

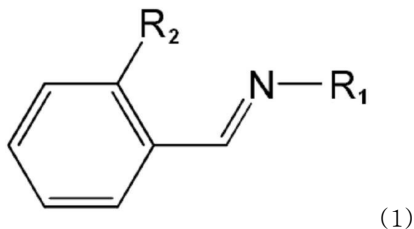
	(19) 대한민국특허청(KR) (12) 공개특허공보(A)	(11) 공개번호 10-2012-0057689 (43) 공개일자 2012년06월07일
(51) 국제특허분류(Int. Cl.) G01N 31/22 (2006.01) C07C 251/24 (2006.01) C07C 249/00 (2006.01) C07D 311/06 (2006.01)		(71) 출원인 고려대학교 산학협력단 서울 성북구 안암동5가 1
(21) 출원번호 10-2010-0077097		(72) 발명자 김중승 경기도 성남시 분당구 내정로 186, 롯데아파트 130-2402 (수내동, 파크타운)
(22) 출원일자 2010년08월11일 심사청구일자 2010년08월11일		(74) 대리인 특허법인충현

전체 청구항 수 : 총 9 항

(54) 발명의 명칭 디에틸 클로로포스페이트 (DCP) 에 대해 선택성을 갖는 신경가스 검출용 화합물 및 이를 이용한 화학센서

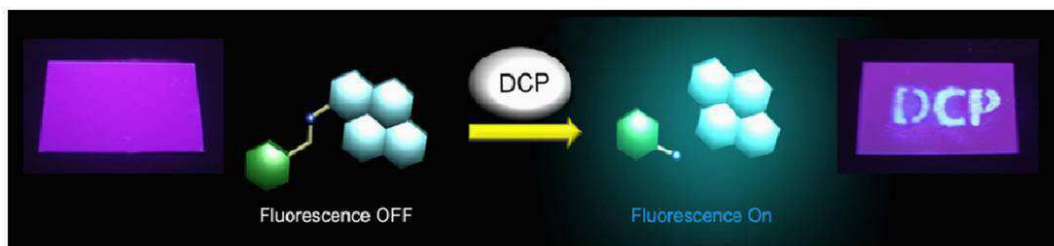
(57) 요약

본 발명은 화학센서에 관한 것으로서, 디에틸 클로로포스페이트(DCP)에 대해 선택성을 갖는 하기 화학식 (1)로 표시되는 화합물을 이용하여 신경가스를 검출하는 화학센서 및 검출방법에 관한 것이며, 이에 따라 신속하고 효과적으로 디에틸 클로로포스페이트(DCP)와 유사한 신경가스를 검출할 수 있다.



상기 식에서, R1은 치환 또는 비치환된 파이렌이거나 치환 또는 비치환된 쿠마린 중에서 선택되며, R2는 수소 또는 하이드록시기 중에서 선택된다.

대표도 - 도1

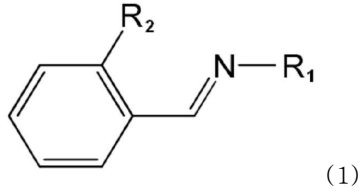


이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 20100000728
부처명 한국연구재단
연구사업명 리더연구자지원_창의연구
연구과제명 발광센서 재료 연구단
주관기관 고려대학교 산학협력단
연구기간 2010.03.01 ~ 2011.02.28

특허청구의 범위

청구항 1

디에틸 클로로포스페이트(DCP)에 대해 선택성을 갖는 하기 화학식 (1)로 표시되는 신경가스 검출용 화합물:



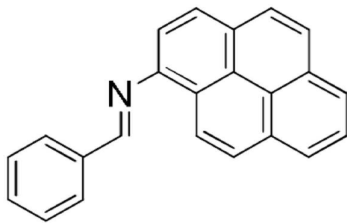
상기 식에서,

R₁은 치환 또는 비치환된 파이렌이거나 치환 또는 비치환된 쿠마린 중에서 선택되며, R₂는 수소 또는 하이드록시기 중에서 선택된다.

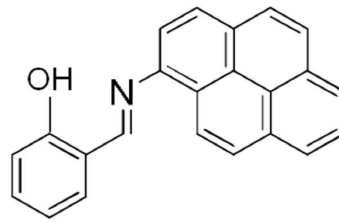
청구항 2

제1항에 있어서,

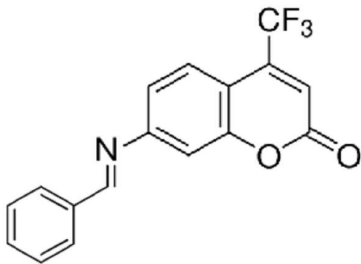
하기 화학식 1-(1) 내지 1-(3) 중에서 선택된 것을 특징으로 하는 신경가스 검출용 화합물:



1-(1)



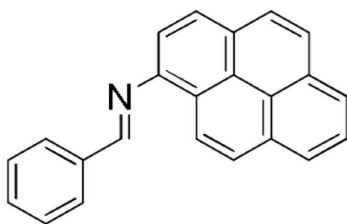
1-(2)



1-(3)

청구항 3

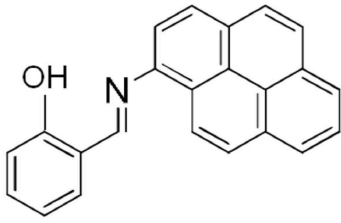
벤즈알데히드와 1-아미노파이렌의 이민화 반응을 통해 하기 화학식 (2)의 신경가스 검출용 화합물을 제조하는 방법:



1-(1)

청구항 4

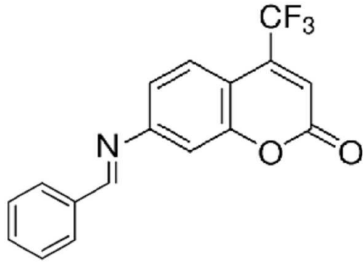
살리실알데히드와 1-아미노파이렌의 이민화 반응을 통해 하기 화학식 1-(2)의 신경가스 검출용 화합물을 제조하는 방법:



1-(2)

청구항 5

벤즈알데히드와 7-아미노-4-(트리플루오로메틸)쿠마린의 반응을 통해 하기 화학식 1-(3)의 신경가스 검출용 화합물을 제조하는 방법:



1-(3)

청구항 6

디에틸 클로로포스페이트(DCP)에 대해 선택성을 갖는 제1항에 따른 화학식 (1)의 화합물을 이용하여 신경가스를 검출하는 화학센서.

청구항 7

제6항에 따른 화학센서를 이용하여 신경가스를 선택적으로 검출하는 방법.

청구항 8

제7항에 있어서,

형광 또는 UV/Vis 스펙트럼 변화에 따라 신경가스를 검출하는 방법.

청구항 9

제8항에 있어서,

수용액 또는 수증기 상태에서 수행되는 것을 특징으로 하는 신경가스를 검출하는 방법.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 신경가스 검출용 화학센서 및 그 제조 방법에 관한 것으로서, 보다 구체적으로는 디에틸 클로로포스페이트(DCP)에 대해 선택성을 갖는 신경가스 검출용 화합물 및 이를 이용한 화학센서, 그 검출 방법에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 현대 화학전에 사용되는 물질은 크게 두 가지로 나뉜다. 하나는 신경 가스, 미란성 독가스, 질식가스, 혈액 독가스 등의 살상 가스이고, 다른 하나는 비살상 가스이다.

[0003] 이 중에서, 인을 함유하는 유기화합물(유기인산화합물)류인 신경가스는 인체 장기로서의 신경 전달 메시지에 의한 메커니즘을 방해하는데, 동물과 인체에 매우 빠르고 심각한 영향을 주기 때문에 최근 광범위하게 연구되고 있다.

[0004] 지금까지 신경 가스를 검출하는 여러 방법은 포텐시오메트릭(potentiometric) 방법, 칼리메트릭(colorimetric), 표면 음파 스펙트로스코피(surface acoustic wave spectroscopy), 가스 크로마토그래피/매스 스펙트로스코피(gas chromatography/mass spectrometry) 및 인터페로메트리(interferometry) 등에 기초하여 개발되어왔다.

[0005] 그러나 이러한 시스템들은 느린 반응성, 제한된 선택성, 낮은 감도, 작동의 복잡성, 비휴대성, 실시간 모니터링의 어려움 또는 검출 오류 등 많은 한계를 가지고 있어, 신경 가스를 간단하고 효과적으로 검출하는 새로운 방법이 요구되고 있다.

[0006] 한편 신경 가스의 치명성 때문에, 디에틸 클로로포스페이트(DCP)는 사린(Sarin), 소맨(Soman) 및 타분(Tabun)과 같은 진짜 신경제의 반응성과 유사한 반응성을 보여주면서도 안전한 유사물질로서 실험실에서 널리 사용되고 있다(도 1). 그런데 DCP는 수 분내에 물에서 해리되기 때문에, DCP에 대해서 보고된 수많은 센서는 오직 유기매질에서만 실험되어 그 후속 응용에 있어 상당한 제한을 가지고 있었다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 본 발명의 첫 번째 과제는 디에틸 클로로포스페이트(DCP)에 대해 선택성을 갖는 신경가스 검출용 화합물을 제공하는 것이다.

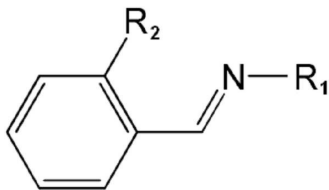
[0008] 본 발명의 두 번째 과제는 디에틸 클로로포스페이트(DCP)에 대해 선택성을 갖는 신경가스 검출용 화합물의 제조 방법을 제공하는 것이다.

[0009] 본 발명의 세 번째 과제는 디에틸 클로로포스페이트(DCP)에 대해 선택성을 갖는 화합물을 이용한 신경가스 검출용 화학센서를 제공하는 것이다.

[0010] 본 발명의 네 번째 과제는 상기 화학센서를 이용하여 신경가스를 검출하는 방법을 제공하는 것이다.

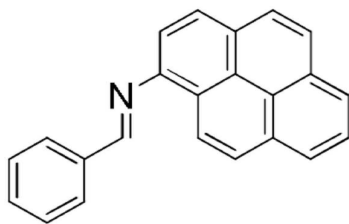
과제의 해결 수단

[0011] 본 발명은 첫 번째 과제를 해결하기 위하여, 디에틸 클로로포스페이트(DCP)에 대해 선택성을 가지며, 하기 화학식 (1)로 표시되는 신경가스 검출용 화합물을 제공한다.

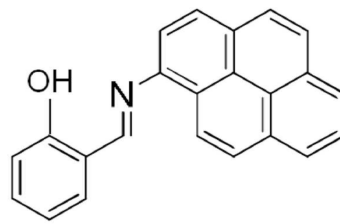


(1)

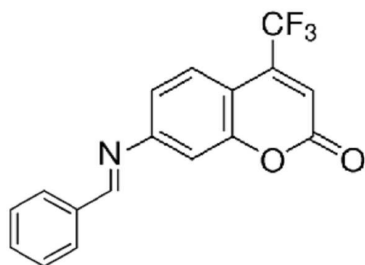
[0013] 상기 식에서, R1은 치환 또는 비치환된 파이렌이거나 치환 또는 비치환된 쿠마린 중에서 선택되며, R2는 수소 또는 하이드록시기 중에서 선택된다. 예를 들어, 디에틸 클로로포스페이트(DCP)에 대해 선택성을 갖는 신경가스 검출용 화합물은 하기 화학식 1-(1) 내지 1-(3) 중에서 선택될 수 있다.



1-(1)



1-(2)



1-(3)

[0015]

[0016]

또한 본 발명은 두 번째 기술적 과제를 해결하기 위하여, 벤즈알데히드와 1-아미노파이렌의 이민화 반응을 통해 화학식 1-(1)의 신경가스 검출용 화합물을 제조하는 방법 및 살리실알데히드와 1-아미노파이렌의 이민화 반응을 통해 화학식 1-(2)의 신경가스 검출용 화합물을 제조하는 방법을 제공한다. 또한 벤즈알데히드와 7-아미노-4-(트리플루오로메틸)쿠마린의 반응을 통해 화학식 1-(3)의 신경가스 검출용 화합물을 제조하는 방법을 제공한다.

[0017]

또한 본 발명은 세 번째 기술적 과제를 해결하기 위하여, 디에틸 클로로포스페이트 (DCP)에 대해 선택성을 갖는 화학식 (1)의 화합물을 이용하여 신경가스를 검출하는 화학센서를 제공한다.

[0018]

또한 본 발명은 네 번째 기술적 과제를 해결하기 위하여, 디에틸 클로로포스페이트 (DCP)에 대해 선택성을 갖는 화학식 (1)의 화합물을 이용한 화학센서를 이용하여 신경가스를 선택적으로 검출하는 방법을 제공하며, 구체적으로 신경가스 검출은 형광 또는 UV/vis 스펙트럼 변화에 따라 수용액 또는 수증기 상태에서 수행되는 것이 특징이다.

발명의 효과

[0019]

본 발명에 따른 신경가스 검출용 화합물은 디에틸 클로로포스페이트(DCP)에 대해 높은 선택성을 갖는 고감도 화학센서에 이용될 수 있으며, 이에 따라 DCP와 유사한 특성을 갖는 신경가스를 수용액 또는 수증기 상태 모두에 대해 신속하고 효과적으로 간단하게 검출할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0020]

도 1은 본 발명에 따른 모노파이렌-이민 유도체가 DCP에 대해 고감도, 고선택성 “Turn-ON” 형광 프로브로 작동하는 것을 보여주는 모식도이다.

도 2은 신경가스, 반응성 유사체 및 비반응성 유사체의 화학적 구조를 보여주는 도면이다.

도 3a는 H₂O/CH₃CN (5/95, v/v) 중의 DCP, DMMP, PMP, TEP 및 TBP (10 eq)를 첨가할 때, 화학식 1(20.0 μM)의 UV/Vis 스펙트럼 그래프이고, 도 3b는 H₂O/CH₃CN (5/95, v/v) 중의 DCP(0- 100 eq)를 조금씩 첨가하면서 측정된 화학식 1(20.0 μM)의 UV/Vis 스펙트럼 그래프이다.

도 4a는 H₂O/CH₃CN(5/95, v/v) 중의 DCP, DMMP, PMP, TEP 및 TBP(10 eq)를 첨가할 때 화학식 1(3.0 μM)의 형광 스펙트럼이고, 도 4b는 H₂O/CH₃CN(5/95, v/v) 중의 DCP(0- 100eq)를 조금씩 첨가하면서 측정된 화학식 1(3.0 μM)의 형광 스펙트럼 그래프이다.

도 5는 HEPES Buffer/CH₃CN (5/95, v/v) 중의 DCP, DMMP, PMP, TEP 및 TBP (10 eq) 첨가에 따른 화학식 1(3.0 μM)의 형광 스펙트럼을 보여준다.

도 6은 PBS Buffer/CH₃CN (5/95, v/v) 중의 DCP, DMMP, PMP, TEP 및 TBP (10 eq) 첨가에 따른 화학식 1(3.0 μM)의 형광스펙트럼을 보여준다.

도 7에서 (a)는 물 존재하에 [아미노피렌], [화학식 1?DCP]⁺, [화학식 1?DCP+OH] 및 [화학식 1?DCP+Cl]의 질량 스펙트럼이고, (b) 물이 존재하지 않을 때 [화학식 1?DCP]⁺의 질량 스펙트럼이다.

도 8은 5% 물의 존재/부존재하에 [화학식 1?DCP]의 형광 방출 스펙트럼이다.

도 9는 [1?DCP]와 1-아미노피렌의 형광 방출 스펙트럼이다.

도 10은 PBS Buffer/CH₃CN (5/95, v/v) 중에서 화학식 1+DCP (3.0 μM), 화학식 6 및 화학식 1+DCP+화학식 6의 형광 스펙트럼이다.

도 11에서 (a)는 H₂O/CH₃CN (5/95, v/v) 중에서 DCP, DMMP, PMP, TEP 및 TBP (10 eq)의 첨가에 따른 화학식 2 (20.0 μM)의 UV/Vis 스펙트럼이고,

(b)는 H₂O/CH₃CN (5/95, v/v) 중에서 여러 농도의 DCP 첨가에 따른 화학식 2 (20.0 μM)의 UV/Vis 스펙트럼이다.

도 12는 H₂O/CH₃CN (5/95, v/v) 중에서 DCP, DMMP, PMP, TEP 및 TBP (10 eq)의 첨가에 따른 화학식 3 (3.0 μM)의 형광 방출 변화(I-I₀)를 나타낸다. 360 nm에서 여기시킴, I₀: free 화학식 3의 형광 방출 강도, I: 화학식 3의 신경가스유사체의 형광 방출 강도. (+)와 (-)는 각각 형광 감소 및 증가를 나타낸다.

도 13은 DCP의 존재 또는 부존재하의 화학식 1의 박막 필름의 형광 이미지이다(365nm 수동 UV 램프로 유리 기판 위의 고분자 필름을 조사했음).

도 14는 습한 대기 중에서 DCP를 확산시키는 경우에 있어서, 매3초마다 기록된 화학식 1을 포함하는 박막 필름의 형광 스펙트럼이다.

도 15와 16은 습한 대기/PBS 대기 중에서 습한 대기와 DCP 증기 사이의 순환에 대한 화학식 1의 가역성을 나타낸다.

도 17은 화학식 1-(1)의 ¹H NMR (CDCl₃, 300 MHz) 그래프이다.

도 18은 화학식 1-(2)의 ¹H NMR (CDCl₃, 400 MHz) 그래프이다.

도 19은 화학식 1-(3)의 ¹³C NMR (CDCl₃, 100 MHz) 그래프이다.

도 20은 화학식 6의 ¹H NMR (CDCl₃, 400 MHz) 그래프이다.

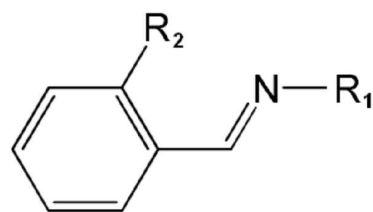
발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0021]

이하 본 발명을 보다 구체적으로 설명한다.

[0022]

본 발명자는 DCP(diethyl chlorophosphate)에 대해서 수용액 상태나 수증기 상태 모두에서 형광 및 색상에 있어 선택적인 반응성을 나타내는 매우 선택적이고 감도가 높은 하기 화학식 1의 이미노-유도체를 디자인하여 합성했다.



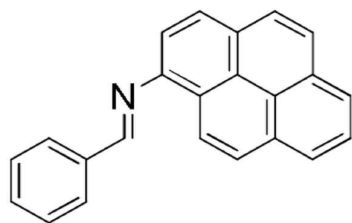
[0023]

상기 식에서, R₁은 치환 또는 비치환된 파이렌이거나 치환 또는 비치환된 쿠마린 중에서 선택되며, R₂는 수소 또는 하이드록시기 중에서 선택된다.

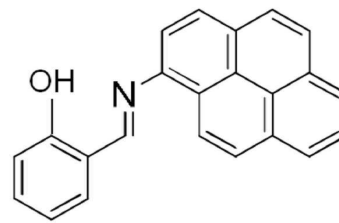
[0024]

합성예: 화학식 1-(1) 내지 화학식 1-(3)의 화합물 합성

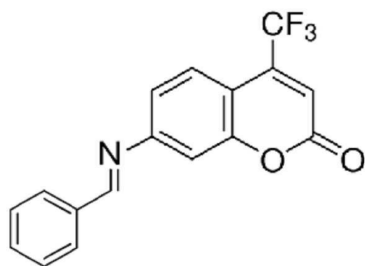
[0025]



1-(1)



1-(2)



1-(3)

화학식 1-(1) 및 1-(2)의 화합물은 에탄올 중에서 각각 벤즈알데히드 또는 살리실알데히드와 1-아미노파이렌의 이민화반응에 의해 합성했으며, 화학식 1-(3)은 벤즈알데히드(443 μ l, 4.37 mmol)와 7-아미노-4-(트리플루오로메틸)쿠마린 (1 g, 4.37 mmol) 을 고온 에탄올에서 2시간 동안 반응시켜 황색 오일을 58% 수율로 얻었다. 도 17은 화학식 1-(1)의 ^1H NMR (CDCl_3 , 300 MHz) 그래프이고, 도 18은 화학식 1-(2)의 ^1H NMR (CDCl_3 , 400 MHz) 그래프이며, 도 19은 화학식 1-(3)의 ^{13}C NMR (CDCl_3 , 100 MHz) 그래프이다.

한편, 화학식 1-(3)의 IR (KBr pellet, cm^{-1}): 1698, 1616, 603; ^1H NMR(CDCl_3 , 300 MHz) δ 6.74 (s, 1H), 7.16 (s, 1H), 7.20 (d, 1H), 7.48-7.56 (m, 3H), 7.72 (d, J = 9.3Hz, 1H), 7.91 (d, 2H), 8.44 (s, 1H). ^{13}C NMR (CDCl_3 , 100 MHz) δ 163.1, 160.0, 156.8, 135.5, 132.7, 129.5, 129.2, 126.3, 118.9, 114.6, 112.6, 109.2, 101.3, 29.9 ppm. FAB MS m/z (M^+): calcd, 317.26. Found, 318.20이다.

실시예 1: 흡광 및 형광 스펙트럼 변화 측정

화학식 1-(1)의 흡광 스펙트럼 변화(도 3a)는 디에틸 클로로포스페이트(DCP), 디메틸 메틸포스페이트 (DMMP), 피나콜일메틸포스페이트(PMP), 트리에틸포스페이트 (TEP), 및 트리부틸포스페이트 (TBP)와 같은 여러 분석 물질을 첨가하면서 관찰하였다.

화학식 1-(1)의 프로브는 동일 조건하에서 다른 실험 물질에 대해서는 중요한 변화를 나타내지 않은 반면 UV/Vis 흡광도 측정에 있어서 오직 DCP 존재에 대해서만 382 내지 340 nm 에서 블루 쉬프트 현상을 나타냈다.

도 3b는 DCP(0-100 eq)를 조금씩 첨가하는 적정 실험에 있어서 화학식 1-(1)의 세부 흡광도 변화를 보여준다. 이에 따르면 흡광 밴드는 382 nm에서 감소되고, 340 nm에서 새로운 블루 쉬프트 밴드(42 nm)가 형성되었다.

또한 382 nm에서의 강한 흡광도는 알드하임 유닛과 파이렌 코어 사이의 강한 전자 커플링을 나타낸다. 340 nm에서 화학식 1-(1)의 신규 밴드가 형성되는 것은 DCP와의 상호작용에 의해 유발된 분자내 전하 전이 (Intramolecular charge transfer (ICT)) 현상에 의한 것이다.

흥미롭게도, 화학식 1-(1)의 용액에 DCP를 첨가했을 때, 화학식 1-(1)의 형광 강도가 425 nm에서 253배 증가했다. (도 4a 및 4b) 이는 화학식 1-(1)이 다른 신경 가스 유사체에 대해 선택적임을 보여준다.

화학식 1-(1)의 비형광방출은 광여기된 파이렌기로 이민 질소 원자가 광유발성 전자전이(photo-induced electron transfer: PET) 때문인 것으로 추정된다 (non-radiative channel from the n-p* state of the emission of the pyrene groups by the lone pair electrons of the imine nitrogen atom).

이어서, 형광 증진이 일어나는데 이는 화학식 1-(1)과 DCP의 공유결합형성에 의해 PET가 억제되기 때문이다. 첨가된 DCP에 의한 pH 효과를 피하기 위해, 두 개의 다른 버퍼 용액을 물 대신 검출에 사용하였다. 형광 강도

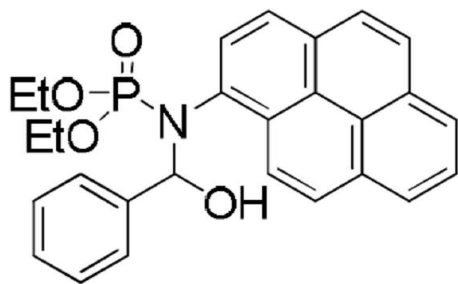
는 약간 감소되었으나 유사한 결과가 나타났다 (도 5 및 6).

[0037] 또한 화학식 1-(1)과 DCP의 확인은 FAB-MS에 의해 이루어졌다. 물의 존재하에 m/z 443.29 [1?DCP]+, 460.26[1?DCP+OH] (화학식 4), 477.28 [1?DCP+Cl](화학식 5) 및 m/z 443.90 [1?DCP+H]에서만 피크가 나타났다. (도 7).

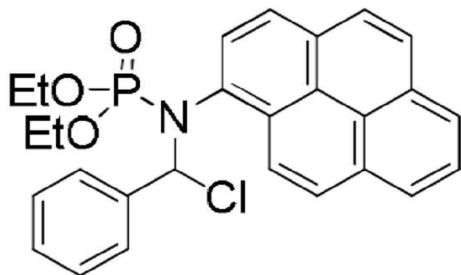
[0038] 화학식 1-(1)과 DCP가 결합된 경우($\Phi = 0.2363$)의 형광양자효율은 CH₃CN 중에서 $\Phi_{\text{anthracene}} = 0.27$ 을 기준으로 하여 계산되었다. 이때 무수 조건에서는 보다 높은 형광 강도를 나타냈으며, 따라서 실제 시스템에 응용될 수 있을 것이다. (도 8)

[0039] 또한 FAB-MS 데이터(도. S3)로부터 본 발명자는 m/z 218.97에서 1-아미노파이렌 피크를 발견했으며, 화학식 1-(1)의 해리 생성물은 또한 강한 형광을 보여주었다. 따라서 이러한 케모도시메트릭 반응에 있어서 형광 방출의 주된 원인을 조사하기 위하여, 본 발명자는 여러 다른 조건하에서 1?DCP와 1-아미노파이렌의 형광강도를 비교했다(도 9).

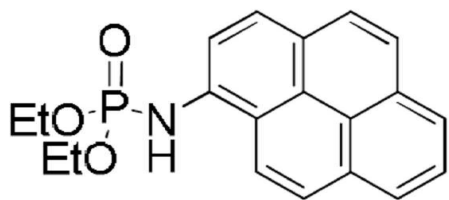
[0040] 동일 농도에서, 화학식 1-(1)과 DCP는 1-아미노파이렌 보다 높은 형광 강도를 보인다. 화학식 1과 DCP의 반응 메커니즘을 분명히 조사하기 위하여, 우리는 레퍼런스로서 화학식 (4)의 가능한 분해 생성물인 파이렌-1-일포스포라미테이트(6)을 합성했다.



(4)



(5)

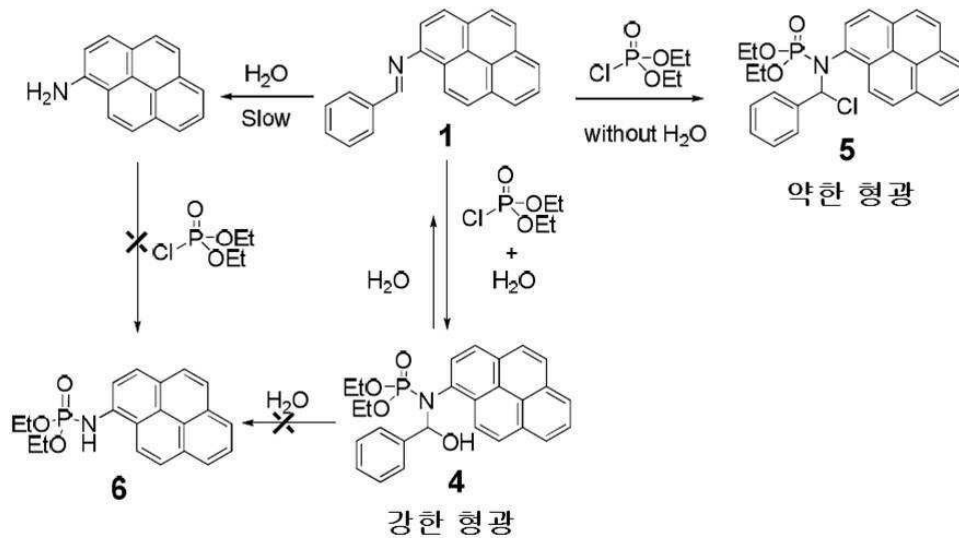


(6)

[0044] 화학식 1-(1)과 DCP와 형광 스펙트럼을 비교해보면, 화학식 1-(1)과 DCP의 반응 혼합물에는 화학식 6이 존재하지 않는데, 이는 용액에서 화학식 4가 안정하다는 것을 의미한다. (도 10)

[0045] 상기 결과로부터, 화학식 1-(1)과 DCP의 반응에 대해 예상되는 반응 메커니즘은 아래에 나타나있다. 비수용성 매질에서, 화학식 1-(1)은 약한 형광성을 나타내는 화학식 5로 전환된다. 반면 수용성 매질에서는 화학식 2은 강한 형광성을 나타내는 화학식 4로 변환된다.

[0046] < 예상되는 반응 메커니즘 >



[0047]

[0048] 화학식 2는 치환기 효과를 조사하기 위해 오르소(o) 위치에 하이드록시기를 갖도록 제조했다. 화학식 2는 여러 유사체 중에서 DCP에 대해 강한 선택성을 보여주지만, 오직 UV/Vis 스펙트럼에서만 변화를 나타낸다(도 11).

[0049] 한편 DCP를 첨가하면, 프로브 1-(1)이 현저한 흡광 블루 쉬프트를 나타내는 반면, 화학식 1-(2)는 흡광 레드 쉬프트를 보여준다. 이것은 화학식 1-(2)와 DCP 사이의 반응이 다른 경로를 갖는다는 것을 암시한다.

[0050] 페놀성 OH기와 알드하이드 질소 사이의 수소결합은 질소의 염기성 성질을 감소시키고, Schiff base가 포스포릴레이트 공격에 덜 노출되도록 한다.

[0051] 따라서, 화학식 1-(2)의 용액에 DCP를 첨가한 후에, 하이드록시기는 일차적으로 DCP의 인의 중심을 공격하여 포스페이트 에스테르를 형성하며, 이는 입체 장애에 의한 포스소라미데이트(phosphoramidate)의 형성을 방해하고, 비형광성 변화를 일으킨다.

[0052] 알드하이드 유닛은 기본적인 골격 구조로서 DCP에 대한 다른 형광성 센서를 고안하는데 응용할 수 있다. 예를 들어 알드하이드기에 쿠마린기를 결합시켜 파이렌기를 대체하면, 새롭게 화학식 1-(3)이 형성되는데 이는 DCP 검출에 대해 높은 감도와 선택성을 보여준다(도 12).

[0053] 실시예 2: DCP 증기 검출 실험

[0054] 또한 DCP 증기의 검출을 위해서, 작은 TLC(thin-layer chromatography) 플레이트를 3.25×10^{-4} M 농도로 화학식 1을 함유하는 THF 용액에 담금으로써 박막 샘플을 제조했다. 샘플을 진공하에 건조시키고, 중공(hollowed) 플라스틱 필름으로 덮은 후 운반 기체를 흘려주면서 투명한 창이 있는 챔버에 놓아두었다.

[0055] 도 13에 보여지는 것처럼, 습한 대기 중에 DCP 유체를 노출시키면, 샘플의 덮이지 않은 부분에서 스카이-블루 형광 이미지가 나타났다. 샘플을 습한 대기의 흐름 속에만 노출시키는 실험과 비교할 때, 발광성에 있어 노출 시기 동안 검출될만한 변화는 관찰되지 않았다.

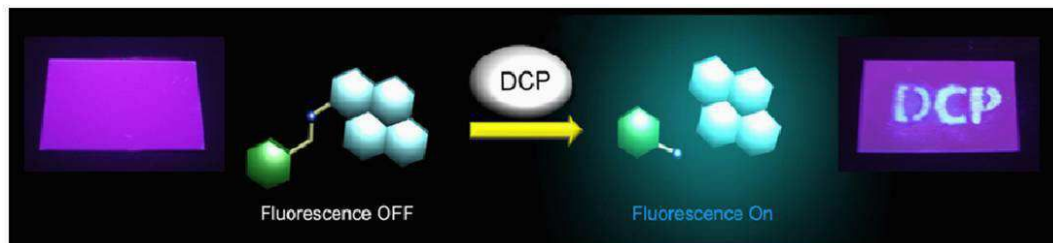
[0056] 도 14는 분당 1.0 L의 유속으로 습한 대기 중에서 DCP를 흘려주면서 이에 대해 검출 물질 화학식 1을 노출시키면서(분압 0.1Torr 또는 1,300ppm), 매 3초마다 측정된 형광 스펙트럼을 보여준다. 본 발명자는 형광성이 놀랄 정도로 증가했음을 관찰했으며, 이는 용액 상태에서의 결과와 상응하는 것이다. 상기 실험은 비교예와 동일한 실험 조건하에서 세 차례 반복 실험한 결과이다.

[0057] 실시예 3: 가역성 실험

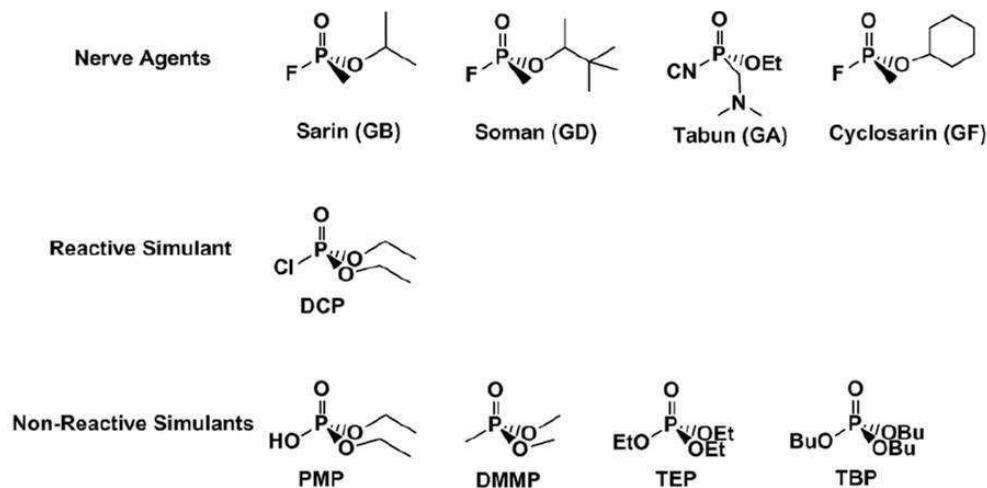
- [0058] 실제 적용에 있어서는, 가역적 검출 시스템이 더 가치가 있다. 따라서 본 발명자는 도 13에 예시된 센서의 가역성을 테스트했다. 반응시간(10초)은 시그널 대 노이즈(S/N) 비는 120으로 했을 때 회복 시간(50초)보다 훨씬 빨랐다.
- [0059] 430nm에서 형광 분석에 의해 검출과정을 실시간 모니터링 한 결과, 화학식 1과 DCP의 반응은 부분 가역적이며, 고정된 파장에 대해 형광 강도는 감소되는 것으로 나타났다.
- [0060] 이 농도에서 형광의 변화 퍼센트($\Delta F/F \times 100\%$)는 200%였다. 형광 강도는 각 회귀(reversion)에 대해 30% 감소했다. 순수(pure water) 대신에 버퍼용액을 사용할 경우, 형광 강도는 현저히 감소하며, 각각의 회귀에 대한 감소 경향은 미미하다(도 15).
- [0061] 도 16은 습한 대기와 습한 대기 중의 DCP 사이의 사이클링에 대한 화학식 1의 가역성을 나타내는 그래프이다.
- [0062] 정리하면, 본 발명에서 파이렌기를 갖는 이민 골격을 포함하는 화학식 1의 소형 분자 '온-오프' 형광 센서가 합성되었다. 화학식 2의 화합물은 흡광 및 형광 변화에 있어 다른 OP 시약에 비해 DCP에 대해 높은 감도와 선택성을 나타냈다. 신경 가스 유사체인 DCP를 첨가하면, 화학식 1의 비형광성은 수용액에서 및 수증기 상태 모두에서 현저하게 형광성으로 변화했다. 따라서 이런 종류의 이미노 관능기를 갖는 인광물질은 화학전쟁에 사용되는 유기인산화합물을 검출하는 데 사용될 수 있다.

도면

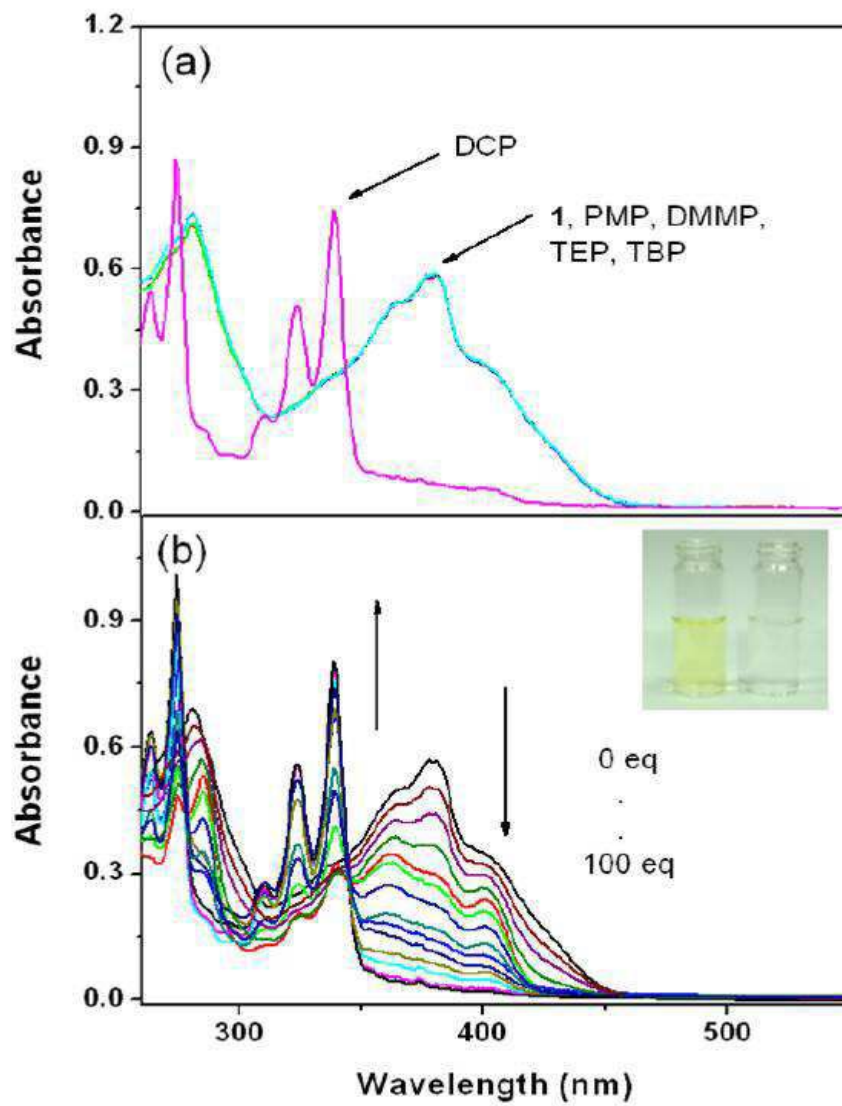
도면1



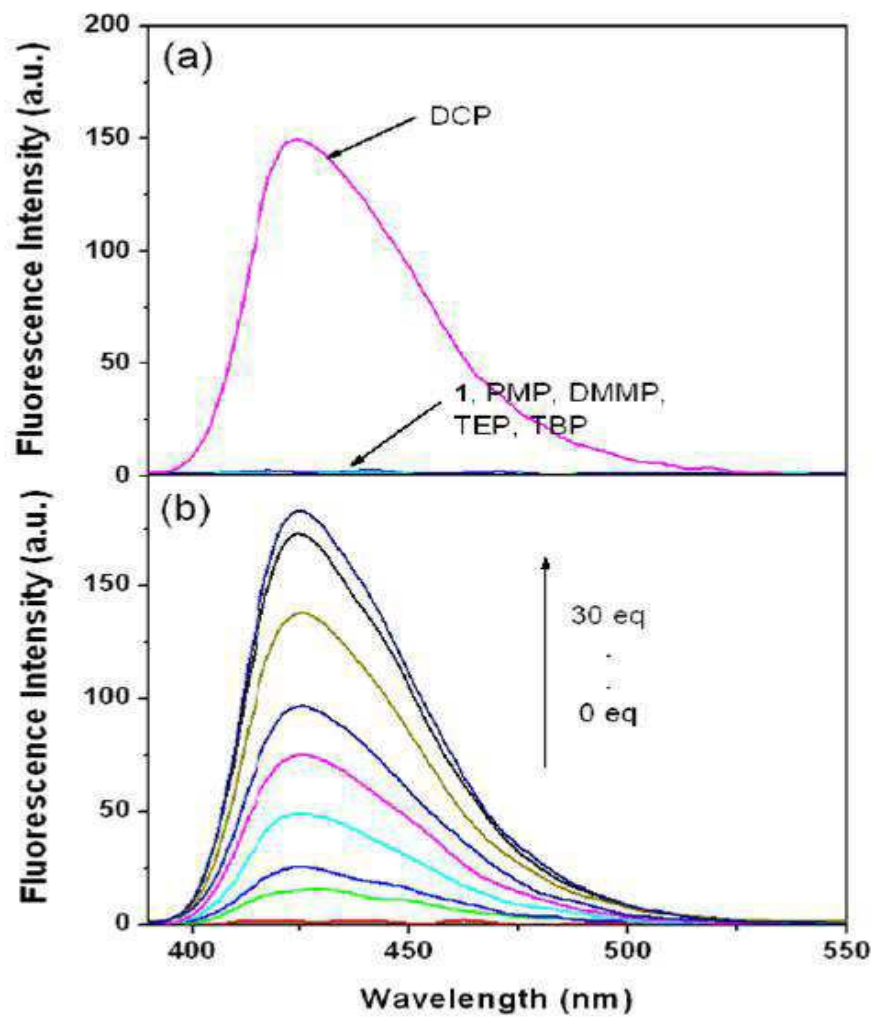
도면2



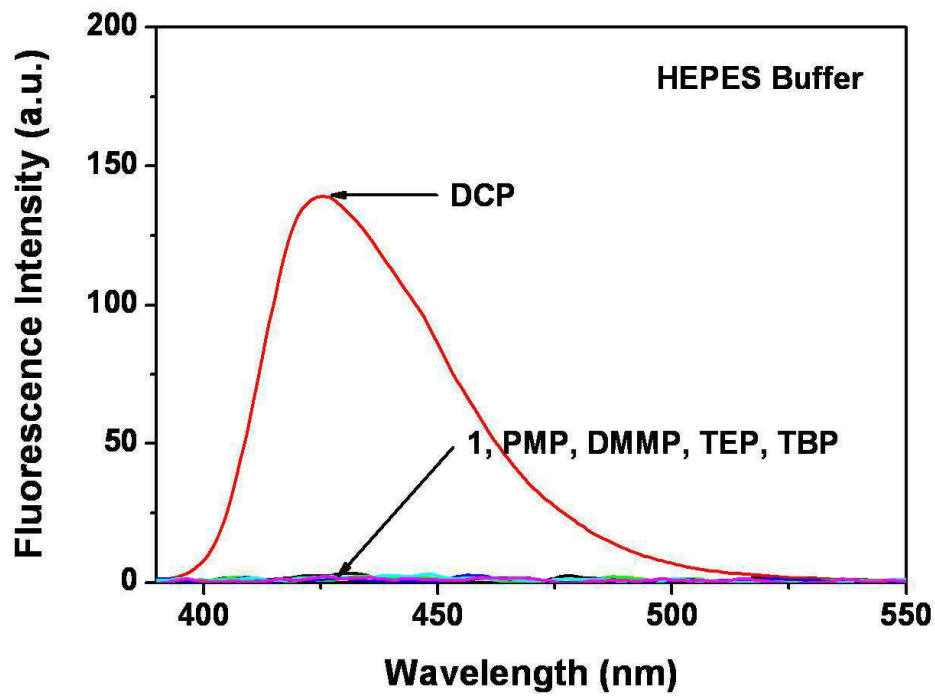
도면3



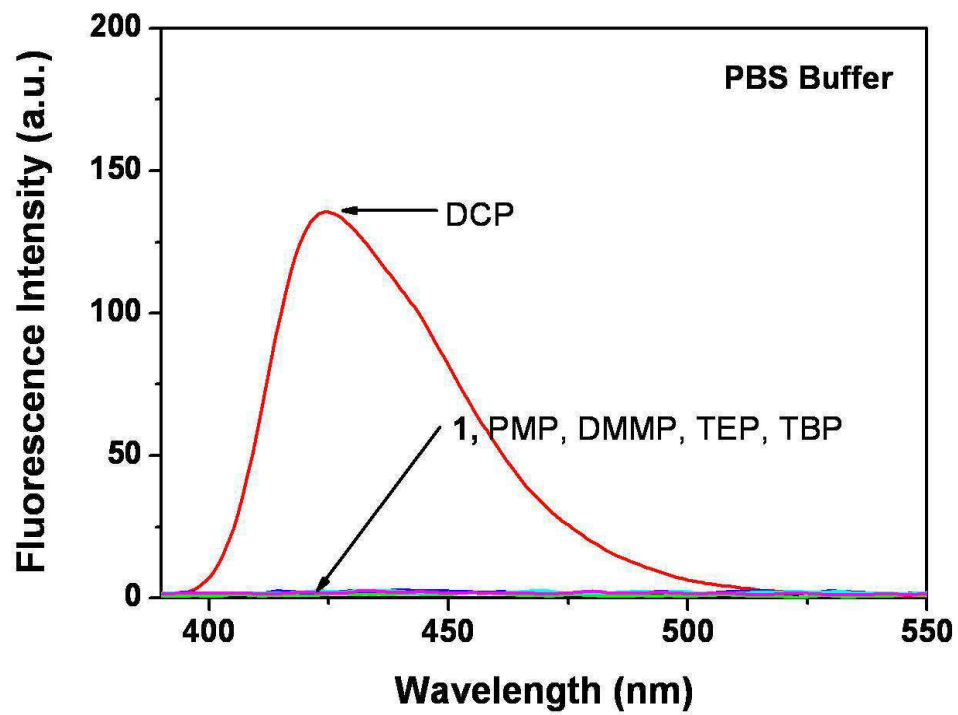
도면4



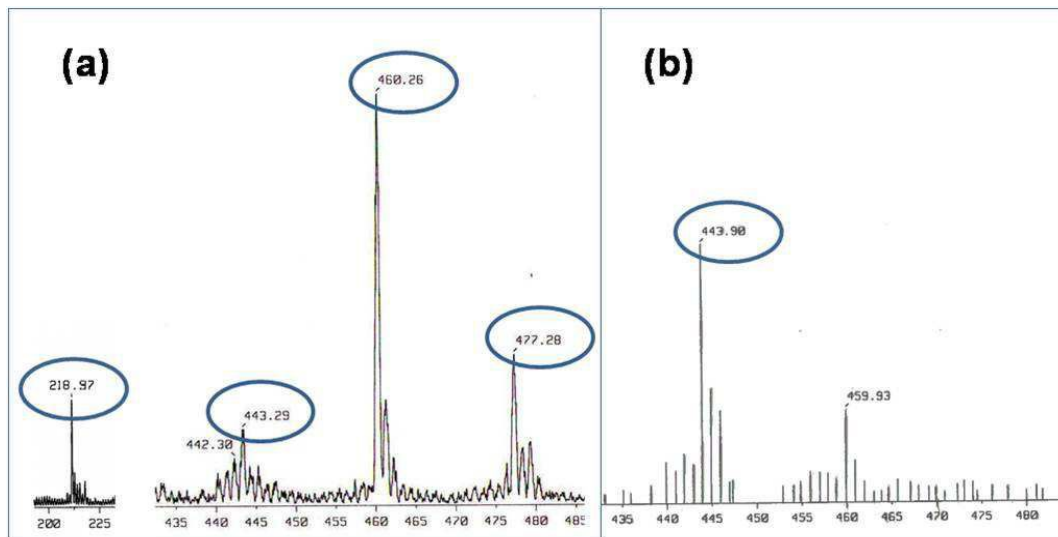
도면5



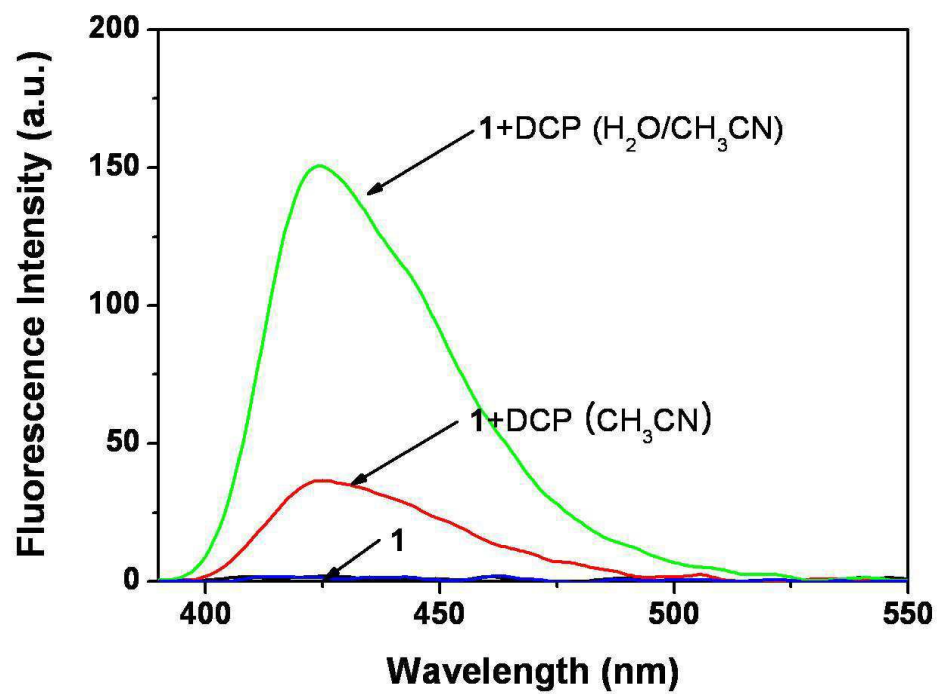
도면6



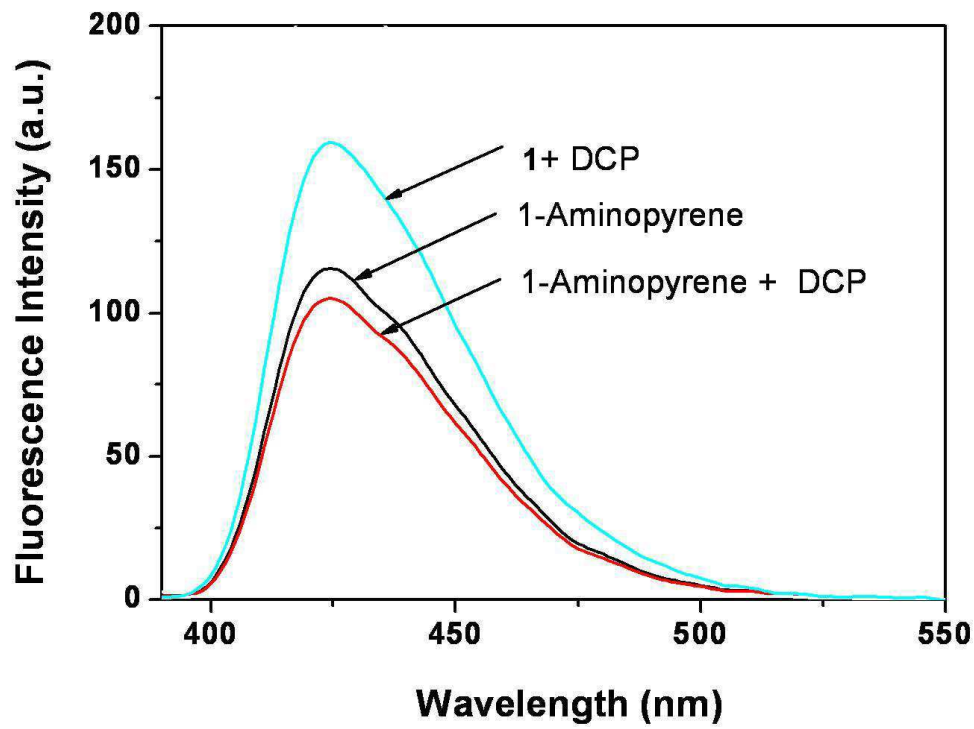
도면7



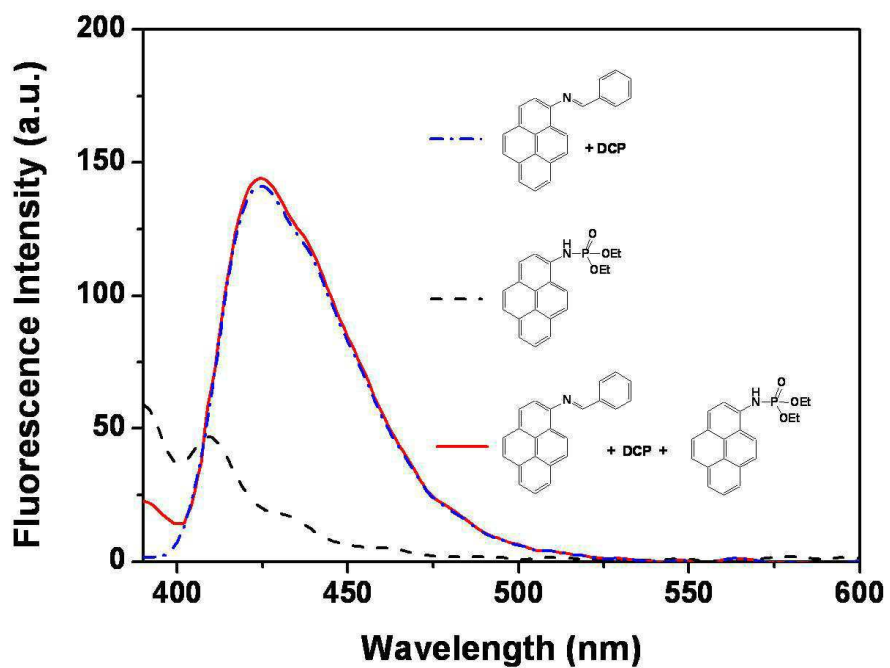
도면8



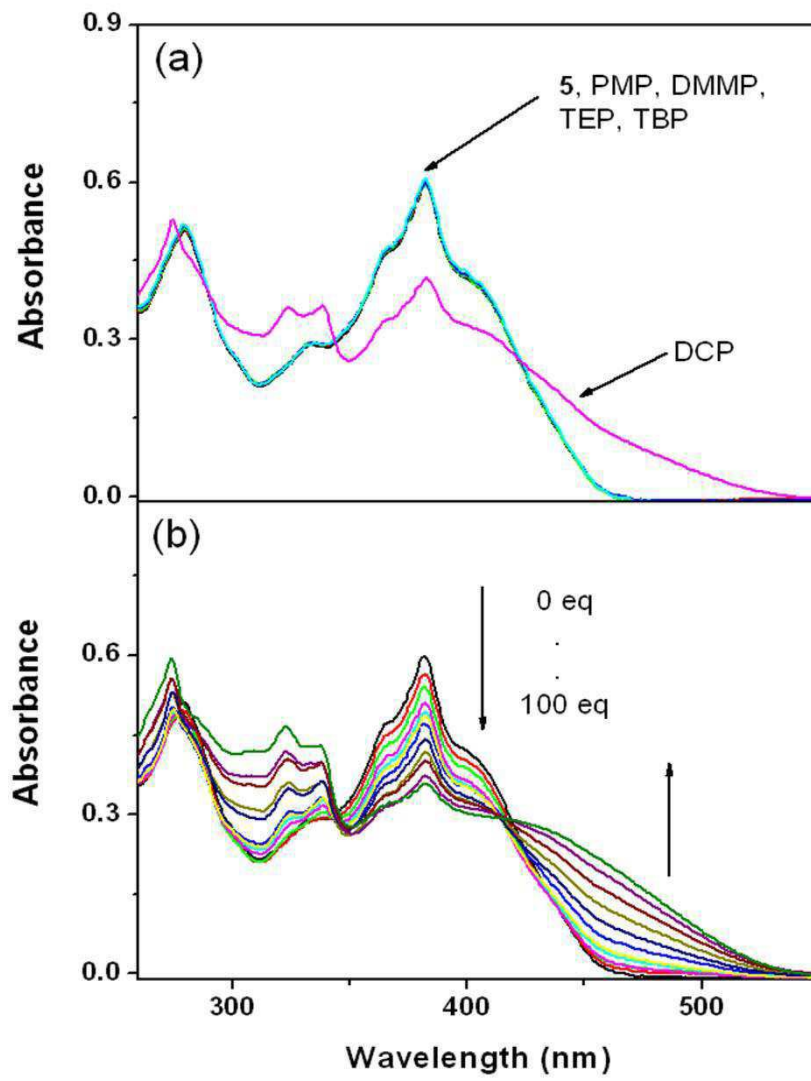
도면9



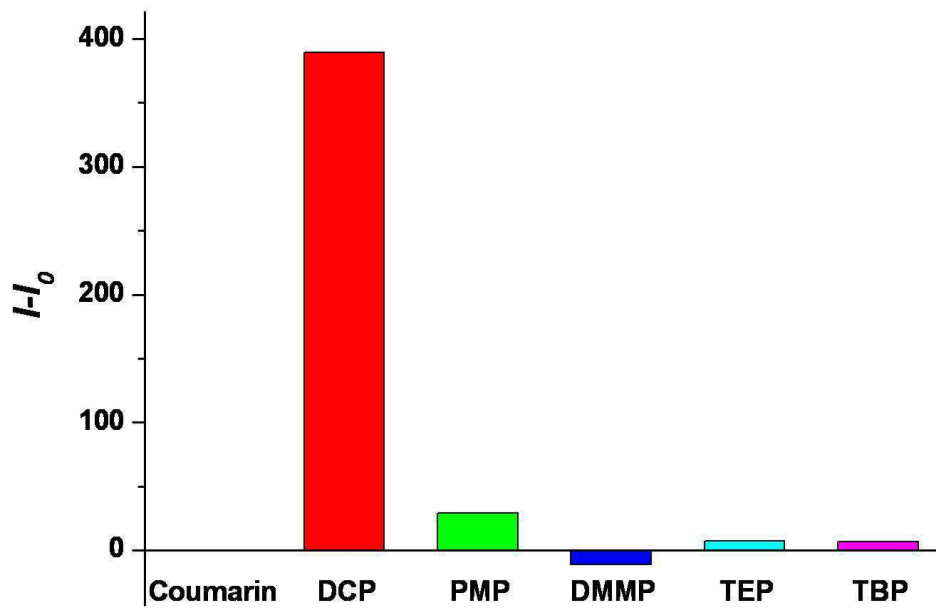
도면10



도면11



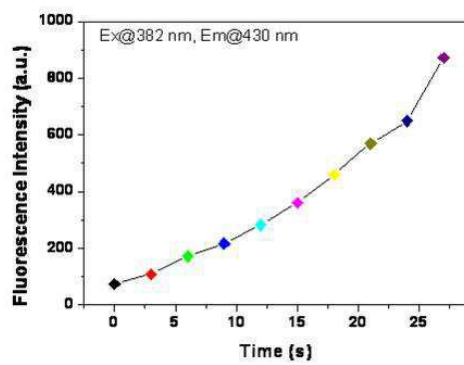
도면12



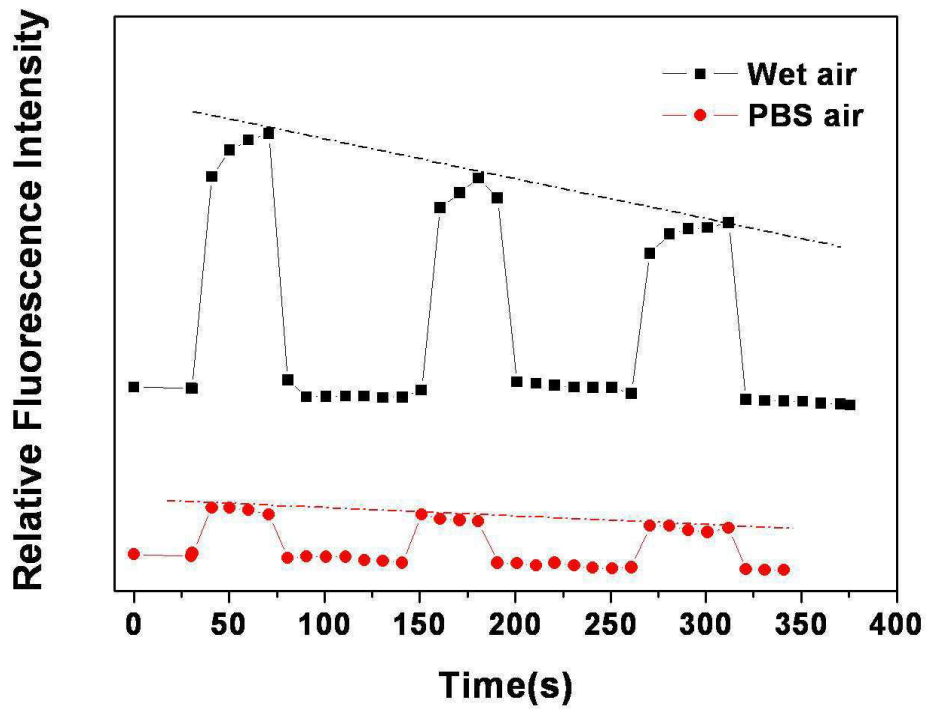
도면13



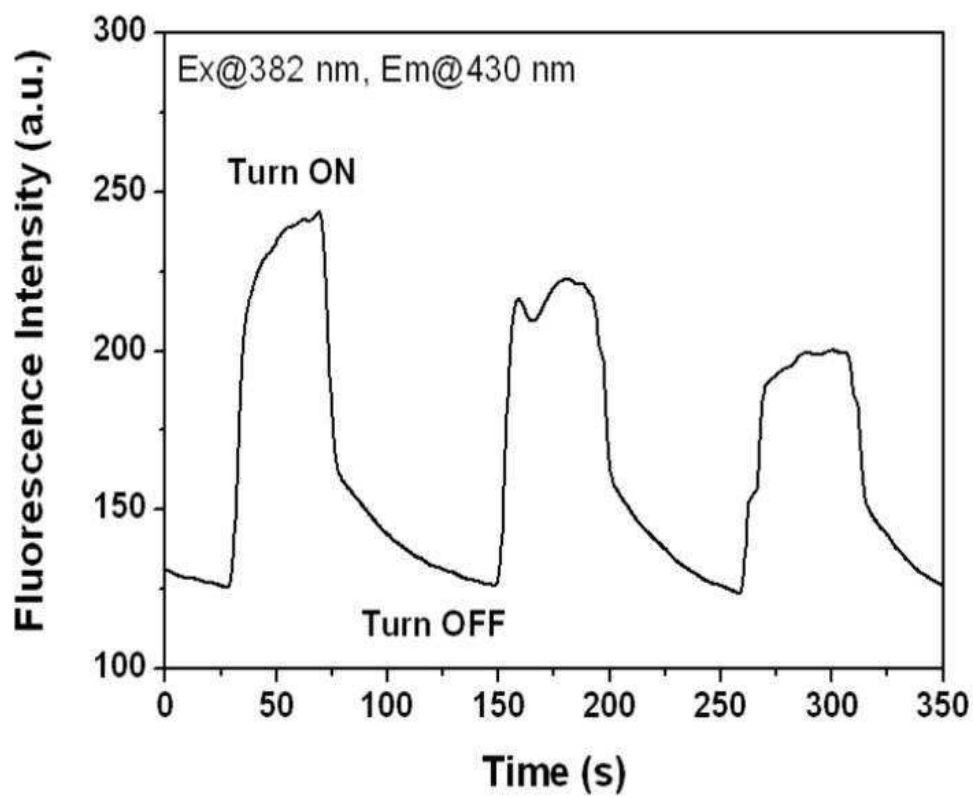
도면14



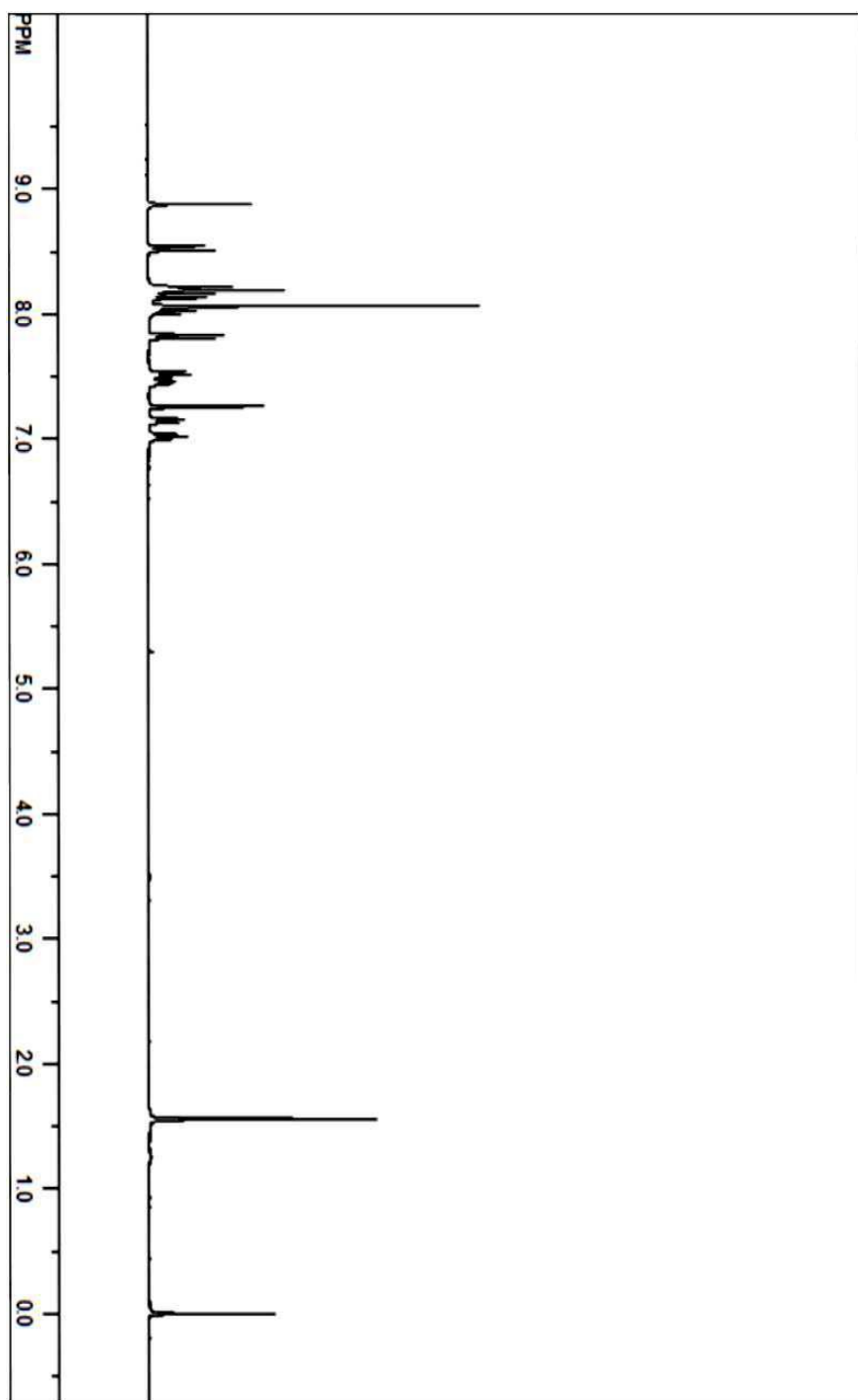
도면15



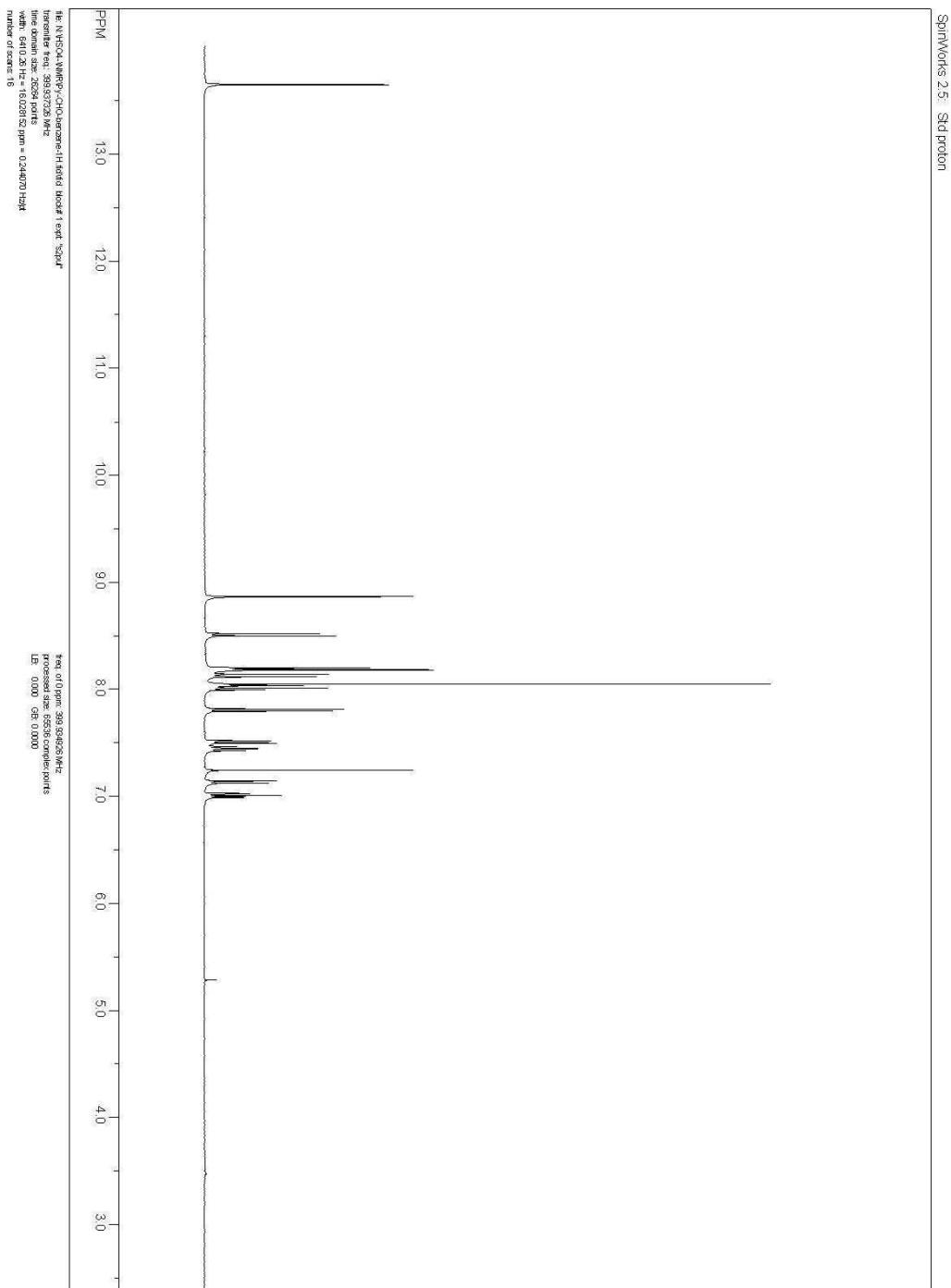
도면16



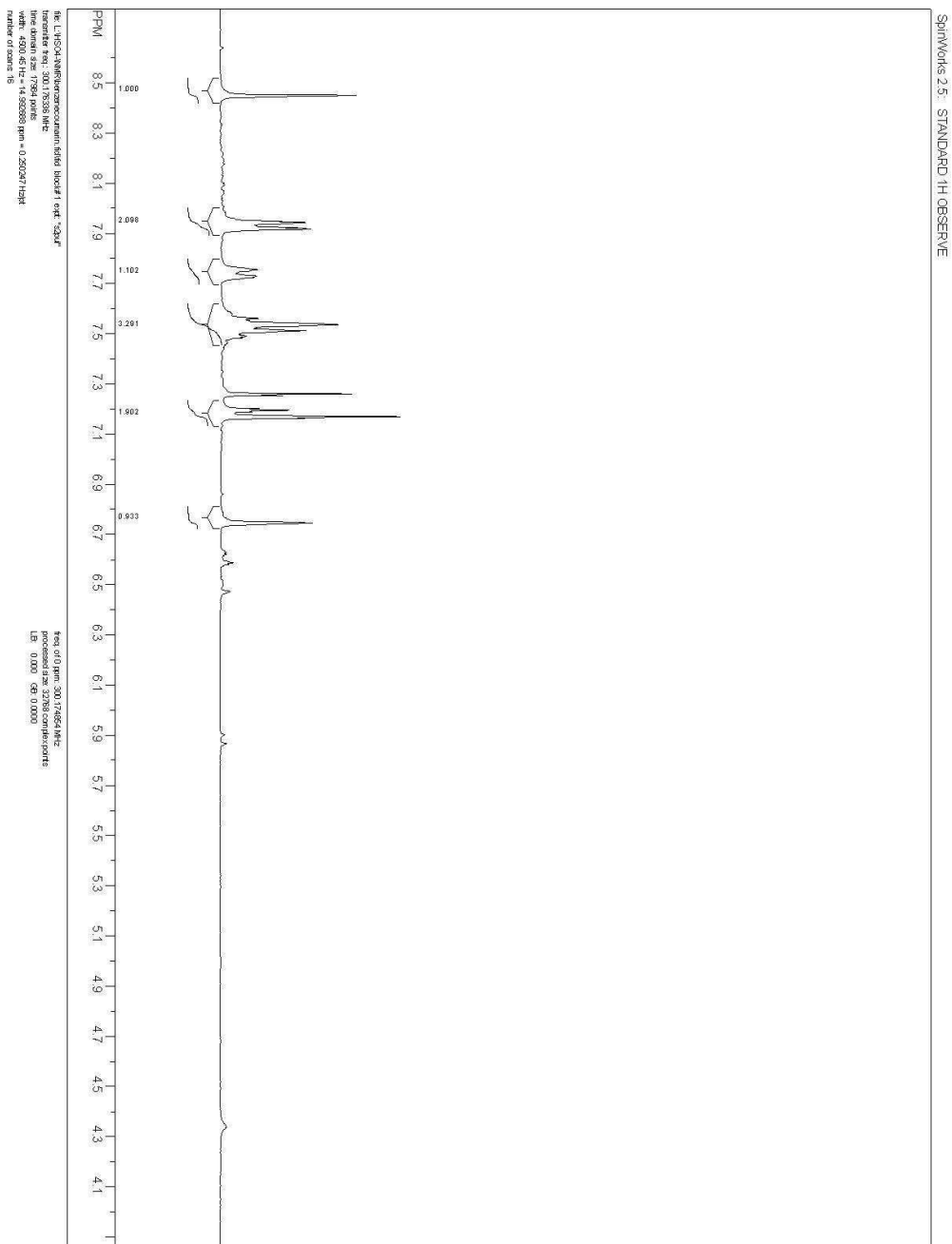
도면17



도면18



도면19



도면20

