어 길이가 늘어나는 성질을 가지는 상기 아조벤젠 폴리머

는 열경화법 또는 UV 경화법을 이용하여 상기 광섬유(10)에 코팅되어 결합된다.

[0032] 상기와 같은 방법으로 상기 광섬유(10)에 코팅되어 소정 형상으로 결합되는 상기 아조벤젠 폴리머(1)는 비닐 이서 타입(vinyl ether-type)의 아조벤젠 모노머, TMPTA(trimethylol propane trimethacrylate), HEA(hydroxyethyl acrylate) 및 광개시제로 구성된 중합체이다. 여기서, 상기 광개시제는 2, 4, 6-trimethylbenzoyl-diphenyl phosphine oxide(TPO) 등으로 구성할 수 있다.

[0033] 정리하면, 본 발명에서는 비닐 이서 타입의 아조벤젠 모노머와trimethylolpropanetriacrylate(TMPTA), hydroxyethyl acrylate(HEA) 그리고 2, 4, 6-trimethylbenzoyl-diphenyl phosphine oxide(TPO) 등의 광개시제로 구성된, 새로운 아조벤젠을 함유한 자외선 경화형 배합물을 열경화법(thermal casting method) 또는 UV 경화법으로 상기 광섬유(10)에 결합하여 자외선 센서를 구성할 수 있다.

[0034] 상기 아조벤젠 폴리머(10)는 UV 광에 의해서 이성화가 진행되어 탄성이 줄어드는 특성을 가진다. 이와 같이 줄어든 탄성 때문에 아조벤젠 폴리머(10)의 길이는 길어지게 되는데, 이러한 특성을 광섬유 브래그 격자에 결합시키기 위해 아조벤젠 폴리머를 광섬유 브래그 격자가 형성된 광섬유(10)에 코팅시킨다.

[0035] 상기와 같이 UV 광에 의해서 발생한 아조벤젠 폴리머(10)의 길이의 증가는 광섬유에 장력으로 작용하여 광섬유 코어 격자 주기를 증가시켜 최종적으로 중심파장을 장파장으로 이동시키게 된다.

[0036] 상기 UV 광에 의해서 아조벤젠 폴리머가 코팅된 자외선 센서는 실제로 0.1% 정도까지의 변형율(strain)의 증가가 발생하는데, 스트레인과 중심파장의 관계는 간단히 다음 수식 (1)로 표현된다.

[0037] $\lambda_B = 2n_e\Lambda$ 수식 (1)

[0038] 여기서 λ_B와 Λ는 광섬유 브래그 격자가 형성된 광섬유의 공진 파장과 격자 주기를 나타낸다. 상기 아조벤젠 폴리머에 의해서 발생한 광섬유의 장력은 격자 간격을 증가시킨다. 격자 주기(Λ)와 송진파장(λ_B)은 비례 관계에 있으므로 격자 주기의 증가는 결과적으로 광섬유의 공진 파장을 장파장으로 이동시키게 된다.

[0039] 상기 자외선 센서를 구성하는 상기 광섬유(10)의 중심 파장은 상기 아조벤젠 폴리머(20)가 상기 자외선 광에 노출되는 시간이 경과함에 따라 점점 증가하고, 상기 자외선 광의 세기가 커짐에 따라 선형적으로 증가한다.

[0040] 즉, 상기 자외선 광에 의한 아조벤젠 폴리머가 코팅된 광섬유 격자 기반 자외선 센서의 공진 스펙트럼과 중심파장의 이동을 살펴보면, 시간이 경과함에 따라서 UV 광에 의한 아조벤젠 폴리머가 코팅된 광섬유 격자 기반 자외선 센서의 공진 스펙트럼이 장파장으로 이동하고, 또한 UV 광의 세기가 커짐에 따라서 중심파장의 이동량이 선형적으로 증가하는 것을 확인할 수 있다. 이와 같은 특징을 이용하여 아조벤젠 폴리머가 코팅된 광섬유를 자외선 감지 센서로 사용할 수 있다.

[0041] 한편, 상기 아조벤젠 폴리머의 특성을 이용하여 상기 아조벤젠 폴리머는 광감쇠기(optical attenuator) 또는 패브리 페로(Fabry-Perot) 광학 필터에 적용될 수 있고, 상기 아조벤젠 폴리머가 코팅된 광섬유 격자 기반 자외선 센서는 메커니컬 튜너블 필터(mechanical tunable filter) 및 스위칭 장치 등으로 폭넓게 사용될 수 있다.

[0042] 다음은, 이상에서 설명한 아조벤젠 폴리머가 코팅된 광섬유 격자 기반 자외선 센서(100)를 이용한 자외선 광 감지 장치에 관하여 상세하게 설명하면 다음과 같다.

[0043] 상술한 아조벤젠 폴리머가 코팅된 광섬유 브래그 격자가 형성된 광섬유의 중심파장의 이동은 정확한 자외선 광의 세기를 측정하기 위하여, 단지 자외선 영역의 광파장에 의해서만 이루어지는 것이 이상적이다. 그러나, 상기 광섬유의 중심 파장의 이동은 다른 인자에 의해서도 이루어지는 것이 보통이다.

[0044] 즉 상기 아조벤젠 폴리머가 코팅된 광섬유 브래그 격자가 형성된 광섬유의 중심파장의 이동은 크게 3가지 요인이 존재한다. 첫째, UV 광에 의한 아조벤젠 폴리머의 길이의 변화로 인한 격자 주기 변화, 둘째, 광원에서 발생한 열에 의한 격자 주기 변화, 마지막으로 UV 광에 의한 격자의 굴절률 변화에 의하여 중심파장의 이동이 발생한다.

[0045] 특히, 상기 아조벤젠 폴리머가 코팅된 광섬유 격자 기반 자외선 센서의 외부 열에 의한 중심파장의 이동이 UV 광의 세기 측정의 정확성을 저하시키는 원인이 된다.

[0046] 따라서, 본 발명에서는 자외선 광의 세기 측정에 대한 정확성을 향상시키기 위해 열차단 필터로써 밴드패스

필터를 UV 광원과 아조벤젠 폴리머가 코팅된 광섬유 격자 기반 자외선 센서 사이에 위치시켜서, UV 광원에서 발생하는, UV 영역 이외에서 발생하는 복사열을 차단하는 것을 특징으로 한다.

[0047] 구체적으로, 본 발명에 따른 아조벤젠 폴리머가 코팅된 광섬유 격자 기반 자외선 센서를 이용한 자외선 광 감지 장치는 광섬유 브래그 격자가 형성된 광섬유, 상기 광섬유에 코팅되는 아조벤젠 폴리머를 포함하여 구성되되, 상기 아조벤젠 폴리머는 자외선 광에 노출되는 경우, 상기 광섬유에 장력을 유도하여 광섬유 코어 격자 주기를 증가시킴으로써, 상기 광섬유 브래그 격자의 중심 파장을 장파장으로 이동시키는 아조벤젠 폴리머가 코팅된 광섬유 격자 기반 자외선 센서와, 상기 자외선 센서와 UV 광원 사이에 배치되어, 자외선 광만 투과시키고 자외선 영역 이외에서 발생하는 복사열을 차단하는 열차단 필터를 포함하여 구성된다.

[0048] 상기와 같은 구성으로 이루어진 자외선 광 감지 장치는 상술한 아조벤젠 폴리머가 코팅된 광섬유 격자 기반 자외선 센서를 그대로 이용한다. 따라서, 자외선 감지 장치를 구성하는 자외선 센서의 특징 및 동작 역시 동일하다.

[0049] 즉, 상기 아조벤젠 폴리머는 열경화법 또는 UV 경화법을 이용하여 상기 광섬유에 코팅되어 결합되고, 상기 아조벤젠 폴리머는 비닐 이서 타입(vinyl ether-type)의 아조벤젠 모노머, TMPTA(trimethylol propane trimethacrylate), HEA(hydroxyethyl acrylate) 및 광개시제로 구성된 중합체이다.

[0050] 또한, 상기 광섬유의 중심 파장은 상기 아조벤젠 폴리머가 상기 자외선 광에 노출되는 시간이 경과함에 따라 점점 증가하고, 상기 자외선 광의 세기가 커짐에 따라 선형적으로 증가하는 것을 특징으로 한다.

[0051] 한편, 상술한 바와 같이, 상기 아조벤젠 폴리머는 열경화법 또는 UV 경화법을 이용하여 상기 광섬유에 코팅되어 결합된다. 그런데, 실험을 통하여 알아본 결과(후술함), 열경화법 의하여 상기 아조벤젠 폴리머가 상기 광섬유에 코팅된 경우보다, 상기 UV 경화법에 의하여 상기 아조벤젠 폴리머가 상기 광섬유에 코팅되는 경우가 더 장점들이 많은 것으로 확인되었다. 즉, 자외선 광 감지 장치로서의 성능, 반응 정도 등에 있어서, 상기 UV 경화법에 의하여 상기 아조벤젠 폴리머가 상기 광섬유에 코팅되는 경우가 더 장점들이 많은 것으로 확인되었다.

[0052] 구체적으로, 상기 열경화법에 의하여 상기 아조벤젠 폴리머가 상기 광섬유에 코팅된 경우보다, 상기 UV 경화법에 의하여 상기 아조벤젠 폴리머가 상기 광섬유에 코팅되는 경우에, 상기 자외선 영역 이외에서 발생하는 복사열에 의한 상기 중심 파장의 이동량이 더 작다. 이것은, 상기 UV 경화법에 의하여 상기 아조벤젠 폴리머가 상기 광섬유에 코팅되는 경우에, 주변 온도 및 열에 의한 중심파장의 이동량이 작아 자외선 광 감지 정확도가 더 높은 것을 의미한다.

[0053] 또한, 상기 열경화법에 의하여 상기 아조벤젠 폴리머가 상기 광섬유에 코팅된 경우보다, 상기 UV 경화법에 의하여 상기 아조벤젠 폴리머가 상기 광섬유에 코팅되는 경우에, 상기 광섬유 브래그 격자의 변형률(strain) 및 응력(stress)이 더 크다. 이것은, 상기 UV 경화법에 의하여 상기 아조벤젠 폴리머가 상기 광섬유에 코팅되는 경우에, 자외선 광에 의한 반응도가 높아 자외선 감지 효과가 더 높다는 것을 의미한다.

[0054] 한편, 실험을 통해 알아본 결과(후술함), 상기 광섬유의 중심 파장의 이동량은 자외선 영역 중, 장파장 영역보다 단파장 영역에서 더 큰 것으로 확인되었다. 이는, 본 발명에 따른 자외선 광 감지 장치는 자외선 파장 영역 중, 단파장 영역에 대한 민감도가 더 높고, 결과적으로 단파장 영역의 자외선 광에 대한 감지 효과가 더 높다는 것을 의미한다.

[0055] 이하에서는 본 발명의 실시예에 따른 아조벤젠 폴리머가 코팅된 광섬유 격자 기반 자외선 센서를 이용한 자외선 광 감지의 실험 결과를 제시하여 본 발명의 타당성을 확인한다.

[0056] 본 발명의 타당성을 위한 실험의 구성도는 도 3에 도시된 바와 같다. 광원으로는 1550nm 대역의 광대역 광원(superluminescent light emitting diode, SLED)(30)을 사용했고, UV 광원으로는 270 ~ 600nm 대역의 파장을 가진 UV 램프(Acticure, EFOS inc.)(40)를 사용하였다.

[0057] 열차단 필터(50)로는 0 ~ 550nm 대역을 투과시키는 밴드패스 필터(FES0550, Thorlabsinc.)를 사용하였다. 또한 광스펙트럼 분석기(optical spectrum analyzer, OSA)(60)와 LabVIEW를 연동하여 스펙트럼 데이터를 수집하였다.

[0058] UV 광에 의한 아조벤젠 폴리머(20)가 코팅된 광섬유 브래그 격자가 형성된 광섬유(10)의 공진 스펙트럼과 중심파장의 이동은 도 4에 도시된 바와 같다. 시간이 경과함에 따라서 UV 광에 의한 아조벤젠 폴리머가 코팅된

광섬유의 공진 스펙트럼이 장파장으로 이동하는 것을 확인할 수 있다.

[0059] 또한 UV 광의 세기가 커짐에 따라서 중심파장의 이동량이 선형적으로 증가하는 것을 도 5를 통해 확인할 수 있는데, 이와 같은 특징을 이용하여 아조벤젠 폴리머가 코팅된 광섬유 브래그 격자가 형성된 광섬유를 UV 센서로 사용할 수 있다.

[0060] 아조벤젠 폴리머가 코팅된 광섬유의 중심파장의 이동에는 크게 3가지 요인이 존재한다. UV 광에 의한 아조벤젠폴리머의 길이의 변화로 인한 격자 주기 변화, 광원에서 발생한 열에 의한 격자 주기 변화, 그리고 UV 광에 의한 격자의 굴절률 변화이다.

[0061] 아조벤젠 폴리머가 코팅된 광섬유의 외부 열에 의한 중심파장의 이동이 UV 광의 세기 측정의 정확성을 저하시키는 원인이 된다. 정확성을 향상시키기 위해 열차단 필터로써, 밴드패스 필터(0~550nm)를 UV 광원과 아조벤젠 폴리머가 코팅된 광섬유 격자 기반 자외선 센서(100) 사이에 위치시켜서, UV 광원에서 발생하는, UV 영역 이외에서 발생하는 복사열을 차단하였다.

[0062] 열경화법으로 제작된 아조벤젠 폴리머가 코팅된 광섬유는 UV광의 세기가 16mW/cm^2일때, 시간이 경과함에 따라 최대 0.102nm 정도의 이동을 보였다. 열차단 필터를 사용하지 않은 경우(도 6의 (a)), 시간의 경과에 따른 중심파장의 변화 형태는 아조벤젠 폴리머의 길이변화에 의한 중심파장의 이동(급격한 변화)과 광원의 복사열에 의한 이동(느린 변화)으로 명확히 구분되지 않는다.

[0063] 열차단 필터를 사용한 경우(도 6의 (b)), 중심파장의 이동량은 최대 0.046nm로, 필터를 사용하지 않은 경우에 비해서 절반 이상 감소하였다. 중심파장의 이동 형태를 살펴보면, 아조벤젠 폴리머의 길이의 변화에 의한 중심파장의 이동은 2 ~ 4초사이에서 급격히 증가하고 13 ~ 19초 사이에서 급격히 감소하는 것을 알 수 있다.

[0064] 또한 외부 열에 의한 완만한 증가와 감소는 4 ~13초 사이와 19 ~ 30초 사이에서 발생한다. 중심파장의 이동 형태는 급격한 변화와 완만한 변화 두가지로 비교적 명확하게 구분되었으나 광원의 복사열에 의한 중심파장의 변화가 완전히 제거되지 않은 것을 확인할 수 있다.

[0065] UV 경화법으로 제작된 아조벤젠 폴리머가 코팅된 광섬유 격자 기반 자외선 센서는 위와 동일한 환경에서 최대 0.18nm 정도의 이동량을 보인다. UV 조사에 따른 아조벤젠 폴리머가 코팅된 광섬유 격자 기반 자외선 센서의 시간의 경과에 따른 중심파장의 이동은 도 7에 도시된 바와 같다.

[0066] 열차단 필터를 사용하지 않고 측정한 경우 아조벤젠 폴리머의 길이의 변화에 의해 급격히 변하는 부분(A, C)과 열에 의해 천천히 변화하는 부분(B, D)으로 명확하게 나눌 수 있다.

[0067] 열에 의한 변화를 제거하기 위해 열차단 필터를 사용한 경우[도 7의 (b)], 열경화 방법으로 제작된 아조벤젠 폴리머가 코팅된 광섬유 격자 기반의 자외선 센서와는 다르게 열에 의한 중심파장의 완만한 변화(B, D)가 거의 제거된 것을 확인할 수 있다.

[0068] 열차단 필터를 사용하지 않았을 경우에 아조벤젠 폴리머가 코팅된 광섬유 격자 기반의 자외선 센서 주변의 온도 변화량은 4℃인 반면, 필터를 사용했을 경우의 온도 변화량은 약 1.5℃로, 사용된 열차단 필터에 의해서 UV 광원에서 발생하는 복사열이 상당량 제거되었다.

[0069] 이는 UV 광원에서 발생하는 복사열에 의한 아조벤젠 폴리머가 코팅된 광섬유 브래그 격자가 형성된 광섬유의 중심파장 이동량이 충분히 제거되어 UV 영역 광세기에 의한 중심파장의 이동만이 발생한다는 것을 의미한다.

[0070] 또한 열경화 방법과 UV 경화 방법으로 제작된 두 종류의 아조벤젠 폴리머가 코팅된 광섬유 격자 기반의 자외선 센서를 이용한 자외선 광 감지 장치를 각각 비교해 보았을 때, UV 광원에 대한 중심파장의 이동량 및 열차단 효과는 UV 경화법으로 제작된 아조벤젠 폴리머가 코팅된 자외선 센서가 더 우수하고, 센서로서 더 적합하다는 것을 확인하였다.

[0071] 또한 UV 광에 의한 아조벤젠 폴리머가 코팅된 광섬유 브래그 격자가 형성된 광섬유의 변형률(strain) 및 응력(stress) 변화를 수학적인 방법을 통해 구할 수 있다[J. Paul, L. Zhao, and B.K.A. Ngoi, "Fiber-optic sensor for handgrip-strength monitoring: conception and design," Appl.Opt. vol.44, 3696-3704, 2005].

[0072] 열차단 필터를 사용했을 때, 제조법이 서로 다른 두개의 아조벤젠 폴리머가 코팅된 광섬유 브래그 격자가 형성된 광섬유의 변형률은 0.00404%와 0.0052%이고, 응력은 $2.21x10^6$mN/m^2와 $2.87x10^6$mN/m^2로서, UV 경화법으로 제작된 아조벤젠 폴리머가 코팅된 광섬유 브래그 격자가 형성된 광섬유가 열 경화법으로 제조된 것에 비해 UV

광에 대해서 더 큰 민감도를 갖는 것을 알 수 있다.

[0073] 제작된 아조벤젠 폴리머가 코팅된 광섬유 브래그 격자가 형성된 광섬유의 파장에 대한 응답 특성을 알아보기 위해서, 네 종류의 서로 다른 파장선택 필터를 사용하여 각각의 경우에 대한 중심파장의 이동량을 측정하였다.

[0074] 도 8은 UV 광원의 스펙트럼을 보여주고 있는데 대략 5개의 밴드(band)를 가지고 있다. 그 중에서 a, b, c, d 네 개의 밴드를 선택해서 해당 파장에 맞는 필터를 사용하였다.

[0075] 각 밴드의 중심파장은 365.08nm, 404.73nm, 437.11nm, 547.66nm이고, 여기에 해당하는 파장선택 필터는 중심파장이 370nm(FB370-10), 410nm(FB410-10), 440nm(FB440-10), 550nm(FB550-10)이고 필터 대역폭은 ±10nm로 동일하다.

[0076] 아래 [표 1]은 각각 파장에 따른 광원의 세기, 중심파장의 이동량 및 단위 UV 광 세기당 중심파장의 이동량을 나타낸다.

표 1

[0077]

Bandpass Filter[nm]	광원의 세기의 면적 비(A)	중심파장의 이동량 (Δλ) [nm]	Δλ/A [arb.]
a : 370±10	0.6675	0.02	0.029
b : 410±10	0.5582	0.009	0.016
c : 440±10	1	0.015	0.015
d : 550±10	0.7842	0.007	0.009

[0078] 광원의 세기 면적비는 필터의 중심파장과 대역폭을 고려하여 면적을 구한 다음 440 nm 파장에서의 세기를 정규화(normalization)하여 구했으며, 필터의 삽입손실(insertion loss)은 모두 동일하다고 가정하였다.

[0079] 모든 파장선택 필터의 중심파장의 이동량(Δλ)과 광원의 세기의 면적비(A)를 비교해 보았을 때, 370nm 필터를 사용했을 경우 광의 세기의 면적비가 0.67정도로, 440nm에서의 광의 세기보다 작음에도 불구하고 중심파장의 이동량이 0.02nm로 가장 크게 관찰되었다.

[0080] 중심파장의 이동량을 광원의 세기의 면적 비로 나누면 광원의 단위 세기당 중심피장의 이동량(Δλ/A)을 얻을 수 있는데 370?0nm 필터를 사용 했을 경우 단위 세기당 중심파장의 이동량은 0.029로서, UV광원의 각 밴드가 동일한 세기를 가진다고 가정할 경우, 아조벤젠 코팅된FBG의 중심파장의 이동량은 370±10nm 필터를 사용했을 때 다른 파장 영역에 비교하여 가장 큰 값을 얻었다. 이것은 아조벤젠 폴리머가 코팅된 광섬유 브래그 격자가 형성된 광섬유는 단파장 영역에서 반응성이 장파장보다 우수하다는 것을 의미한다.

[0081] 도 9는 아조벤젠 폴리머의 흡수 스펙트럼과 사용된 각 필터의 단위 UV 광 세기당 중심파장의 이동량을 보여주고 있다. 아조벤젠 폴리머는 330nm 영역의 빛에서 가장 큰 흡수율을 가지며 파장이 길어질수록 급격히 감소하는 경향을 보인다.

[0082] 도 8에 도시된 바와 같이, UV 광원에서 나오는 빛은 파장에 따라 동일한 세기를 가지고 있지 않기 때문에 정규화된(normalized) 단위 세기당 중심파장의 이동량(도 8에서 실선)을 흡수율 그래프(도 8에서 점선)와 비교해 보면 두 값이 일치하는 것을 확인할 수 있다.

[0083] 아조벤젠 폴리머는 440nm 영역의 빛보다 370nm 영역의 빛을 더 많이 흡수하므로, 370nm 필터를 사용했을 경우 더 큰 중심파장의 이동량을 얻을 수 있다. 본 실험으로 아조벤젠 폴리머가 코팅된 광섬유 브래그 격자가 형성된 광섬유는 단파장 (330 nm 대역) 영역에서의 우수한 광 반응성을 보임을 알 수 있다.

부호의 설명

[0084]

10 : 광섬유 20 : 아조벤젠 폴리머

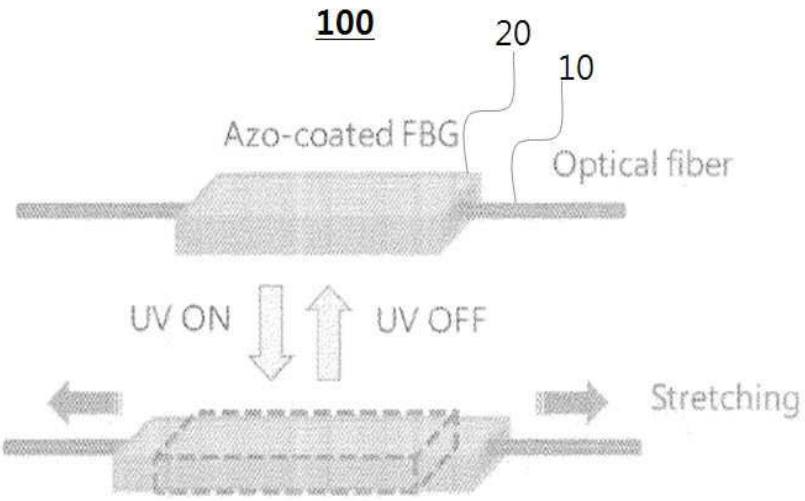
30 : SLED 40 : UV 램프

50 : 열차단 필터 60 : OSA

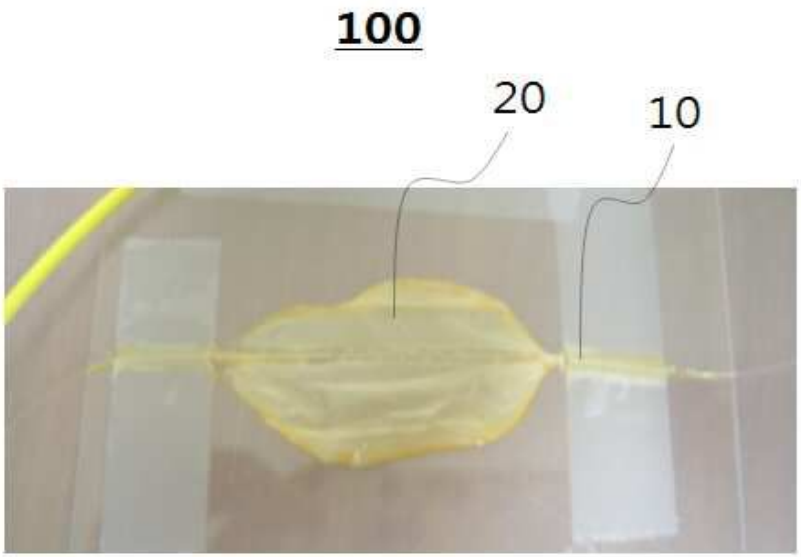
100 : 자외선 센서

도면

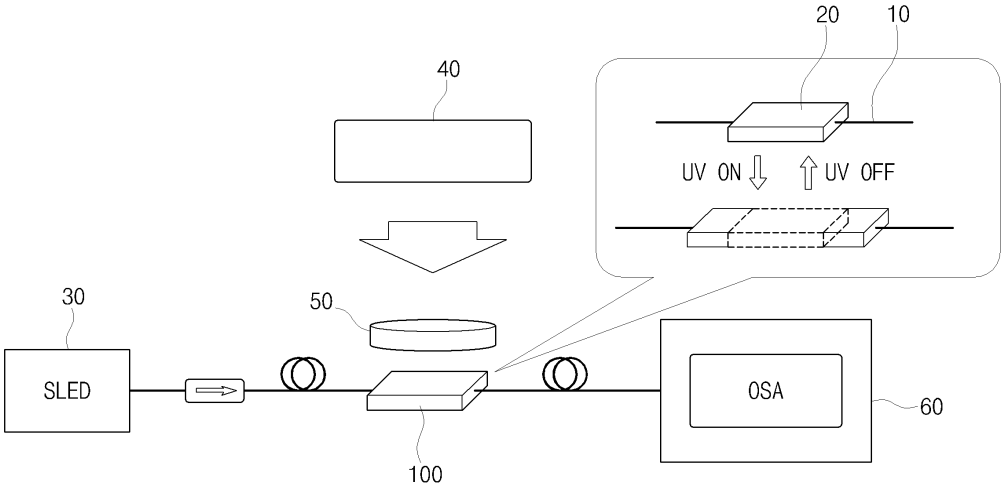
도면1



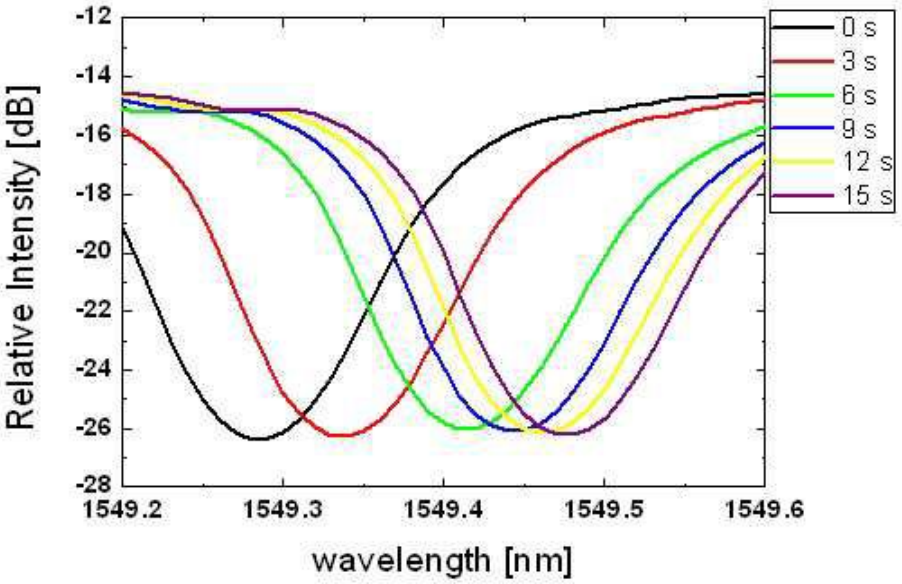
도면2



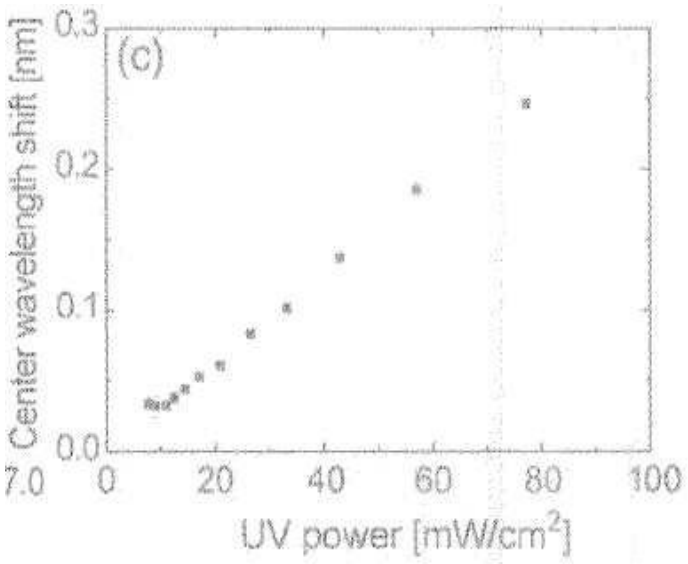
도면3


20
10
40
UV ON
UV OFF
30
50
SLED
OSA
60
100

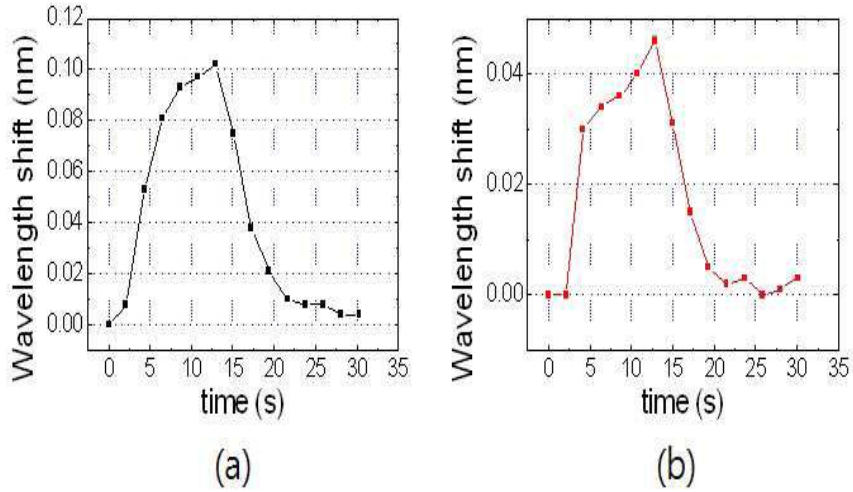
도면4


Relative Intensity [dB]
-12
-14
-16
-18
-20
-22
-24
-26
-28
1549.2
1549.3
1549.4
1549.5
1549.6
wavelength [nm]
0 s
3 s
6 s
9 s
12 s
15 s

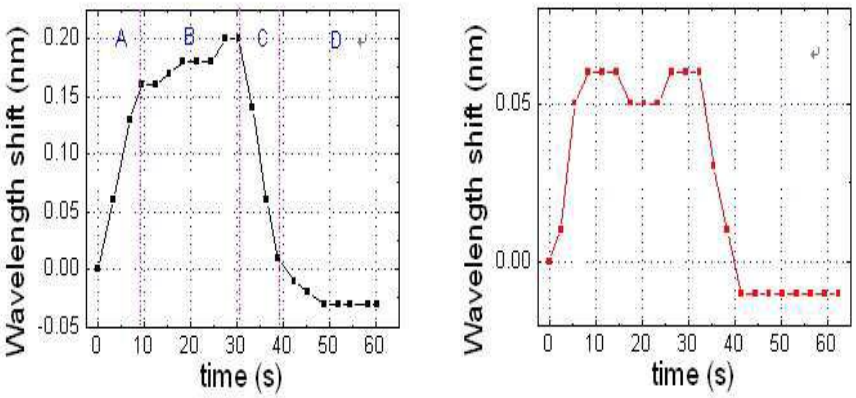
도면5


(c)
Center wavelength shift [nm]
0.3
0.2
0.1
0.0
7.0
0
20
40
60
80
100
UV power [mW/cm^2]

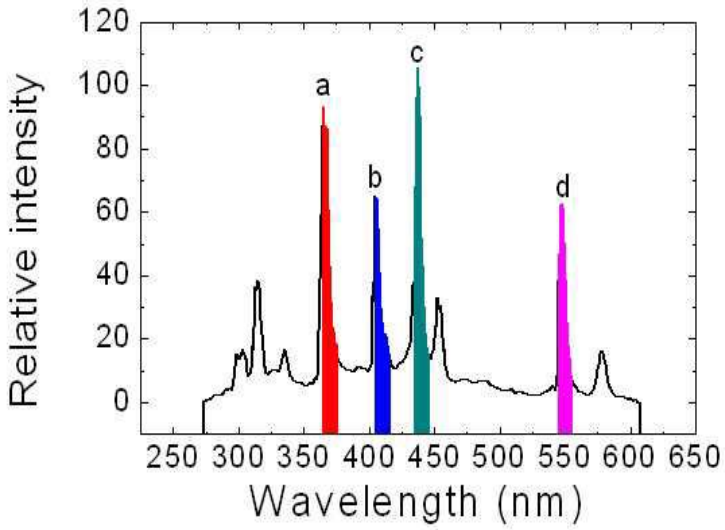
도면6


Wavelength shift (nm)
0.12
0.10
0.08
0.06
0.04
0.02
0.00
0 5 10 15 20 25 30 35
time (s)
(a)
Wavelength shift (nm)
0.04
0.02
0.00
0 5 10 15 20 25 30 35
time (s)
(b)

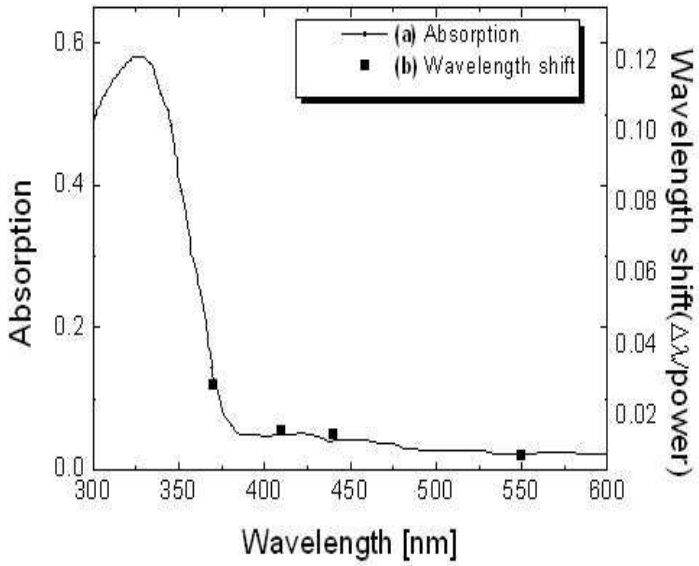
도면7


Wavelength shift (nm)
A
B
C
D
0.20
0.15
0.10
0.05
0.00
-0.05
0 10 20 30 40 50 60
time (s)
Wavelength shift (nm)
0.05
0.00
0 10 20 30 40 50 60
time (s)

도면8


Relative intensity
Wavelength (nm)
a
b
c
d

도면9


(a) Absorption
(b) Wavelength shift
Absorption
Wavelength shift(Δλ/power)
Wavelength [nm]