



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2012-0007113
(43) 공개일자 2012년01월20일

(51) Int. Cl.

C09B 59/00 (2006.01) C09B 62/00 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2010-0067684

(22) 출원일자 2010년07월14일

심사청구일자 2010년07월14일

(71) 출원인

충남대학교산학협력단

대전광역시 유성구 대학로 99 (궁동, 충남대학교)

(72) 발명자

손영아

대전광역시 유성구 반석서로 98, 606동 1404호 (반석동, 반석마을6단지아파트)

김병순

대전광역시 서구 계룡로320번길 119, 3동 502호 (갈마동, 복음맨션(3동))

(74) 대리인

김동완

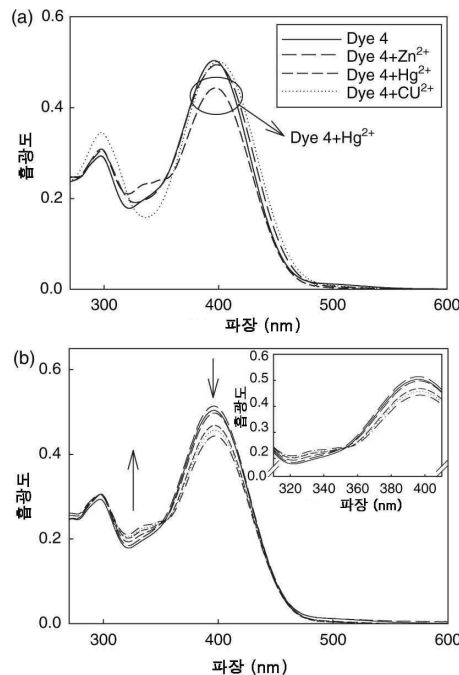
전체 청구항 수 : 총 7 항

(54) 중금속 이온 검출용 트리페닐아민계 염료

(57) 요약

본 발명은 중금속 이온 검출용 트리페닐아민계 염료 화합물 및 이를 활성 성분으로 포함하는 중금속 이온 검출용 염료 센서에 관한 것이다. 더욱 상세하게는 상기 트리페닐아민계 염료 화합물이 수은 +2가 이온, 구리 +2가 이온 또는 아연 +2가 이온과 결합하여 염료 금속 복합체를 형성함으로써 이에 따른 염료 화합물의 흡광 및 발광 스펙트럼의 변화를 통한 중금속 이온 검출용 염료 센서에 관한 것이다.

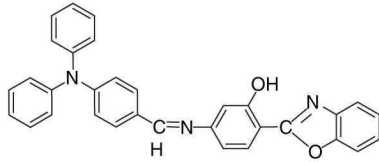
대표도



특허청구의 범위

청구항 1

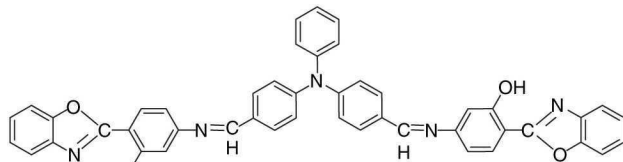
트리페닐아민 모노알데하이드에 벤즈옥사졸계 화합물을 반응시켜 제조된 하기 화학식으로 표시되는 중금속 검출용 염료 화합물 A



염료 A

청구항 2

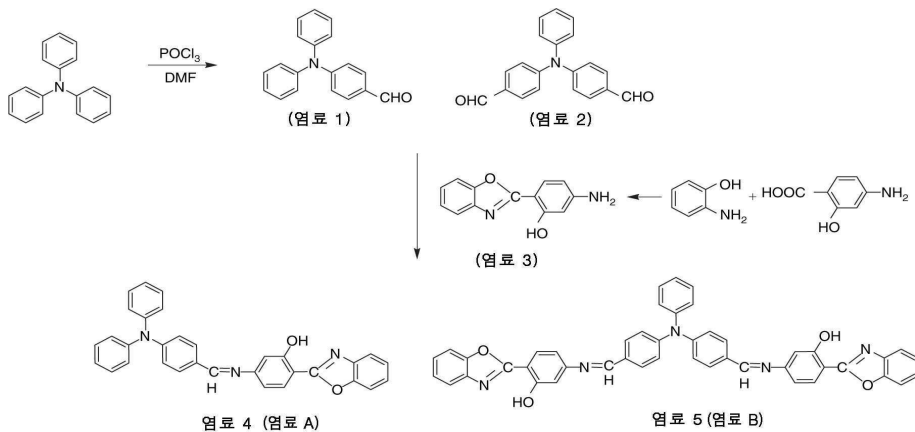
트리페닐아민 디알데하이드에 벤즈옥사졸계 화합물 2당량을 반응시켜 제조된 하기 화학식으로 표시되는 중금속 검출용 염료 화합물 B



염료 B

청구항 3

- i) 트리페닐아민을 출발물질로 하여 트리페닐아민 모노알데하이드(염료 1)와 트리페닐아민 디알데하이드(염료 2)를 합성하는 단계;
 - ii) 상기 1 당량의 염료 1에 벤즈옥사졸계 화합물(염료 3)을 1 당량 반응시켜 염료 화합물 A를 합성하는 단계; 또는
 - iii) 상기 1 당량의 염료 2에 벤즈옥사졸계 화합물(염료 3)을 2 당량 반응시켜 염료 화합물 B를 합성하는 단계;
- 로 구성된 염료 화합물 A 및 염료 화합물 B의 제조 방법



청구항 4

제 1항 또는 제 2항에 있어서, 상기 염료 화합물 A와 염료 화합물 B는 수은 +2가 이온, 구리 +2가 이온 또는 아연 +2가 이온과 결합하여 염료 금속 복합체를 형성함을 특징으로 하는 염료 화합물

청구항 5

제 1항에 있어서, 상기 염료 화합물 A는 용액 내 수은 +2가 이온 증가에 따라 320nm 근방에서 증가된 흡광 스펙트럼, 400nm 근방에서 감소된 흡광 스펙트럼 및 500nm 근방에서 감소된 발광 스펙트럼을 나타냄을 특징으로 하는 염료 화합물 A

청구항 6

제 2항에 있어서, 상기 염료 화합물 B는 용액 내 수은 +2가 이온 증가에 따라 320nm 근방에서 증가된 흡광 스펙트럼, 400nm 근방에서 감소된 흡광 스펙트럼 및 500nm 근방에서 증가된 발광 스펙트럼을 나타냄을 특징으로 하는 염료 화합물 B

청구항 7

상기 염료 화합물 A 또는 상기 염료 화합물 B를 활성 성분으로 포함하는 수은 +2가 이온, 구리 +2가 이온 또는 아연 +2가 이온 검출용 염료 센서

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 중금속 이온 검출용 트리페닐아민계 염료 화합물 및 이를 활성 성분으로 포함하는 중금속 이온 검출용 염료 센서에 관한 것이다. 더욱 상세하게는 상기 트리페닐아민계 염료 화합물이 수은 +2가 이온, 구리 +2가 이온 또는 아연 +2가 이온과 결합하여 염료 금속 복합체를 형성함으로써 이에 따른 염료 화합물의 흡광 및 발광 스펙트럼의 변화를 통한 중금속 이온 검출용 염료 센서에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 중금속에 대한 염료 발색단을 이용한 선택성 및 감수성이 우수하고 단순한 구조의 화학센서의 연구 개발은 화학, 생물학 및 환경 시스템에서의 그의 중요한 역할로 인해 염료 분자 화학에서 중요한 논제 중에 하나이다. 이러한 화학 센서의 초기 발견은 크라운 에테르(crown ether)와 같은 화학센서에서 보고되었기 때문에 많은 연구자들의 노력은 그의 독성 효과로 인한 중금속 이온의 고안, 합성 및 검출에 집중되었다.

[0003] 따라서 매우 유독한 수은(Hg^{2+}), 구리(Cu^{2+}) 및 아연(Zn^{2+})과 같은 전이 중금속은 이들이 매우 유독한 환경 오염 물질로 간주되기 때문에 그 적용에 문제가 있다. 잘 알려진 바와 같이 수은 및 구리는 인체에서 매우 위험한 중금속으로 간주되고 심각한 독성 효과로 인해 생리 과정에서 중요한 역할을 한다. 더욱이 아연은 β -아밀로이드 형성으로 인해 알츠하이머병의 병인과 관련된 것으로 보고되었다.

[0004] 본 발명에서 본 발명자들은 중금속 이온에 대한 화학센서로서 트리페닐아민 유도체를 기반으로 한 염료 발색단을 합성함으로써 본 발명을 고안하게 되었으며, 이들 염료의 금속 이온 검출 특성을 측정함으로써 본 발명을 완성하게 되었다. 이때 금속 이온 검출 수치는 상세하게는 UV-가시광선 흡광 및 형광 발광 측정으로 확인되었으며, 금속 이온 검출 특성 이외에 트리페닐아민 유도체를 기반으로 한 염료 화학센서의 분자 에너지 전위(HOMO 및 LUMO 에너지 수치)도 계산되고 측정되었다.

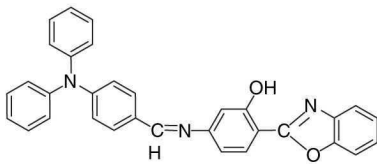
발명의 내용

해결하려는 과제

- [0005] 본 발명의 해결하려는 과제는 중금속 이온에 대한 화학센서로서 트리페닐아민 유도체를 기반으로 한 염료 발색단을 합성코자 한 것이다. 또한 이들 염료의 금속 이온 검출 특성을 측정하고 이때 금속 이온 검출 수치는 UV-가시광선 흡광 및 형광 발광 측정으로 확인하고 금속 이온 검출 특성 이외에 트리페닐아민 유도체를 기반으로 한 염료 화학센서의 분자 에너지 전위(HOMO 및 LUMO 에너지 수치)도 측정코자 한 것이다.

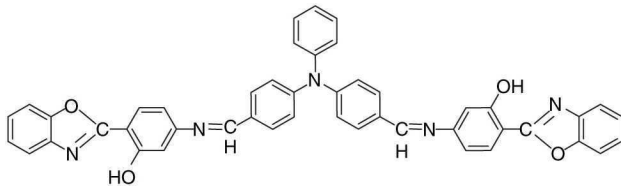
과제의 해결 수단

- [0006] 본 발명의 목적은 트리페닐아민 모노알데하이드에 벤즈옥사졸계 화합물을 반응시켜 제조된 하기 화학식으로 표시되는 중금속 검출용 염료 화합물 A를 제공하는 것이다.



[0007] 염료 A

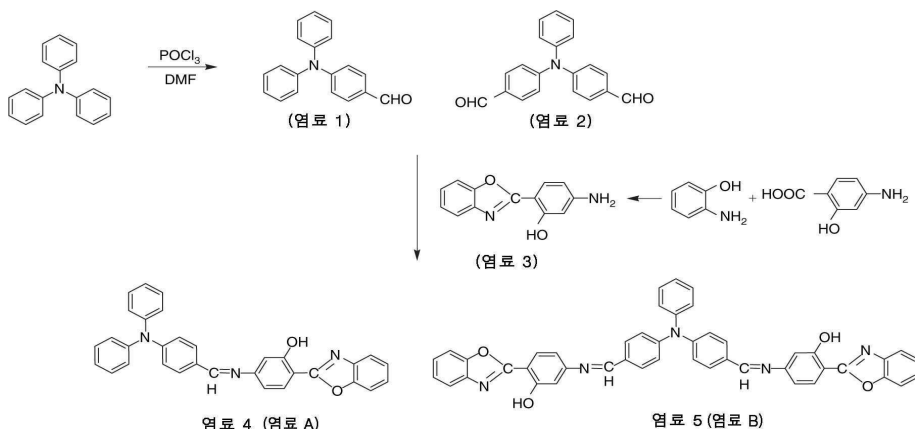
- [0008] 본 발명의 목적은 트리페닐아민 디알데하이드에 벤즈옥사졸계 화합물 2당량을 반응시켜 제조된 하기 화학식으로 표시되는 중금속 검출용 염료 화합물 B를 제공하는 것이다.



[0009] 염료 B

- [0010] 본 발명의 또다른 목적은

- [0011] i) 트리페닐아민을 출발물질로 하여 트리페닐아민 모노알데하이드(염료 1)와 트리페닐아민 디알데하이드(염료 2)를 합성하는 단계;
- [0012] ii) 상기 1 당량의 염료 1에 벤즈옥사졸계 화합물(염료 3)을 1 당량 반응시켜 염료 화합물 A를 합성하는 단계; 또는
- [0013] iii) 상기 1 당량의 염료 2에 벤즈옥사졸계 화합물(염료 3)을 2 당량 반응시켜 염료 화합물 B를 합성하는 단계;로 구성된 염료 화합물 A 및 염료 화합물 B의 제조 방법을 제공하는 것이다.



[0014]

[0015]

한편 상기 염료 화합물 A와 염료 화합물 B는 수은 +2가 이온, 구리 +2가 이온, 아연 +2가 이온과 결합하여 염료 금속 복합체를 형성함을 특징으로 한다.

[0016]

또한 상기 염료 화합물 A는 용액 내 수은 +2가 이온 증가에 따라 320nm 근방에서 증가된 흡광 스펙트럼, 400nm 근방에서 감소된 흡광 스펙트럼 및 500nm 근방에서 감소된 발광 스펙트럼을 나타냄을 특징으로 한다.

[0017]

또한 상기 염료 화합물 B는 용액 내 수은 +2가 이온 증가에 따라 320nm 근방에서 증가된 흡광 스펙트럼, 400nm 근방에서 감소된 흡광 스펙트럼 및 500nm 근방에서 증가된 발광 스펙트럼을 나타냄을 특징으로 한다.

[0018]

본 발명의 또 다른 목적은 상기 염료 화합물 A 또는 상기 염료 화합물 B를 활성 성분으로 포함하는 수은 +2가 이온, 구리 +2가 이온 또는 아연 +2가 이온 검출용 염료 센서를 제공하는 것이다.

발명의 효과

[0019]

본 발명의 효과는 중금속 이온에 대한 화학센서로서 트리페닐아민 유도체를 기반으로 한 염료 발색단을 제공하는 것이다. 또한 이들 염료의 금속 이온 검출 특성을 측정하고 이때 금속 이온 검출 수치는 UV-가시광선 흡광 및 형광 발광 측정으로 확인하고 금속 이온 검출 특성 이외에 트리페닐아민 유도체를 기반으로 한 염료 화학센서의 분자 에너지 전위(HOMO 및 LUMO 에너지 수치)도 제공할 수 있는 것이다.

도면의 간단한 설명

[0020]

도 1(a)는 2가 금속 이온(Zn^{2+} , Hg^{2+} 및 Cu^{2+}) 첨가시 염료 4(염료 A)(1.0×10^{-4} M, 클로로포름)의 흡광 스펙트럼을 나타내고 도 1(b)는 Hg^{2+} 로 선택적으로 적정된 염료 4(염료 A)의 흡광 스펙트럼을 나타낸 것이다.

도 2(a)는 2가 금속 이온(Zn^{2+} , Hg^{2+} 및 Cu^{2+}) 첨가시 염료 5(염료 B)(1.0×10^{-4} M, 클로로포름)의 흡광 스펙트럼을 나타내고, 도 2(b)는 Hg^{2+} 로 선택적으로 적정된 염료 4(염료 A)의 흡광 스펙트럼을 나타낸 것이다.

도 3은 Hg^{2+} 로 적정된 염료 4(염료 A) 및 염료 5(염료 B)(1.0×10^{-4} M, 클로로포름)의 형광 발광 스펙트럼을 나타낸 것이다.

도 4는 Hg^{2+} 첨가에 대한 Job 방법을 나타낸 것이다: 염료 4 복합체(a) 및 염료 5 복합체(b)이다.

도 5는 염료 4(염료 A), 5(염료 B)의 기하학 최적화 및 HOMO 및 LUMO 에너지 수치를 나타낸 것이다.

도 6은 아세토니트릴(0.05 M TBAPF6, Ag/Ag⁺ 기준 전극 및 스캔 속도 100 mV/s) 내 염료 4(염료 A)(a) 및 5(염료 B)(b)의 순환 전압전류법 도표이다.

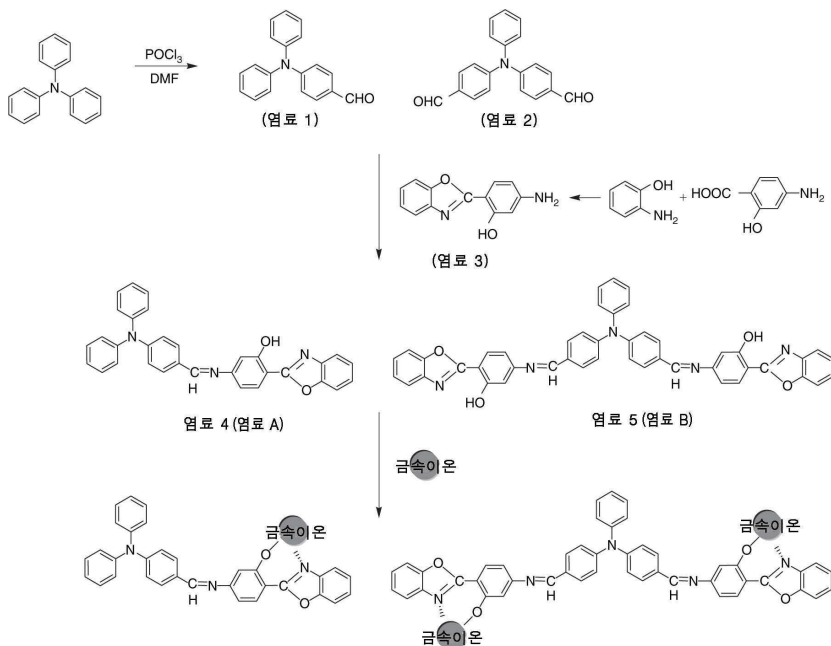
발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0021] 본 발명자들은 트리페닐아민계 신규한 염료 센서를 고안 합성하고, 상기 염료 센서의 중금속 이온에 대한 우수한 선택성 및 감수성을 지닌 검출 기능을 측정하였다. 중금속 이온에 대한 복합체 전위는 UV-가시광선 분광광도계 및 분광형광측정기를 이용하여 광학 특성 측정에 의해 특성 부여되었다. 더욱이 고안된 염료 센서의 분자 에너지 수치도 Perdew-Wang(PWC) 세트 및 순환 전압전류법을 기반으로한 국소 밀도 근사치(local density approximation, LDA)의 교환 보정 함수로 밀도 함수 이론(DFT)에 의해 컴퓨터로 최적화되고 계산되었다.

[0022] 이하 본 발명을 더욱 상세히 설명한다.

[0023] 본 발명에서 트리페닐아민 알데하이드(염료 1) 및 트리페닐아민 디알데하이드(염료 2)를 출발물질로 하여 벤즈 옥사졸계 중간물질인 염료 3과 반응시켜 목적 염료물질 염료 A(염료 4) 및 염료 B(염료 5)를 합성하였다.

[0024] 하기 반응식은 상기 염료 A 및 염료 B의 합성경로를 나타낸 것이다.



[0025]

[0026] 상기한 방법으로 합성된 염료 A 및 염료 B는 금속 이온과 결합하여 새로운 금속 이온 복합체를 형성하며 이와 같이 형성된 금속이온 복합체는 염료의 흡광 및 발광 스펙트럼의 변화를 야기시킨다.

[0027] 중금속(Hg²⁺, Cu²⁺ 및 Zn²⁺)에 대한 고안된 염료 4(염료 A) 및 5(염료 B)의 감지 기능을 모니터링하기 위해 흡광 및 형광 발광 스펙트럼이 측정되었다.

[0028] 클로로포름 내 3개 금속 이온을 지닌 염료 A 및 염료 B의 흡광 스펙트럼은 각각 도 1 및 2에 나타나 있다. 3개 금속에 대한 염료 A 및 염료 B의 검출 특성은 특히 Hg²⁺ 이온에 대해 선택적 기능을 나타내었다.

[0029] 염료 A 및 염료 B의 광학 특성은 Hg^{2+} 농도 증가에 따라 320 nm 근방에서 증가된 작용 및 400 nm 근방에서 감소된 작용을 나타내었다. 350 nm에서 등흡광점이 명백하게 관찰되었다. 이러한 감지 작용은 금속 결합 반응에 의해 발생되었다.

[0030] 도 3은 Hg^{2+} 이온 첨가시 염료 A 및 염료 B의 형광 스펙트럼을 나타내었다. 염료 A에 Hg^{2+} 이온 첨가시 500 nm에서 최대 발광 밴드는 Hg^{2+} 농도 증가에 따라 감소되었다. 그러나 염료 B의 경우 500 nm에서 최대 발광 밴드는 Hg^{2+} 농도 증가에 따라 증가되었다. 이러한 광학 변화 작용은 MLCT 즉 "금속에서 리간드로의 전하 이동"에 의해 설명되었다. 금속 결합 반응이 발생한 경우 명백한 광학 발광 특성이 변화됨을 나타낸다. 이들 감지 특성은 육안으로 금속 이온 검출 특성을 측정하는 용이한 방법을 제공한다.

[0031] Job 방법은 주-객 상호작용의 복합 조성물을 측정하는데 널리 이용된다. 최대 흡광 피크 대비 금속 이온의 몰 분획의 관계는 도 4에 나타나 있다. 염료 4(염료 A) 및 5(염료 B)의 결과로부터 몰 분획은 50% 및 65%에 근접한 것으로 나타났다. 이러한 발견은 Hg^{2+} 이온 첨가시 각각 1:1 및 1:2 결합 복합체를 형성함을 확인시켰다.

[0032] 염료 센서 4(염료 A) 및 5(염료 B)의 분자 기하학 구조의 최적화 및 분자 에너지 전위는 Materials studio 4.2를 이용한 PWC 세트를 기반으로 한 LDA의 교환 보정 함수로 DFT로 컴퓨터로 계산되었다.

[0033] 도 5는 염료 센서 4(염료 A) 및 5(염료 B)의 전자 밀도가 HOMO 상태에서 트리페닐아민 모이어티 내에 분포되고 여기 후 LUMO 상태에서 벤즈옥사졸 모이어티 내에 위치함을 나타낸다. 이러한 발견으로부터 HOMO 및 LUMO 에너지 수치는 -4.61 eV 및 -2.51 eV(염료 센서 4) 및 -4.74 eV 및 -2.82 eV(염료 센서 5)에 의해 계산되었다. 이들 염료의 순환 전압전류 측정은 통상의 3-전극 시스템을 이용하여 수행되었다. 산화 및 환원 전위 수치도 HOMO 및 LUMO 에너지 수치 전위를 측정하는데 사용되었다.

[0034] 도 6은 각각 염료 센서 4(염료 A) 및 5(염료 B)의 산화환원 전위 특성을 나타낸다. 산화환원 전위로부터 염료 센서의 HOMO 및 LUMO 에너지 수치가 측정되고 비교되었다(표 1).

표 1

염료 4 및 5의 HOMO/LUMO 수치

염료 센서	컴퓨터 계산			순환 전압전류도로 측정		
	HOMO	LUMO	ΔE	HOMO	LUMO	ΔE
4(염료 A)	-4.61	-2.51	2.1	-4.88	-2.58	2.3
5(염료 B)	-4.74	-2.82	1.92	-4.98	-2.78	2.2

[0035]

[0036] HOMO 및 LUMO 에너지 수치는 하기 식을 이용하여 계산되었다:

[0037] HOMO 또는 LUMO (eV) = -4.8 - ($E_{\text{피크 전위}}$ - $E_{1/2\text{페로센}}$)

[0038] $E_{\text{피크 전위}}$ 및 $E_{1/2\text{페로센}}$ 은 최대, 최소 피크 전위 및 페로센(Ferrocene)의 반파 전위임.

[0039] 본 발명에서 본 발명자들은 트리페닐아민을 기반으로 한 신규한 염료 화학센서 4(염료 A) 및 5(염료 B)를 개발

하였다. 상기 염료 화학센서는 Hg^{2+} 에 대한 흡광 및 형광 발광 강도의 선택적 특성을 나타내었다. 염료 4(염료 A) 및 5(염료 B)의 안정한 결합 기능은 Hg^{2+} 과 1:1 및 1:2 복합체를 형성하였고, 이는 Job 방법에 의해 측정되었다. 분자 에너지 수치는 컴퓨터 최적화 및 순환 전압전류법을 이용하여 계산되었다. 합성된 염료 센서 4(염료 A) 및 5(염료 B)는 화학, 환경 및 생물학적 시스템 내에서 Hg^{2+} 이온에 대한 선택적인 우수한 화학센서로서 이용될 수 있다.

[0040] 이하 실시예를 통해 본 발명을 더욱 상세히 설명한다. 그러나 이러한 실시예들로 본 발명의 범위를 한정하는 것은 아니다.

[0041] 재료 및 측정

[0042] 트리페닐아민계 염료 화학센서의 합성에 사용된 모든 시약 및 용매는 Aldrich에서 구입하였고 추가 정제 없이 사용되었다. 이들 염료의 분광 특성 및 형광 특성은 각각 Agilent 8453 UV-가시광선 분광광도계 및 Shimadzu RF-5301 분광형광측정기를 이용하여 조사되고 측정되었다. ^1H NMR 스펙트럼 및 원소 분석은 각각 400 MHz NMR에서 작동하는 JNMAL400 분광계 및 Carlo Erba Model 1106 분석기로 기록되었다. 이들 염료의 전기화학적 특성은 작업 전극으로 작용하는 백금선, 기준 전극으로 작용하는 Ag/Ag^+ 및 상대 전극으로 작용하는 탄소를 이용한 VersaSTAT3로 조사되었다. 스캔 속도는 100 mV/s이었다. 최적화 기하학 구조 및 분자 에너지 전위는 Materials studio 4.2로 계산되었다.

[0043] (제조실시예 1) 출발 물질 염료 1 및 염료 2의 합성

[0044] 4 g(16.3 mmol) 트리페닐아민과 8 ml N,N-디메틸포름아마이드, 7.6 ml의 혼합물에 옥시염화인이 0℃에서 첨가된 후 상기 혼합물은 45℃에서 2시간 동안(염료 1) 및 95℃에서 4시간 동안(염료 2) 역류되었다. 반응은 실온으로 냉각되었고 혼합물은 150 ml 빙수 내에서 냉각되었다. 형성된 침전 용액은 4 M 수산화나트륨 용액을 이용하여 중성 pH 조건으로 적정되었다. 고형은 여과되고 헥산/에틸아세테이트로의 용출에 의해 컬럼 크로마토그래피에 의해 정제되었다. 염료 1, 수율: 61.07% (2.72 g); $\text{C}_{19}\text{H}_{15}\text{NO}$ 에 대한 분석 계산: C, 83.49; H, 5.532; N, 5.12. 확인: C, 83.42; H, 5.50; N, 4.995. ^1H NMR (400 MHz, CDCl_3): δ 7.06 (d, 2H), 7.19–7.25 (m, 6H), 7.38 (t, 4H), 7.7.2 (d, 2H), 9.85 (s, 1H). 염료 2, 수율: 68.27% (2.52 g); $\text{C}_{20}\text{H}_{15}\text{NO}_2$ 에 대한 분석 계산: C, 79.72; H, 5.02; N, 4.65. 확인: C, 79.65; H, 5.07; N, 4.65. ^1H NMR (400 MHz, CDCl_3): δ 7.19 (m, 6H), 7.40 (t, 2H), 7.76–7.78 (d, 4H), 9.89 (s, 2H).

[0045] (제조실시예 2) 반응 물질 염료 3의 합성

[0046] 신호 유닛 염료 3은 *p*-아미노살리실산 0.998 g(6.52 mmol)과 *o*-아미노페놀 0.711 g(6.52 mmol)을 축합시킴으로서 제조되었다. 20 g의 폴리인산이 첨가되고 일정한 교반으로 200℃에서 가열되었다. 3시간 후 반응은 빙수 내에서 냉각되었고 24시간 동안 교반되었다. 형성된 침전 용액은 1% 탄산나트륨 용액을 이용하여 중성 pH 조건으로 적정되었다. 3시간 후 혼합물은 증류수로 수차례 여과되고 40℃ 오븐에서 건조되었다. 염료 3, 수율: 23.03% (0.34 g); $\text{C}_{13}\text{H}_{10}\text{N}_2\text{O}_2$ 에 대한 분석 계산: C, 69.02; H, 4.46; N, 12.38: 확인: C, 69.16; H, 4.16; N, 12.81. ^1H NMR (400 MHz, CDCl_3): δ 4.00 (s, 2H), 6.24 (d, 1H), 6.28 (d, 1H), 7.18–7.32 (m, 2H), 7.42–7.50 (m, 1H), 7.52–7.62 (m, 1H), 7.30 (d, 1H), 11.47 (s, 1H).

[0047] (제조실시예 3) 본 발명의 염료 A 및 염료 B의 합성

[0048] 다음 단계 합성을 위해 화학센서 염료 4(염료 A) 및 5(염료 B)는 제조된 중간물질 2 및 3으로부터 수득되었다. 0.045 g 및 0.090 g(0.2 mmol, 0.4 mmol)의 염료 1이 각각 염료 2 및 3(0.2 mmol, 0.054 g, 0.06 g)과 혼합되었다. 반응 혼합물은 15 ml의 벤젠 내에 용해되었다. 5~6방울의 피페리딘이 반응 동안 한 방울씩 첨가된 후 48 시간 동안 역류되었다. 반응 생성물은 벤젠을 이용하여 여과되고 건조되었다.

[0049] 염료 4(염료 A), 수율: 53.37% (0.052 g); $C_{32}H_{23}N_3O_2$ 에 대한 분석 계산: C, 79.81; H, 4.81; N, 8.73. 확인: C, 79.26; H, 4.56; N, 8.25. 1H NMR (400 MHz, DMSO- d_6): δ 6.07 (s, 4H), 6.26-6.29 (m, 2H), 6.86-6.88 (m, 2H), 7.07-7.19 (m, 1H), 7.32-7.33 (m, 5H), 7.69-7.70 (m, 7H), 9.75 (s, 1H).

[0050] 염료 5(염료 B), 수율: 35.81% (0.052 g); $C_{46}H_{31}N_5O_4$ 에 대한 분석 계산: C, 76.97; H, 4.35; N, 9.76. 확인: C, 76.94; H, 4.70; N, 10.31. 1H NMR (400 MHz, $CDCl_3$): δ 6.29-6.34 (t, 4H), 6.29 (s, 4H), 7.52-7.54 (d, 1H), 7.60-7.64 (m, 4H), 7.71-7.78 (m, 8H), 7.86 (s, 2H), 8.03-8.05 (d, 2H), 8.43 (s, 2H), 9.87-9.89 (d, 2H), 11.58 (s, 2H).

[0051] (실시예 1) 흡광 및 형광 측정

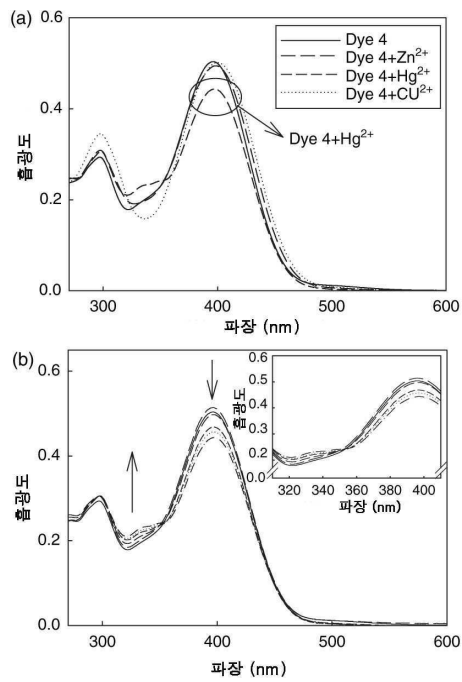
[0052] UV-vis 흡광 및 형광 스펙트럼은 3 ml 염료 용액(1.0×10^{-4} M) 내 0 내지 2 개의 상이한 금속 이온(Hg^{2+} , Cu^{2+} 및 Zn^{2+})의 첨가에 의해 수행되었다.

[0053] (실시예 2) 금속 복합체의 조성

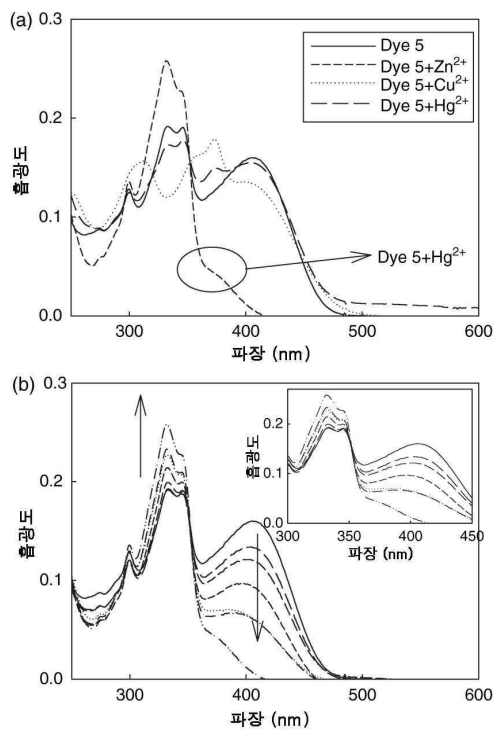
[0054] 염료 4(염료 A), 5(염료 B) 및 Hg^{2+} 이온 용액이 총 농도 1.0×10^{-4} M을 이용하여 상이한 부피 비율(1:9, 2:8, 3:7, 4:6, 5:5, 6:4, 7:3, 8:2, 9:1, 10:0)로 혼합되었다. 혼합 용액은 분광광도계를 이용하여 최대 흡광 수치로 특성 부여되었다.

도면

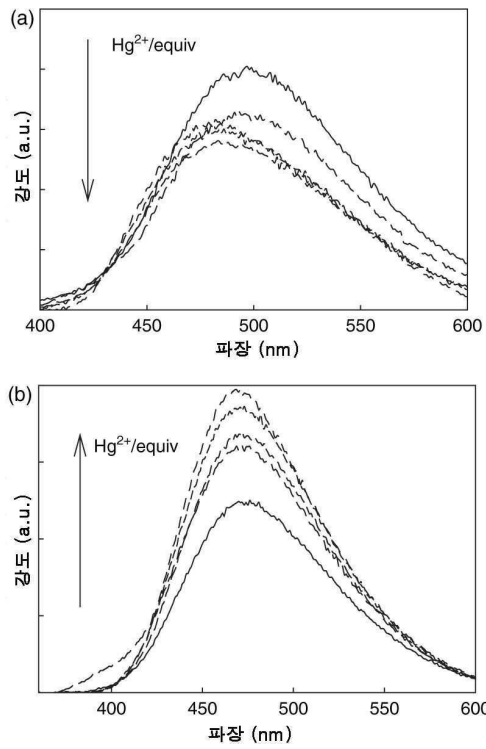
도면1



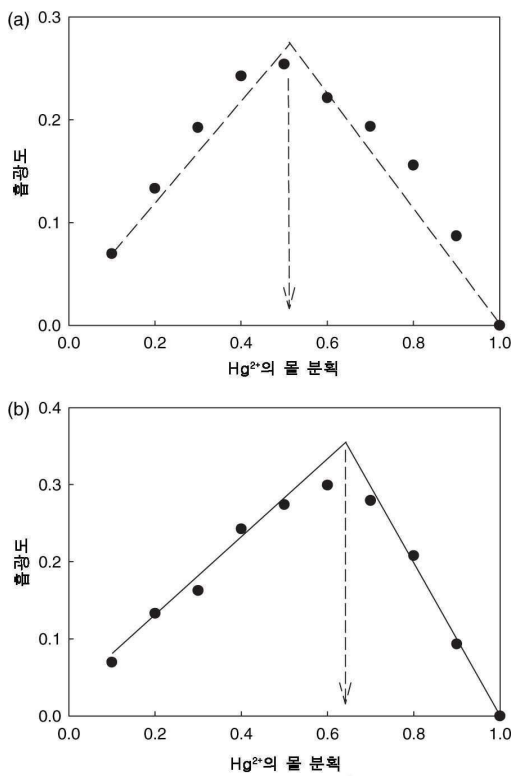
도면2



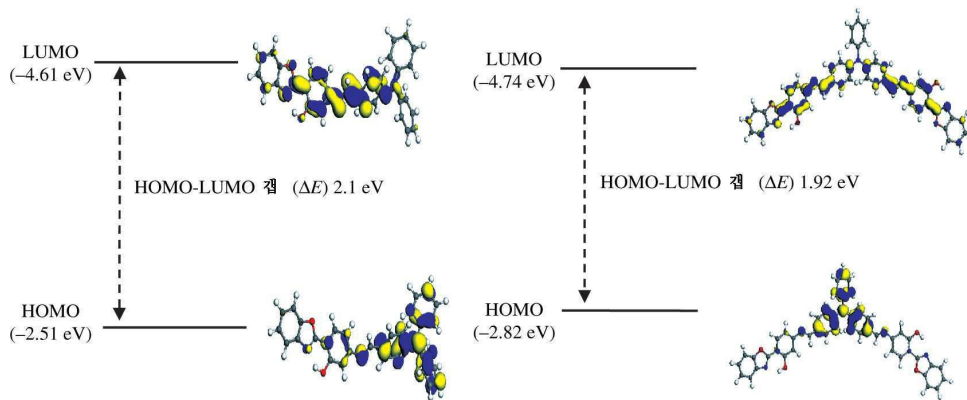
도면3



도면4



도면5



도면6

