

**(19) 대한민국특허청(KR)**  
**(12) 등록특허공보(B1)**

(51) Int. Cl. <i>G02F 1/15</i> (2006.01)	(45) 공고일자 2006년09월28일 (11) 등록번호 10-0629190 (24) 등록일자 2006년09월21일
(21) 출원번호 10-2002-7006129 (22) 출원일자 2002년05월13일 번역문 제출일자 2002년05월13일 (86) 국제출원번호 PCT/US2001/028549 국제출원일자 2001년09월12일	(65) 공개번호 10-2002-0054341 (43) 공개일자 2002년07월06일 (87) 국제공개번호 WO 2002/23259 국제공개일자 2002년03월21일
(81) 지정국	국내특허 : 알바니아, 아르메니아, 오스트리아, 오스트레일리아, 아제르바이잔, 보스니아 헤르체고비나, 바베이도스, 불가리아, 브라질, 벨라루스, 캐나다, 스위스, 중국, 쿠바, 체코, 독일, 덴마크, 에스토니아, 스페인, 핀란드, 영국, 그루지야, 헝가리, 이스라엘, 아이슬랜드, 일본, 케냐, 키르키즈스탄, 북한, 대한민국, 카자흐스탄, 세인트루시아, 스리랑카, 리베이라, 레소토, 리투아니아, 룩셈부르크, 라트비아, 몰도바, 마다가스카르, 마케도니아공화국, 몽고, 말라위, 멕시코, 노르웨이, 뉴질랜드, 슬로베니아, 슬로바키아, 타지키스탄, 투르크맨, 터키, 트리니다드토바고, 우크라이나, 우간다, 우즈베키스탄, 베트남, 폴란드, 포르투칼, 루마니아, 러시아, 수단, 스웨덴, 싱가포르, 아랍에미리트, 안티구와바부다, 코스타리카, 도미니카, 알제리, 모로코, 탄자니아, 남아프리카, 벨리제, 모잠비크, 그라나다, 가나, 감비아, 인도, 시에라리온, 세르비아 앤 몬테네그로, 짐바브웨, 크로아티아, 인도네시아,
	EP 유럽특허 : 오스트리아, 벨기에, 스위스, 독일, 덴마크, 스페인, 프랑스, 영국, 그리스, 아일랜드, 이탈리아, 룩셈부르크, 모나코, 네덜란드, 포르투칼, 스웨덴, 핀란드, 사이프러스, 터키,
(30) 우선권주장	09/660,865      2000년09월13일      미국(US)
(73) 특허권자	록크웰 싸이언티픽 라이센싱, 엘엘씨 미국 캘리포니아주 91358-0085 싸우전드 오우크스 엠씨 에이15 피.오.박스 1085 (카미노 도스 리오스 1049)
(72) 발명자	텐치디모건 미국캘리포니아주93010카마릴로코르테리비에라1180.
(74) 대리인	김두규 김진환
심사관 : 신영교	

---

(54) 가역적 전기 화학 미러 소자의 미러 전극 상에 있는 미러 금속 침작물의 두께 결정 방법 및 장치

---

요약

가역적 전기 화학 미러(REM) 소자는 일부 파장의 전자기파에 투과적인 전도성 산화물 미러 전극(110)과, 투과할 수 있는 상대 전극(106)과, 전착이 가능한 금속의 이온을 포함하는 전해질(112)를 통상적으로 포함한다. 상기 2개의 전극 사이에 인가된 전압은 미러 전극 상에서 미러 침착물의 전착과, 상대 전극 상에서 미러 침착물의 용해를 야기한다. 상기 REM 소자는 전자기파의 반사 및 투과에 대해 정밀한 제어를 제공하며, 스마트 윈도 및 자동 조절식 자동차 미러를 비롯한 각종 애플리케이션에 사용될 수 있다. 본 발명에 따르면, REM 소자 내에 있는 미러 전극의 시트 저항 측정은 전착된 미러 금속의 두께와 상호 연관되어 있으며, 상기 소자의 반사율을 모니터링하는 데 사용될 수 있다. 시트 저항값의 측정은 측정 및 변환 회로 사이에 충분한 절연이 제공되는 경우에, 상기 소자의 미러 상태 변환 도중에 수행될 수 있다. 이것은 외부 저항 또는 보다 복잡한 회로를 사용하거나, 미러 전극 자체의 비교적 높은 시트 저항을 이용함으로써 실현될 수 있다. 본 발명에 따른 REM 소자의 반사율에 대한 모니터링은 비용 및 성능면에서 상당한 장점을 제공한다.

## 내용도

도 2

## 명세서

### 기술분야

본 발명은 제어 가능한 반사율을 갖는 미러 및 윈도와 같은 소자에 관한 것이다.

### 배경기술

건물 및 운송 차량의 윈도를 통해 투과되는 태양광은 (온실 효과를 통해) 열을 발생시켜 열악한 환경을 조성하며 에어콘의 필요성과 그 비용을 증가시킨다. 다양한 태양광 조건에 따라 투과량을 조절할 수 있는 "스마트 윈도(smart window)"를 제공하는 현재의 접근법은 광흡수성 재료를 사용한다. 윈도 자체가 가열되고, 전기 변색 소자(electrochromic device) 등과 같은 상기 소자는 비교적 고가이고 제한된 내구성 및 사이클 라이프(cycle life)를 나타내기 때문에, 상기 접근법은 단지 부분적으로 효과가 있을 뿐이다. 어떤 액정 기재의 윈도 시스템은 투과 상태와 불투명/산란 상태 사이에서 변환되지만, 이 시스템에는 투명 상태를 유지하기 위해 상당량의 전압이 필요하다. 가변 반사율을 가지며, 저가이고 내구성이 높은 저전압의 스마트 윈도의 필요성이 절실히다. 빛을 흡수하기 보다는 반사하는 것이 내부의 열 상승을 막는 가장 효과적인 수단이다. 빛의 투과를 효과적으로 조절할 수 있는 소자는 디스플레이용 에너지 절약형 조광기(照光機; dimmer) 등과 같은 다른 다양한 응용에서도 필요하다.

후속 차량의 전조등에서 발생하는 밝은 빛은 자동차의 사이드 미러 및 백 미러에서 반사되어 운전자를 성가시게 하며, 운전자의 시야를 방해하여 안전 사고를 일으킨다. 현재 시판되는 자동 조광 미러는 전기 변색 반응에 의존하여 전해질 종을 발생하여, 정적 미러(static mirror)에서는 반사될 빛을 흡수한다. 상기 장치는 반사광의 양을 정밀하게 제어하지 못하며, 균일한 조광을 제공하기 위하여 전극간에 매우 일정한 간격이 요구되므로 제작이 비용이 많이 듦다. 또한, 전기 변색 소자의 경우에 반사광은 전해질을 통과해야 하므로(두 번), 이미지 해상도가 떨어진다. 따라서, 이미지 변형을 최소로 하면서 반사광을 정밀하게 제어할 수 있는 저가의 가변 미러 소자가 절실히 요구된다.

광 변조를 위해 금속의 가역적 전착을 이용하는 초기 시도에서, 투명 기판 상에 얹어진 침착물은 거칠고, 흑색, 회색 또는 가끔식 착색된 외형(금속이 미세하게 분할되어 있는 것이 특징임)을 제공하며, 특히 두꺼운 경우에 낮은 반사율과 높은 광흡수율을 나타낸다. 상기 침착물은 콘트라스트를 높히기 위해 백색안료(白色顏料)가 종종 첨가되는 백그라운드로부터의 반사율과 관련된 디스플레이 애플리케이션에서 사용되기 위해 연구되었다. 바르스자브스키(Warszawski) 씨의 특허(미국 특허 제5,056,899호)는 디스플레이에 관한 것으로서, 기존의 투과 소자에는 중요한 결점(예컨대, 상대 전극에서 금속 침착이 발생할 가능성)이 존재하므로, 가역적 금속 전착이 디스플레이 애플리케이션에 가장 적합하다고 개시하고 있다. 일반적으로, 종래의 기술 문헌은 작동 전극(working electrode)에서 금속 전기 분해가 일어날 때 상대 전극에서의 금속 전착이 발생하는 것을 피하기 위해서는 투과형 소자에 보조 상대 전극 반응이 필요하며, 이로써 투과량의 실질적인 변화를 제로로 할 수 있다고 설명하고 있다. 이러한 설명은 스마트 윈도에 대한 가역적인 금속 침착의 적용은 미세하게 분할되어 있는 전착된 금속에 의한 광흡수를 포함해야 하며, 이는 상기 소자 자체를 가열하여 내부 공간의 가열을 초래할 것임을 암시한다. 상기 유형의 침착물의 낮은 반사율은 가변 애플리케이션에는 부적합하다.

초기 종래 기술의 문헌에 개시된 전해질은 높은 구동 전압 하에서의 금속 침착시 상대 전극에서 산화되는(예컨대, 브롬, 요오드 또는 염소로 산화되는) 보조 산화 환원 종(예컨대, 브롬화물, 요오드화물 또는 염화물)을 포함한다. 이것은 장시간 반

응시 화학적으로 불안정성을 초래하며, 금속 침착물의 화학적 용해, 예컨대  $2\text{Ag}^0 + \text{Br}_2 \rightarrow 2\text{AgBr}$ 를 통해 개방 회로 상에서 침착물을 스스로 제거하는 결과를 낳는다. 대부분의 경우에, 상기 보조 산화 환원 과정은 제거시 상대 전극에서 금 속 침착을 억제하여, 디스플레이 애플리케이션에 바람직한 임계 전압을 제공한다. 상기 보조 산화 환원 과정은 금속 전착/용해가 상대 전극에서 발생하고 임계 전압이 관측되지 않는 경우에도 중요한 부 반응을 나타낼 수 있다. 이에 대해서는 바르스자브스키 씨의 특허 3-4 컬럼(구리 또는 니켈이 상대 전극 페이스트에 존재하는 경우)과, 듀챈(Duchene)씨 등의 논문, Elecrolytic Display(1979.8)[IEEE Transaction on Electron Devices, Volume ED-26, Number 8, 1243쪽 내지 1245쪽], 프랑스 특허 제2,504,290호(1982.10.22) 등을 참고할 수 있다. 적어도 1 V의 고속 스위칭 전압이 상기 특허 및 종래 기술 문헌에서 사용되는 모든 전착 소자에 사용되었다.

지글러(Ziegler) 씨 등의 논문(Electrochim. Soc. Proc. Vol. 93-26, 353쪽, 1993)은 3가의 비스무트(bismuth) 이온 대 할라이드 음이온(halide anion)의 큰 몰 농도 비를 갖는 수용액 상태의 비스무트의 가역적 전착의 디스플레이 애플리케이션에 대한 연구를 개시하고 있다. 할라이드 음이온 산화가 1.5V의 전압이 사용된 상대 전극의 반응으로서 제공되었다. 상기 얻어진 침착물은 어두운 색을 띠며 ITO 표면의 반사율을 감소시키는 것으로 나타났다. 상기 저자들의 후속 보고서 [Electrochim. Soc. Proc. Vol. 94-31(1994), 23쪽; Solar Energy Mater. Solar Cells 39(1995), 317쪽]는 전해질에 구리 이온을 첨가하는 것이 완전한 침착물 제거를 실현하는 데 필수적임을 개시하였다. 또한, 상기 저자들은 금속 전착/용해 보다는 상대 전극 반응을 이용하였으며, 미려 침착물을 얻지 않았다. 따라서, 지글러 씨 등은 상기 침착/용해 속도에서 전해질 조성물의 영향과 미려 전착물의 품질에 관련된 설명은 제공하지 않는다.

바르스자브스키 씨는 투명 작동 전극 상의 침착이 상대 전극 그리드(grid) 라인 부근에 높게 집중되므로[매우 얇은 막의 겔(gel) 전해질이 사용된 결과임], 그리드 상대 전극을 사용하면 덜 균일한 침착물을 얻을 수 있다고 설명하고 있다. 또한, 바르스자브스키 씨는 수성 겔 전해질을 사용함으로써 대기 오염 물질에 대한 감도를 최소화할 수 있으며 누설 방지 시일(leak tight seal)을 구비할 필요가 없다고 설명한다. 그러나, 상기 전해질은 고비등점의 용매를 갖는 유기 기재(organic based) 전해질에 비하여 훨씬 제한된 온도와 전압의 동작 범위를 갖는다.

가역적 전착 공정에서 사용되는 전해질 용액의 침착물 품질을 개선하기 위한 노력의 일환으로 우다카(Udaka) 씨 등의 미국 특허 제5,764,401호에 개시된 바에 따르면 상기 전해질 용액에 유기 첨가제의 추가를 요구하고 있다. 불행하게도, 상기 첨가제는 전착 공정에서 대체로 폐기되어 사이클 라이프를 상당히 제한한다. 더욱이, 이 접근법은 가변 미리 애플리케이션에 필수적인 고 반사성 미려형 침착물을 생성하지 못하며, 스마트 윈도에 필요한 우수한 열 차단도 제공하지 못한다.

우다카 씨의 미국 특허 제5,880,872호는 상기 전착 구조에 침착된 금속막을 용해하는 데 필요한 고전압에 의해, 가역적 전착 구조의 "동작" 전극이 열화되고, 이로써 반응 수명이 짧아진다고 설명하고 있다. 우다카 씨는 이러한 결과는 알칼리 금 속 할라이드를 상기 소자의 전해질 용액에 첨가함으로써 피할 수 있으며, 바람직한 은(silver) 할라이드 대 알칼리 금속 할라이드 비는 0.5 내지 5라고 개시하고 있다. 그러나, 상기 전해질에 대한 설명이 실제 애플리케이션에 필요한 고유 안정성, 양질의 침착물, 양호한 제거 및 긴 사이클 라이프를 제공하지 못한다.

종래의 기술 문헌은 기억 효과가 일시적이라고 설명한다. 이것은 금속 전착/용해 보다는 상대 전극 반응이 발생한 결과이다. 상대 전극에서 발생된 고에너지 산화물은 작동 전극 상의 금속 침착물의 용해를 개방 회로에서 화학적으로(천천히) 일으키거나 단락 회로에서 전기 화학적으로(빠르게) 일으킬 수 있다.

니시키타니(Nishikitani) 씨 등의 특허(유럽 특허 제0,618,477호)는 스마트 윈도 애플리케이션용 전기 변색 소자의 상대 전극을 투과적인 금속 그리드로 구성할 수도 있음을 개시하고 있다. 그러나, 전기 변색 소자에서 어떠한 금속 전착도 발생하지 않으므로, 이 경우에 그리드는 투과적인 전극을 제공하는 데 사용되며, 금속 침착의 국부 집중화에 의한 투명성 유지를 위해 사용되는 것은 아니다. 더욱이, 전기 변색 소자에 충분한 전기 용량(electrical capacity)을 제공하기 위하여, 니시키타니 씨의 그리드에는 매우 큰 표면적(적어도  $10\text{m}^2/\text{g}$ , 바람직하게는  $50\text{m}^2/\text{g}$  내지  $5,000\text{m}^2/\text{g}$ )과  $50\mu\text{m}$  내지  $5,000\mu\text{m}$ 의 선폭이 필요하다. 대안으로, 도전 기판 상에 복수 개의 도트(dot)가 사용될 수 있으나, 이 도트는 1 F/g 보다 작지 않은 정전 용량을 갖는 미세 입자를 반드시 포함한다.

가시 광선 및 기타 전자기파의 반사/투과에 대한 효과적이며 정밀한 제어를 가능하게 하는 가역적 전기 화학 미러(reversible electrochemical mirror; REM) 소자는 트랜치(Trench) 씨 등에게 하여된 후 본 출원과 동일한 양수인에게 양도된 미국 특허 제5,903,382호 및 제5,923,456호에 개시되어 있다. 이 소자에서, 전착이 가능한 금속 이온을 함유하는 전해질이 미려 전극과 상대 전극 사이에 삽입되며, 이들 전극 중 적어도 하나는 상기 전자기파에 투과적이다. 통상적인 투과형 미려 전극은 기판으로 이용되는 투과형 유리(또는 플라스틱)판 상에 침착된 인듐 산화 주석(indium tin oxide; ITO) 또는 플루오르가 도핑된 산화 주석(fluorine doped tin oxide; FTO)이다. 전압을 인가하면 은(silver)과 같은 전착이 가능

한 금속이 상기 미러 전극 상에 미러로서 침착되는 반면에, 동일한 금속의 등가량이 상대 전극에서 용해된다. 전압의 극성이 바뀌면, 모든 과정이 역으로 진행되어 미러 금속이 상기 미러 전극으로부터 적어도 부분적으로 용해된다. 결정핵생성을 증가시켜 미러 침착물을 얻기 위해서는 통상적으로 투과형 도체 상에 얇은 층의 귀금속, 예컨대 15Å~30Å의 백금이 필요하다. 미러 전극 상에 존재하는 미러 금속층의 두께가 광범위하게 변화될 수 있는 반사율을 결정한다.

REM 기술은 광 반사 또는 광 투과 중 어느 하나, 또는 양자 모두를 제어하는데 사용될 수 있다. 스마트 윈도 애플리케이션에 적합한 투과형 REM 소자는 투명 기판 상에 침착된 미러 금속이 빛 차단을 현저하게 증가시키지 않도록 투명 기판(예컨대, 유리) 상에서 국부적으로 분포된(예컨대, 그리드 내에) 귀금속 상대 전극을 이용한다. 이 경우에, 높은 투과율은 비교적 작은 단면적을 가지며 국부적으로 분포된 상대 전극에 의해 제공되며, 이 소자의 반사율/투과율은 미러 전극 상에 있는 미러 금속의 두께에 의해 조정된다. 트랜치(Trench) 씨 등에게 허여된 미국 특허에 개시된 바와 같이, 상기 투과형 상대 전극은 가변 미러 애플리케이션에 사용되는 반사형 REM 소자에 필요하지 않다. 대부분의 실제 애플리케이션에서 요구되는 고유 안정성, 고품질의 침착물, 완전한 침착물의 제거, 긴 사이클 라이프 및 빠른 스위칭을 제공하는 전해질 용액에 대해서는 1999년 7월 19일에 출원되어 본 발명과 동일한 양수인에게 양도된 미국 특허 출원 번호 제09/356,730호에 개시되어 있다.

REM 및 전기 가변 미러 모두를 비롯하여, 자동차 애플리케이션에 적합한 유형의 가변 미러에 존재하는 큰 문제점은 상기 소자의 반사율을 모니터링하기 위한 수단이 간단하지 않다는 것이다. 결과적으로, 반사율이 소망하는 레벨로 조정될 수 있도록 피드백을 제공하기 위하여 미러 앞 부분에 광 센서를 배치해야 한다. 그러나, 상기 광 센서는 고가일 뿐만 아니라 미감상 바람직하지 않으며, 소자의 부피를 증가시키고, 미러의 일부를 스스로 차단하여 일반적으로 작은 면적만을 모니터링 한다. 또한, 유사한 문제점이 가변 투과율 소자에도 존재한다. 가변 반사율/투과율 소자의 미러 상태를 모니터링하는 내재된(inherent) 수단은 비용, 성능, 공간 이용률 및 시장 수용성의 관점에서 상당한 장점을 제공할 수 있다.

### 발명의 상세한 설명

본 발명은 미러 전극 및 상대 전극과 접촉해 있으며, 은 이온과 같은 전착이 가능한 금속 이온을 함유하는 전해질을 포함하는 REM 소자 내의 미러 전극의 상태를 결정하기 위해 비교적 간단한 전기적 측정 장치를 사용한다. 상기 전해질은 고체 전해질, 액상 전해질 용액, 또는 보강제를 통해 점성, 반 고체성 또는 고체성이 된 전해질 용액이 될 수 있다. 통상적으로, 미러 전극은 유리 또는 플라스틱 기판 상의 투명 전도성 산화물(예컨대, ITO)층 상의 얇은 귀금속(예컨대, 백금)층을 포함한다. 일반적으로, 상대 전극은 전자기파 반사를 제어하도록 설계된 소자에 사용되는 전착 가능한 미러 금속 시트 또는 층이며, 또한 전자기파를 투과하는 소자에 사용되는 국부 분포형 전극이다. 소자의 반사율은 미러 전극 상의 미러 금속층의 두께에 의해 결정되며, 이 두께는 적절한 극성의 전압을 인가하여 미러 금속의 전착 또는 용해를 야기함(반대 공정이 상대 전극에서 발생함)으로써 조절될 수 있다.

본 발명의 방법에 따르면, REM의 미러 전극 상에 침착된 미러 금속의 두께는 미러 전극의 시트 저항의 결과에 의해 결정되며, 이 두께는 상기 소자의 반사율에 대한 간접적인 측정을 제공한다. 침착된 미러 금속의 얇은 층은 시트 저항에 큰 영향을 미치는데, 이는 미러 전극에 일반적으로 사용되는 투명 산화물 도체의 저항률이 비교적 높기 때문이다(적어도 10Ω/square). 전해질을 통한 평행 전류 경로는 비교적 저항성이 높은 전해질 및 일반적으로 채용되는 셀 갭(cell gap)에 미비한 형상을 미친다. 상기 저항은 REM 미러 전극에 배치된 2개의 분리형 접점 사이에서 측정되며, 상기 접점은 상기 소자의 미러 상태를 변환하기 위해 전압을 인가하는데 사용되는 것과 동일할 수 있다. 직사각형 미러 전극의 바람직한 구성은 상기 측정된 저항이 침착된 미러 금속의 평균 두께를 나타내도록 2개의 대향면을 따라서만 전기적 접점을 배치하는 것이다. 또한, 이 구성은 가장 균일한 미러 형성 및 제거를 야기하며, 결과적으로 가장 균일한 미러 반사율을 가져온다. 전기적 접점 상의 도금은 획득된 미러 침착물의 균일성에 영향을 미칠 수 있기 때문에 전기적 접점과 전해질이 직접 접촉하는 것은 피해야 한다. 상기 직사각형 미러의 바람직한 구성에 있어서, 전기적 접점이 제공되지 않는 미러 전극면이 미러 경계부를 넘어, 예컨대 시일까지 확장되는 정도를 최소화함으로써 미러의 균일성과 측정의 정확성을 향상시킬 수 있다.

2개의 전기적 접점 사이의 저항값은 미러 전극 위의 2개의 분리형 접점을 양단에 인가된 직류(dc) 또는 교류(ac) 전압에 대한 전류 응답으로부터 결정될 수 있다. 교류 전압은 상기 접점과 미러 전극 사이의 접점 저항에 기인하고, 시간에 따라 상당량 변화하며 측정시 에러를 초래하는 전압 손실을 최소화하는 데 일반적으로 유리하다. 전압 교란(perturbation) 주파수는 인가된 교류 전압 및 교류 전류 응답간의 위상차를 일으키는 용량성 및 유도성 손실의 영향 뿐만 아니라 접점 저항을 최소화하도록 선택되는 것이 바람직하다. 경우에 따라, 미러 전극의 정확한 시트 저항을 계산하기 위하여 이 위상차를 고려할 필요가 있다.

적절한 회로 및 접점 구성을 이용함으로써, 침착된 미러 금속의 두께와 간접적으로는 상기 소자의 반사율을 미러 상태 변환시 모니터링하기 위하여, 미러 전극의 시트 저항은 미러 금속이 침착 또는 제거되는 도중에 결정될 수 있다. 한가지 간단

한 접근법은 미러 상태의 변환 및 시트 저항 측정에 동일한 접점을 사용하고, 등가 저항을 2개의 미러 전극 접점 각각과 변환 전압원 사이에 배치하는 것이다. 이러한 병렬 저항은 상기 접점 사이의 전체 저항을 감소시키지만, 미러 금속의 두께에 대한 양호한 감도를 유지하기에 충분히 큰 값으로 선택될 수 있다. 이 경우에, dc 저항 측정 보다는 ac 저항 측정이 미러 상태 변환 및 측정 공정 사이의 상호 간섭을 최소화하기에 바람직하다. 이 접근법에 있어서, 추가적인 변환 전압이 변환 전원과 직렬 연결된 절연 저항에 걸리는 전압 강하를 오프셋하는 데 필요하다. 변환 회로로 내의 큰 저항을 피하고, 그 저항을 측정 회로로부터 더욱 효과적으로 절연하기 위하여 보다 복잡한 회로가 사용될 수 있다. 바람직한 접근법은 미러 상태 변환 및 시트 저항 측정을 위해 분리형 접점을 제공하고, 충분한 회로 절연을 제공하기 위하여 미러 전극 시트 저항 그 자체를 이용하는 것이다.

본 발명의 다른 특징 및 장점은 첨부 도면을 참조하여 설명되는 이하의 상세한 설명을 통해 이 분야의 당업자에게 명확하게 될 것이다.

### 도면의 간단한 설명

도 1은 가역적 전기 화학 미러(REM) 소자의 대표적인 설계를 나타낸 단면도.

도 2는 적합한 접점 배열과 미러 전극 상에 침착된 미러 금속의 두께를 결정하는 측정 시스템을 도시하는 가역적 REM 소자의 미러 전극에 대한 개략도(전해질 층에서 관측됨).

도 3은 도 1과 유사한 단면도이나, 도 2에 도시된 접점-시일 배열을 나타내며, 동일한 전기적 접점을 구비한 상태에서 미러 상태 변환시 외부 저항을 사용하여 미러 전극 시트 저항을 측정하기 위해 부분적인 전기 절연을 제공하는 것을 도시하고 있음.

도 4는 도 2와 유사한 개략도이나, 미러 상태 변환시 미러 전극 시트 저항 측정에 전기 절연을 제공하기 위하여 분리형 전기적 접점을 제공하는 것을 도시하고 있음.

도 5는 REM 소자(은 할라이드 전극을 포함함)의 시일 영역 외부에 부착된 버스 바 사이에서 특정된 저항을 미러 전극 상의 은 두께의 함수로서 나타낸 그래프.

도 6은 700nm 파장에서의 반사율을 도 5와 동일한 REM 소자에 대해 측정된 시트 저항의 함수로서 나타낸 그래프.

### 실시예

도 1은 본 발명에 따른 가역적 전기 화학 미러(REM)의 대표적인 설계를 나타내는 단면도이다. 상기 소자의 구조와 기능을 보다 효과적으로 도시하기 위하여 일부 치수, 특히 총의 두께가 도면에서 불균형하게 도시되어 있다. 전자기파의 반사에 대한 정밀한 제어를 제공하는 본 실시예의 REM 소자는 피제어 전자기파의 스펙트럼 일부에 투과적인 제1 기판(102)과, 제2 기판(104)을 포함한다. 투과적인 전기적 도전막(106)이 상기 제1 기판 상에 침착된다. 전기 화학적으로 안정한 표면 조절층(surface modification layer)(108)을 선택적으로 추가할 수 있는 상기 도전막(106)은 미러 전극으로서 기능을 한다. 상기 도전막(106)은 통상적으로 인듐 산화 주석(ITO) 또는 플루오르가 도핑된 산화 주석(FTO)이다. 상기 표면 조절층(108)은 통상적으로 백금, 이리듐(iridium), 금, 오스뮴(osmium), 팔라듐(palladium), 레늄(rhenium), 로듐(rhodium) 및 루테늄(ruthenium)으로 구성된 그룹으로부터 선택된 귀금속이다. 다른 금속[예컨대, 알루미늄, 크롬, 하프늄(hafnium), 몰리브덴(molybdenum), 니켈, 티타늄, 텉스텐 또는 지르코늄(zirconium)]으로 구성된 하부층이 표면 조절층(108)의 접착력을 향상하기 위해 사용될 수 있다.

제2 전극(110)이 상기 제2 기판(104) 상에 침착되어 상대 전극으로서 기능을 한다. 대안으로, 상기 상대 전극(110)은 벌크 형 전극, 금속판 또는 시트가 될 수 있는데, 이들은 제2 기판(104)이 불필요할 만큼의 강성(rigidity)를 갖는다. 전자기파를 투과할 수도 있는 소자의 경우에, 전극(110)은 트랜치(Trench) 씨 등에게 허여된 후 본 출원과 동일한 양수인에게 양수된 미국 특허 제5,923,456호에 개시된 바와 같이 국부 분포형 전극(도 1에 도시되지 않음)이 될 수 있다. 상대 전극(110)은 전기 화학적으로 안정하거나, 상대 전극 표면이 전해질에 노출되는 것을 피하기 위해 충분한 두께의 활성 금속층(114)으로 피복된다. 또한, 상대 전극은 전기 화학적으로 안정한 금속 코팅에 의해 전해질에 노출되는 것으로부터 방지될 수 있다. 상대 전극의 재료로서 사용되거나 상대 전극 상의 보호층 또는 코팅으로 사용될 수 있는 비교적 안정한 금속에는 Pt, Ir, Au, Os, Pd, Re, Rh, Ru, Cr, Ni, Ti 및 스테인레스 철이 포함된다. 제2 전극(110)의 표면은 상기 전극에서의 전자기파의 반사를 감소시키거나, 또는 전류 밀도를 낮춤으로써(표면적이 증가하므로) 변환 속도를 증가시키기 위해 울퉁불퉁하게 처리될 수 있다.

전해질(112)은 상기 전극(106, 110) 사이에 위치하여 전기적으로 접촉되며, 전착이 가능한 미러 금속 양이온(116)을 함유한다. REM 셀은 조립되기 전에 금속층(114)을 전극(110) 상에 침착하거나, 층(120)을 결정핵생성층(108) 상에 또는 직접 전극(106) 위에 침착하거나, 도 1에 도시된 바와 같이 부분적인 미러 금속층을 2개의 전극 각각 위에 침착함으로써 초기에 미러 금속으로 채워질 수 있다. 상기 층(114, 120)과 동일한 금속 원자를 포함하는 금속 이온(116)은 전해질(112) 내에서 용해되어 이 금속 원자는 미러 전극 및 상대 전극에서 가역적으로 전착 및 전기 분해된다. 미러 전극(106)에 도포된 표면 조절층(108)은 상기 이온(116)으로부터 전착된 금속의 전극 상에 결정핵생성을 촉진시켜 전자기파를 잘 반사하는 미러 침착물을 형성한다.

전해질(112)은 전착이 가능한 금속의 양이온을 포함하며, 용매 및 착화 음이온(complexing anion)을 포함할 수 있다. 비수용매(非水溶媒)를 사용하는 바람직한 REM 전해질 용액에 대해서는 트랜치 씨등에게 허여된 후 본 출원과 동일한 양수 인에게 양도된 미국 특허 제5,903,382호 및 제5,923,456호[미국 특허 출원 번호 제09/356,730호(1999.7.19 출원) 및 제09/333,385호(1999.6.15 출원)]에 개시되어 있다. 상기 용매는 감마-부티롤락톤(gamma-butyrolactone; GBL), 에틸렌 글리콜(ethylene glycol; EG), 디메틸суль포사이드(dimethylsulfoxide; DMSO), 디메틸포마이드(dimethylformamide; DMF) 및 이들 용매의 혼합물로 구성된 그룹으로부터 선택되는 것이 바람직하다. 전착이 가능한 금속은 은, 비스무트, 구리, 주석, 카드뮴, 수은, 인듐, 납, 안티몬(antimony), 탈륨(thallium) 및 아연으로 구성된 그룹으로부터 선택되는 것이 바람직하며, 합금도 될 수 있다. 착화 음이온은 할라이드[예컨대, 염화물, 브롬화물 및 요오드화물] 및 슈도할라이드(pseudohalide)[사이아나이드(cyanide) 및 티오시아네이트(thiocyanate)]로 구성된 그룹으로부터 선택되는 것이 바람직하며, 통상적으로 전착이 가능한 금속 양이온에 비해 여분의 몰농도가 존재한다. 여분의 할라이드/슈도할라이드 음이온은 REM 소자가 작동하는 전압 범위에서 비(非)전기 활성인 양이온을 포함하는 화합물로서 첨가된다. 바람직한 비전기 활성 양이온에는  $\text{Li}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{H}^+$  및 오가노암모늄(organoammonium)[예컨대, 알킬암모늄 또는 아릴암모늄(aryl ammonium)] 이온이 포함되나, 마그네슘, 칼슘, 칼륨, 류비듐, 세슘, 스트론튬 또는 바륨 양이온도 사용될 수 있다.

본 발명의 일부 실시예에서, 전해질(112)은 전해질의 점성을 상당히 증가시키고, 전해질의 흐름을 저지하여 점성이 큰 액체, 반고체 또는 고체 전해질을 형성하도록 1개 이상의 보강제를 포함하는 전해질 용액이 될 수 있다. 분산성(dispersed) 무기 재료, 예컨대 실리카 또는 알루미나는 전해질의 전도도에 최소한의 영향을 미치고, 통상적으로 REM 소자의 관심 전압 범위에서 전기 화학적으로 불활성이며, REM 셀 내의 순쉬운 주입을 위해 기계적 시어링(shearing)에 의해 액화될 수 있는 덕소트로픽(thixotropic) 겔을 형성한다. 이 겔은 또한 온도에 비교적 안정적이고 REM 전극 재료에 잘 접착된다. 기타 가능한 REM 전해질 보강제에는 액상 전해질에서 용해되어 주위 온도에서 플라스틱형 겔을 형성하는 유기 겔화제(organic gelling agent), 예컨대, 폴리아크릴로니트릴(PAN), 폴리비닐알콜(PVA), 폴리비닐아세테이트(PVOAc) 및 폴리메틸메타아크릴레이트(PMMA)이 포함된다. 특정 유기 중합체 겔화제는 겔 안정도, 주어진 전해질과의 화학적 및 전기 화학적 양립성, 및 금속 미러 형성/제거 공정에 기초하여 선택된다. 또한, 상당량의 전해질을 흡수하는 다공성 고체 중합체[예컨대, 오르마실(ormasils)] 및 다공성 폴리프로필렌이 사용될 수 있다. 경우에 따라, 고체 중합체 매트릭스가 전해질 내에 용해된 단량체의 인시튜 중합에 의해 형성될 수 있다. REM 전해질로서 사용될 수 있는 일부 고체 중합체는 음이온 백본을 구비하며, 용매 또는 첨가된 음이온이 불필요할 정도의 양이온 전도성을 띤다.

또한, 전해질(112)은 1개 이상의 착색제를 포함하여 전해질에 바람직한 색을 첨가하거나, 관심 파장 영역에서 빛을 강하게 흡수함으로써 반사형 소자 내의 상대 전극으로부터의 반사를 피할 수 있다. 예컨대, 중력 하에서 침전을 막는 전해질 보강제와 함께 통상적으로 사용되는 미량의 분산성 카본 블랙(dispersed carbon black)을 추가하여 전해질 용액에 흑색을 첨가할 수 있다. 1개 이상의 무기재 또는 유기재, 특히 염료 화합물을 추가함으로써 다른 색이 첨가될 수 있으며, 이를 재료는 다른 전해질 성분과 양립 가능하고 REM 전압 동작 범위에서 전기 화학적으로 반응하지 않도록 선택되어야 한다.

REM 소자는 가역적 극성(reversible polarity) 및, 가변 또는 사전 설정된 양 및 음의 전위를 가지며, 미러 전극(106)과 상대 전극(110) 사이에 연결된 전위 소스(118)와 함께 사용되도록 제작되었다. 상대 전극(110)에 대한 음전위가 미러 전극(106)에 인가되는 경우에, 상대 전극(110)에 침착된 금속(114)은 이 상대 전극으로부터 전해질(112)로 용해되는 반면에, 전해질 내의 금속 이온(116)은 그 전해질로부터 미러 전극(106)의 표면 조절층(108)으로 전착된다. 인가된 전위의 극성이 바뀌어 상대 전극(110)에 대한 양전위가 미러 전극(106)에 인가되는 경우에, 침착된 금속은 미러 전극으로부터 전해질(112)로 용해되고, 용해된 금속은 전해질로부터 상대 전극(110)으로 전착된다.

미러 전극 상에 존재하는 침착된 금속층(120)의 두께는 전자파에 대한 미러의 반사율을 결정한다. 이 공정은 가역적이고, 미러는 추가적인 전류가 요구되는 일이 없이 미러 전극(106) 상의 완전한 침착 상태와 미러 전극(106)으로부터 완전한 소거 상태 사이의 가상적인 일정 지점에서 유지될 수 있다. 따라서, REM 미러는 약 0% 내지 약 100% 중 어떠한 반사율로도 조정될 수 있다. REM 소자에 대한 반사율의 하한은 결정핵생성층(108), 전극(106) 및 기판(102)의 반사율에 영향을 받는

다. 이 반사율은 일반적으로 사용되는 유형의 반사 방지 코팅을 사용하거나, 상기 층의 두께를 조절함으로써 감소될 수 있다. 유사하게, REM 소자의 최대 반사율은 기관(102), 전극(106) 및 결정핵생성층(108) 내의 광흡수에 의해 영향을 받는다.

전자기파에 대한 REM 소자의 전체적인 반사율에 영향을 미치는 각 층 모두, 특히 침착된 미러 금속층(120)은 대부분의 애플리케이션에 필요한 미러 표면에 매우 균일한 반사율을 제공하기 위해 통상적으로 매우 균일한 두께를 가져야 한다. 결과적으로, 주어진 미러 금속 두께는 전착 또는 용해에 필요한 전하와 관련된 일정량의 미러 금속에 대응한다. 상기 공정들은 통상적으로 REM 전해질에 대해 거의 100%의 전하 효율을 나타낸다는 점에 주목해야 한다.

대체로, REM 소자의 반사율은 전하 집속 소자(119)(charge integration device)(도 1 참조)를 결합하고 상기 미러가 순환될 때 금속 전착 및 용해시 흐르는 모든 전하를 유지함으로써 미러 금속 침착물의 두께를 통하여 언제든지 알 수 있다. 전하 집속 소자(119)는 전하를 직접 측정하고 모을 수 있는 전량계이거나 전류 통합 소자와 결합된 전류계가 될 수 있다. 그러나, 상기 미러가 여러 주기 동안 사용되고, 이 주기 동안에 미러 금속이 완전히 제거되지 않는 경우에, 금속 전착과 용해 반응 사이에서 측정의 부정확성과 최소 효율의 불균형이 상기 계산된 두께 및 관련 반사율에 누적된 에러를 가져올 것이다. 상기 에러는 미러 금속층(120)을 미러 전극(106)으로부터 주기적으로 완전히 제거하여 전하 집적을 위한 새로운 시작점을 설정함으로써 완화될 수 있으나, 이러한 방법은 높은 주기 속도에서는 비실용적이고 그러한 주기적인 제거의 필요성이 다수의 애플리케이션에서 수용될 수 없을 것이다. 더욱이, 정확한 전기량 트래킹에 필요한 장비는 비교적 고가이다.

도 2는 본 발명에 따른 직사각형 REM 소자의 미러 전극 상에 침착된 미러 금속의 두께를 결정하기 위한 바람직한 접점 배열 및 측정 시스템을 도시한다. 미러 전극(106) 및 상대 전극(110)(도 2에 도시되지 않음) 사이에 형성된 시일(130)은 전해질을 포함하는 컴파트먼트(compartment)를 형성하고 전극(106)과 접촉된 영역의 윤곽(도 2에서 가운데 직사각형)을 나타낸다. 미러 전극(및/또는 상대 전극)은 원기둥부 또는 기타 기하학적 형상을 형성하도록 허여질 수 있다. 시일(130)은 폴리머 접착제, O-링(o-ring), 개스킷 또는 기타 수단에 의해 형성될 수 있으며, 스페이서가 상기 두 전극 사이에 일정한 간격을 제공하기 위해 사용된다. 전기적 접점(131, 132)은 전기 전도성 접착제를 사용하여 구리와 같은 도전 금속 스트립을 부착함으로써 시일 영역 외부에 있는 전극(106)의 두 대향면을 따라 제공되는 것이 바람직하다. 스프링 메카니즘(spring mechanism)에 의해 제공되는 압력의 사용을 비롯하여, 다른 다양한 수단이 접점(131, 132)을 부착하는 데 사용될 수 있다. 접점(131, 132)은 미러 상태를 변환하기 위해 전압을 인가하고, 전극(106) 상의 미러 금속 침착물의 두께를 결정하기 위해 전극(106)의 시트 저항을 측정하는 데 모두 사용될 수 있다. 분리된 접점이 사용될 수 있으며, 이하에서 설명하는 바와 같이, 상기 분리된 접점은 미러 상태가 변환되는 도중에 미러 금속층(120)의 두께를 결정하는 데 필요한 정도의 전기 절연을 제공할 수 있다.

상기 접점 상의 미러 금속 도금은 얇어진 미러 침착물의 균일성에 영향을 미칠 수 있으므로, 전기적 접점 및 전해질 사이의 직접적인 접촉은 피해야한다는 점에 주목하자. 더욱이, 전해질에 노출된 접점은 부식에 대한 충분한 저항성을 가져 미러 상태 변환에 사용되는 애노드 전압하에서 열화되지 않아야 하는데, 이것은 더욱 고가의 재료 또는 코팅체를 요구하는 반면, 어떠한 장점도 제공하지 않는다.

시트 저항은 일반적으로 주어진 재료 층 또는 시트의 단위 면적당 전기 저항으로 정의되며, 접점 저항 및 다른 재료의 인접 층으로부터의 기여를 무시하거나 또는 고려하는 방식으로 측정된다. 다른 언급이 없다면, 본 명세서에서 "시트 저항"은 REM 소자의 미러 전극에 부착된 2개의 분리된 접점 사이에서 측정된 저항을 가르키며, 특히 다른 재료의 인접 및 접촉층으로부터의 기여를 포함한다. 전기적 접점 및 미러 전극 사이의 인터페이스와 관련된 접점 저항은 미러 전극의 시트 저항과 직렬 연결되어 있으며, 통상적으로 무시할 만큼 충분히 작거나, 또는 시간에 따라 비교적 일정하여 이들의 영향은 주기적인 교정에 의해 고려될 수 있다.

본 발명에 따르면, 침착된 미러 금속의 두께는 미러 전극의 시트 저항 상에 미치는 영향으로부터 결정된다. 도 1로부터, 측정된 시트 저항은 미러 전극(106), 결정핵생성층(108) 및 미러 금속층(120)으로부터의 별별 기여를 포함한다는 것이 자명하다. 전해질 저항은 일반적으로 충분히 커서 전해질층(112) 및 상대 전극층(110, 114)을 통해 흐르는 전류가 작다는 점에 주목해야 한다. 더욱이, 결정핵생성층(108)은 통상적으로 매우 얇고(15-30Å), 일반적으로 사용되는 인듐 산화 주석의 경우에 적어도  $10 \Omega/\text{square}$ 인 미러 전극(106)의 시트 저항에 최소의 영향을 미친다. 결과적으로, 미러 금속층(120)의 두께가 상기 측정된 시트 저항에 가장 큰 영향을 미친다.

도 2에서, 미러 전극(106)의 시트 저항은 R1으로서 표시되고, 미러 금속층(120)의 별별 저항은 R2로서 표시된다. 이들 저항은 별별로 연결되어 있으므로, 상기 가정 하에서 측정된 시트 저항(R)은  $R = 1/R_1 + 1/R_2$ 로서 주어진다. 대체로, 시트 저항은 미러 금속 적층물의 두께의 합으로서 계산될 수 있으나, 이 계산은 기하학적 고려 사항에 의해 복잡해진다. 미러 전극층(106)의 일부가 시일 영역을 통해 접점(131, 132) 영역으로 확장되는 반면에, 미러 금속 침착은 이들 영역에서 발생

하지 않는다는 점을 주목해야 한다. 결과적으로, R1 및 R2는 상이한 길이의 층(도 2에서 화살표로 나타남)에 의해 결정된다. 유사하게, 미러 금속 침착은 상기 소자의 비접촉면(non-contact side) 상의 시일 영역에서 발생하지 않는다. 그러나, 이 경우에, 여분의 미러 전극 재료는 저항 측정 및 미러 상태 변환 모두에 있어 균일하지 않은 전류 분포를 야기하는 추가적인 전류 경로를 나타낸다. 따라서, 비접촉면 상의 미러 전극층(106)은 점선(135, 136)으로 표시된 시일 영역[영역 137 및 138은 베어(bare) 기관임] 내에서만 확장되는 것이 바람직하지만, 결정핵생성층(108)에 의해 보호되지 않는 전극 가장 자리가 전해질에 노출되는 것을 피하기 위해 일부 상기와 같은 연장이 일반적으로 필요하다. 미러 전극(106)의 시트 저항에 대한 정확한 계산을 어렵게 만드는 다른 요인들에는 각 층의 두께 및 재료 특성의 제작 및 시간에 따른 변화와, 접점 저항 및 소자 내의 층(112, 114, 110)으로부터의 상당한 기여가 포함된다.

한편, 장래의 측정 또는 동일 종류의 다른 소자에 보정 곡선을 제공하기 위해 미러 전극 시트 저항을 미러 금속 두께의 함수로서 측정하는 것은 비교적 간단한 문제이다. 침착된 미러 금속에 의해 발생하는 저항의 변화를 이용하고 미러 금속 침착물 없이 전극의 시트 저항을 주기적으로 재측정함으로써, 시간과 소자간의 영향은 최소화될 수 있다. 미러 금속 침착물의 두께는 베어(bare) 전극을 기준선으로 사용함으로써, 그 전착에 관여된 전하로부터 쉽게 확인될 수 있다. 또한, REM 소자의 반사율을 미러 금속 두께의 함수로서 측정한 후에, 상기 미러 전극 시트 저항을 측정함으로써 상기 REM 소자의 반사율을 결정할 수 있다. 이러한 보정 접근법은 또한 다른 전극의 기하학적 구조 및 전기적 접점의 배치에 대한 미러 금속 두께 및 소자의 반사율에 대한 정확한 측정을 제공한다. 본 발명에 따른 상기 방법은 균일한 미러를 제공하는 어떠한 REM의 기하학적 구조 및 접점 배치에도 적용될 수 있다. 또한, 상기 방법은 균일하지 않은 미러 침착물에 평균 두께를 제공한다. 또한, 분리된 접점이 시트 저항 측정에 사용될 수 있으며, 미러 침착물의 일부만을 측정하기 위해 배치되거나 또는 미러 상태 변환 전압을 인가하기 위해 사용되는 접점과 관련된 정도의 전기 절연을 제공하기 위하여 배치될 수 있다.

도 2에 도시된 바와 같이, 전극(106)의 시트 저항은 전압원(133)을 통해 접점(131, 132) 사이에 직류(dc) 또는 교류(ac) 전압 교란을 인가한 후에, 전류 측정 장치를 통해 전류 응답을 측정함으로써 측정될 수 있다. 교류 측정은 접점 저항에 기인하며 시간에 따른 변화량이 크고 측정시 에러를 일으키는 전압 손실을 최소화하는 장점을 갖는다. 전압 교란 주파수는 용량성 및 유도성 손실의 영향을 최소화하도록 선택되는 것이 바람직하며, 이것은 인가된 교류 전압 및 교류 전류 응답 간에 위상차가 '0'에 가까운 경우에 발생한다. 통상적으로, 5kHz 보다 큰 주파수가 적당하다. 경우에 따라, 미러 전극에 대한 정확한 시트 저항을 계산하기 위해 상기 위상차를 고려할 필요가 있다. 인가된 전압 교란의 크기가 중요하지 않으나, 전류 응답을 정확하게 측정할 수 있을 만큼 충분히 크지만 주울열 효과(Joule heating effect) 등에 의해 REM 소자의 기능 및 제어가 손상될 만큼 크지 않은 전류 응답을 발생하도록 선택되는 것이 바람직하다.

또한, 본 발명에 따른 미러 전극(106)에 대한 시트 저항의 측정은 미러 금속이 미러 전극에서 전착 또는 용해되는 동안, 즉 상기 소자의 미러 상태를 변환하는 도중에 수행될 수 있다. 통상적으로, 미러 상태 변환용 전압을 인가하는 데 사용되는 접점은 모두 국부적인 전압차와 관련된 미러의 비균일성을 최소화하기 위해 전기적으로 단락되어야 하기 때문에, 미러 상태 변환시 수행되는 시트 저항 측정에 일정 수준의 전기 절연을 제공해야 한다. 그러한 전기 절연은 다수의 방식으로 실현될 수 있으며, 이하에서는 2개의 실시예가 설명된다.

도 3은 미러 상태 변환시 미러 금속 침착물의 두께를 측정하기 위해 미러 전극의 시트 저항을 측정하는 데 사용되는 회로에 부분적인 전기 절연을 제공하기 위해 외부 저항을 사용하는 것을 도시한다. 이 경우에, 미러 전극의 대향면에 배치된 전기적 접점(131, 132)은 미러 상태를 변환하고 시트 저항을 측정하는 데 모두 사용된다. 전위 소스(118)는 동일한 저항값을 갖는 직렬 저항(138, 139)를 통하여 접점(131, 132)에 연결된다. 시트 저항을 측정하는 데 사용되는 전압원(133) 및 전류 측정 장치(134)는 접점(131, 132)에 직접 연결된다. 저항(138, 139)은 전극층(106) 및 미러 금속층(120)과 전기적으로 병렬 연결되어 있으므로, 측정되는 전체 저항을 감소시키지만, 미러 금속의 두께에 대한 양호한 감도가 유지되도록 충분히 크게 선택될 수 있다. 이러한 접근법의 경우에, 추가적인 변환 전압이 저항(138, 139)에 걸리는 전압 강하를 오프셋하기 위해 필요하다. 보다 복잡한 회로가 상기 전압 강하를 최소화하고 더 높은 측정 정밀도를 제공하기 위해 사용될 수 있다.

도 4는 미러 상태 변환시 미러 금속 침착물의 두께를 결정하기 위해 미러 전극 시트 저항을 측정하는 데 사용되는 회로에 내부 전기 절연을 제공하기 위한 미러 전극 상의 분리된 전기적 접점의 배치를 도시한다. 이 접근법에 대해 설명된 본 실시 예에서, 시트 저항 측정용 전기적 접점(151, 152)은 미러 변환 전압(도시되지 않음)을 인가하는 데 사용되는 접점(132, 133)을 구비하지 않는 전극(106)면 상에 배치된다. 접점(151, 152) 사이의 저항은 전압원(133)을 통해 전압을 인가하고 전류 측정 장치(134)를 통해 전류를 측정함으로써 측정된다. 접점(151, 152)을 비교적 작게 제작하고 이 접점을 접점(131, 132) 사이의 중간에 배치함으로써, 접점(131, 132)을 통한 측정 전류의 흐름이 비교적 높은 전극층(106)의 시트 저항에 의해 최소화된다. 작은 면적의 접점 역시 미러 침착물의 균일성을 국부적으로 감소시킬 수 있는 상기 접점간의 단락을 최소화한다. 이 경우에서 측정된 저항은 미러 금속층(120)의 두께에 비례하며 미러의 반사율의 측정에 제공하기 위해 보정될 수 있다. 또한, 접점(131, 132)으로부터 접점(151, 152)의 전기 절연은 도 4에 접선으로 표시된 바와 같이, 미러 전극 재료(106)의 탭(153, 154) 위에 접점(151, 152)을 배치함으로써 실현될 수 있다. 베어 전극 영역(155, 156, 157, 158)

은 측정 접점(151, 152)과 미러 상태를 변환하는 데 사용되는 버스 바(buss bar)(131, 132) 사이의 전류 흐름을 최소화한다. 본 발명에 따라 미러 금속 두께를 결정하기 위해 상대적인 시트 저항값을 제공할 수 있는 다수의 접점 배치가 존재한다. 예컨대, 접점(152)이 제거될 수 있으며, 접점(151)과 전기적으로 단락된 접점(131, 132) 사이의 저항이 측정될 수 있다.

### 바람직한 실시예의 구현

바람직한 미러 전극은 광학상 투명 도전막, 예컨대 비교적 낮은 저항율(약  $10 \Omega/\text{square}$ )을 가지며 미러 전극 및 전류 콜렉터로서 이용되는 ITO 또는 FTO 등으로 한 쪽면이 균일하게 코팅된 유리 또는 플라스틱 기판을 사용한다. Pt와 같이 광학적으로 얇은 접착성 불활성 금속이 ITO 또는 FTO 표면 상에 증착되어(스퍼터링에 의해 증착되는 것이 바람직함) 미러 침착물을 제공하기 위해 금속 침착의 결정핵생성의 균일성을 강화한다. 금, 팔라듐(palladium), 로듐(rhodium), 이리듐(iridium), 루테늄(ruthenium) 및 레늄(rhenium)을 비롯하여, 다른 전기 화학적 불활성 금속이 사용될 수 있다. 경우에 따라, 이중 금속막, 예컨대 Ti/Au 또는 Cr/Au을 채용하는 것이 이로울 수가 있는데, 여기서 매우 얇은 하부 금속층(예컨대, Ti 또는 Cr)은 전해질에 대한 귀금속 결정핵생성층의 접착력을 향상시키는 역할을 한다. 결정핵생성층은 일부 REM 시스템, 특히 수성 은 시안화 전해질(aqueous silver cyanide electrolyte)에서 필요하지 않다.

가변 투과율을 갖는 REM 소자의 경우에, 바람직한 상대 전극은 트랜지 씨 등에게 허여된 후 본 출원과 동일한 양수인에게 양도된 미국 특허 제5,903,382호에 개시된 바와 같이 국부적으로 분포된다. 이 경우에, 상대 전극은 전기 화학적 불활성 금속 그리드 또는 비교적 작은 총 면적의 결정핵생성층 매트릭스 패턴을 포함하여 상대 전극 상에 도금된 금속은 소량의 전자파만을 차단한다.

가변 반사율 REM 소자의 경우에, 바람직한 상대 전극은 ITO/유리 또는 플라스틱 기판 상에  $15\text{\AA}$  내지  $30\text{\AA}$ 의 Pt 층과 같이, 상대 전극으로부터의 전자기파의 반사를 감소시키기 위해 광흡수 전해질과 함께 사용되는 전기 화학적으로 안정한 도전 기판 상에 상당히 두꺼운(예컨대  $1\mu\text{m}$ ) 미러 금속층을 포함한다. 상대 전극의 재료가 동작점에서 전기 화학적으로 불안정한 경우에, 상대 전극이 미러 금속으로 항상 덮혀 있고 전해질에 노출되지 않기 위해 추가량의 미러 금속이 사용되어야 한다. 대안으로, 전기 화학적 불활성 금속, 예컨대 백금으로 구성된 보호층이 반응 기판 및 미러 금속 사이에 사용될 수 있다. 셀을 조립하기 전에, 상대 전극이 미러 금속이 아닌 경우에, 미러 전극 위에 침착될 때 원하는 반사율 값을 제공하고 상대 전극의 기판 금속이 전해질에 노출되는 것을 방지하기에 충분한 양의 미러 금속으로 도금된다. 대안으로, 미러 전극은 상기 초기의 미러 금속 전하로서 도금될 수 있다.

바람직한 전해질은 미러 금속의 전착/용해에 관한 것을 제외하고 화학적 및 전기 화학적으로 모두 안정하다. 상기 미러 금속은 REM 동작 조건 하에서 전기적으로 불활성인 양이온을 갖는 화합물(예컨대, 리튬 또는 나트륨)로부터 적어도 일부 추출된 할라드/슈도할라이드 음이온을 첨가함으로써 전해질 내에서 안정하고 매우 잘 녹게되는 은 할라이드(또는 슈도할라이드)로서 전해질에 첨가되는 은인 것이 바람직하다. 비교적 낮은 독성과 양호한 전기 화학적 특성을 갖는 다른 미러 금속에는 구리, 주석 및 비스무트가 포함된다. 할라이드/슈도할라이드 이온(염화물, 브롬화물, 요오드화물, 시안화물 및 티오시안산염)의 혼합물이 이용될 수 있다. 용매는 비수용성이여야 하며, 그 어는점 및 끓는점에 대해서는 양호한 전해질 안정성 및 양호한 미러 주기 특성뿐만 아니라 소망하는 온도의 동작 범위를 제공하도록 선택되는 것이 바람직하다. 바람직한 용매에는 감마 부티로락톤(GBL), 에틸렌 글리콜(EG), 디메틸суль포사이드(dimethylsulfoxide), 디메틸포마마이드(DMF) 및 이들의 혼합물이 포함된다. 상당량의 물을 첨가하여 일부 용매, 예컨대 에틸렌 글리콜의 어는점을 낮출 수 있다. 용해도를 고려하면 미러 금속염 및 할라이드/포슈할라이드 화합물의 허용 가능한 배합물을 제한할 수 있다. 미러 금속의 전착/용해시 전기적으로 활성이며 분해되는 첨가제, 예컨대 전착물을 평평하게 하고 빛나게 하는 데 주로 사용되는 유기 화합물은 소자의 사이클 라이프를 제한하므로 피해야 한다.

REM 소자는 액상 전해질을 사용하여 제작될 수 있지만, 전해질 보강제를 사용하는 것이 유해한 대기 오염 물질(예컨대, 산소)의 전송을 최소화하고, 미러 성능에 영향을 미치며 화학적 안전 위험(safety hazard)을 야기하는 전해질 손실을 방지하는 다수의 애플리케이션과, 실수로 파손시 형성되는 유리 조각을 접착력있게 보존시켜 물리적인 인체 상해를 입히지 않게 하는 다수의 응용에서 바람직하다. 바람직한 전해질 보강제는 분산성 무기 재료, 예컨대 고분산성 실리카(hightly dispersed silica; HDS) 또는 알루미나인데, 상기 재료는 REM 셀 내에 손쉬운 주입을 위해 기계적 시어링(shearing)의 해액화될 수 있는 딕소트로픽(thixotropic) 겔을 형성하며, 일반적으로 전해질의 전도성 및 REM 성능에 최소한의 영향을 미친다. 상기 겔은 경우에 따라 REM 미러 품질 및/또는 사이클 성능에 이로운 영향을 미칠 수 있으며, 온도에 비교적 안정적이고 REM 전극 재료에 잘 붙는다.

가변 미러 애플리케이션의 경우에, 비(非)미러(non-mirror) 상태에서 빛 반사가 최소로 되도록 착색제를 REM 전해질에 첨가하는 것이 바람직하다. 이 경우에 바람직한 착색제는 넓은 스펙트럼 범위(모든 가시광 파장을 포함함)에서 높은 광흡수를 제공하며 전해질이 자외선에 의해 열화되는 것을 막는 경향이 있는 미량의 분산성 카본 블랙이다. 이 카본 블랙은 초음파 교란(agitation)에 의해 부유되며 전해질 보강제를 계속 첨가함으로써 부유 상태가 유지되는 것이 바람직하다.

본 발명에 따른 가역적 전기 화학 셀은 스페이서 및 폴리머 밀봉제(sealant)를 사용하거나, 적절한 간격 및 시일 모두를 제공하는 개스킷 또는 O-링을 사용함으로써 제작될 수 있다. 상기 스페이서 및 시일 재료는 전해질과 화학적으로 양립가능해야 한다. 상기 전극은 약 0.05mm 내지 3.0mm 정도 떨어져 있는 것이 바람직하다. 상기 전극은 평면형 또는 곡선형이 될 수 있다.

REM 셀의 기하학적 구조는 2개의 대향면의 길이 방향으로 전도성 접착제으로서 부착된 구리 스트립에 의해 제공되는, 미러 상태 변환용 전기적 접점(terminal)을 갖는 직사각형 또는 정사각형인 것이 바람직하다. 접점은 시일 영역 외부에 배치되어 전해질과 접촉되지 않는 것이 바람직하다. 동일한 접점이 미러 전극의 시트 저항을 측정하는데 사용될 수 있으며, 대응하는 전류의 위상 변화가 0에 근접하게 되는 주파수(예컨대, 10 – 30kHz)를 갖는 인가된 교류 전압을 이용하는 것이 바람직하다. REM 미러 상태 변환시 시트 저항을 측정하는 경우에, 바람직한 접근법은 REM 소자 중에서 변환 전압이 인가되는 접점을 포함하지 않는 면의 중간 쯤에 배치된 작은 면적의 분리된 접점을 제공하는 것이다.

시트 저항은 주어진 양의 미러 금속을 침착시키는 데 필요한 전하를 측정함으로써, 미러 전극 상의 미러 금속의 두께에 의해 보정되는 것이 바람직하다. 표준 반사율 측정 방법에 의한 보정 후에, 시트 저항은 소자의 반사율에 대한 정확한 측정을 제공한다.

### 실시예

대략 6.1cm × 8.9cm의 뷰잉 에어리어(viewing area)를 갖는 가변 반사율 REM 소자는 유리 기판(10cm<sup>2</sup>) 상의 10Ω/square ITO 막 위에 스퍼터링된 15Å의 백금 결정핵생성층을 포함하는 미러 동작 전극을 사용함으로써 구성된다. 상대 전극은 유리 기판(10cm<sup>2</sup>) 상의 10Ω/square ITO 위에 스퍼터링된 60Å의 백금이며, 상기 전극은 시판되는 시안화물 조(bath)(Technisilver 2E, Technic 사)로부터 약 1μm의 은으로 전기 도금되며, 셀을 조립하기 전에 불활성 기체에서 30분 동안 200°C에서 어닐링된다(접착력을 향상하기 위함). 베어 Pt/ITO 경계가 도금된 은 주위에 남아(도금자의 테이프로 마스킹 함으로써) 아크릴 접착 테이프(VHB #4910, 3M 사)로서 양호하게 밀봉할 수 있게 하는데, 상기 테이프는 도금된 은을 뒤덮어 그 가장자리를 보호한다. 이 아크릴 테이프(폭이 약 5mm)는 전극 스페이서(1mm) 및 주(主) 밀봉제 모두의 역할을 하며, 상기 소자의 2개의 긴 면을 따라 Pt/ITO 층에 전도성 접착체(C665, Furon 사)로서 부착된 2개의 3mm 너비의 구리 버스 바(buss bar)를 위한 공간을 남기기 위해 글라스 패인(pane)의 경계 안쪽에 배치된다. 전해질 제조 및 최종 소자 조립은 전기 화학적으로 반응하고 미러 금속의 화학적 용해를 통해 미러 자체 제거를 야기할 수 있는 산소와의 오염을 피하기 위해 질소 대기 글러브 박스 내부에서 수행되어야 한다. 전해질은 한 쌍의 피하 주사기(입구와 출구) 및 시린지를 이용하여 아크릴 테이프를 통하여 주입된다. 에폭시가 제2 시일을 제공하고 버스 바를 적절하게 유지하는 것을 돋는 데 사용된다. 상기 전해질은 고순도 GBL 용매(<20ppm 물) 내에 1.5M AgI + 2.0 M LiBr + 63 mg/mL 고분산성 실리카(M-5 Cab-O-Sil, Cabot 사) + 1.5mg/mL 카본 블랙(Vulcan, Cabot 사)을 포함한다. 고분산성 실리카를 첨가함으로써, 휘저으면 액화되지만 정지시에는 굳어지는 덕소트로픽 겔을 생성한다. 이 REM 소자는 뛰어난 미러 품질(70nm 파장에서 최소 6.0%의 반사율과 400Å의 은 침착물에서 80%의 반사율)을 나타내며 미러 전극 상에 침착된 소정 양의 은에 대해 반사율의 변화없이 반복적으로 변환될 수 있다.

도 5는 구리 버스 바(상기 소자에 대한) 사이에서 측정된 시트 저항을 관여된 전하로부터 결정된 미러 전극 상의 은 침착물의 두께의 함수로서 나타낸다. 은 두께에 대한 시트 저항의 감도가 넓은 범위에서 양호하다는 것은 자명하다. 감도는 400Å 이하의 은 두께에서 특히 양호하며, 이 조건에서 거의 최대 반사율을 제공한다. 또한, 재현성(reproducibility)은 침착물이 완전 용해된 다음 재침착된 후에 측정된 각각의 은 두께에 대한 3개의 데이터 포인트가 나타내듯이 우수하다.

도 6은 반사율(700nm 파장에서 이중 반사에 의해 측정됨)의 상기 측정된 시트 저항(상기 소자에 대한)에 대한 의존도를 나타낸다. 반사율이 넓은 범위에서 양호한 감도를 가지며 시트 저항이 감소함에 따라 선형적으로 감소함을 알 수 있다.

### 본 발명의 특징

본 발명에 따른 가역적 전기 화학 미러(REM) 소자는 은과 같이 전착이 가능한 미러 금속의 이온을 포함하는 전해질과 접촉하는 미러 전극 및 상대 전극을 포함한다. 통상적으로, 약 1.0mm의 일정한 간격이 스페이서/시일 조합에 의해 상기 2개의 전극 사이에서 유지되며, 그 간격은 전해질을 포함하고 대기 오염물이 상기 소자로 유입되는 것을 막는 역할을 한다. 통상적으로, 상기 전해질에 대한 전기적 접점은 상기 시일 외부에 배치되어 전해질과 접촉되지 않는다.

상기 미러 전극이 통상적으로 투명 유리 또는 플라스틱 기판 위에 ITO와 같은 투명 산화물 도체를 포함하는 반면에, 상기 미러 전극은 가변 반사율 소자의 금속 시트이며, 상기 소자가 광 투과를 제어하는 데 사용되는 경우에 국부적으로 분포된 전극이다. 미러 전극 위에 미러 금속층을 가역적 전착하는 것은 전자파에 대한 상기 소자의 반사율 및/또는 투과율을 변화시키는 데 사용된다. 통상적으로, 백금과 같은 불활성 기체의 얇은층이 결정핵생성을 향상시키기 위해 투명 도전층 상에 스퍼터링/증착에 의해 증착되어 미러 침착물이 얹어진다. 상기 소자의 반사율은 주로 미러 전극 상의 미러 금속층의 두께에 의해 결정된다. 미러 전극에서 발생하는 금속 침착 반응의 역이 상대 전극에서 발생하여 전해질 조성을 내에서의 순수 변화는 '0'이 된다. 전도성 접착체로 부착된 구리 호일은 전해질에 적절한 접촉을 제공한다. 직사각형 또는 정사각형 REM 소자의 경우에, 상기 소자의 2개의 대향면의 길이 방향에 배치된 접촉 스트립이 가장 균일한 미러 침착물을 제공한다.

얇은 온도 동작 범위는 γ-부티로락톤, 에틸렌 글리콜, 디메틸су 폴리아이드 등의 고비등(hight boiling) 유기 용매를 기재로 한 전해질을 사용함으로써 얻어진다. 상기 용매들의 혼합물 및/또는 물의 추가는 동작 온도를 낮추도록 온도 범위를 확장할 수 있다. 전기 화학적 불활성 보강제를 결합함으로써 얻어진 경성(硬性) 용매(무기 용매 또는 유기 용매 어느 것이든)를 사용하면 미러 제작을 용이하게 하고, 화학적 또는 물리적 인체 상해의 가능성을 최소화하며, 대류 전송을 방지하여 셀 누설 및 대기 오염에 대한 감도를 감소시킨다. 전해질 내에 광 흡수성 부유 입자 또는 용해된 염료를 사용하면 상대 전극으로부터의 반사를 최소화하여, 방해 전파(ghosting)를 저지하고 가변 미러 소자의 최소 반사율을 낮춘다. 이러한 전해질 착색은 심미상 목적으로 사용되는 어떠한 종류의 REM 소자에도 사용될 수 있다.

본 발명에 따르면, REM 소자의 반사율을 결정하는 침착된 미러 금속의 두께는 미러 전극의 시트 저항에 대한 영향으로부터 결정된다. 시트 저항은 미러 전극 상의 2개의 분리된 전기적 접점 사이에 인가된 전압에 대한 전류 응답으로부터 결정된다. 직사각형 또는 정사각형 소자의 대향면에 있는 전기적 접점은 미러 상태의 변환 및 미러 전극 시트 저항의 측정 모두에 사용될 수 있다. 접점 저항 및 관련된 측정 에러는 시트 저항 측정용 교류(ac) 전압을 사용함으로써 최소화될 수 있다. 교류 주파수는 시트 저항이 직접 측정될 수 있도록 유도성 및 용량성 효과를 피하여 선택된다.

시트 저항은 미러 상태가 변환되는 도중에 측정되어 상기 소자의 반사율을 제어하기 위한 실시간 피드백을 제공할 수 있다. 이것은 변환 및 측정 공정 사이의 상호 작용을 최소화하는 적절한 전기적 접점 배치 및 회로를 이용함으로써 실현된다. 동일한 접점이 상기 두 공정에 사용되는 경우에, 외부 저항을 사용하여 필요한 회로의 절연을 제공할 수 있다. 보다 간단한 방법은 시트 저항 측정 및 미러 상태 변환시 필요한 절연이 미러 전극의 시트 저항에 의해 제공되도록 배열되어 있는 분리형 접점 세트를 사용하는 것이다.

이상으로, 본 발명의 바람직한 실시예를 설명하였다. 그러나, 변형 및 추가적인 실시예가 가능하다는 것은 이 분야의 당업자에게 매우 명백할 것이다. 더욱이, 균등한 구성이 본 명세서에서 설명된 구성을 대체할 수 있으며, 분할 또는 결합이 역으로 진행되거나 그렇지 않으면 교체될 수 있으며, 본 발명의 일부 특징은 다른 특징들과 독립하여 이용될 수 있다. 결과적으로, 상기 대표적인 실시예는 한정적이 아닌 예시적으로 간주되어야 하며, 첨부된 특허 청구 범위가 본 발명의 전체적인 범위를 잘 나타낸다.

### (57) 청구의 범위

#### 청구항 1.

전자기파의 전파를 제어하기 위한 가역적 전기 화학 미러 소자의 미러 전극 상에 있는 미러 금속 침착물의 두께를 결정하는 방법에 있어서, 상기 가역적 전기 화학 미러 소자는,

미러 전극(110)과,

상대 전극(106) - 상기 미러 전극 및 상대 전극 중 적어도 한쪽은 전자기파의 스펙트럼 중 적어도 일부에 대해서 투과됨 - 과,

상기 미러 전극 및 상대 전극과 전기적으로 접촉하면서 그 사이에 배치되며, 전착이 가능한 미러 금속의 양이온을 함유하는 전해질(112)을 포함하며,

상기 상대 전극에 대한 상기 미러 전극에 인가되는 음전위에 의해서, 미러 금속이 상기 상대 전극으로부터 상기 전해질로 용해된 후, 상기 전해질로부터 상기 미러 전극 위에 미러 침착물로서 전착되고,

상기 상대 전극에 대한 상기 미러 전극에 인가되는 양전위에 의해서, 미러 금속이 상기 미러 전극으로부터 상기 전해질로 용해된 후, 상기 상대 전극 위에 전착되며,

상기 미러 전극 상에 존재하는 침착된 미러 금속의 두께는 전자기파에 대한 상기 소자의 반사율에 영향을 미치고,

상기 방법은,

(1) 2개의 위치들 양단에 전압을 인가하여 합성 전류를 측정함으로써 상기 미러 전극 위의 2개의 위치(131, 132) 사이의 전기 저항값을 측정하는 단계와,

(2) 상기 측정된 저항값을 기준의 두께를 갖는 미러 금속 침착물에 대한 기준의 전기 저항값과 비교하고, 상기 기준의 저항값과 기준의 두께에 기초해서 상기 측정된 저항값에 대응하는 상기 미러 침착물의 두께를 계산하는 단계

를 포함하는 가역적 전기 화학 미러 소자의 미러 전극 상에 있는 미러 금속 침착물의 두께 결정 방법.

## 청구항 2.

제1항에 있어서, 상기 측정 단계는,

교류 전압(133)을 인가하는 단계와,

상기 교류 전압에 대한 교류 전류 응답을 측정하는 단계

를 포함하는 것인 가역적 전기 화학 미러 소자의 미러 전극 상에 있는 미러 금속 침착물의 두께 결정 방법.

## 청구항 3.

제2항에 있어서, 상기 측정된 저항값은 상기 교류 전압 및 교류 전류와, 이들간의 위상차로부터 계산되는 것인 가역적 전기 화학 미러 소자의 미러 전극 상에 있는 미러 금속 침착물의 두께 결정 방법.

## 청구항 4.

제1항에 있어서, 상기 측정 단계는,

직류 전압을 인가하는 단계와,

상기 직류 전압에 대한 직류 전류 응답을 측정하는 단계와,

옴의 법칙을 이용하여 상기 저항값을 계산하는 단계

를 포함하는 가역적 전기 화학 미러 소자의 미러 전극 상에 있는 미러 금속 침착물의 두께 결정 방법.

## 청구항 5.

제1항에 있어서,

(3) 기존의 두께를 갖는 미러 금속 침착물을 구비한 소자의 반사율을 측정하는 단계와,

(4) 단계 (2)에서 결정된 미러 금속 침착물의 두께를 기존의 소자 반사율을 갖는 미러 금속 침착물의 두께와 비교하여 상기 측정된 저항값에 대응하는 소자의 반사율을 결정하는 단계

를 더 포함하는 가역적 전기 화학 미러 소자의 미러 전극 상에 있는 미러 금속 침착물의 두께 결정 방법.

## 청구항 6.

제1항에 있어서, 상기 기존의 침착물의 두께는 상기 미러 금속 침착물의 침착에 필요한 전하로부터 결정되는 것인 가역적 전기 화학 미러 소자의 미러 전극 상에 있는 미러 금속 침착물의 두께 결정 방법.

## 청구항 7.

전자기파의 전파를 제어하기 위한 가역적 전기 화학 미러 소자의 미러 전극 상에 있는 미러 금속 침착물의 두께를 결정하는 장치에 있어서, 상기 가역적 전기 화학 미러 소자는,

미러 전극(110)과,

상대 전극(106) – 상기 미러 전극 및 상대 전극 중 적어도 한쪽은 전자기파의 스펙트럼 중 적어도 일부에 대해서 투과됨 – 과,

상기 미러 전극 및 상대 전극과 전기적으로 접촉하면서 그 사이에 배치되며, 전착이 가능한 미러 금속의 양이온을 함유하는 전해질(112)을 포함하며,

상기 상대 전극에 대한 상기 미러 전극에 인가되는 음전위에 의해서, 미러 금속이 상기 상대 전극으로부터 상기 전해질로 용해된 후, 상기 전해질로부터 상기 미러 전극 위에 미러 침착물로서 전착되고,

상기 상대 전극에 대한 상기 미러 전극에 인가되는 양전위에 의해서, 미러 금속이 상기 미러 전극으로부터 상기 전해질로 용해된 후, 상기 상대 전극 위에 전착되며,

상기 미러 전극 상에 존재하는 침착된 미러 금속의 두께는 전자기파에 대한 상기 소자의 반사율에 영향을 미치고,

상기 장치는,

(1) 상기 미러 전극 상에 위치하는 제1 및 제2 전기적 접점(131, 132)과,

(2) 상기 전기적 접점들 양단에 전압을 인가하여 합성 전류를 측정함으로써 상기 전기적 접점들 사이의 전기 저항값을 측정하는 수단(132, 134)과,

(3) 상기 측정된 저항값을 침착된 미러 금속의 기존의 두께에 해당하는 저항값에 상호 연관시키는 수단과,

(4) 상기 측정된 저항값에 대응하는 상기 미러 금속 침착물의 두께를 계산하는 수단

을 포함하는 가역적 전기 화학 미러 소자의 미러 전극 상에 있는 미러 금속 침착물의 두께 결정 장치.

**청구항 8.**

제7항에 있어서, 상기 전기적 접점 중 적어도 하나는 상기 전해질과 전기적으로 접촉하지 않는 것인 가역적 전기 화학 미러 소자의 미러 전극 상에 있는 미러 금속 침착물의 두께 결정 장치.

**청구항 9.**

제7항에 있어서, 상기 전기적 접점은 직사각형 미러 전극의 대향면에 제공되는 것인 가역적 전기 화학 미러 소자의 미러 전극 상에 있는 미러 금속 침착물의 두께 결정 장치.

**청구항 10.**

제7항에 있어서, 상기 전기적 접점 중 적어도 하나는 상기 미러 금속이 상기 미러 전극에서 전착 또는 용해되도록 하는 전압을 인가하는 데 사용되는 접점을 포함하지 않는 상기 대향면 중 적어도 하나의 중간 지점에 배치되는 것인 가역적 전기 화학 미러 소자의 미러 전극 상에 있는 미러 금속 침착물의 두께 결정 장치.

**청구항 11.**

삭제

**청구항 12.**

삭제

**청구항 13.**

삭제

**청구항 14.**

삭제

**청구항 15.**

삭제

**청구항 16.**

삭제

**청구항 17.**

삭제

**청구항 18.**

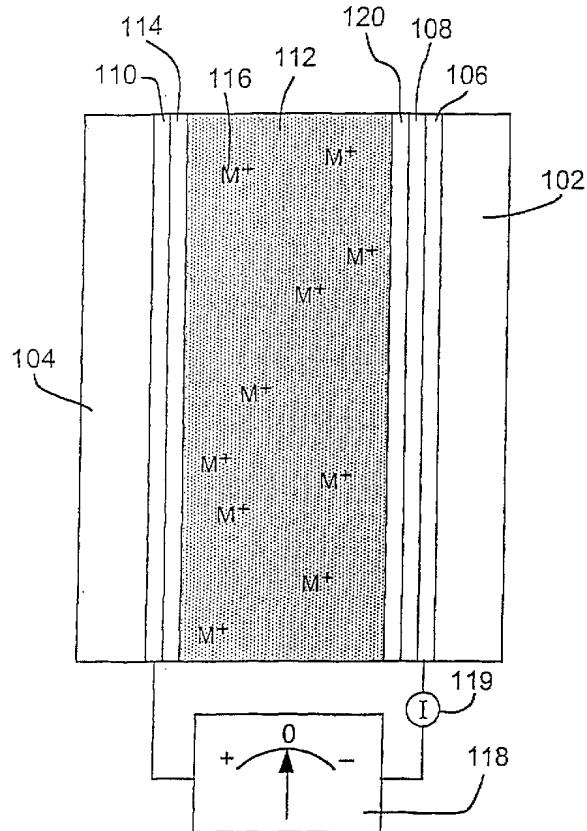
삭제

**청구항 19.**

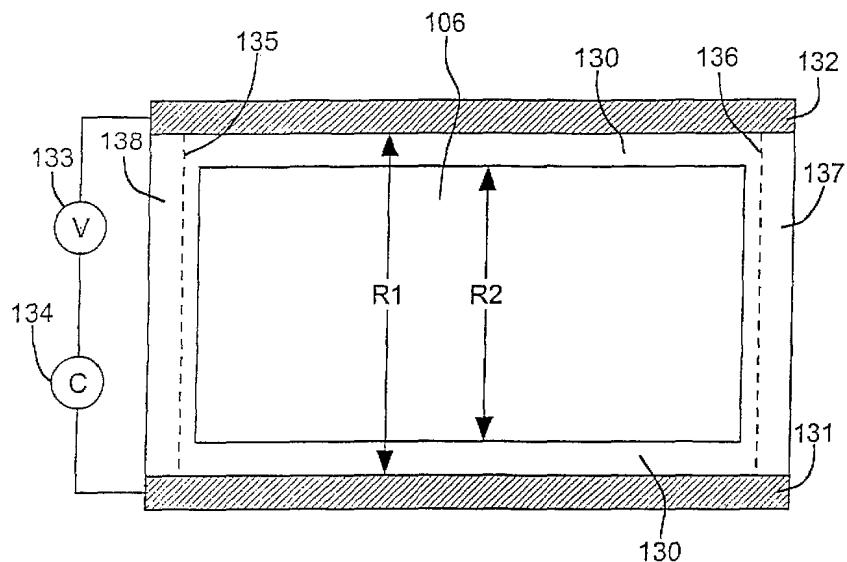
삭제

**도면**

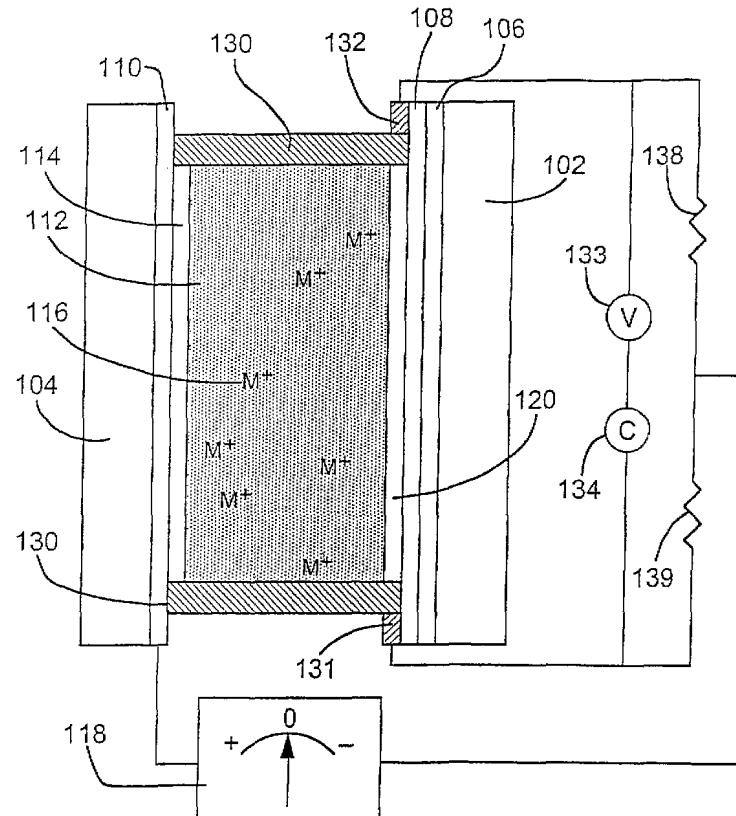
도면1



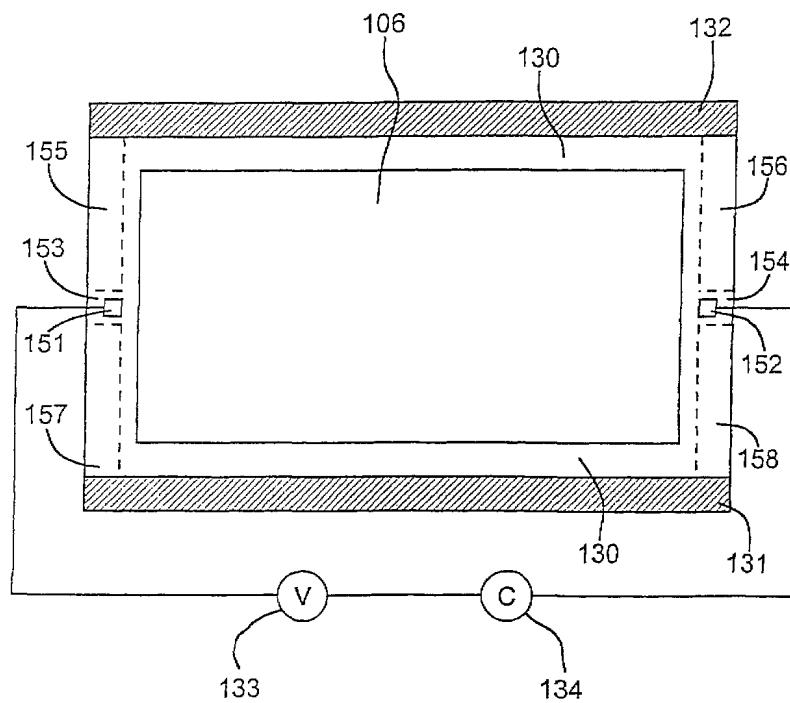
도면2



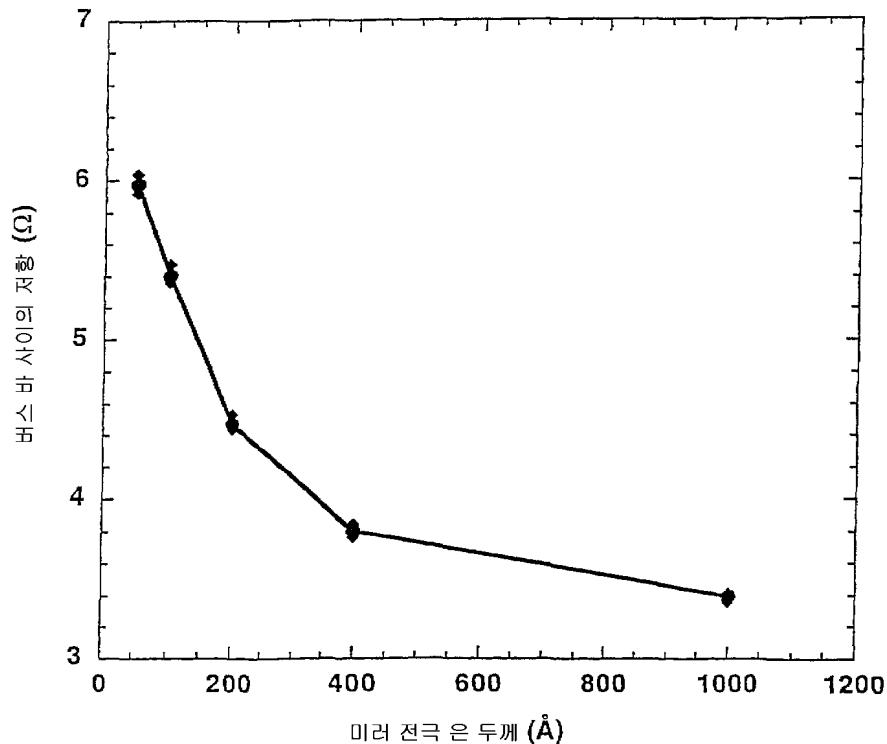
도면3



도면4



도면5



도면6

