



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2017-0043771
(43) 공개일자 2017년04월24일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01N 21/31 (2006.01) G01N 1/38 (2006.01)
G01N 33/28 (2006.01)
(52) CPC특허분류
G01N 21/31 (2013.01)
G01N 1/38 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2015-0143256
(22) 출원일자 2015년10월14일
심사청구일자 2015년10월14일

(71) 출원인
고려대학교 산학협력단
서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암
동5가)
(72) 발명자
김봉만
미국 캘리포니아 코로나 #103-315 매그놀리아 에
비뉴 387 (우편번호 92879)
김성현
서울특별시 강남구 영동대로 210, 5동 1008호 (대
치동, 쌍용아파트)
(74) 대리인
특허법인충현

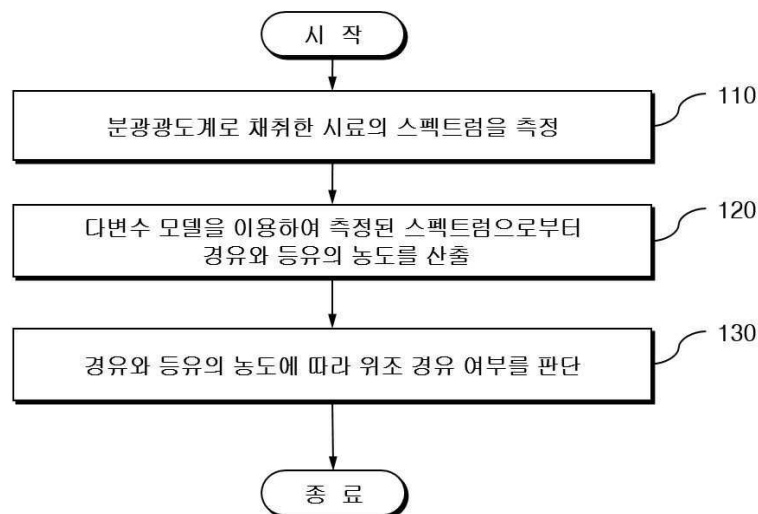
전체 청구항 수 : 총 9 항

(54) 발명의 명칭 스펙트럼의 다변수 모델 적용을 통한 위조 경유 판별법

(57) 요약

본 발명은 위조 경유 판별법에 관한 것으로서, 분광광도계로 채취한 시료의 스펙트럼을 측정하는 단계, 다변수 모델을 이용하여 상기 측정된 스펙트럼으로부터 경유와 등유의 농도를 산출하는 단계, 및 상기 경유와 등유의 농도에 따라 위조 경유 여부를 판단하는 단계를 포함함으로써, 식별제의 첨가 없이, 경유의 스펙트럼만을 측정하고 분석하여 등유의 유무와, 등유/경유의 혼합비를 밝혀 제공할 수 있다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

G01N 33/28 (2013.01)

G01N 33/2829 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

분광광도계로 채취한 시료의 스펙트럼을 측정하는 단계;
다변수 모델을 이용하여 상기 측정된 스펙트럼으로부터 경유와 등유의 농도를 산출하는 단계; 및
상기 경유와 등유의 농도에 따라 위조 경유 여부를 판단하는 단계를 포함하는 위조 경유 판별법.

청구항 2

제 1 항에 있어서,
채취한 시료를 용매에 희석하는 단계를 더 포함하는 위조 경유 판별법.

청구항 3

제 2 항에 있어서,
상기 용매는,
헥세인, 헵테인, 또는 클로로폼 중 하나 이상을 포함하는 용매인 것을 특징으로 하는 위조 경유 판별법.

청구항 4

제 2 항에 있어서,
상기 채취한 시료를 용매에 희석하는 단계는,
시료 10 μ l 당 용매 10ml에 용해시켜 희석시키는 것을 특징으로 하는 위조 경유 판별법.

청구항 5

제 1 항에 있어서,
시료의 스펙트럼을 측정하는 단계는,
소정의 수만큼 반복하여 스펙트럼을 측정하는 것을 특징으로 하는 위조 경유 판별법.

청구항 6

제 1 항에 있어서,
시료의 스펙트럼을 측정하는 단계는,
측정 스펙트럼의 범위가 200 내지 350 nm인 것을 특징으로 하는 위조 경유 판별법.

청구항 7

제 1 항에 있어서,
상기 경유와 등유의 농도를 산출하는 단계는,
상기 스펙트럼으로부터 흡광도를 산출하는 단계; 및
상기 산출한 흡광도로부터 상기 다변수 모델을 이용하여 경유 및 등유 각각의 소광계수 및 농도를 산출하는 단계를 포함하는 위조 경유 판별법.

청구항 8

제 1 항에 있어서,

상기 다변수 모델은,

물리적 제약조건들로 구성된 부등식 제약조건하에 비선형 프로그래밍을 이용하여 목적함수의 잔차를 최소화하는 모델이며,

시료의 흡광도를 이용하여 경유 및 등유 각각의 소광계수 및 농도를 산출하는 것을 특징으로 하는 위조 경유 판별법.

청구항 9

제 1 항에 있어서,

물리적 제약들로 구성된 부등식 제약조건하에 회귀분석 (regression analysis) 또는 비선형 프로그래밍을 이용하여 목적함수의 잔차를 최소화하는 다변수 모델을 사용하는 것을 특징으로 하는 위조 경유 판별법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 위조 경유 판별법에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 스펙트럼을 다변수 모델에 적용하여 경유와 등유의 농도를 산출함으로써 위조 경유를 판별하는 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 가짜 경유는 등유 등 다른 석유제품이 경유에 혼합된 제품으로 석유 및 석유대체연료사업법 제2조 제10호 규정에 따라 가짜 석유제품으로 분류된다. 시중에서 유통될 수 있는 가짜 경유를 판별하기 위해서, 현재 사용되고 있는 방법은 첫째, 등유에 법정식별제를 첨가하여 판매하고, 둘째, 시중에서 유통되고 있는 경유를 측정하여 등유에 미리 첨가한 법정식별제의 존재 유무로 가짜 경유를 판별하고 있다. 이와같은 기존의 방법은, 식별제를 첨가하지 않은 경유에서 등유에 첨가한 법정식별제가 발견될 경우, 등유가 혼합된 가짜 경유로 판별할 수 있는 좋은 방법이다. 그러나 등유에 첨가된 법정식별제를 흡착 등의 방법으로 제거할 경우, 등유가 첨가된 가짜 경유를 판별할 방법이 사실상 없다. 기체 크로마토그래피(Gas Chromatography)와 기체 크로마토그래피-질량분석법(Gas Chromatography-Mass Spectrometry)등의 분석 방법으로 등유가 첨가된 가짜 경유를 판별할 수는 있으나, 분석하는데 많은 시간이 소요되고 분석 방법이 복잡하여 짧은 시간 내에 분석결과를 필요로 하는 가짜 경유 단속 현장에서는 사용할 수 없다.

선행기술문헌

특허문헌

[0003] (특허문헌 0001) 한국공개특허공보 제10-2004-0092388호 "연료를 이용한 유사 휘발유 검지 장치"

발명의 내용

해결하려는 과제

[0004] 본 발명이 해결하고자 하는 과제는 스펙트럼을 다변수 모델에 적용하여 경유와 등유의 농도를 산출함으로써 위조 경유를 판단하는 방법을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0005] 계; 다변수 모델을 이용하여 상기 측정된 스펙트럼으로부터 경유와 등유의 농도를 산출하는 단계; 및 상기 경유와 등유의 농도에 따라 위조 경유 여부를 판단하는 단계를 포함하는 위조 경유 판별법을 제공한다.

[0006] 본 발명의 실시예에 의하면, 채취한 시료를 용매에 희석하는 단계를 더 포함하는 위조 경유 판별법일 수 있다.

[0007] 본 발명의 실시예에 의하면, 상기 용매는, 헥세인, 헵테인, 또는 클로로폼 중 하나 이상을 포함하는 용매이고,

상기 채취한 시료를 용매에 희석하는 단계는, 시료 10 μ l 당 용매 10ml에 용해시켜 희석시키는 것을 특징으로 하는 위조 경유 판별법 일 수 있다.

[0008] 본 발명의 실시예에 의하면, 시료의 스펙트럼을 측정하는 단계는, 소정의 수만큼 반복하여 스펙트럼을 측정하는 것을 특징으로 하는 위조 경유 판별법일 수 있다.

[0009] 본 발명의 실시예에 의하면, 시료의 스펙트럼을 측정하는 단계는, 측정 스펙트럼의 범위가 200 내지 350 nm인 것을 특징으로 하는 위조 경유 판별법일 수 있다.

[0010] 본 발명의 실시예에 의하면, 상기 경유와 등유의 농도를 산출하는 단계는, 상기 스펙트럼으로부터 흡광도를 산출하는 단계; 및 상기 산출한 흡광도로부터 상기 다변수 모델을 이용하여 경유 및 등유 각각의 소광계수 및 농도를 산출하는 단계를 포함하는 위조 경유 판별법일 수 있다.

[0011] 본 발명의 실시예에 의하면, 상기 다변수 모델은, 물리적 제약들로 구성된 부등식 제약조건하에 비선형 프로그래밍을 이용하여 목적함수의 잔차를 최소화하는 모델이며, 시료의 흡광도를 이용하여 경유 및 등유 각각의 소광계수 및 농도를 산출하는 것을 특징으로 하는 위조 경유 판별법일 수 있다.

[0012] 본 발명의 실시예에 의하면, 상기 다변수 모델은, 물리적 제약들로 구성된 부등식 제약조건하에 회귀분석(regression analysis)을 이용하여 목적함수의 잔차를 최소화하는 모델인 것을 특징으로 하는 위조 경유 판별법일 수 있다.

발명의 효과

[0013] 본 발명에 따르면, 식별제의 첨가 없이, 경유의 스펙트럼만을 측정하고 분석하여 등유의 유무와, 등유/경유의 혼합비를 밝혀 제공할 수 있게 됨으로써, 식별제를 사용하는 기존의 방법이 갖고 있는 단점들을 개선하였다. 등유에 식별제를 첨가할 필요가 없기 때문에 저렴하게 사용할 수 있다. 무엇보다도, 등유에 첨가된 식별제를 제거할 경우 기존의 방법으로는 가짜 경유를 판별할 수 있는 방법이 없으나, 본 발명은 가짜 경유를 판별할 수 있으므로 가짜 경유 판별에 유용하게 사용될 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0014] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 위조 경유 판별법의 흐름도이다.

도 2는 본 발명의 실시예에 따른 위조 경유 판별법의 흐름도이다.

도 3은 본 발명의 실시예에 따른 위조 경유 판별법에 의한 결과의 스펙트럼을 나타낸 것이다.

도 4는 본 발명의 실시예에 따른 위조 경유 판별법에 의한 결과와 실제 측정한 스펙트럼을 비교한 것이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0015] 본 발명에 관한 구체적인 내용의 설명에 앞서 이해의 편의를 위해 본 발명이 해결하고자 하는 과제의 해결 방안의 개요 혹은 기술적 사상의 핵심을 우선 제시한다.

[0016] 본 발명의 일 실시예에 따른 위조 경유 판별법은 분광광도계로 채취한 시료의 스펙트럼을 측정하는 단계, 다변수 모델을 이용하여 상기 측정된 스펙트럼으로부터 경유와 등유의 농도를 산출하는 단계, 및 상기 경유와 등유의 농도에 따라 위조 경유 여부를 판단하는 단계를 포함한다.

[0017] 이하 첨부된 도면을 참조하여 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 본 발명을 용이하게 실시할 수 있는 실시 예를 상세히 설명한다. 그러나 이들 실시예는 본 발명을 보다 구체적으로 설명하기 위한 것으로, 본 발명의 범위가 이에 의하여 제한되지 않는다는 것은 당업계의 통상의 지식을 가진 자에게 자명할 것이다.

[0018] 본 발명이 해결하고자 하는 과제의 해결 방안을 명확하게 하기 위한 발명의 구성을 본 발명의 바람직한 실시예에 근거하여 첨부 도면을 참조하여 상세히 설명하되, 도면의 구성요소들에 참조번호를 부여함에 있어서 동일 구성요소에 대해서는 비록 다른 도면상에 있더라도 동일 참조번호를 부여하였으며 당해 도면에 대한 설명시 필요한 경우 다른 도면의 구성요소를 인용할 수 있음을 미리 밝혀둔다. 아울러 본 발명의 바람직한 실시예에 대한 동작 원리를 상세하게 설명함에 있어 본 발명과 관련된 공지 기능 혹은 구성에 대한 구체적인 설명 그리고 그 이외의 제반 사항이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우, 그 상세한 설명을 생략한다.

- [0020] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 위조 경유 판별법의 흐름도이다.
- [0021] 본 발명의 일 실시예에 따른 위조 경유 판별법은 식별제 없이 시료의 스펙트럼을 다변수모델을 이용하여 분석함으로써 경유와 이에 혼합된 등유의 농도를 산출하여 빠르고 정확하게 위조 경유 여부를 판별할 수 있다.
- [0022] 110 단계는 분광광도계로 채취한 시료의 스펙트럼을 측정하는 단계이다.
- [0023] 보다 구체적으로, 위조 경유 여부를 판단하고자 채취한 시료에 대한 스펙트럼을 분광광도계로 측정한다. 분광광도계(spectrophotometer)는 분광된 단색광을 측정시료에 비추 시료에 의해서 흡수 혹은 반사된 빛의 양을 광전관으로 검출하는 장치로 자외선(UV), 적외선(IR), 기체 크로마토그래피(GC, gas chromatography) 분광광도계를 이용할 수 있다.
- [0024] 상기 채취한 시료를 용매에 희석하고, 희석된 시료의 스펙트럼을 측정할 수 있다. 상기 시료 희석에 이용되는 용매는 헥세인, 헵테인, 또는 클로로폼 중 하나 이상을 포함할 수 있다.
- [0025] 시료 10 μ l를 채취하여, 헥세인, 헵테인, 또는 클로로폼 등의 용매 10 ml에 용해시켜 희석한 후 사용할 수 있다.
- [0026] 시료의 스펙트럼을 측정함에 있어서, 소정의 수만큼 반복하여 스펙트럼을 측정한다. 다변수 모델을 적용함에 있어, 시간에 따른 스펙트럼을 이용하기 위하여, 시간에 따라 복수의 스펙트럼을 측정한다. 바람직하게는 10개 내지 12 개, 또는 그 이하의 스펙트럼을 측정할 수 있다. UV 스펙트럼을 이용할 경우, 측정 스펙트럼의 범위가 200 내지 350 nm로 설정할 수 있다.
- [0027] 120 단계는 다변수 모델을 이용하여 상기 측정된 스펙트럼으로부터 경유와 등유의 농도를 산출하는 단계이다.
- [0028] 보다 구체적으로, 110 단계에서 측정한 스펙트럼을 다변수 모델에 적용하여 경유와 등유의 농도를 산출한다. 측정한 스펙트럼 자료를 다변수 (다변량) 분석 (Multivariate Analysis)을 이용하는 다변수 (다변량) 모델 (Multivariate Model)에 적용하여, 120 단계에서 모델 계산의 결과로 추산된 (estimated) 경유와 등유의 스펙트럼과 그 혼합비율을 구하고, 130 단계에서 추산된 혼합비율로 가짜 경유를 판별한다.
- [0029] 210 단계에서 스펙트럼으로부터 흡광도를 산출한다. 스펙트럼을 분석하여 흡광도를 산출하고, 220 단계에서는 210 단계에서 산출한 흡광도를 상기 다변수 모델에 적용하여 경유 및 등유 각각의 소광계수와 농도를 산출한다.
- [0030] 시간에 따른 복수의 스펙트럼을 분석하기 위해서 시간과 흡광도를 변수로 하는 다변수 모델을 이용하여 원하는 결과를 도출한다. 스펙트럼 분석에 이용되는 다변수 모델은 물리적 제약들로 구성된 부등식 제약조건하에 비선형 프로그래밍을 이용하여 목적함수의 잔차를 최소화하는 모델이며, 시료의 흡광도를 이용하여 경유 및 등유 각각의 소광계수 및 농도를 산출한다. 상기 다변수 모델은, 물리적 제약들로 구성된 부등식 제약조건하에 회귀분석 (regression analysis)을 이용하여 목적함수의 잔차를 최소화하는 모델일 수 있다.
- [0031] 스펙트럼 분석에 사용되는 다변수 모델의 일 실시예를 들어 구체적으로 설명하면 다음과 같다. 하기의 다변수 모델은 다변수 모델 유레카라고 명명한다. 하기 다변수 모델 유레카 이외에 다른 다변수 모델을 이용할 수 있음은 당연하다.
- [0032] 경유와 등유 두개의 물질이 혼합되어 있을 경우, 분광광도계로 측정한 혼합물의 흡광도는 Beer's Law에 따라 경유와 등유 각각의 흡광도의 합으로, 수학식 1과 같이 표시된다.

수학식 1

$$[0033] \quad A_{mix} = A_d + A_k = \varepsilon_d b C_d + \varepsilon_k b C_k$$

- [0034] 여기서 A_{mix} 는 혼합물의 흡광도, A_d 와 A_k 는 경유와 등유 각각의 흡광도이며, ε_d 와 ε_k 는 경유와 등유 각각의 소광계수 (extinction coefficient), b 는 경로길이 (path length of cell), 그리고 C_d 와 C_k 는 등유와 경유 각각의 농도이다. 경로길이는 보통 1cm이며 아는 변수이기 때문에, 측정한 자료가 많을 경우, 수학식 1은 매트릭스 형태로 아래의 수학식 2와 같이, 두개의 변수의 선형 곱의 합 (linear sum of products)으로 표시될 수 있다.

수학식 2

$$A=EC$$

[0035]

[0036]

수학식 2에서, A는 n개의 과정에서 m차례 측정된 혼합물의 nxm 흡광도 매트릭스, E는 경유와 등유의 n개 과정에서의 소광계수 nx2 매트릭스, C는 경유와 등유의 농도 2xm 매트릭스이다. 혼합물의 흡광도를 분광광도계로 측정된 매트릭스 A를 다변수 모델에 적용하여 매트릭스 E와 C를 추산한 후, 경유와 등유의 스펙트럼과 그 혼합비율을 구하고, 추산된 혼합비율로 가짜 경유를 판별한다.

[0037]

본 발명의 일 실시예에 따른 다변수 모델은 물리적 제약들 (physical constraints)로 만들어진 부등식 제약조건들 (inequality constraints) 하에, 비선형 프로그래밍 (non-linear programming)으로 목적함수 (objective function)인 잔차 (residual), 즉 수학식 2의 A-EC를 최소화하는 모델이며, 모델의 출력자료로 E와 C를 추산한다.

[0038]

먼저, E와 C를 산정하는데 필요한 물리적으로 당연한 기본 제약들 (Fundamental Natural Physical Constraints, FNPCs)은 다음과 같다

[0039]

1. 측정된 자료들은 모델에 의하여 오차범위 내에서 재생산되어야 한다.

[0040]

2. 산정된 E 값은 양의 값이어야 한다.

[0041]

3. 측정된 자료로부터 산정된 C 값도 양의 값이어야 한다.

[0042]

4. 각각의 화학 물질에 대하여 산정한 E 값의 총합은 1과 동일하거나 작아야 한다.

[0043]

5. 임의의 단일 측정값으로부터 산정된 모든 EC 값의 총합은 측정된 총 흡광도와 오차범위 내에서 같아야 한다.

[0044]

주어진 E 값과 단일 측정 흡광도 a 값으로부터 C 값을 산정하기 위한 방법을 다음에 설명하였으며, 이 방법은 프라이멀-듀얼 내부 점 비선형 프로그램(Primal-Dual Interior Point Nonlinear Programming)에 기초한다. 다음에 설명한 단일 측정값에 대한 비선형 프로그램은 다수 측정에 대한 비선형 프로그램으로 쉽게 그 적용 범위를 넓힐 수 있다. 이러한 비선형 프로그램 문제의 목적 함수는 주어진 E 값으로부터 산정된 C 값에 의하여 재생산된 측정값과 실제 측정된 농도 C 값 사이의 차이(L2 Norm)가 최소가 되어야 한다. 목적 함수는 물리적 기본 제약들(FNPCs) 3과 5의 부등식 제약을 받는다. 그러므로 목적함수는 최초의 비선형 프로그램을 구성함으로 시작한다. 풀어야 할 문제는 다음과 같다.

[0045]

프라이멀 식(Primal Problem)은 다음과 같다.

수학식 3

$$\min ||a - Ec||$$

[0046]

[0047]

수학식 3은 하기 수학식 4와 5의 지배를 받는다.

수학식 4

$$c_1+c_2+\dots+c_p=T_m$$

[0048]

수학식 5

$$c \geq 0$$

[0049]

[0050]

비선형 프로그램 프라이멀 식(Primal Problem) 3은 식 6으로 표시할 수 있으며 식 3과 동일하다.

수학식 6

[0051] $\min \{a'a + c'Pc - 2q'c\}$

[0052] 수학식 6은 수학식 7과 8의 지배를 받는다.

수학식 7

[0053] $c_1 + c_2 + \dots + c_p = T_m$

수학식 8

[0054] $c \geq 0$

[0055] 여기서 $P = E'E$, $q' = a'E$, a 는 n 개의 흡광도 중 $n \times 1$ 흡광도 벡터(vector), E 는 파장(wavelength)인 n 개의 가로행(row)과 화학물질(chemical compound)인 p 개의 세로행(column)으로 구성된 $n \times p$ 소멸계수 매트릭스(extinction coefficient matrix), c 는 산정될 농도인 $p \times 1$ 벡터, T_m 은 측정된 총 흡광도이고, 등식 7과 부등식 8은 각각 물리적 기본 제약(FNPCs) 5 와 3 에 해당된다.

[0056] 이와 같은 이차 프로그램 문제 (quadratic programming problem)는 프라이멀 듀얼 내부 점 경로(path) 비선형 프로그램으로 풀 수 있다.

[0057] 이름이 의미하는 바와 같이 프라이멀 듀얼 내부 점 방법은 프라이멀 식 6 - 8의 듀얼 식을 찾음으로 시작된다. 듀얼의 목적 함수는 목적 함수와 프라이멀 문제의 제약들을 가지고 라그랑기안(Lagrangian)을 구성하고, 라그랑기안을 최소화하는 프라이멀 변수들에 대하여 해답을 구함으로 얻어진다. 이렇게 하면 다음과 같은 듀얼 식(Dual Problem)이 된다.

수학식 9

[0058] $\max \{a'a - c'Pc - T_m y\}$

[0059] 수학식 9는 수학식 10과 11의 지배를 받는다.

수학식 10

[0060] $2Pc - 2q + y - z = 0$

수학식 11

[0061] $y \geq 0, z \geq 0$

[0062] 이제 제약을 받는 최적화 문제에서 일반적으로 잘 알려진 대수장벽함수기법(logarithmic barrier function technique)이 프라이멀 식 6에 도입된다. 대수장벽함수 항인 " $-\mu \ln c$ "가 프라이멀 식 6 - 8에 추가되면 프라이멀 식은 다음과 같이 변환된다.

수학식 12

[0063] $\min \{a'a+c'Pc-2q'c\} - \mu \ln c$

[0064] 수학식 12는 수학식 13과 14의 지배를 받는다.

수학식 13

[0065] $c_1+c_2+\dots+c_p=T_m$

수학식 14

[0066] $c \geq 0$

[0067] 여기서 $\mu > 0$ 은 장벽벌칙변수(barrier penalty parameter) 이다. 새로운 프라이멀 식 12 - 14의 해답은 수학식 12의 대수장벽함수 항인 " $\mu \ln c$ "에 의해서 제재된다. 반복이 계속 되면 μ 는 점차 작은 값으로 감소하며 결국 영(zero)이 되고, 식 12 - 14의 결과는 최초의 프라이멀식인 6 - 8의 해답으로 수렴한다.

[0068] 프라이멀 식은 목적함수를 최소화하고, 듀얼 식은 목적함수를 최대화하여 프라이멀 식의 하한값을 제공한다. 프라이멀 식과 듀얼 식의 해답 사이의 차이를 이중성 갭(duality gap)이라 한다. 이 이중성 값은 Karush-Kuhn-Tucker (KKT) 조건하에서 최적화 문제에 관하여 영(zero)이 된다. (c, y, z)가 프라이멀 식과 듀얼 식의 해답이 되기 위한 필요 충분 조건은 다음의 KKT 최적화 조건으로 특징지어진다.

수학식 15

[0069] 정지식(Stationarity): $\nabla_s L=0$

수학식 16

[0070] 프라이멀타당성(Primalfeasibility): $c_1+c_2+\dots+c_p=T_m$

수학식 17

[0071] 듀얼타당성(Dualfeasibility): $2Pc-2q+y-z=0$

[0072] 여기서 L은 식 12의 라그랑기안(Lagrangian) 함수이다. 라그랑기안, L 의 그래디언트(gradient)에 대하여 풀고, 영(zero)으로 놓으면 상기의 식 15 - 17은 다음 식으로 변환된다.

수학식 18

[0073] $ZCe-\mu e=0$

수학식 19

$$e'c = T_m$$

수학식 20

$$2Pc - 2q + ey - z = 0$$

여기서 Z와 C는 각각 z와 c의 대각선 매트릭스이고, e는 모두 1로 형성된 p-vector 이다. 수학식 18 - 20의 시스템은 점(c,y,z)에 대하여 제1차 테일러 시리즈 근사법을 구성하여 해답을 구한다. 그 다음 그 결과에 의하여 얻어진 선형 식을 풀어 뉴턴 탐색 방향 $\Delta N = (\Delta c, \Delta y, \Delta z)$ 을 구한다. 해답은 다음과 같은 선형식 21 - 23의 시스템이 되어 ΔN 에 대하여 쉽게 해답을 구할 수 있다.

수학식 21

$$Z\Delta c + C\Delta z = ZCe - \mu e$$

수학식 22

$$e'\Delta c = e'c - T_m$$

수학식 23

$$2P\Delta c + e\Delta y - \Delta z = 2Pc - 2q + y - z$$

ΔN 의 계산은 수렴할 때까지 반복한다.

상기와 같은 다변수 모델을 이용하여 경유와 등유의 농도를 산출한다.

도 1의 130 단계는 경유와 등유의 농도에 따라 위조 경유 여부를 판단하는 단계이다.

보다 구체적으로, 경유와 등유의 농도에 따라 시료인 경유에 등유가 포함되어 있는지를 알 수 있고, 섞여있는 정도를 알 수 있다. 위조 경유로 판단할 수 있는 임계치 이하의 경유 또는 임계치 이상의 등유가 있다고 판단되면, 해당 시료는 위조 경유로 판단한다.

도 3은 본 발명의 실시예에 따른 위조 경유 판별법에 의한 결과의 스펙트럼을 나타낸 것이다.

UV 분광광도계로 측정한 스펙트럼을 다변수 모델에 입력하여 스펙트럼을 분석하고, 다변수 모델로 계산한 결과는 도 3과 같다.

다변수 모델로 스펙트럼을 분석한 후 결과로 출력된 추산된 경유와 등유의 스펙트럼을 직접 경유와 등유를 측정 한 실제 스펙트럼과 비교한 결과는 도 4와 같다. 도 4에서 볼 수 있듯이 다변수 모델로 추산된 경유와 등유의 스펙트럼과 직접 측정한 스펙트럼이 잘 일치하는 것을 볼 수 있다. 추산된 스펙트럼이 측정한 스펙트럼과 일치 하지 않을 경우, 다변수 모델로 추산된 결과를 신뢰할 수 없으나 도 4와 같이 잘 일치하므로 추산된 결과를 신뢰할 수 있다.

[0089] 시료를 측정된 스펙트럼만으로 경유와 등유의 스펙트럼과 그 혼합비를 추산할 수 있기 때문에, 추산된 스펙트럼과 혼합비는 한 쌍으로 서로 연결되어 있다. 다변수 모델로 추산한 경유와 등유의 혼합비와 경유와 등유로 혼합물을 만든 실제 혼합비의 비교는 표 1과 같다.

표 1

실제 혼합비 (%)		추산된 혼합비 (%)	
경유	등유	경유	등유
80	20	86	14

[0091] 표 1에서 보는 바와 같이, 실시예1의 경유와 등유의 실제 혼합비와 추산된 혼합비가 오차 범위 내에서 잘 일치하는 것을 볼 수 있다.

[0093] 본 발명의 일 실시예에 따른 위조 경유 판별장치는 채취한 시료의 스펙트럼을 측정하는 분광광도계 및 다변수 모델을 이용하여 상기 측정된 스펙트럼으로부터 경유와 등유의 농도를 산출하고, 상기 경유와 등유의 농도에 따라 위조 경유 여부를 판단하는 처리부를 포함하고, 처리부의 처리 결과를 저장하는 저장부 또는 상기 산출된 경유와 등유의 농도 및 위조 경유 판단 여부를 표시하는 표시부를 더 포함할 수 있다. 본 발명의 일 실시예에 따른 위조 경유 판별장치에 대한 상세한 설명은 도 1 내지 4의 위조 경유 판별방법에 대한 상세한 설명에 대응하는바, 중복되는 설명은 생략하도록 한다.

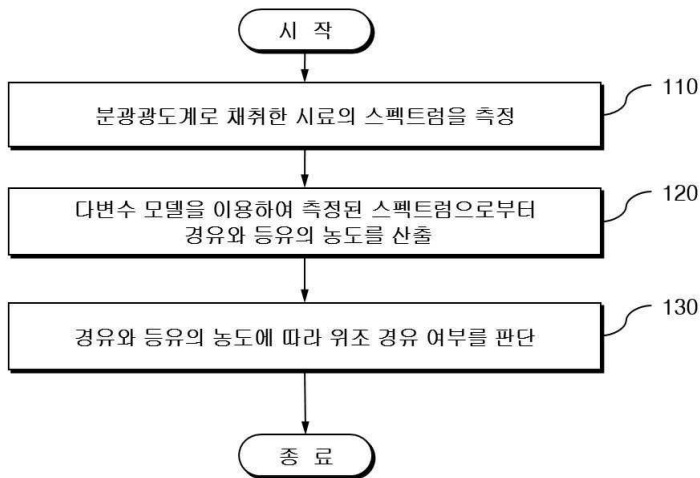
[0095] 본 발명의 실시예들은 다양한 컴퓨터 수단을 통하여 수행될 수 있는 프로그램 명령 형태로 구현되어 컴퓨터 판독 가능 매체에 기록될 수 있다. 상기 컴퓨터 판독 가능 매체는 프로그램 명령, 데이터 파일, 데이터 구조 등을 단독으로 또는 조합하여 포함할 수 있다. 상기 매체에 기록되는 프로그램 명령은 본 발명을 위하여 특별히 설계되고 구성된 것들이거나 컴퓨터 소프트웨어 당업자에게 공지되어 사용 가능한 것일 수도 있다. 컴퓨터 판독 가능 기록 매체의 예에는 하드 디스크, 플로피 디스크 및 자기 테이프와 같은 자기 매체 (magnetic media), CD-ROM, DVD와 같은 광기록 매체 (optical media), 플롭티컬 디스크 (floptical disk)와 같은 자기-광 매체 (magneto-optical media), 및 롬 (ROM), 램 (RAM), 플래시 메모리 등과 같은 프로그램 명령을 저장하고 수행하도록 특별히 구성된 하드웨어 장치가 포함된다. 프로그램 명령의 예에는 컴파일러에 의해 만들어지는 것과 같은 기계어 코드뿐만 아니라 인터프리터 등을 사용해서 컴퓨터에 의해서 실행될 수 있는 고급 언어 코드를 포함한다. 상기된 하드웨어 장치는 본 발명의 동작을 수행하기 위해 하나 이상의 소프트웨어 모듈로서 작동하도록 구성될 수 있으며, 그 역도 마찬가지이다.

[0096] 이상과 같이 본 발명에서는 구체적인 구성 요소 등과 같은 특정 사항들과 한정된 실시예 및 도면에 의해 설명되었으나 이는 본 발명의 보다 전반적인 이해를 돕기 위해서 제공된 것일 뿐, 본 발명은 상기의 실시예에 한정되는 것은 아니며, 본 발명이 속하는 분야에서 통상적인 지식을 가진 자라면 이러한 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다.

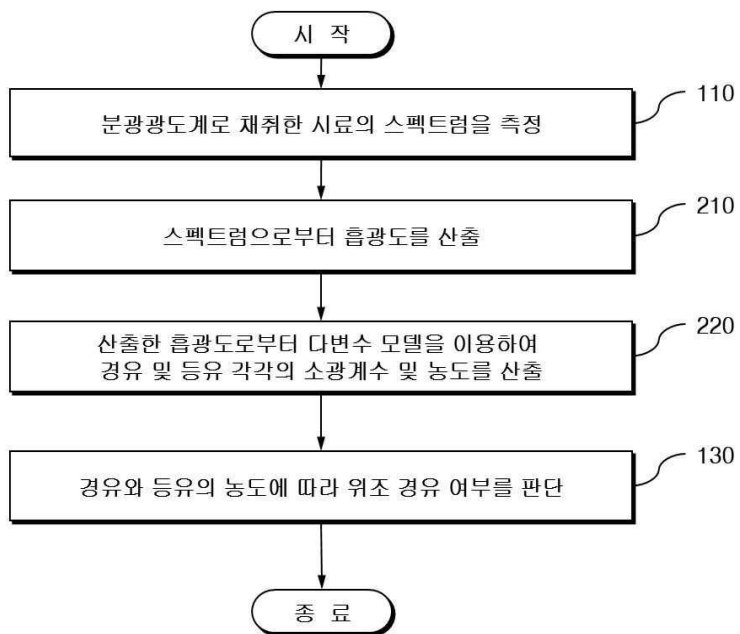
[0097] 따라서, 본 발명의 사상은 설명된 실시예에 국한되어 정해져서는 아니되며, 후술하는 특허청구범위뿐 아니라 이 특허청구범위와 균등하거나 등가적 변형이 있는 모든 것들은 본 발명 사상의 범주에 속한다고 할 것이다.

도면

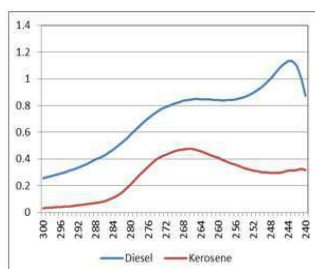
도면1



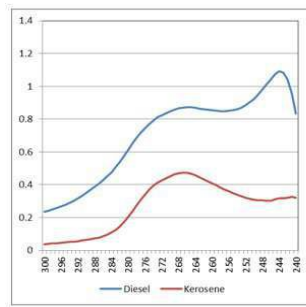
도면2



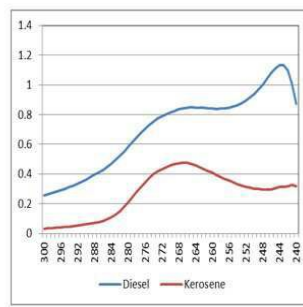
도면3



도면4



(a)



(b)