(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2013-0000671
(43) 공개일자 2013년01월03일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01M 4/86 (2006.01) *H01M 8/04* (2006.01)
B09B 3/00 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2011-0061339
(22) 출원일자 2011년06월23일
심사청구일자 2011년06월23일

(71) 출원인
한국화학연구원
대전광역시 유성구 가정로 141 (장동)
(72) 발명자
류호진
대전광역시 유성구 대덕대로 549, 6동 203호 (도룡동, 공동관리아파트)
이진아
충청남도 서산시 해미면 백학2길 34
(74) 대리인
한양특허법인

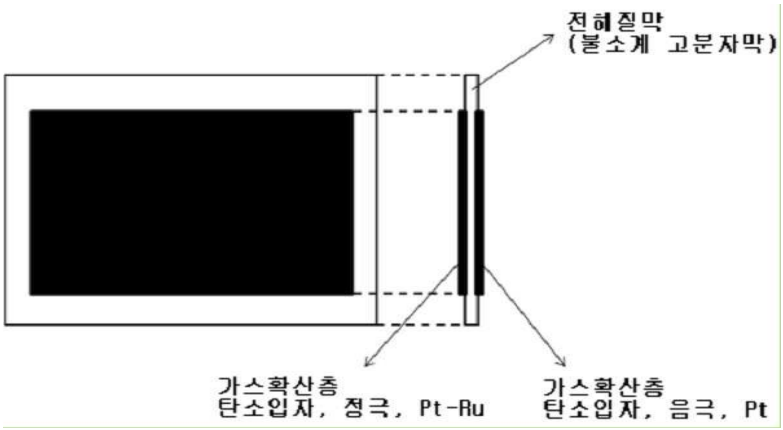
전체 청구항 수 : 총 7 항

(54) 발명의 명칭 **연료전지 막전극접합체로부터 전해질과 가스확산층의 분리방법 및 백금족 금속 회수방법**

(57) 요 약

본 발명은 연료전지 막전극접합체를 수용성 유기용매, 계면활성제 및 물을 포함하는 용액에 침지하는 단계; 및 상기 용액에 침지된 연료전지 막전극접합체로부터 전해질막과 가스확산층을 분리하는 단계를 포함하고, 상기 계면활성제는 양이온성 계면활성제 및 음이온성 계면활성제로 이루어진 군에서 선택되는 1종 이상인 것을 특징으로 하는, 연료전지 막전극접합체로부터 전해질과 가스확산층의 분리방법에 관한 것이다.

대 표 도 - 도1



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	2010501010006C-12-1-000
부처명	지식경제부
연구사업명	에너지자원기술개발사업
연구과제명	폐촉매로 부터 유가금속 회수 및 재자원화 기술개발
주관기관	한국화학연구원
연구기간	2010.10.01 ~ 2011.09.30

특허청구의 범위

청구항 1

연료전지 막전극접합체를 수용성 유기용매, 계면활성제 및 물을 포함하는 용액에 침지하는 단계; 및

상기 용액에 침지된 연료전지 막전극접합체로부터 전해질막과 가스확산층을 분리하는 단계를 포함하고,

상기 계면활성제는 양이온성 계면활성제 및 음이온성 계면활성제로 이루어진 군에서 선택되는 1종 이상인 것을 특징으로 하는,

연료전지 막전극접합체로부터 전해질과 가스확산층의 분리방법.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 수용성 유기용매는 C1~C5인 알코올, 아세톤 및 이들의 혼합물로 이루어진 군에서 선택되는 1종인 것을 특징으로 하는,

연료전지 막전극접합체로부터 전해질과 가스확산층의 분리방법.

청구항 3

청구항 1에 있어서,

상기 수용성 유기용매는 부탄올인 것을 특징으로 하는,

연료전지 막전극접합체로부터 전해질과 가스확산층의 분리방법.

청구항 4

청구항 1에 있어서,

상기 용액은

총 부피에 대하여,

상기 수용성 유기용매 5~20부피%;

상기 계면활성제 5~30부피%; 및

상기 물 잔량을 포함하는 것을 특징으로 하는,

연료전지 막전극접합체로부터 전해질과 가스확산층의 분리방법.

청구항 5

청구항 1에 있어서,

상기 양이온 계면활성제는 아민계 계면활성제인 것을 특징으로 하는,

연료전지 막전극접합체로부터 전해질과 가스확산층의 분리방법.

청구항 6

청구항 1에 있어서,

상기 음이온 계면활성제는 숙시네이트계 계면활성제인 것을 특징으로 하는,

연료전지 막전극접합체로부터 전해질과 가스확산층의 분리방법.

청구항 7

연료전지 막전극접합체를 수용성 유기용매, 계면활성제 및 물을 포함하는 용액에 침지하는 단계;

상기 용액에 침지된 연료전지 막전극접합체로부터 전해질막과 가스확산층을 분리하는 단계; 및

상기 가스확산층을 70~90℃에서 백금족 금속 산화제의 존재 하에 염산에 침지시켜 백금족 금속을 회수하는 단계를 포함하고,

상기 계면활성제는 양이온성 계면활성제 및 음이온성 계면활성제로 이루어진 군에서 선택되는 1종 이상인 것을 특징으로 하는,

연료전지 막전극접합체로부터 백금족 금속의 회수방법.

명 세 서

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 연료전지 막전극접합체로부터 전해질과 가스확산층의 분리방법 및 연료전지 막전극접합체로부터 백금족 금속의 회수방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 연료전지는 전해질막, 애노드(산화전극 또는 연료극) 및 캐소드(환원전극 또는 공기극)를 기본 구조로 한다. 그리고, 애노드와 캐소드의 두 전극을 전해질막에 고온가압법(hot-pressing)으로 부착시킨 것을 막전극접합체(membrane-electrode assembly, MEA)라고 한다. 이를 도 1에 도시화하였다. 연료전지는 각 전극에서 산화 및 환원 반응에 의해 발생되는 전자의 이동으로 전기에너지가 발생하게 된다. 각 전극에서의 반응식과 총 반응식은 다음과 같다.

[0003] 애노드: $H_2(g) \rightarrow 2H^+ + 2e^-$

[0004] 캐소드: $\frac{1}{2}O_2(g) + 2H^+ + 2e^- \rightarrow H_2O(l)$

[0005] 총 반응식: $H_2(g) + \frac{1}{2}O_2(g) \rightarrow H_2O(l)$

[0006] 상기 막전극접합체에서 각 전극은 백금계 금속촉매를 담지한 카본분말을 주성분으로 하는 촉매반응층과 연료가스에 대한 통기성과 전자전도성을 함께 가지는 가스확산층으로 이루어져 있는데, 사용된 연료전지를 폐기하는 경우 촉매로 사용된 백금계 금속을 회수할 필요가 있다. 이때 전해질막은 애노드와 캐소드 사이에서 수소이온 전달체 역할을 하는 동시에 산소와 수소의 접촉을 막는 역할을 한다. 현재, 전해질막으로서 듀폰사에서 개발한 과불소계 술폰산(perfluorinated sulfonic acid) 계통의 나피온(Nafion) 막이 주로 사용되고 있다. 그런데, 이 불소계 수지의 사용 때문에 가열에 의한 백금족 금속(platinum group matals, PGM) 회수 시에 불화수소산이 발생하므로, 대규모 시설에서는 건식정련, 소규모 시설에서는 소각 농축을 용이하게 실시할 수 없다. 또한, 연료전지 막전극접합체를 직접적으로 왕수 등에 의하여 습식법으로 백금족 금속을 용해하려고 한다면, 전극제를 커버하고 있는 불소 폴리머가 장애 요소로 작용하여 이상적인 용출이 곤란하고, 이와 같은 과정을 거친 전해질막은 재사용할 수 없다. 또한, 대한민국 공개특허 제10-2008-0004614호, 대한민국 공개특허 제10-2009-0021314호 등에서는 알코올(alcohol)과 물의 혼합물을 이용해 막 전극 접합체의 재생방법을 개시하였다. 이 경우 용액 내 작고 고운 촉매 입자의 분산이 심해 멤브레인 필터(membrane filter)를 이용한 여과과정이 필요하며 시간이 오래 걸린다.

[0007] 이상과 같은 이유로 백금계 원소가 포함된 연료전지 막 전극접합체를 재활용하기 위해서는 막전극접합체로부터 사전에 가스확산층과 전해질막을 분리할 필요가 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0008] 본 발명의 목적은 백금계 원소가 포함된 연료전지 막전극접합체를 재활용하기 위해 막전극접합체로부터 가스확산층과 전해질막을 깨끗하게 분리하는 방법을 제공하는 것이다.

[0009] 또한, 본 발명의 목적은 백금과 같은 미세한 촉매 입자의 분산을 방지하여 쉽고 간편한, 연료전지 막전극접합체

로부터 백금족 금속의 회수방법을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0010] 본 발명은 연료전지 막전극접합체를 수용성 유기용매, 계면활성제 및 물을 포함하는 용액에 침지하는 단계; 및 상기 용액에 침지된 연료전지 막전극접합체로부터 전해질막과 가스확산층을 분리하는 단계를 포함하고, 상기 계면활성제는 양이온성 계면활성제 및 음이온성 계면활성제로 이루어진 군에서 선택되는 1종 이상인 것을 특징으로 하는, 연료전지 막전극접합체로부터 전해질과 가스확산층의 분리방법을 제공한다.

[0011] 본 발명은 연료전지 막전극접합체를 수용성 유기용매, 계면활성제 및 물을 포함하는 용액에 침지하는 단계; 상기 용액에 침지된 연료전지 막전극접합체로부터 전해질막과 가스확산층을 분리하는 단계; 및 상기 가스확산층을 70~90℃에서 백금족 금속 산화제의 존재 하에 염산에 침지시켜 백금족 금속을 회수하는 단계를 포함하고, 상기 계면활성제는 양이온성 계면활성제 및 음이온성 계면활성제로 이루어진 군에서 선택되는 1종 이상인 것을 특징으로 하는, 연료전지 막전극접합체로부터 백금족 금속의 회수방법을 제공한다.

발명의 효과

[0012] 본 발명에 따른 연료전지 막전극접합체로부터 전해질과 가스확산층의 분리방법을 이용하면, 백금계 원소가 포함된 연료전지 막전극접합체를 재활용하기 위해 막전극접합체로부터 가스확산층과 전해질막을 깨끗하게 분리할 수 있고, 전해질막은 재사용이 가능하다.

[0013] 본 발명에 따른 연료전지 막전극접합체로부터 백금족 금속의 회수방법을 이용하면, 백금과 같은 미세한 촉매 입자의 분산을 방지한다. 따라서, 촉매입자의 회수가 멤브레인 필터를 이용하는 등의 별도의 여과과정이 필요 없이, 쉽고 간편하게 백금족 금속을 회수할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0014] 도 1 은 연료전지 막전극접합체(MEA)의 구조를 도시화한 것이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0015] 이하, 본 발명에 대하여 상세히 설명한다.

[0016] Ⅰ. 연료전지 막전극접합체로부터 전해질과 가스확산층의 분리방법

[0017] 본 발명에 따른 연료전지 막전극접합체로부터 전해질과 가스확산층의 분리방법은 연료전지 막전극접합체를 수용성 유기용매, 계면활성제 및 물을 포함하는 용액에 침지하는 단계를 포함한다.

[0018] 상기 전해질막의 크기는 특별히 한정하지 않으나, 16.6㎝×9.8㎝일 수 있다. 상기 가스확산층은 백금족 금속과 같은 촉매를 담지한 탄소천(carbon cloth) 또는 탄소종이(carbon paper)와 같은 다공질 전도물질인 것이 바람직하다. 상기 가스확산층의 크기도 특별히 한정하지 않으나, 14.9㎝×0.4㎝일 수 있으며 2㎝×2㎝ 크기로 잘라서 사용하였다.

[0019] 한편, 상기 용액은, 용액 총 부피에 대하여, 상기 수용성 유기용매 5~20부피%; 상기 계면활성제 5~30부피%; 및 상기 물 잔량을 포함하는 것이 바람직하다.

[0020] 상기 수용성 유기용매는 전해질막과 가스확산층의 분리를 가능하게 한다. 상기 수용성 유기용매가 상술한 범위로 포함되면, 전해질막과 가스확산층의 분리가 빠르게 이루어지며, 물과의 혼합능력이 우수해진다. 그리고, 전해질막이 팽윤이 심하게 일어나는 것을 막아서 전해질막의 재활용이 용이해진다.

[0021] 상기 수용성 유기용매의 예로는 C1~C5인 알코올과 아세톤 등을 들 수 있으며, 이들은 혼합하여 이용될 수도 있다. 상기 C1~C5인 알코올의 예로는 메탄올, 에탄올, 프로판올, 부탄올, 펜탄올 등을 들 수 있으며, 이중에서 부탄올이 가장 바람직하다. 그 이유는 부탄올이 가장 빠르게 전해질막과 가스확산층을 분리하기 때문이다.

[0022] 한편, 상기 수용성 유기용매는 10~15부피%로 포함되는 것이 보다 바람직하다.

[0023] 상기 계면활성제는 전해질막과 가스확산층의 분리를 촉매입자의 분산 없이 깨끗하게 수행한다. 상기 계면활성제가 상술한 범위로 포함되면, 상기 알코올에 의한 촉매 입자의 분산을 최소한으로 막아주며, 전해질과 가스확산

층의 분리시간을 최소로 할 수 있다. 상술한 범위 미만이면, 촉매입자가 분산되어 추가 분리공정이 필요하므로 바람직하지 않다. 상술한 범위를 초과하면, 분리시간이 길어지므로 바람직하지 않다.

[0024] 상기 계면활성제는, 상기 용액 총 부피에 대하여, 15~25부피%로 포함되는 것이 보다 바람직하다.

[0025] 상기 계면활성제는 양이온성 계면활성제 및 음이온성 계면활성제로 이루어진 군에서 선택되는 1종 이상이다. 상기 양이온성 계면활성제는 아민계 계면활성제인 것이 바람직하고, 폴리옥시에틸렌 라우릴 아민(Polyoxyethylene Lauryl Amine), 폴리옥시에틸렌 타로우 아민(Polyoxyethylene Tallow Amine) 및 폴리옥시에틸렌 스테아릴 아민(Polyoxyethylene Stearyl Amine)으로 이루어진 군에서 선택되는 1종 이상이 보다 바람직하다. 그리고, 상기 음이온성 계면활성제는 숙시네이트계 계면활성제인 것이 바람직하고, 나트륨 디옥틸 설포숙시네이트(Sodium dioctyl sulfosuccinate)인 것이 보다 바람직하다.

[0026] 상기 계면활성제로는 시판되는 상품을 이용할 수도 있는데, 상기 양이온성 계면활성제는 Koremul-LN-2(제조사: 한농화성), Koremul-LN-7(제조사: 한농화성), Koremul-TN-5K(제조사: 한농화성), Koremul-TN-15(제조사: 한농화성), Koremul-SN-10(제조사: 한농화성)를 이용하는 것이 바람직하고, 상기 음이온성 계면활성제는 Eu-DO113(제조사: 동남합성)을 이용하는 것이 바람직하다.

[0027] 상기 물은 상기 용액이 100부피%가 되도록 잔량 포함되는 것이 바람직하고, 상기 물은 증류수일 수 있다.

[0028] 한편, 상기 용액에 침지하는 단계에서, 침지시간은 40초~1시간인 것이 바람직하고, 1분~10분이 보다 바람직하다.

[0029] 본 발명에 따른 연료전지 막전극접합체로부터 전해질과 가스확산층의 분리방법을 이용하면, 백금계 원소가 포함된 연료전지 막전극접합체를 재활용하기 위해 막전극접합체로부터 가스확산층과 전해질막을 깨끗하게 분리할 수 있고, 전해질막은 재사용이 가능하다.

[0030] Ⅱ. 연료전지 막전극접합체로부터 백금족 금속의 회수방법

[0031] 본 발명에 따른 연료전지 막전극접합체로부터 백금족 금속의 회수방법은 연료전지 막전극접합체를 수용성 유기용매, 계면활성제 및 물을 포함하는 용액에 침지하는 단계를 포함한다.

[0032] 상기 단계에 대한 설명은 상술한 연료전지 막전극접합체로부터 전해질과 가스확산층의 분리방법에서 연료전지 막전극접합체를 수용성 유기용매, 계면활성제 및 물을 포함하는 용액에 침지하는 단계와 동일하므로, 기재를 생략한다.

[0033] 본 발명에 따른 연료전지 막전극접합체로부터 백금족 금속의 회수방법은 상기 용액에 침지된 연료전지 막전극접합체로부터 전해질막과 가스확산층을 분리하는 단계를 포함한다.

[0034] 상기 단계에 대한 설명은 상술한 연료전지 막전극접합체로부터 전해질과 가스확산층의 분리방법에서 상기 용액에 침지된 연료전지 막전극접합체로부터 전해질막과 가스확산층을 분리하는 단계와 동일하므로, 기재를 생략한다.

[0035] 본 발명의 연료전지 막전극접합체로부터 백금족 금속의 회수방법은 상기 용액에 침지된 연료전지 막전극접합체로부터 전해질막과 가스확산층을 분리하는 단계 후에, 상기 가스확산층을 건조하는 단계를 더 포함할 수 있다. 이는 후 공정에서 상기 가스확산층을 백금족 금속 산화제의 존재 하에 염산에 침지시킬 때, 염산이 희석되는 것을 방지하기 위함이다. 보다 상세하게 설명하면, 염산에 백금족 금속을 녹일 때 건조가 완전히 되지 않은 상태로 넣는다면, 잔류하는 증류수, 부탄올, 계면활성제로 인해서 백금속 금속이 염산 속에서 용해되는데 방해가 될 수 있다.

[0036] 본 발명의 연료전지 막전극접합체로부터 백금족 금속의 회수방법은 상기 가스확산층을 70~90℃에서 백금족 금속 산화제의 존재 하에 염산에 침지시켜 백금족 금속을 회수하는 단계를 포함한다.

[0037] 상기 백금족 금속의 산화제로 질산, NaClO, HOCl, $NaClO_3$, $NaBrO_3$, Cl_2 가스, H_2O_2 등이 있다.

[0038] 상기 백금족 금속을 회수하는 단계의 용매는 바람직하게는 왕수인 것으로, 상기 왕수는 진한 염산과 진한 질산을 혼합한 용액으로서, 당 업계에서 이용되는 왕수라면 특별히 한정하지 않는다.

[0039] 본 발명에 따른 연료전지 막전극접합체로부터 백금족 금속의 회수방법을 이용하면, 백금과 같은 미세한 촉매 입자의 분산을 방지한다. 따라서, 촉매입자의 회수가 멤브레인 필터를 이용하는 등의 별도의 여과과정이 필요 없이, 쉽고 간편하게 백금족 금속을 회수할 수 있다.

[0040] 이하에서, 실시예를 통하여 본 발명을 보다 상세히 설명한다. 그러나, 하기의 실시예는 본 발명을 더욱 구체적으로 설명하기 위한 것으로서, 본 발명의 범위가 하기의 실시예에 의하여 한정되는 것은 아니다. 하기의 실시예는 본 발명의 범위 내에서 당업자에 의해 적절히 수정 또는 변경될 수 있다.

[0041] 실시예1 내지 실시예6, 비교예1 내지 비교예4: 계면활성제 종류에 따른 전해질과 가스확산층의 분리 시간

[0042] 비커에 증류수와 수용성 유기용매를 하기 표 1에 기재된 함량대로 혼합한 후, 계면활성제를 하기 표 1에 기재된 함량대로 혼합하여 백금계 금속 회수용 용액을 제조하였다. 상기 백금계 금속 회수용 용액 내에 연료전지 막전극접합체(MEA)(제조사: ㈜퓨얼셀파워)를 하기 표 1에 기재된 시간 동안 침지시켰다. 이후, 전해질막과 가스확산층이 분리되면 전해질막을 꺼내어 증류수에 담가 놓고, 가스확산층은 상온에서 하기 표 1에 기재된 시간 동안 건조시켰다.

표 1

[0043]

	수용성 유기용매(㎖)		증류수(㎖)	계면활성제 (㎖)		분리시간 (초)	건조시간 (분)	특징
실시예1	부탄올	2	15	Koremul-LN-2	3	170	60	×
실시예2	부탄올	2	15	Koremul-LN-7	3	112	60	×
실시예3	부탄올	2	15	Koremul-TN-5K	3	116	60	×
실시예4	부탄올	2	15	Koremul-TN-15	3	165	60	×
실시예5	부탄올	2	15	Koremul-SN-10	3	120	60	×
실시예6	부탄올	2	15	Eu-DO113	3	115	60	×
비교예1	부탄올	2	18	-	0	40	60	○
비교예2	부탄올	2	15	Triton X-100	3	47	60	○
비교예3	부탄올	2	15	NP-1018	3	83	60	○
비교예4	부탄올	2	15	NP-1025	3	110	60	○

[0044] ※ 특징: 촉매입자의 분산 정도: ○: 많이, △: 조금, X: 없음

[0045] Triton X-100(상품명, 비이온 계면활성제, 제조사: 시그마)

[0046] NP-1018(상품명, 비이온 계면활성제, 제조사: 동남합성)

[0047] NP-1025(상품명, 비이온 계면활성제, 제조사: 동남합성)

[0048] 실시예1 내지 실시예6, 비교예1 내지 비교예4를 참조하면, 계면활성제의 종류에 따라 전해질막과 가스확산층의 분리 시 촉매 입자의 분산 정도가 다르다는 것을 알 수 있다.

[0049] 상세하게 설명하면, 실시예1 내지 실시예6의 경우 전해질막과 가스확산층이 깨끗이 분리되었고, 촉매입자가 분산되지 않았다. 그러나, 비교예1 내지 비교예4는 전해질막과 가스확산층이 분리될 때 촉매입자도 같이 분산이 되어, 전해질막과 가스확산층이 깨끗하게 분리가 되지 않았다.

[0050] 실시예4, 실시예7 내지 실시예11: 계면활성제의 농도에 따른 전해질막과 가스확산층의 분리 시간

[0051] 비커에 증류수와 수용성 유기용매를 하기 표 2에 기재된 함량대로 혼합한 후, 양이온 계면활성제인 Koremul-TN-

15를 하기 표 2에 기재된 함량대로 혼합하여 백금계 금속 회수용 용액을 제조하였다. 상기 백금계 금속 회수용 용액 내에 연료전지 막전극접합체(MEA)(제조사 ㈜퓨얼셀파워)를 하기 표 2에 기재된 시간 동안 침지시켰다. 이후, 전해질막과 가스확산층이 분리되면 전해질막은 꺼내어 증류수에 담가 놓고 가스확산층은 상온에서 하기 표 2에 기재된 시간 동안 건조시켰다.

표 2

[0052]

	수용성 유기용매(㎖)		증류수(㎖)	계면활성제 (㎖)		분리시간 (초)	건조시간 (분)	특징
실시예7	부탄올	2	15	Koremul-TN-15	1	100	60	△
실시예8	부탄올	2	15	Koremul-TN-15	2	120	60	×
실시예4	부탄올	2	15	Koremul-TN-15	3	165	60	×
실시예9	부탄올	2	15	Koremul-TN-15	4	220	60	×
실시예10	부탄올	2	15	Koremul-TN-15	5	290	60	×
실시예11	부탄올	2	15	Koremul-TN-15	6	360	60	×

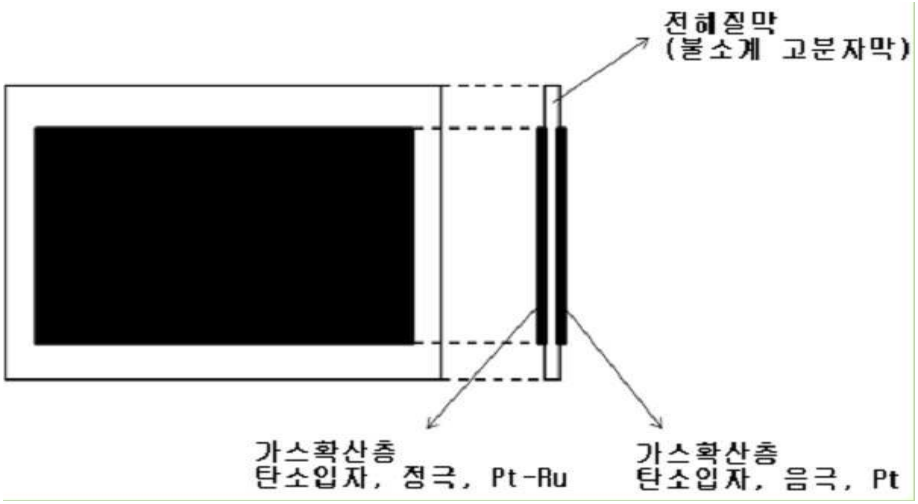
[0053] ※ 특징: 촉매입자의 분산 정도: ○: 많이, △: 조금, X: 없음

[0054] 실시예4, 실시예7 내지 실시예11을 참조하면, 계면활성제를 조금씩 첨가할수록 분리시간은 좀 더 길어지지만, 전해질막과 가스확산층의 분리가 깨끗하게 일어난 것을 알 수 있다. 특히, 계면활성제의 비율이 10부피%(2㎖) 이상일 때, 전해질막과 가스확산층의 분리가 깨끗하게 일어나는 것을 알 수 있었다. 결과가 상기와 같이 일어난 원리를 설명하면, 계면활성제를 첨가함으로써 계면활성제가 부탄올에 의해 전해질막과 가스확산층이 분리될 때 촉매입자가 가스확산층에 잘 붙어 있게 하여 용액 내에 분산이 되지 않게 하는 현상이 나타나기 때문이다.

[0055] 시험예: 분리된 가스확산층으로부터 백금계 금속의 회수

[0056] 비커에 실시예8로부터 분리된 가스확산층과 왕수 20㎖를 넣고 80℃ 온도에서 1시간 유지하여 백금과 루테늄을 녹인 염화백금산과 염화루테늄산의 형태로 혼합 용해된 용액을 얻었다. 상기 용액을 상온으로 식히고 이를 멤브레인 필터로 여과하여 탄소종이와 분산된 탄소가루를 걸러내었다. 여과된 염화백금산과 염화루테늄산이 혼합된 용액에 염화암모늄을 가하여 염화백금산암모늄으로 침전시켜 백금과 루테늄을 분리하였고, 염화백금산암모늄은 소성하여 백금 금속으로 회수하였으며(회수율: 91.8%), 나머지 루테늄은 염화루테늄산 용액상태로 회수(회수율: 93.3%)하였다.

[0057] 이와 같은 결과를 바탕으로, 본 발명의 연료전지 막전극접합체로부터 전해질과 가스확산층의 분리방법 및 백금계 금속 회수방법에 따르면, 계면활성제의 첨가로 전해질막과 가스확산층이 분리될 때 용액 내 촉매입자의 분산 없이 깨끗하게 분리 할 수 있고 이로부터 백금계 금속을 회수할 수 있어, 간단하고 경제적인 것을 알 수 있다.

도면

도면1