

	(19) 대한민국특허청(KR) (12) 공개특허공보(A)	(11) 공개번호 10-2014-0009951 (43) 공개일자 2014년01월23일
(51) 국제특허분류(Int. Cl.) C23C 16/44 (2006.01) C23C 16/42 (2006.01) C08J 5/18 (2006.01)		(71) 출원인 연세대학교 산학협력단 서울특별시 서대문구 연세로 50, 연세대학교 (신촌동)
(21) 출원번호	10-2013-0152123(분할)	(72) 발명자 변재철
(22) 출원일자	2013년12월09일	서울특별시 서대문구 연세로 50 (신촌동 제2공학관 312호)
심사청구일자	없음	(74) 대리인 이채형, 김승욱
(62) 원출원	특허 10-2011-0105695	
원출원일자	2011년10월17일	
심사청구일자	2011년10월17일	

전체 청구항 수 : 총 7 항

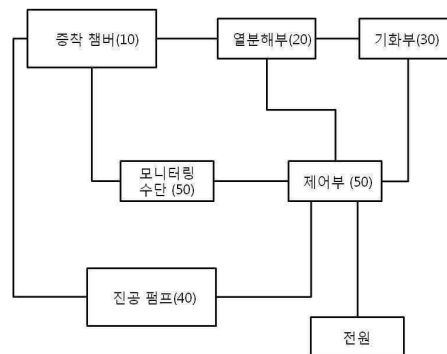
(54) 발명의 명칭 파릴렌 박막 형성 장치 및 상기 파릴렌 박막 형성 장치를 이용한 파릴렌 박막 형성 방법

(57) 요약

본 발명은 파릴렌 박막 형성 장치, 더욱 구체적으로 파릴렌 모노머를 기화, 열분해 및 증착 단계를 거쳐 파릴렌 박막을 형성하는 파릴렌 박막 형성 장치 및 상기 파릴렌 박막 형성 장치를 이용하여 파릴렌 박막을 형성하는 방법에 관한 발명이다.

본 발명에 따른 파릴렌 박막 형성 방법은: 파릴렌 다이머를 파릴렌을 기화시키는 제 1 단계, 상기 기화된 파릴렌 다이머를 열분해하여 중간 생성물을 형성하는 제 2 단계, 및 상기 중간생성물을 증착 챔버 내부로 도입하여, 상기 증착 챔버 내부에 형성된 기판 위에 파릴렌 박막을 증착시키면서, 상기 증착 챔버 내부에 형성된 QCM 센서의 공진 주파수를 측정하여, 상기 QCM 센서의 공진 주파수가 사전에 결정된 주파수에 도달하면 상기 파릴렌 막막의 증착을 중단시키는 제 3 단계를 포함하는 것을 특징으로 한다.

대표도 - 도3



특허청구의 범위

청구항 1

파릴렌 모노머를 기화시키는 기화부와, 상기 기화된 파릴렌 다이머 기체를 열분해하는 열분해부와, 상기 열분해된 중간 생성물을 기관에 증착시켜 파릴렌 박막을 형성하는 증착 챔버를 포함하고,

상기 증착 챔버는 상기 증착 챔버 내부에 형성되는 QCM(Quartz Crystal Microbalance) 센서를 더 포함하고,

상기 증착 챔버는 상기 중간생성물을 증착 챔버 내부로 도입하여, 상기 증착 챔버 내부에 형성된 기관 위에 파릴렌 박막을 증착시키면서, 상기 증착 챔버 내부에 형성된 QCM 센서의 공진 주파수를 측정하여, 상기 QCM 센서의 공진 주파수가 사전에 결정된 주파수에 도달하면 상기 파릴렌 박막의 증착을 중단시키는 방법으로 파릴렌 박막을 형성하고,

상기 파릴렌 박막의 증착을 중단시키기 위한 주파수의 결정은 다음의 수학적식을 이용하여 계산되는 것을 특징으로 하는 파릴렌 박막 형성 장치.

$$\Delta f = -2\Delta m \cdot f_0^2 / [A(\mu_q \rho_q)^{1/2}]$$

단, ρ_q 는 석영의 밀도, μ_q 는 결정의 전단 계수, f_0 는 기본 주파수(fundamental frequency), A는 (결정 위에 증착되는 금속 막의 영역으로 정의되는) 결정의 압전 활동 영역, Δm 질량의 변화량, Δf 는 주파수 변화량

청구항 2

청구항 1에 있어서, 상기 파릴렌 박막 형성 장치는 상기 QCM 센서의 공진 주파수값을 실시간으로 모니터링 할 수 있는 모니터링 수단을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 파릴렌 박막 형성 장치.

청구항 3

청구항 1 또는 청구항 2에 있어서, 상기 기화부는 복수로 형성되는 것을 특징으로 하는 파릴렌 박막 형성 장치.

청구항 4

파릴렌 다이머를 파릴렌을 기화시키는 제 1 단계,

상기 기화된 파릴렌 다이머를 열분해하여 중간 생성물을 형성하는 제 2 단계,

상기 중간생성물을 증착 챔버 내부로 도입하여, 상기 증착 챔버 내부에 형성된 기관 위에 파릴렌 박막을 증착시키면서, 상기 증착 챔버 내부에 형성된 QCM 센서의 공진 주파수를 측정하여, 상기 QCM 센서의 공진 주파수가 사전에 결정된 주파수에 도달하면 상기 파릴렌 박막의 증착을 중단시키는 제 3 단계를 포함하고,

상기 파릴렌 박막의 증착을 중단시키기 위한 주파수의 결정은 다음의 수학적식을 이용하여 계산되는 것을 특징으로 하는 파릴렌 박막 형성 방법.

$$\Delta f = -2\Delta m \cdot f_0^2 / [A(\mu_q \rho_q)^{1/2}]$$

단, ρ_q 는 석영의 밀도, μ_q 는 결정의 전단 계수, f_0 는 기본 주파수(fundamental frequency), A는 (결정 위에 증착되는 금속 막의 영역으로 정의되는) 결정의 압전 활동 영역, Δm 질량의 변화량, Δf 는 주파수 변화량

청구항 5

청구항 4에 있어서, 상기 제 1 단계에서 파릴렌 다이머는 140℃ 내지 180℃의 온도에서 기화시키는 것을 특징으로 하는 파릴렌 박막 형성 방법.

청구항 6

청구항 4에 있어서, 상기 제 2 단계에서 상기 열분해는 600℃ 이상의 온도에서 진행되는 것을 특징으로 하는 파릴렌 박막 형성 방법.

청구항 7

청구항 4에 있어서, 또한, 상기 제 2 단계에서 형성된 중간 생성물은 고반응성 p-자일렌 라디칼인 것을 특징으로 하는 파릴렌 박막 형성 방법.

명세서

기술 분야

[0001] 본 발명은 파릴렌 박막 형성 장치, 더욱 구체적으로 기화, 열분해 및 증착 단계를 이용하여 파릴렌 모노머로부터 파릴렌 박막을 형성하는 파릴렌 박막 형성 장치 및 상기 파릴렌 박막 형성 장치를 이용하여 파릴렌 박막을 형성하는 방법에 관한 발명이다.

배경 기술

[0002] 일반적으로 파릴렌은 p-자일렌(p-xylene)이 중합되어 있는 폴리머로 투명하고, 방수, 내화성 및 내식성을 갖고 있어서 다양한 분야에서 응용가능하다. 또한, 통상적으로 기관 위에 증착되는 파릴렌은 일반적으로 p-자일렌 다이머를 의미하며 파릴렌 N으로 통칭된다. 또한, 파릴렌 N의 유도체로는 p-자일렌에 아민기를 연결한 파릴렌 A, 불소를 첨가한 파릴렌 F 등이 알려져있다.

[0003] 파릴렌을 형성하는 방법으로는 첨부한 도 1에서 보듯이 (1) 파릴렌 다이머 분말을 100℃ 이상, 바람직하게는 140℃ 내지 180℃의 온도에서 기화(증발)시킨 후 (2) 상기 기화된 파릴렌 다이머를 약 650℃ 정도의 고온에서 열분해하여 중간 생성물인 고반응성 p-자일렌 라디칼을 형성하고, (3) 상온 및 진공 상태에서 상기 중간 생성물을 기관(기질)에 증착시키는 방법이 통상적으로 이용된다.

[0004] 이러한 파릴렌 박막의 증착은 기체상에서 이루어지는 특성으로 인하여 기질 모양과 상관없이 균일한 증착이 가능하다는 장점이 있다. 또한, 파릴렌은 박막 성장이 느린 특성으로 인해 수십 나노미터 이하의 두께를 갖는 박막으로 제조가 가능하며, 표면이 균질하고 치밀하여 우수한 방수 특성 및 전기 절연성을 갖는다.

[0005] 또한, 도 2는 종래 기술에 따른 파릴렌 박막 형성 장치의 구성도를 예시하는 도면이다. 도 2에서 보듯이, 종래의 파릴렌 박막 형성 장치는 파릴렌 다이머 분말을 진공 하에서 100℃ 이상, 바람직하게는 140℃ 내지 180℃의 온도에서 가열하여 파릴렌을 기화시키는 기화부(1), 상기 기화된 파릴렌 다이머 기체를 고온, 바람직하게는 약 650℃의 온도에서 열분해하여 중간 생성물인 고반응성 p-자일렌 라디칼을 형성하는 열분해부(2), 상기 열분해된 고반응성 p-자일렌 라디칼을 도입하여 상온 및 5Pa 이하 압력의 진공 상태에서 상기 고반응성 p-자일렌 라디칼을 기관(기질)에 증착시키는 증착 챔버(3), 상기 증착 챔버(3)로부터 파릴렌 모노머 기체를 흡입하고, 콜드 트랩을 통한 트래핑을 가능하게하는 진공 펌프(4) 및 박막 형성 장치의 각종 기능 및 동작을 제어하는 제어부(5)를 포함한다. 또한, 도 2에는 도시하지 않았지만, 파릴렌 박막 형성 장치는 상기 기화부(1), 열분해부(2), 증착 챔버(3) 및 진공 펌프(4)를 연결하는 연결관, 상기 기화부(1), 열분해부(2), 증착 챔버(3) 및 진공 펌프(4)를 조절하기 위한 각종 밸브 등 구성요소를 더 포함한다.

[0006] 그런데, 상기 종래의 박막 형성 장치를 이용한 박막 형성 시 증착 챔버에서 증착되는 파릴렌 박막의 두께를 제어하는 방법으로는 기화부에 도입되는 파릴렌 다이머의 함량을 조절하는 방법이나, 증착 챔버에서 파릴렌 박막이 증착되는 증착 시간을 조절하는 방법이 주로 이용되고 있다. 하지만, 종래의 박막 형성 장치를 이용한 박막 형성의 경우 기화부에 도입되는 파릴렌 다이머의 함량 및 증착 챔버에서 파릴렌 박막이 증착되는 증착 시간을 동일하게 하여 파릴렌 박막을 형성하였음에도 불구하고, 실제로 형성되는 파릴렌 박막의 두께는 박막을 형성할 때마다 균일하게 형성되지 않고 항상 상이한 두께를 갖는 파릴렌 박막이 형성된다.

[0007] 특히, 예컨대, 파릴렌 N 박막을 1차로 형성한 후 그 위에 특정 기능기를 갖는 파릴렌 박막(파릴렌 A, 파릴렌 F 등)을 형성하는 경우가 많은데, 이러한 특정 기능기를 갖는 파릴렌 박막은 매우 고가의 재료이므로 매우 얇게 형성될 필요가 있다. 이와 같이 수십 나노미터 이하 두께의 파릴렌 박막을 형성하는 경우 목표한 파릴렌 박막의 두께에 비하여 실제 형성된 파릴렌 박막의 두께 차이가 너무 커서 정확한 두께의 파릴렌 박막을 형성하지 못

하는 것 외에 필요 이상으로 파릴렌 박막이 두껍게 형성되어 제조 원가가 크게 상승하는 등 파릴렌 박막을 상용화하는데 큰 걸림돌이 되고 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0008] (특허문헌 0001) KR10-2010-0134260 (2010.12.23 공개)

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0009] 따라서 본 발명은 종래의 파릴렌 박막 형성 장치가 갖는 문제점을 해결하여, 파릴렌 박막의 두께를 일정하게 유지할 수 있는 파릴렌 박막 형성 장치를 제공하는 것을 목적으로 한다.
- [0010] 특히, 본 발명은 수 나노미터 내지 수십 나노미터 두께의 파릴렌 박막 형성에 특히 유용한 파릴렌 박막 형성 장치를 제공하는 것을 목적으로 한다.
- [0011] 또한, 본 발명은 기화부에 도입되는 파릴렌 다이머의 함량이나, 증착 챔버에서 파릴렌 박막이 증착되는 증착 시간을 조절하지 않고도 파릴렌 박막을 균일한 두께로 형성할 수 있는 파릴렌 박막 형성 장치를 제공하는 것을 목적으로 한다.
- [0012] 또한, 본 발명은 파릴렌 박막의 두께를 일정하게 제어할 수 있는 파릴렌 박막 형성 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

- [0013] 상기 목적을 달성하기 위한 파릴렌 박막 형성 장치는 파릴렌 모노머를 기화시키는 기화부와, 상기 기화된 파릴렌 다이머 기체를 열분해하는 열분해부와, 상기 열분해된 중간 생성물을 기관에 증착시켜 파릴렌 박막을 형성하는 증착 챔버를 포함하고,
- [0014] 상기 증착 챔버는 상기 증착 챔버 내부에 형성되는 QCM(Quartz Crystal Microbalance) 센서를 더 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [0015] 또한, 상기 파릴렌 박막 형성 장치는 상기 QCM 센서의 공진 주파수값을 실시간으로 모니터링 할 수 있는 모니터링 수단을 더 포함하는 것이 바람직하다.
- [0016] 또한, 상기 기화부는 복수로 형성되는 것이 바람직하다.
- [0017] 또한, 상기 목적을 달성하기 위한 파릴렌 박막 형성 방법은:
- [0018] 파릴렌 다이머를 파릴렌을 기화시키는 제 1 단계,
- [0019] 상기 기화된 파릴렌 다이머를 열분해하여 중간 생성물을 형성하는 제 2 단계,
- [0020] 상기 중간 생성물을 증착 챔버 내부로 도입하여, 상기 증착 챔버 내부에 형성된 기관 위에 파릴렌 박막을 증착시키면서, 동시에 상기 증착 챔버 내부에 형성된 QCM 센서의 공진 주파수를 측정하여, 상기 QCM 센서의 공진 주파수가 사전에 결정된 주파수에 도달하면 상기 파릴렌 박막의 증착을 중단시키는 제 3 단계
- [0021] 를 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [0022] 또한, 상기 제 1 단계에서 파릴렌 다이머는 140℃ 내지 180℃의 온도에서 기화시키는 것이 바람직하다.
- [0023] 또한, 상기 제 2 단계에서 상기 열분해는 600℃ 이상의 온도에서 진행되는 것이 바람직하다.

- [0024] 또한, 상기 제 2 단계에서 형성된 중간 생성물은 고반응도 p-자일렌 라디칼인 것이 바람직하다.
- [0025] 또한, 상기 제 3 단계에서 상기 파릴렌 박막의 증착을 중간시키기 위한 주파수의 결정은 다음의 수학적식을 이용하여 계산되는 것이 바람직하다.

[0026] **수학적식 1**

[0027]
$$\Delta f = -2 \Delta m \cdot f_0^2 / [A(\mu_q \rho_q)^{1/2}]$$

- [0028] 단, ρ_q 는 석영의 밀도, μ_q 는 결정의 전단 계수, f_0 는 기본 주파수(fundamental frequency), A는 (결정 위에 증착되는 금속 막의 영역으로 정의되는) 결정의 압전 활동 영역, Δm 질량의 변화량, Δf 는 주파수 변화량.

발명의 효과

- [0029] 본 발명에 따른 파릴렌 박막 형성 장치를 이용하면 원하는 두께를 갖는 파릴렌 박막 형성이 가능하다.
- [0030] 특히, 본 발명은 수 나노미터 내지 수십 나노미터 두께의 파릴렌 박막 형성에 특히 유용하게 이용가능하다.

도면의 간단한 설명

- [0031] 도 1은 본 발명의 종래 기술에 따른 파릴렌 박막 형성 절차를 개략적으로 도시하는 도면이다.
- 도 2는 본 발명의 종래 기술에 따른 파릴렌 박막 형성 장치의 구조를 개략적으로 도시한 도면이다.
- 도 3은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 파릴렌 박막 형성 장치의 구조를 개략적으로 도시하는 도면이다.
- 도 4는 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 파릴렌 박막 형성 장치에 있어서 증착 챔버의 구성을 도시하는 도면이다.
- 도 5(a)는 파릴렌 박막이 형성됨에 따라 QCM 센서의 공진 주파수가 변화하는 상태를 도시하는 도면이다.
- 도 5(b)는 파릴렌 박막의 증착 과정에서 증착 챔버 내부의 온도 변화에 따른 공진 주파수 변화를 도시하는 도면이다.
- 도 6(a)는 0 내지 500mg의 파릴렌 다이머를 이용하여 파릴렌 박막을 형성할 때 시간 경과에 따른 QCM 센서의 공진 주파수 변화량을 도시하는 도면이다.
- 도 6(b)는 동일한 함량의 파릴렌 다이머를 이용하여 동일한 조건에서 파릴렌 박막을 형성하는 테스트를 반복한 경우의 공진 주파수 변화값을 나타내는 도면이다.
- 도 6(c)는 동일한 함량의 파릴렌 다이머를 이용하여 동일한 조건에서 파릴렌 박막을 형성하는 테스트를 반복한 경우 증착된 파릴렌 박막의 두께를 도시하는 도면이다.
- 도 6(d)는 동일한 함량의 파릴렌 다이머를 이용하여 동일한 조건에서 파릴렌 박막을 형성하는 테스트를 반복한 경우 일정 두께의 파릴렌 박막이 증착되는데 소요되는 시간의 변화량을 도시하는 도면이다.
- 도 7(a)는 유리 기판 위에 형성된 파릴렌 박막의 일부를 절개한 상태를 도시하는 도면이다.
- 도 7(b)는 공진 주파수를 이용하여 파릴렌 박막의 두께를 제어한 경우와, 파릴렌 다이머의 함량을 조절하여 파릴렌 박막의 두께를 제어한 경우를 비교하는 도면이다.
- 도 7(c)는 공진 주파수를 이용하여 파릴렌 박막의 두께를 제어한 경우와, 파릴렌 박막의 증착 시간을 조절하여 파릴렌 박막의 두께를 제어한 경우를 비교하는 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0032] 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 파릴렌 박막 형성 장치 및 파릴렌 박막 형성 방법을 첨부한 도면을 참고로 이하에서 상세하게 설명한다.

- [0033] 도 3은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 파릴렌 박막 형성 장치의 구조를 개략적으로 도시하는 도면이다. 도 3에서 보듯이, 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 파릴렌 박막 형성 장치는 파릴렌 모노머를 기화시키는 기화부(30)와 상기 기화된 파릴렌 다이머 기체를 열분해하는 열분해부(20)와, 상기 열분해된 중간 생성물을 기관에 증착시켜 파릴렌 박막을 형성하는 증착 챔버(10)와, 상기 증착 챔버(10)로부터 파릴렌 모노머 기체를 흡입하고, 콜드 트랩을 통한 트래핑을 가능하게하는 진공 펌프(40) 및 박막 형성 장치의 각종 기능 및 동작을 제어하는 제어부(50)를 포함한다. 또한, 상기 구성에 따르면 증착 챔버(10)는 열분해부(20)에서 생성된 중간 생성물, 예컨대 고 반응성 p-자일렌 라디칼을 상온 및 진공 조건에서 기관 위에 증착시켜 파릴렌 박막을 형성한다. 한편, 본 실시예에 따른 박막 형성 장치에서 상기 기화부(30), 열분해부(20), 증착 챔버(10), 진공 펌프(40) 및 제어부(50)는 본 발명이 속한 기술분야에서 이미 공개된 구성이므로 상세한 설명을 생략한다.
- [0034] 도 4는 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 박막 형성 장치에서 증착 챔버(10)의 구성의 일례를 도시하는 도면으로서, 도 4에서 보듯이, 증착 챔버(10) 내부에는 센서(15)가 더 형성된다. 또한, 일 실시예에 따르면 증착 챔버(10)는 기관과 기관을 회전시킬 수 있는 회전 수단(12) 및 가열 수단(13)을 포함하는 모재 안착부(11)를 더 포함할 수 있다.
- [0035] 또한, 본 실시예에 따르면 증착 챔버(10) 내부에 장착되는 센서는 QCM(Quartz Crystal Microbalance) 센서가 이용되는데, QCM 센서는 센서 위로 파릴렌 박막이 형성됨에 따라서 공진 주파수가 변화(감소)하는 특성을 갖는다. 따라서, 증착 챔버 내부에 형성된 QCM 센서의 공진 주파수값을 실시간으로 확인할 수 있으면, 그로부터 QCM 센서 및 기관 위에 증착된 파릴렌 박막의 두께를 연산할 수 있고, 파릴렌 박막이 원하는 두께가 증착되었다고 인정될 때 증착 과정을 중단함으로써 원하는 두께의 파릴렌 박막을 얻을 수 있다.
- [0036] *도 3에서 보듯이, 박막 형성 장치는 모니터링 수단(60)을 더 포함하는 것이 바람직하다. 모니터링 수단(60)은 QCM 센서와 연결되어, QCM 센서의 공진 주파수를 외부로 표시한다. 그러면, 사용자는 모니터링 수단(60)을 통해서 표시된 QCM 센서의 공진 주파수 값을 확인한 후 파릴렌 박막의 증착 과정을 계속할지 중단할지 여부를 결정할 수 있다. 또는, 본 발명이 속한 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자는 상기 모니터링 수단(60)을, 예컨대, QCM 센서의 공진 주파수가 사전에 설정한 특정 값에 도달하면 자동으로 파릴렌 박막의 증착 절차를 중단시키는 자동 제어장치와 같은 다른 수단으로 대체 가능함을 이해할 것이다.
- [0037] 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 파릴렌 박막 형성 방법을 이하에서 설명한다. 참고로, 앞에서 설명한 것과 동일한 기능을 수행하는 구성요소는 동일한 도면부호를 사용하고 상세한 설명을 생략한다.
- [0038] 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 파릴렌 박막 형성 방법은 파릴렌 다이머를 파릴렌을 기화시키는 제 1 단계, 상기 기화된 파릴렌 다이머를 열분해하여 중간 생성물을 형성하는 제 2 단계 및 상기 중간 생성물을 증착 챔버 내부로 도입하여, 상기 증착 챔버 내부에 형성된 기관 위에 파릴렌 박막을 증착시키는 제 3 단계로 구성된다.
- [0039] 또한, 상기 제 1 단계에서 기화되는 파릴렌 다이머는 효과적인 기화를 위하여 파릴렌 다이머 분말인 것이 바람직하다. 이 경우, 파릴렌 다이머 분말이 액화되지 않고 곧바로 기화되도록 100℃ 이상, 바람직하게는 140℃ 내지 180℃의 온도에서 파릴렌 다이머 분말을 기화시키는 것이 바람직하다.
- [0040] 또한, 상기 제 2 단계에서 파릴렌 다이머 기체는 600℃ 이상, 더욱 바람직하게는 650℃ 이상의 온도에서 열분해된다. 상기 열분해에 의하여 파릴렌 다이머 분말은 중간 생성물이 형성되는데, 파릴렌 N을 열분해할 경우 중간 생성물은 고반응성 p-자일렌 라디칼이 형성된다.
- [0041] 본 실시예에 따르면 열분해된 중간 생성물은 증착 챔버 내부로 도입되어, 상기 증착 챔버 내부에 형성된 기관 위에 증착되어 파릴렌 박막을 형성한다. 그와 동시에, 증착 챔버(10) 내부에는 QCM 센서(15)가 장착되며 QCM 센서의 공진 주파수는 실시간으로 모니터링 수단(60)에 표시된다. 또한, QCM 센서는 일종의 압전 센서로서 센서 위에 파릴렌 박막이 증착됨에 따라 공진 주파수가 파릴렌 박막의 두께에 따라 일정하게 변화(감소)하는 특성을 갖는다. 또한, 특정 규격을 갖는 QCM 센서에서 파릴렌 박막의 두께에 따른 공진 주파수 값도 사전에 확인할

수 있다.

[0042] 구체적으로, 파릴렌 박막을 증착함에 따라 QCM 센서는 공진 주파수는 아래의 Sauerbrey의 식에 따라 변화한다.

[0043] 수학적 식 1

$$[0044] \Delta f = -2 \Delta m \cdot f_0^2 / [A(\mu_q \rho_q)^{1/2}]$$

[0045] 단, ρ_q 는 석영의 밀도, μ_q 는 결정의 전단 계수, f_0 는 기본 주파수(fundamental frequency), A는 (결정 위에 증착되는 금속 막의 영역으로 정의되는) 결정의 압전 활동 영역, Δm 질량의 변화량, Δf 는 주파수 변화량을 의미한다.

[0046] 상기 원리를 이용하면, 파릴렌 박막을 형성할 때 QCM 센서의 공진 주파수 변화값에 따라서 파릴렌 박막이 증착된 양(두께)을 확인할 수 있다. 그런데, 파릴렌 박막을 형성할 때 QCM 센서의 공진 주파수는 모니터링 수단(60)에 표시되므로, 상기 QCM 센서의 공진 주파수가 사전에 결정된 주파수에 도달하면 이는 파릴렌 박막이 특정 두께로 증착된 것을 의미하므로 상기 주파수에 도달할 때 파릴렌 박막의 증착을 중단시킴으로서 사용자가 원하는 두께의 파릴렌 박막을 얻을 수 있다.

[0047] 한편, 상기 제 3 단계에서 파릴렌 박막은 증착 챔버(30)에서 진공 및 상온 조건으로 증착되는 것이 바람직하다.

[0048] 본 발명의 바람직한 실시예에 따라 QCM 센서가 장착된 증착 챔버를 포함하는 박막 형성 장치를 이용하여 QCM 센서의 공진 주파수를 모니터링하면서 파릴렌 박막을 형성한 구체적인 실험예를 첨부한 도면을 참고로 이하에서 설명한다.

[0049] 먼저, 파릴렌 N 다이머 분말을 160℃의 온도에서 기화시킨 후, 기화된 파릴렌 다이머 기체를 650℃로 가열하여 고 반응성 p-자일렌 라디칼을 형성하고, 이어서 증착 챔버 내부에 위치한 기판 위에 상기 고 반응성 파릴렌 라디칼을 증착시켜 파릴렌 박막을 형성하였다. 상기 실험은 원통형 증착 챔버를 포함한 팸토 사이언스사의 마이크로프로세서로 제어되는 파릴렌 코우터(Parylene Coater)를 이용하였다. 또한, 증착 챔버 내부는 상온으로 5Pa 미만의 진공조건에서 파릴렌을 증착하였다.

[0050] *한편, 본 실험에서 QCM 센서는 12.7mm의 직경을 갖는 QCM 칩을 이용하였으며, 파릴렌 코우터의 증착 챔버에 장착하였다. 상기 QCM 칩은 위에 파릴렌 박막이 형성되지 않은 상태에서 10MHz의 공진 주파수를 갖는다. 또한, 발진기(oscillator)는 ICM 사의 발진기를 이용하였다. 공진 주파수는 컴퓨터와 연결된 Agilent사의 주파수 카운터(53131A)를 이용하여 온라인으로 측정하였다. 또한, QCM 센서를 이용한 공진 주파수의 측정은 실험 전 과정을 통하여 진행하였다.

[0051] 도 5(a)에서 보듯이 챔버 내에서 파릴렌 박막이 증착됨에 따라 QCM 센서의 공진 주파수가 감소하는 것을 확인할 수 있다. 또한, 증착 과정에서 QCM 센서의 공진 주파수의 변화 중 챔버 내부의 온도 변화에 따른 영향을 고려하기 위하여, 증착 챔버 내부에는 온도 센서를 설치하여 온도 변화도 측정하였다. 그 결과, 도 5(b)에서 보듯이 증착 과정동안 온도는 1℃ 미만의 변화만 보였으며, 그로 인한 증착 과정에서 주파수 변화는 10Hz 미만으로서 무시할 수 있을 정도로 매우 미미한 것으로 확인되었다.

[0052] 도 6(a)는 0 내지 500mg의 파릴렌 다이머를 이용하여 파릴렌 박막을 형성할 때 시간 경과에 따라 QCM 센서의 공진 주파수 변화량을 도시한 도면이다. 파릴렌 박막의 증착에 따른 QCM 센서의 공진 주파수 변동은 최초에 투입된 파릴렌 다이머의 양에 비례하는 것을 확인할 수 있다. 또한 이 결과는 파릴렌 박막의 증착을 충분히 오랜 시간 동안 수행한다면, 투입되는 파릴렌 다이머의 양을 조절하는 것으로도 파릴렌 박막의 두께를 조절할 수 있음을 보여준다. 또는, 파릴렌 박막의 증착 두께는 파릴렌 박막의 증착 시간에도 비례하는 것을 확인할 수 있다.

[0053] 하지만, 파릴렌 다이머의 투입량을 조절하거나 파릴렌 박막의 증착 시간을 조절하는 방법은 파릴렌 박막 증착

30: 기화부

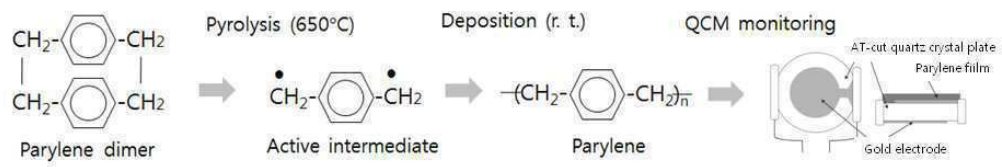
40: 진공 펌프

50: 제어부

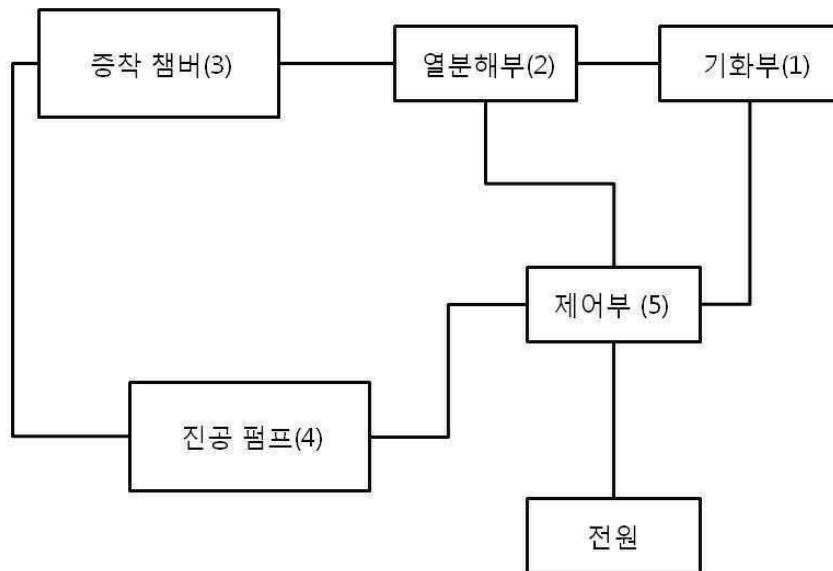
60: 모니터링 수단

도면

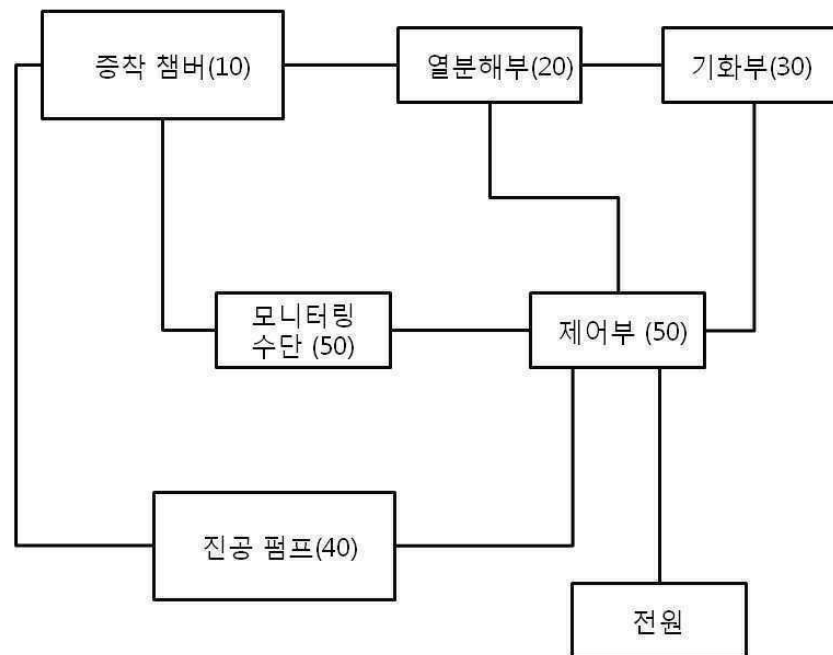
도면1



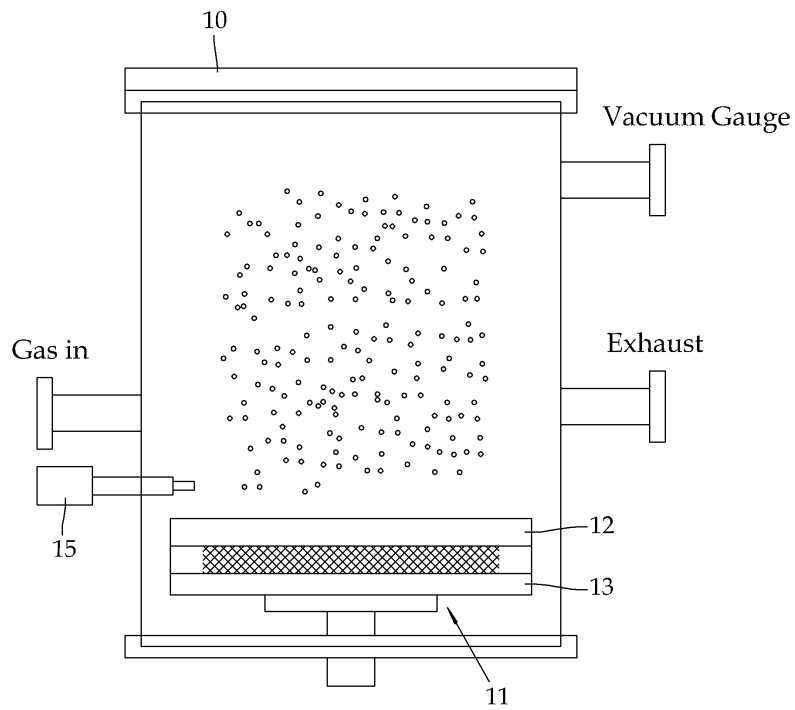
도면2



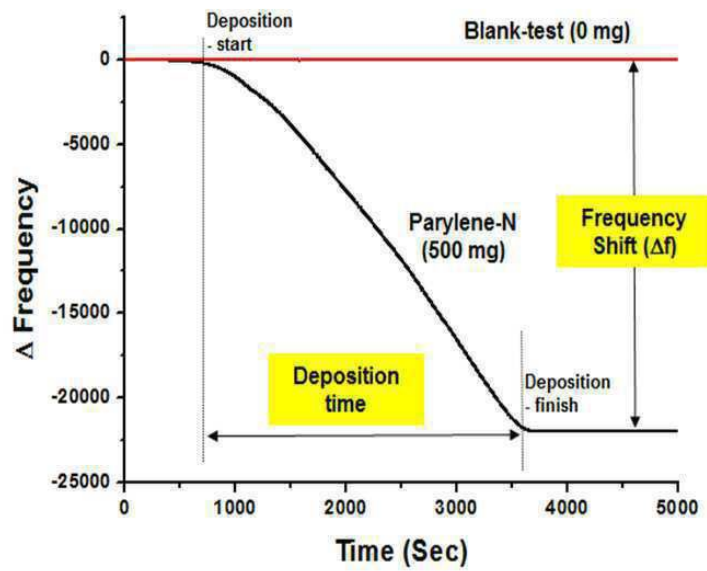
도면3



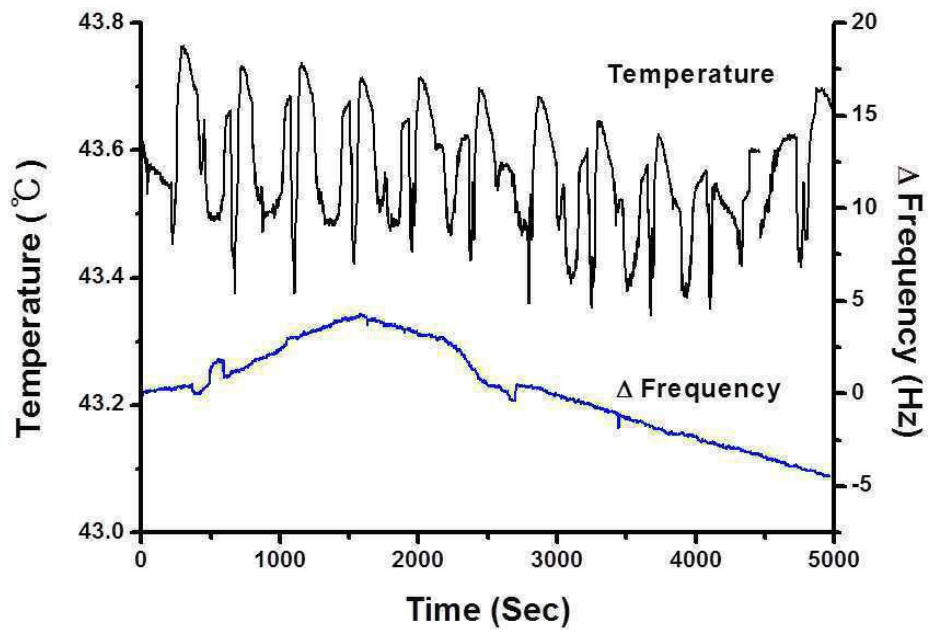
도면4



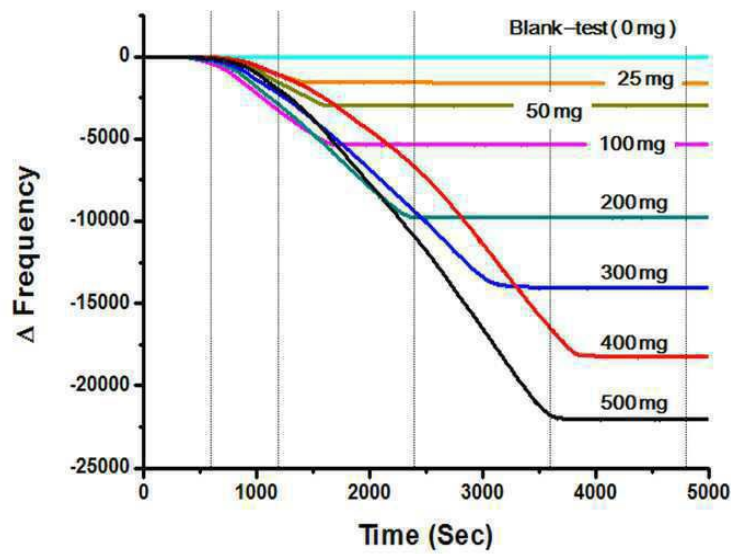
도면5a



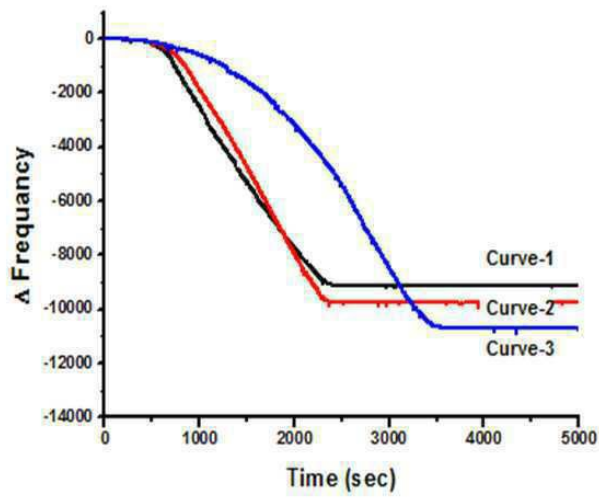
도면5b



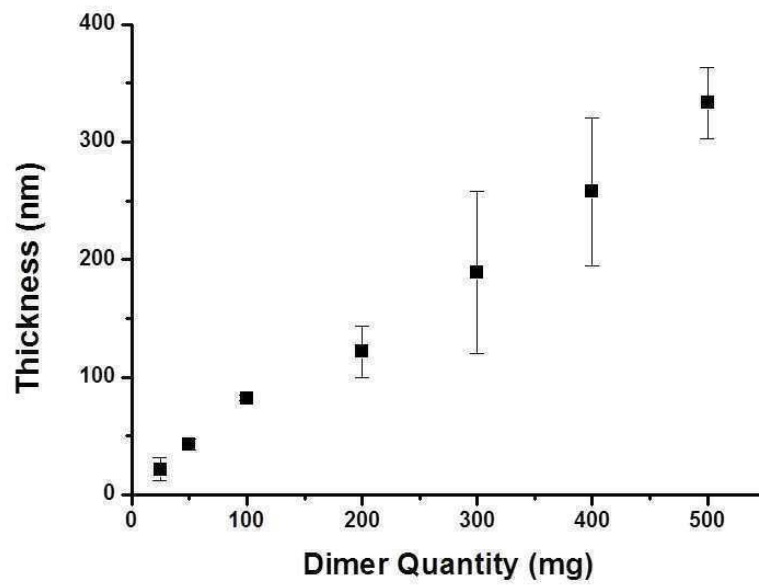
도면6a



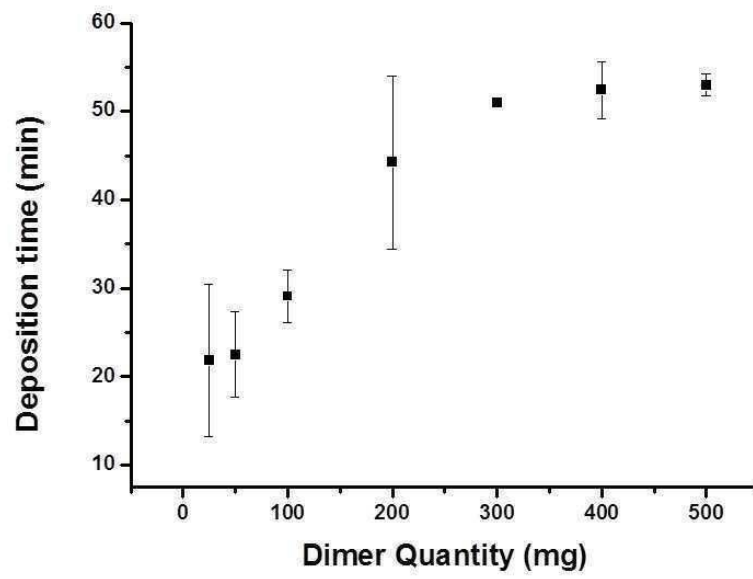
도면6b



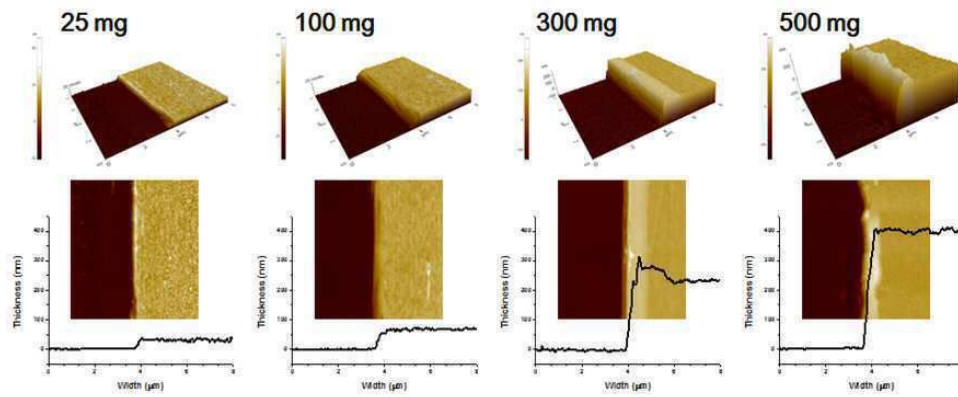
도면6c



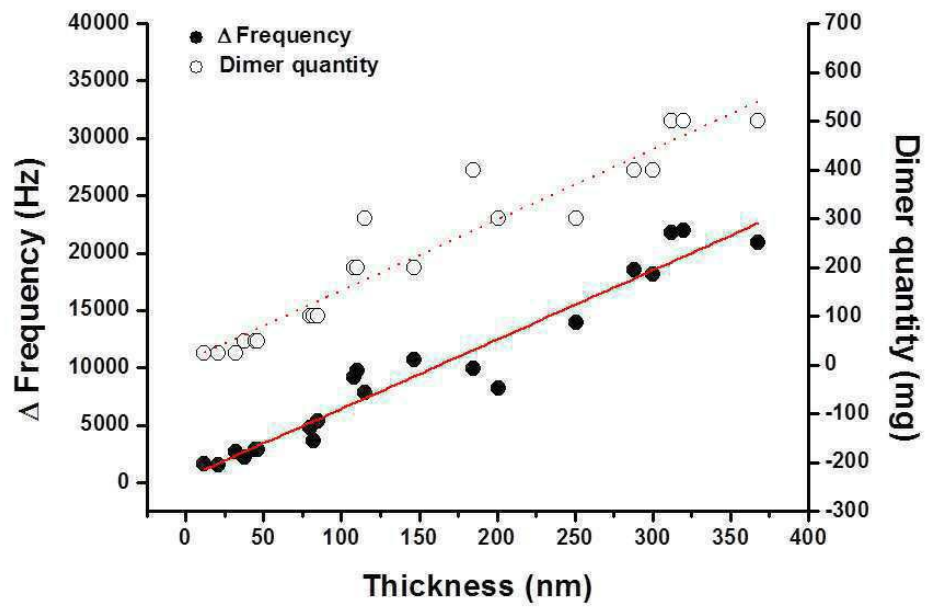
도면6d



도면7a



도면7b



도면7c

