(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2015-0118265
(43) 공개일자 2015년10월22일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C23C 14/14 (2006.01) *C23C 14/28* (2006.01)
(21) 출원번호 10-2014-0043734
(22) 출원일자 2014년04월11일
심사청구일자 2014년04월11일

(71) 출원인
국립대학법인 울산과학기술대학교 산학협력단
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
(72) 발명자
기형선
울산 울주군 범서읍 대리2길 46, 205동 502호 (구영푸르지오2단지아파트)
원유재
부산 서구 보수대로 311, 106호 (서대신동3가, 화인아파트)
(74) 대리인
특허법인태백

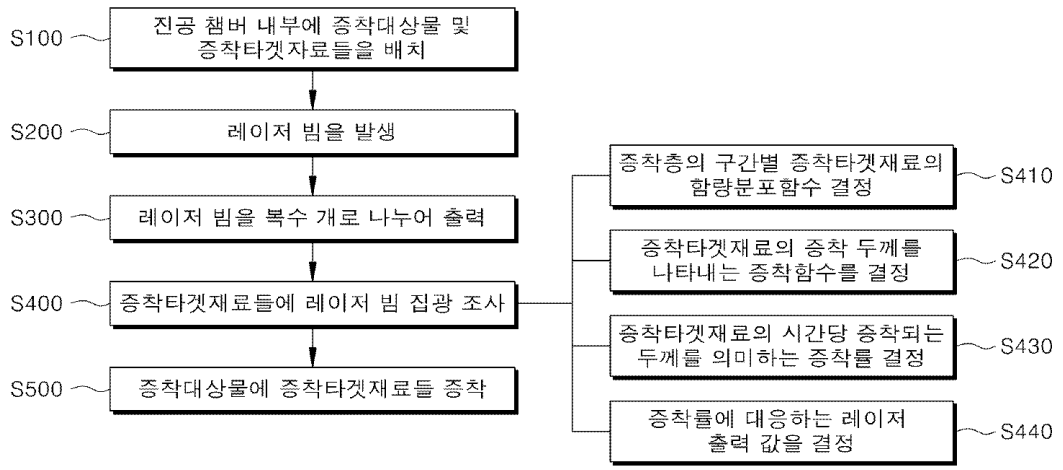
전체 청구항 수 : 총 11 항

(54) 발명의 명칭 **DLC 필름 및 그 제조방법**

(57) 요 약

본 발명은, 증착대상물에 형성된 DLC 필름에 있어서, DLC성분의 프로파일 함수 C_{DLC} 은, x 가 증가함에 따라서 그 함수값이 같거나 증가하는 증가함수이며, SUS 성분의 프로파일 함수 C_{SUS}는 $1-C_{DLC}$ 인 DLC 필름을 제공한다.

대 표 도



이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 999100080(세부과제번호:2013R1A1A1A05005248)
부처명 미래창조과학부
연구관리전문기관 재단법인 한국연구재단
연구사업명 신진연구
연구과제명 피코초 레이저 펄스 레이저 증착을 이용한 극한환경용 기능성 코팅제작기술
기 여 율 1/1
주관기관 국립대학법인 울산과학기술대학교 산학협력단
연구기간 2013.06.01 ~ 2014.05.31

명 세 서

청구범위

청구항 1

증착대상물에 형성된 DLC 필름에 있어서,

DLC성분의 프로파일 함수 C_{DLC} 은, x 가 증가함에 따라서 그 함수값이 같거나 증가하는 증가함수이며, SUS 성분의 프로파일 함수 C_{SUS}는 $1-C_{DLC}$ 인 DLC 필름.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 DLC성분의 프로파일 함수 C_{DLC} 및 SUS 성분의 프로파일 함수 C_{SUS}는다음 수학식 1을 만족하는 DLC 필름.

[수학식 1]

$$c_{DLC}(x)=\begin{cases} ax^n & \text{if} \quad 0 \le x \le b \cdot T \\ 1 & \text{if} \quad b \cdot T < x \le T \end{cases}$$

$$c_{SUS}(x)=1-c_{DLC}(x)$$

T : DLC 필름 총 두께

b : 필름의 총 두께 중 경사층의 비율로 0에서 1사이의 값을 가진다.

C_{DLC} : DLC 프로파일 함수

C_{SUS} : SUS 프로파일 함수

x : 기판상면으로부터의 필름 두께 방향으로의 거리

a : 상수

청구항 3

청구항 2에 있어서,

상기 T는 600 nm 이고, n은 1 이상인 정함수 또는 이와 유사한 형태의 함수로 표현될 수 있는 DLC 필름.

청구항 4

DLC 성분과 스테인레스 스틸(SUS) 성분을 포함하는 DLC 필름을 증착대상물 상에 제조하는 DLC 필름 제조방법에 있어서,

그래파이트와 SUS 재질로 이루어진 복수개의 증착타겟재료에 레이저를 조사하여 원자증기를 생성하는 단계;

상기 그래파이트 및 SUS의 원자증기를 기판에 증착시키는 단계를 포함하고,

상기 원자증기를 기판에 증착시키는 경우, 상기 DLC성분의 프로파일 함수 C_{DLC}은 x 가 증가함에 따라서 그 함수값이 같거나 증가하는 증가함수이며, SUS 성분의 프로파일 함수 C_{SUS}는 $1-C_{DLC}$ 인 DLC 필름 제조방법.

청구항 5

청구항 4에 있어서,

상기 원자 증기를 기판에 증착시키는 경우, 상기 DLC성분과 SUS 성분은 다음 수학식 1을 만족하는 DLC 필름 제조방법.

[수학식 1]

$$c_{DLC}(x)=\begin{cases} ax^n & \text{if} \quad 0 \le x \le b \cdot T \\ 1 & \text{if} \quad b \cdot T < x \le T \end{cases}$$

$$c_{SUS}(x)=1-c_{DLC}(x)$$

T : DLC 필름 총 두께

b : 필름의 총 두께 중 경사층의 비율로 0에서 1사이의 값을 가진다.

C_{DLC} : DLC 프로파일 함수

C_{SUS} : SUS 프로파일 함수

x : 기판상면으로부터의 필름 두께 방향으로의 거리

a : 상수

청구항 6

청구항 4에 있어서,

상기 원자증기를 생성하는 단계는, 증착대상물과 복수의 증착타겟재료들을 진공 챔버 내부에 배치하는 단계와;

레이저 발생기를 통해 레이저 빔을 발생시키는 단계와;

빔 분해기를 이용하여 상기 레이저 빔을 상기 복수의 증착타겟재료들의 개수에 대응되는 복수 개로 나누어 출력시키는 단계와;

상기 증착대상물의 표면으로부터 거리에 따른 증착층의 구간별 상기 복수의 증착타겟재료들 각각의 함유량 비율을 결정하는 함량분포함수를 결정하는 단계와, 상기 함량분포함수를 이용하여 상기 복수의 증착타겟재료들 각각의 증착 두께를 결정하는 증착함수를 결정하는 단계와, 상기 증착함수를 이용하여 상기 복수의 증착타겟재료들 각각이 시간당 증착되는 두께를 결정하는 증착률을 결정하는 단계와, 상기 증착률에 대응하는 레이저 빔의 출력의 세기를 결정하는 레이저 출력 값을 결정하는 단계, 및 상기 복수의 증착타겟재료들에 대응 되도록 설치되는 복수개의 가변 감쇄기들을 제어하여 상기 빔 분해기를 통해 복수개로 나누어 출력되는 상기 레이저 빔들을 상기 레이저 출력 값을 결정하는 단계에서 결정된 레이저의 출력의 세기로 상기 복수의 증착타겟재료들에 집광 조사하는 단계를 포함하는 DLC 필름 제조방법.

청구항 7

청구항 6에 있어서,

상기 복수개의 가변감쇄기들은, 상기 DLC성분과 SUS 성분이 상기 [수학식 1]을 만족하도록 상기 레이저 빔들의 출력을 제어하는 DLC 필름 제조방법.

청구항 8

청구항 6에 있어서,

상기 T는 600nm 이고, [수학식 1]의 n은, DLC 필름에 요구되는 접착력에 기초하여 결정되는 것을 특징으로 하는 DLC 필름 제조방법.

청구항 9

청구항 6에 있어서,

상기 증착함수는 [수학식 2]에 의하여 결정되며,

[수학식 2]

$$\theta_j = \int_0^{\xi_0} C_j(x)dx$$

θ_j: j 재질로 이루어진 증착타겟재료의 증착함수

$C_j(x)$: j 재질로 이루어진 증착타겟재료의 함량분포함수

x : 상기 증착대상물 표면으로부터의 거리

ξ_0: 증착되고 있는 증착층의 주어진 지점까지의 두께

상기 증착률은 [수학식 3]에 의하여 결정되는 DLC 필름 제조방법.

[수학식 3]

$$\frac{\partial\theta_j}{\partial t} \approx \frac{c_j(\xi_0)}{c_j'(\xi_0)} \frac{c_j(\xi_0+\Delta\xi)-c_j(\xi_0)}{\Delta t}$$

$$\frac{\partial\theta_j}{\partial t} \approx c_j(\xi_0)\frac{\Delta\xi}{\Delta t}$$

$\frac{\partial\theta_j}{\partial t}$: j 재질로 이루어진 증착타겟재료의 증착률

Δt: 증착층의 증착 구간 중 어느 한 구간에서의 증착 시간

$\Delta\xi$: 증착 시간 동안 증착되는 코팅의 두께

ξ_0: 어느 한 구간이 시작될 때 코팅의 전체두께

청구항 10

청구항 6에 있어서,

상기 레이저 출력 값을 결정하는 단계는,

상기 복수의 증착타겟재료들 각각의 레이저 출력의 세기에 따른 증착 데이터를 획득하는 단계와,

상기 증착 데이터를 이용하여, 상기 증착률 결정단계에서 결정된 증착률과 대응하는 증착률을 갖는 레이저 출력 값을 산출하는 단계를 포함하는 DLC 필름 제조방법.

청구항 11

청구항 4에 있어서,

상기 증착하는 단계는,

상기 증착대상물을 회전시키는 단계를 포함하는 DLC 필름 제조방법.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 DLC 필름 및 그 제조방법에 관한 것으로, 더 상세하게는 DLC필름의 DLC 성분과 스테인레스 성분 비를 제어하여 접착력을 향상시킨 DLC FILM 및 그 제조방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 일반적으로, 금형, 공구, 미끄러져 움직이는 부재 및 자기 디스크 등의 표면을 보호하는 코팅막으로서, DLC(Diamond Like Carbon) 필름층이 이용되었다.

[0003] 이와 같은 DLC 필름층을 형성하는 방법으로서, 두 개 이상의 증착타겟재료에 펄스레이저를 조사하여 제조하는 방법이 있다.

[0004] 도 1을 참조하면, 국내등록특허 제10-1219225호는, 그래파이트와 스테인레스 스틸로 이루어진 증착타겟재료 및 증착대상물을 진공 챔버 내부에 배치하는 단계(S10)와, 레이저 발생기를 통해 레이저 빔을 발생시키는 단계(S20)와, 빔 분해기를 이용하여 상기 레이저 빔을 상기 증착타겟재료들의 개수에 대응되는 복수 개로 나누어 출력시키는 단계(S30)와, 상기 증착타겟재료들에 대응 되도록 설치되는 복수개의 가변 감쇄기들을 제어하여, 상기 빔 분해기를 통해 복수개로 나누어 출력되는 상기 레이저 빔들의 시간에 따른 출력을 변화시켜 상기 증착타겟재료들에 집광 조사하는 단계(S40), 및 상기 레이저 빔의 집광 조사에 의해 각각의 상기 증착타겟재료에서 발생되는 원자증기가 상기 증착대상물의 표면에 증착하는 단계(S50)를 포함하여 DLC 필름을 제조하는 방법을 개시하고 있다.

[0005] 이러한 종래의 DLC 필름 제조방법은 DLC 필름을 제조할 수는 있으나, 제조된 DLC필름이 큰 내부 압축응력에 의하여 접착력이 취약하다는 문제점을 가진다.

[0006]

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 본 발명은 상술한 종래의 DLC 필름 및 그 제조방법의 문제점을 해결하기 위한 것으로, 접착강도를 향상시킨 DLC 필름 및 그 제조방법을 제공하기 위한 것이다.

과제의 해결 수단

[0008] 본 발명은, 증착대상물에 형성된 DLC 필름에 있어서, DLC성분의 프로파일 함수 C_{DLC} 은, x 가 증가함에 따라서 그 함수값이 같거나 증가하는 증가함수이며, SUS 성분의 프로파일 함수 C_{SUS}는 $1-C_{DLC}$ 인 DLC 필름를 제공한다.

[0009] 바람직하게, 상기 기판 상에 형성된 DLC 필름에 있어서, DLC성분과 SUS 성분은 다음 수학식 1을 만족한다.

[0010] [수학식 1]

[0011]
$$c_{DLC}(x)=\begin{cases} ax^n & \text{if} \quad 0\le x\le b\cdot T \\ 1 & \text{if} \quad b\cdot T < x\le T \end{cases}$$

$$c_{SUS}(x)=1-c_{DLC}(x)$$

[0012] T : DLC 필름 총 두께

[0013] b : 필름의 총 두께 중 경사층의 비율로 0에서 1사이의 값을 가진다.

[0014] C_{DLC} : DLC 프로파일 함수

[0015] C_{SUS} : SUS 프로파일 함수

[0016] x : 기판상면으로부터의 필름 두께 방향으로의 거리

[0017] a : 상수

[0018] 상기 T는 600 nm 일 수 있고, 상기 b는 3/4일 수 있다.

[0019] 다른 한편으로, 본 발명은, DLC 성분과 SUS 성분을 포함하는 DLC 필름을 기판 상에 제조하는 DLC 필름 제조방법에 있어서, 그래파이트와 스테인레스 스틸로 이루어진 복수개의 증착타겟재료에 레이저를 조사하여 원자증기를 생성하는 단계; 상기 그래파이트 및 스테인레스 스틸의 원자증기를 기판에 증착시키는 단계를 포함하고, 상기 원자증기를 기판에 증착시키는 경우, 상기 DLC성분의 프로파일 함수 C_{DLC}은 x 가 증가함에 따라서 그 함수값이 같거나 증가하는 증가함수이며, SUS 성분의 프로파일 함수 C_{SUS}는 $1-C_{DLC}$ 인 DLC 필름 제조방법을 제공한다.

[0020] 바람직하게, 상기 DLC성분과 SUS 성분은 상기 수학식 1을 만족할 수 있다.

[0021] 그리고, 상기 원자증기를 생성하는 단계는, 증착대상물과 복수의 증착타겟재료들을 진공 챔버 내부에 배치하는 단계와; 레이저 발생기를 통해 레이저 빔을 발생시키는 단계와; 빔 분해기를 이용하여 상기 레이저 빔을 상기 복수의 증착타겟재료들의 개수에 대응되는 복수 개로 나누어 출력시키는 단계와; 상기 증착대상물의 표면으로부터 거리에 따른 증착층의 구간별 상기 복수의 증착타겟재료들 각각의 함유량 비율을 결정하는 함량분포함수를 결정하는 단계와, 상기 함량분포함수를 이용하여 상기 복수의 증착타겟재료들 각각의 증착 두께를 결정하는 증착함수를 결정하는 단계와, 상기 증착함수를 이용하여 상기 복수의 증착타겟재료들 각각이 시간당 증착되는 두께를 결정하는 증착률을 결정하는 단계와, 상기 증착률에 대응하는 레이저 빔의 출력의 세기를 결정하는 레이저 출력 값을 결정하는 단계, 및 상기 복수의 증착타겟재료들에 대응 되도록 설치되는 복수개의 가변 감쇄기들을 제어하여 상기 빔 분해기를 통해 복수개로 나누어 출력되는 상기 레이저 빔들을 상기 레이저 출력 값을 결정하는 단계에서 결정된 레이저의 출력의 세기로 상기 복수의 증착타겟재료들에 집광 조사하는 단계를 포함할 수 있다.

[0022] 또한, 본 발명의 상기 복수개의 가변감쇄기들은, 상기 DLC성분과 SUS 성분이 상기 [수학식 1]을 만족하도록 상기 레이저 빔들의 출력을 제어하고, 상기 T는 600nm 이고, [수학식 1]의 n은, DLC 필름에 요구되는 접착력에 기초하여 결정될 수 있다.

[0023] 그리고, 상기 증착함수는 [수학식 2]에 의하여 결정되며,

[0024] [수학식 2]

[0025] $$\theta_j = \int_0^{\xi_0} C_j(x)dx$$

[0026] θ_j : j 재질로 이루어진 증착타겟재료의 증착함수

[0027] $C_j(x)$: j 재질로 이루어진 증착타겟재료의 함량분포함수

[0028] x : 상기 증착대상물 표면으로부터의 거리

[0029] ξ_0 : 증착되고 있는 증착층의 주어진 지점까지의 두께

[0030] 상기 증착률은 [수학식 3]에 의하여 결정될 수 있다.

[0031] [수학식 3]

$$\frac{\partial \theta_j}{\partial t} \approx \frac{c_j(\xi_0)}{c_j'(\xi_0)} \frac{c_j(\xi_0 + \Delta\xi) - c_j(\xi_0)}{\Delta t}$$

[0032]

[0033] $$\frac{\partial \theta_j}{\partial t} \approx c_j(\xi_0) \frac{\Delta\xi}{\Delta t}$$

[0034] $\frac{\partial \theta_j}{\partial t}$: j 재질로 이루어진 증착타겟재료의 증착률

[0035] Δt: 증착층의 증착 구간 중 어느 한 구간에서의 증착 시간

[0036] $\Delta\xi$: 증착 시간 동안 증착되는 코팅의 두께

[0037] 그리고 상기 레이저 출력 값을 결정하는 단계는, 상기 복수의 증착타겟재료들 각각의 레이저 출력의 세기에 따른 증착 데이터를 획득하는 단계와, 상기 증착 데이터를 이용하여, 상기 증착률 결정단계에서 결정된 증착률과 대응하는 증착률을 갖는 레이저 출력 값을 산출하는 단계를 포함하고, 상기 증착하는 단계는, 상기 증착대상물을 회전시키는 단계를 포함할 수 있다.

발명의 효과

[0038] 본 발명에 의한 DLC 필름 및 그 제조방법에 따르면, DLC 성분과 SUS 성분의 비율을 필름의 깊이방향으로 특정 프로파일을 가지도록 형성하여 접착강도가 우수한 DLC 필름 및 그 제조방법을 제공할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0039] 도 1은 종래의 펄스 레이저 증착방법의 순서도.

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 펄스 레이저 증착 방법을 구현하기 위한 펄스 레이저 증착장치의 구성을 개략적으로 나타낸 개략도.

도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 펄스 레이저 증착방법의 순서도.

도 4는 증착하고자 하는 경사기능성 필름의 두께방향으로 스테인리스 스틸 및 DLC (Diamond-Like Carbon)의 함량변화를 개념적으로 보여주는 개념도.

도 5는 실험을 통해 얻어진 피코초 레이저 출력의 세기 및 증착시간에 따른 DLC (Diamond-Like Carbon)의 증착 두께 그래프.

도 6은 실험을 통해 얻어진 피코초 레이저 출력의 세기 및 증착시간에 따른 스테인리스 스틸의 증착 두께 그래프.

도 7은, 도 5 및 도 6의 그래프를 나타내는 수학식의 계수 값을 정리한 도표,

도 8은 본 발명의 일실시예에 따른 DLC 필름 제조방법에 의하여 제조된 DLC 필름의 두께-DLC 성분 그래프,

도 9는 본 발명의 일실시예에 따른 DLC 필름 제조방법에 의하여 제조된 DLC 필름의 잔류압축응력 그래프,

도 10은 본 발명의 일실시예에 따른 DLC 필름 제조방법에 의하여 제조된 DLC 필름의 접착력 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0040] 이하 첨부된 도면을 참조하면서 본 발명에 따른 바람직한 실시예를 상세히 설명하기로 한다. 이에 앞서, 본 명세서 및 청구범위에 사용된 용어나 단어는 통상적이거나 사전적인 의미로 한정해서 해석되어서는 아니 되며, 발명자는 그 자신의 발명을 가장 최선의 방법으로 설명하기 위해 용어의 개념을 적절하게 정의할 수 있다는 원칙에 입각하여, 본 발명의 기술적 사상에 부합하는 의미와 개념으로 해석되어야만 한다.

[0041] 본 발명의 일실시예에 따른 DLC 필름제조방법을 설명하기에 앞서, DLC 필름 제조장치에 대해 설명하기로 한다. 도 2는 DLC필름 제조장치의 개략 구성도이다. 도 2를 참조하면, 상기 DLC필름 제조장치는, 레이저 발생부(100), 진공 챔버(200), 빔 분해기(300), 렌즈부(400), 가변감쇄기(500), 제어부(600)를 포함한다.

[0042] 상기 레이저 발생부(100)는 증착대상물(10)에 증착될 증착타겟재료(20)를 어블레이션(ablation)시켜, 원자분사 형태의 원자증기가 발생되게 하는 레이저 빔을 발생시킨다.

[0043] 상기 진공 챔버(200)는 상기 레이저 발생부(100)에서 발생되는 상기 레이저 빔의 조사에 의해 상기 증착타겟재료(20)에서 원자증기가 발생됨과 동시에 발생된 상기 원자증기가 상기 증착대상물(10)에 증착이 이루어지는 공간이다. 이러한, 상기 진공 챔버(200) 내부에 상기 증착대상물(10) 및 상기 증착타겟재료(20)가 배치된다. 이때, 일실시예에 따른 상기 진공챔버(200) 내부에는 상기 증착타겟재료(20)로서 그래파이트재료(21) 및 스테인레스 스틸(SUS) 재료(22)를 배치한다.

[0044] 그리고 상기 진공 챔버(200)에는 상기 증착대상물(10) 및 상기 증착타겟재료(20)들을 내부에 안정적으로 고정 안착시킬 수 있도록 고정대(210,220)를 구비할 수 있다.

[0045] 상기 빔 분해기(300)는 상기 레이저 발생부(100)와 연결되어, 상기 레이저 발생부(100)에서 발생된 상기 레이저 빔을 입력받은 후, 상기 증착타겟재료(20)에 대응되는 복수 개의 상기 레이저 빔들로 나누어 출력시키게 된다.

[0046] 상기 렌즈부(400)는 상기 빔 분해기(300)에 의해 나누어진 상기 레이저 빔들을 상기 복수 개의 증착타겟재료(20)들에 각각 집광 조사되게 한다. 이러한, 상기 렌즈부(400)는 상기 증착타겟재료(20)에 대응되게 복수 개가 설치된다. 여기서, 상기 렌즈부(400)는 상기 빔 분해기(300)를 통해 전달받는 상기 레이저 빔이 각각의 상기 증착타겟재료(20)에 집광 조사될 수 있게 집광렌즈를 사용한다.

[0047] 상기 가변감쇄기(500)는 각각의 상기 빔 분해기(300)와 상기 렌즈부(400) 사이에 위치하여 상기 렌즈부(400)를 통해 상기 증착타겟재료(20)들에 조사되는 상기 레이저 빔의 출력을 조절하게 된다.

[0048] 상기 제어부(600)는 상기 가변감쇄기(500)들에 연결 설치되어, 상기 가변감쇄기(500)들을 제어한다. 이러한, 상기 제어부(600)는 상기 가변감쇄기(500)에 의한 상기 레이저 빔의 시간에 따른 출력을 조절하게 된다.

[0049] 이와 같이, 일실시예에 따른 상기 펄스 레이저 증착장치는, 상기 진공 챔버(200) 내부에 증착타겟재료(20)들을 배치한 상태에서, 상기 레이저 발생부(100)로부터 발생된 상기 레이저 빔을 상기 빔 분해기(300)로 상기 증착타겟재료(20)의 개수에 대응되게 나눈 후, 상기 렌즈부(400)를 통해 상기 증착타겟재료(20)들에 집광 조사하게 된다.

[0050] 이하, 본 발명의 일 실시예에 따른 DLC 필름 제조방법을 상세하게 설명한다. 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 DLC 필름 제조방법의 순서도이다. 도 3을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 DLC 필름 제조방법은, 증착대상물과 그래파이트 또는 SUS로 각각 이루어진 복수의 증착타겟재료들을 상기 진공 챔버(200) 내부에 배치하는 단계(S100)와, 상기 레이저 발생기(100)를 통해 레이저 빔을 발생시키는 단계(S200)와, 상기 빔 분해기(300)를 이용하여 상기 레이저 빔을 상기 복수의 증착타겟재료들(20)의 개수에 대응되는 복수 개로 나누어 출력시키는 단계(S300)와, 상기 복수의 증착타겟재료들(20)에 대응되도록 설치되는 복수개의 상기 가변 감쇄기(500)들을 제어하여 상기 빔 분해기(300)를 통해 복수개로 나누어 출력되는 상기 레이저 빔들의 시간에 따른 출력을 변화시켜 상기 복수의 증착타겟재료들(20)에 집광 조사하는 단계(S400), 및 상기 레이저 빔의 집광 조사에 의해 각각의 상기 복수의 증착타겟재료(20)에서 발생되는 원자증기가 상기 증착대상물(10)의 표면에 증착되는 단계를 포함한다.

[0051] 이하, 이를 보다 상세하게 설명한다. 증착대상물과 복수의 증착타겟재료들을 상기 진공 챔버(200) 내부에 배치하는 단계(S100)는, 상기 진공 챔버(200) 내부에 상기 증착대상물(10) 및 상기 증착타겟재료(20)를 상기 진공 챔버(200) 내부에 안정적으로 고정 안착시킬 수 있도록 상기 고정대(210,220)를 고정 배치한다. 이때, 상기 진공 챔버(200) 내부에 배치된 상기 증착타겟재료(20) 중 제1증착타겟재료(21)로는 그래파이트(Graphite)를, 제2

증착타겟재료(22)로는 SUS를 배치한다.

[0052] 이렇게, 상기 진공 챔버(200) 내부에 상기 증착대상물(10) 및 증착타겟재료(20)들을 배치하면, 상기 복수의 증착타겟재료(20)들을 어블레이션시킬 레이저 빔을 상기 레이저 발생기(100)에서 발생킨다.(S200)

[0053] 상기 레이저 발생기(100)로부터 발생되는 레이저 빔은 상기 빔 분해기(300)를 거치면서, 상기 복수의 증착타겟재료(20)들의 개수에 대응되는 복수 개로 나누어진 상태로 출력된다.(S300)

[0054] 이렇게, 상기 빔 분해기(300)에 의해 나누어진 각각의 상기 레이저 빔은 상기 복수의 증착타겟재료(20)들에 대응되게 설치한 복수 개의 각 가변감쇄기(500)를 거치면서, 시간에 따른 출력이 변화된 상태로 상기 복수의 증착타겟재료(20)들에 상기 렌즈부(400)에 의해 집광 조사된다. 상기 가변감쇄기는 제어부(600)에 의하여 제어된다.(S400)

[0055] 상기 집광 조사하는 단계(S400)는, 상기 증착대상물(10)의 표면으로부터 거리에 따른 증착층의 구간별 상기 복수의 증착타겟재료들(20) 각각의 함유량 비율을 나타내는 함량분포함수를 결정하는 단계(S410)와, 상기 함량분포함수를 이용하여 상기 복수의 증착타겟재료(20)들 각각의 증착 두께를 결정하는 증착함수를 결정하는 단계(S420)와, 상기 증착함수를 이용하여 상기 복수의 증착타겟재료(20)들 각각이 시간당 증착되는 두께를 결정하는 증착률을 결정하는 단계(S430)와, 상기 증착률에 대응하는 레이저 빔의 출력의 세기를 결정하는 레이저 출력 값을 결정하는 단계(S440)를 포함 할 수 있다.

[0056] 우선 상기 증착대상물(10)의 표면으로부터 거리에 따른 증착층의 구간별 상기 복수의 증착타겟재료(20)들 각각의 함유량 비율을 결정하는 함량분포함수를 결정한다.(S410) 상기 함량분포함수는 $C_j(x)$ 로 표현될 수 있다. 상기 함량분포함수 $C_j(x)$는 0 이상 1이하의 값 중 임의의 값을 갖는다. 한편 아래첨자 j는 증착타겟재료의 종류에 대응되는 문자이고, x는 상기 증착대상물(10) 표면으로부터 형성되는 층착층의 임의의 지점까지 거리를 나타낸다.

[0057] 여기서, 상기 함량분포함수 $C_j(x)$는 증착되는 상기 증착타겟재료들이 섞이는 증착층의 두께비율을 사용하여 정의할 수 있다. 한편 상기 함량분포함수는 상기 증착타겟재료들이 섞이는 원자 개수의 비율로 정의할 수 도 있다. 다만 상기 증착타겟재료들이 섞이는 원자 개수의 비율로 정한 상기 함량분포함수는 상기 섞이는 증착층의 두께비율을 사용하여 정의한 상기 함량분포함수로 변환하여 후술하는 단계들에 사용될 수 있다.

[0058] 상기 복수의 증착타겟재료(20)는 그래파이트 (Graphite) 및 스테인리스 스틸로 구성될 수 있다. 그래파이트를 증착타겟재료로 사용하여 증착할 경우 DLC (Diamond-Like Carbon)를 얻을 수 있다. 이 경우 증착되는 DLC의 함량 분포함수는 가 $C_{DLC}(x)$되고, 스테인리스 스틸의 함량분포 함수는 $C_{SUS}(x)$가 될 수 있다. 상기 함량분포함수는 그 함수의 특성상, 증착층의 어떤 지점에서도 $C_{DLC}(x)+C_{SUS}(x)=1$ 이 만족된다.

[0059] 도 4는 증착하고자 하는 증착층의 내부에서 DLC와 스테인리스 스틸의 함량분포함수의 변화를 개념적으로 보여준다. 도 4에서, L은 증착층의 총 두께이고, ξ는 증착이 진행되고 있을 때 주어진 시간에서의 증착된 증착층의 두께이며, $\xi(t_0)$는 증착이 시작되면서 시간 t_0까지 증착된 증착층의 두께를 나타낸다. 한편 상기 $\xi(t_0)$는 ξ_0로 정의 할 수 있다.

[0060] 상기 함량분포함수 $C_j(x)$를 결정한 뒤에는, 상기 복수의 증착타겟재료들(20) 각각의 증착 두께를 결정하는 증착함수를 결정한다.(S420) 상기 증착함수는 Θ_j로 표현될 수 있다. 여기서 j는 증착타겟재료의 종류에 대응되는 문자이고, 상기 함량분포함수 $C_j(x)$는 다음과 같은 관계가 성립된다.

수학식 2

[0061] $$\theta_j = \int_0^{\xi_0} C_j(x)dx$$

[0062] Θ_j : j 재질로 이루어진 증착타겟재료의 증착함수

[0063] $C_j(x)$: j 재질로 이루어진 증착타겟재료의 함량분포함수

[0064] x : 상기 증착대상물 표면으로부터의 거리

[0065] ξ_0 : 증착되고 있는 증착층의 주어진 지점까지의 두께

[0066] 따라서, 증착층의 두께가 ξ_0 일 때 그 안에 포함되어 있는, 상기 DLC의 상기 증착함수와 상기 함량분포함수는 $\theta_{DLC}=\int_0^{\xi_0} c_{DLC}(x)dx$ 와 같은 관계과 성립되고, 상기 스테인리스 스틸의 상기 증착함수와 상기 함량분포함수는 $\theta_{SUS}=\int_0^{\xi_0} c_{SUS}(x)dx$ 와 같은 관계를 만족한다.

[0067] 한편, 미리 설계된 두께 및 성분 비율을 갖는 증착층과 동일한 증착층을 증착시키려면, 레이저 출력이 적절하게 조절되어야 한다. 상기 레이저 출력을 결정하기 위해서는 먼저 증착률이 결정되어야 하는바, 이하, 상기 증착률을 결정하는 단계(S430)를 상세하게 설명하기로 한다.

[0068] 상기 증착함수 Θ_j를 이용하여 상기 복수의 증착타겟재료(20)들 각각이, 상기 증착 구간에서, 시간당 증착되는 증착 두께를 결정하는 증착률을 결정할 수 있다.(S430) 상기 증착 구간에서의 상기 증착률은 $\frac{\partial\theta_j}{\partial t}$로 정의할 수 있고, 다음과 같이 계산될 수 있다.

수학식 3

[0069] $$\frac{\partial\theta_j}{\partial t}\approx \frac{c_j(\xi_0)}{c_j'(\xi_0)}\frac{c_j(\xi_0+\Delta\xi)-c_j(\xi_0)}{\Delta t}$$

[0070] 또는 $\frac{\partial\theta_j}{\partial t}\approx c_j(\xi_0)\frac{\Delta\xi}{\Delta t}$

[0071] $\frac{\partial\theta_j}{\partial t}$: j 재질로 이루어진 증착타겟재료의 증착률

[0072] Δt : 증착층의 증착 구간 중 어느 한 구간에서의 증착 시간

[0073] $\Delta\xi$: 상기 증착 시간 동안 증착되는 코팅의 두께

[0074] ξ_0 : 어느 한 구간이 시작될 때 코팅의 전체두께

[0075] 한편 상기 $c_j'(\xi)=0$ 일 때, 즉 상기 증착층 구간에서 증착대상물의 함량분포의 변화가 없을 때는 상기 $\frac{\partial\theta_j}{\partial t}\approx \frac{c_j(\xi_0)}{c_j'(\xi_0)}\frac{c_j(\xi_0+\Delta\xi)-c_j(\xi_0)}{\Delta t}$ 은 이용할 수 없으나 상기 $\frac{\partial\theta_j}{\partial t}\approx c_j(\xi_0)\frac{\Delta\xi}{\Delta t}$ 은 이용될 수 있다.

[0076] 상기 Δt 는 총 N개의 증착 구간 중에서 임의의 증착 구간의 증착시간을 의미하고, 상기 $\Delta\xi$ 는 상기 Δt 동안 증착되는 상기 증착층의 증착두께를 의미한다. 한편 ξ_0 은 상기 총 N개의 증착 구간 중에서 임의의 증착 구간이 시작할 때까지 증착된 증착층의 두께를 의미한다.

[0077] 한편 상기 $\frac{\partial\theta_j}{\partial t}\approx \frac{c_j(\xi_0)}{c_j'(\xi_0)}\frac{c_j(\xi_0+\Delta\xi)-c_j(\xi_0)}{\Delta t}$ 또는 $\frac{\partial\theta_j}{\partial t}\approx c_j(\xi_0)\frac{\Delta\xi}{\Delta t}$ 이외에도 약간의 변형된 형태의 식들을 사용할 수 있음은 물론이다.

[0078] 다음으로, 상기 증착률에 대응하는 레이저 빔의 출력 값을 결정한다.(S440) 상기 레이저 출력값을 결정하기 위

하여, 우선 상기 복수의 증착타겟재료들(20) 각각의 레이저 출력의 세기에 따른 증착데이터를 획득한다. 상기 증착데이터는 상기 복수의 증착타겟재료들(20) 각각을 실험하여 획득할 수 있다. 상기 증착 데이터는 그래프로 표현 될 수 있다. 도 5는 실험을 통해 얻어진 피코초 레이저 출력 및 증착시간에 따른 DLC (Diamond-Like Carbon)의 증착 두께를 그래프를 나타낸 도면이다. 도 6은 실험을 통해 얻어진 피코초 레이저 출력 및 증착시간에 따른 스테인리스 스틸의 증착 두께를 그래프로 나타낸 도면이다.

[0079] 한편, 상기 증착률에 대응하는 레이저 빔의 출력을 결정하는 단계(S440)에서는, 상기 증착 데이터를 이용하여 상기 증착률 결정단계(S430)에서 결정된 증착률에 대응하는 레이저 출력 값을 산출해야 한다. 이는 상기 증착 데이터를 수학적으로 표현함으로써 용이하게 얻을 수 있다. 이를 위해 $\theta_j(P,t)=\frac{t}{b_0+b_1t+b_2t^2}$ 와 같은 식이 이용될 수 있다. 여기서 P는 상기 실험에 쓰인 임의의 레이저 빔의 출력의 세기이고, t는 시간을 의미하며 b_0, b_1, b_2는 상기 실험에 의해 얻어진 상기 증착 데이터와 상기 $\theta_j(P,t)$ 식이 대응하도록 하는 계수이다.

[0080] 도 7은 상기 DLC와 상기 스테인리스 스틸의 각각의 레이저 출력의 세기에 따른 증착 데이터의 그래프와 대응되는 상기 $\theta_j(P,t)=\frac{t}{b_0+b_1t+b_2t^2}$ 식의 계수를 정리한 도면이다. 예를 들면, 상기 스테인리스 스틸의 경우, 레이저 출력이 0.25 W 일 때, b_0 는 0.2735이고, 이며, b_1은 -0.00224이며, b_2는 $2.084*10^{-5}$ 이 된다.

[0081] 한편 상기 $\theta_j(P,t)$ 를 시간(t)으로 미분을 하면 실험증착률을 얻을 수 있는데, 이를 통해 상기 증착률 결정단계(S430)에서 결정된 증착률과 같은 값을 갖은 상기 실험증착률을 확인함으로써 상기 증착률 결정단계(S430)에서 결정된 증착률에 대응하는 레이저 빔의 출력의 세기를 확인할 수 있게 된다. 증착 데이터를 얻기 위해 사용한 레이저 출력 값들이 네 다섯 개에 불과하기 때문에 실험에 사용되지 않은 레이저 출력 값에 대응하는 증착률은 보간 등의 방법을 적절히 사용하여 얻을 수 있다.

[0082] 그리고, 상기 복수의 증착타겟재료들(20)에 대응 되도록 설치되는 복수개의 상기 가변 감쇄기들(500)을 제어하여, 상기 빔 분해기(300)를 통해 복수개로 나누어 출력되는 상기 레이저 빔들을 상기 레이저 출력 값을 결정하는 단계(S440)에서 결정된 레이저의 출력의 세기로 상기 복수의 증착타겟재료들(20)에 집광 조사한다.(S400)

[0083] 이렇게, 상기 가변감쇄기들(500)을 제어하게 되면, 이후 각각의 상기 증착타겟재료들(20)의 시간에 따라 어블레이션되는 양이 달라지면서 발생되는 원자증기의 양이 달리지게 되어, 미리 설계된 증착층의 깊이 및 성분비율에 따라서 증착층이 형성된다.(S500)

[0084] 본 발명의 일실시예에 따른 DLC필름 제조방법은, 원자증기를 증착시키는 경우 DLC성분의 프로파일 함수 C_{DLC} 은, x 가 증가함에 따라서 그 함수값이 같거나 증가하는 증가함수이며, SUS 성분의 프로파일 함수 C_{SUS}는 $1-C_{DLC}$ 이다. 본 실시예의 상기 DLC성분의 프로파일 함수 C_{DLC} 및 SUS 성분의 프로파일 함수 C_{SUS}는다음 [수학식 1]에 만족한다.

수학식 1

[0085]
$$c_{DLC}(x)=\begin{cases} ax^n & \text{if} \quad 0\le x\le b\cdot T \\ 1 & \text{if} \quad b\cdot T < x\le T \end{cases}$$
$$c_{SUS}(x)=1-c_{DLC}(x)$$

[0086] T : DLC 필름 총 두께

[0087] b : 필름의 총 두께 중 경사층의 비율로 0에서 1사이의 값을 가진다.

[0088] C_{DLC} : DLC 프로파일 함수

[0089] C_{SUS} : SUS 프로파일 함수

[0090] x : 기판상면으로부터의 필름 두께 방향으로의 거리

[0091] a : 상수

[0092] 본 실시예에서 상기 T는 600 nm 이고, 상기 b는 3/4이다.

[0093] 한편, 상기 증착하는 단계(S500)에서 상기 증착대상물(10)이 회전 될 수 있다. 상기 증착대상물(10)을 회전하는 단계를 포함함으로써, 상기 증착대상물(10)의 표면에 고르게 증착이 이루어 질 수 있다. 또한 상기 복수의 증착타겟재료들(20)을 회전할 수 있는데, 이를 통해 상기 복수의 증착타겟재료들(20)이 레이저에 의해 뚫리는 현상을 최소화 할 수 있다.

[0094] 이와 같은 본 발명의 일실시예에 따른 DLC 필름의 제조방법에 의하여 제조된 DLC 필름은, DLC 성분과 SUS 성분이 상기 수학식 1에 따라서 형성된다.

[0095] 도 8은, 본 발명의 일실시예에 따른 DLC 필름 제조방법에 의하여 제조된 DLC 필름의 두께-DLC 성분 그래프이고, 도 9는 본 발명의 일실시예에 따른 DLC 필름 제조방법에 의하여 제조된 DLC 필름의 잔류압축응력 그래프이며, 도 10은 본 발명의 일실시예에 따른 DLC 필름 제조방법에 의하여 제조된 DLC 필름의 접착력 그래프이다.

[0096] 도 8을 참조하면, n=1/3, n=1/2, n=1, n=2,n=3 인 경우, n이 증가할수록 두께에 따른 DLC성분의 증가율이 커짐을 알 수 있으며, 도 9를 참조하면, n이 증가할수록 압축잔류응력이 감소함을 알 수 있으며, 그 결과 도 10에서 알 수 있는 바와 같이 n이 증가할수록 접착강도도 증가함을 알 수 있다.

[0097] DLC 성분과 SUS 성분이 상기 수학식 1에 따라서 형성된 본 발명의 DLC 필름은, 순수한 DLC만으로 이루어진 600nm 필름 또는 150nm 필름에 비하여 접착력이 동일하거나 또는 현저히 높고, 더욱이, n이 1이상인 경우에는, 본 발명의 DLC 필름은, 순수한 DLC만으로 이루어진 600nm 필름 또는 150nm 필름에 비하여 접착력이 현저히 향상되는 효과를 가진다.

[0098] 본 발명은 도면에 도시된 실시예를 참고로 설명되었으나 이는 예시적인 것에 불과하며, 본 기술 분야의 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 다른 실시예가 가능하다는 점을 이해할 것이다. 따라서, 본 발명의 진정한 기술적 보호 범위는 첨부된 특허청구범위의 기술적 사상에 의하여 정해져야 할 것이다.

부호의 설명

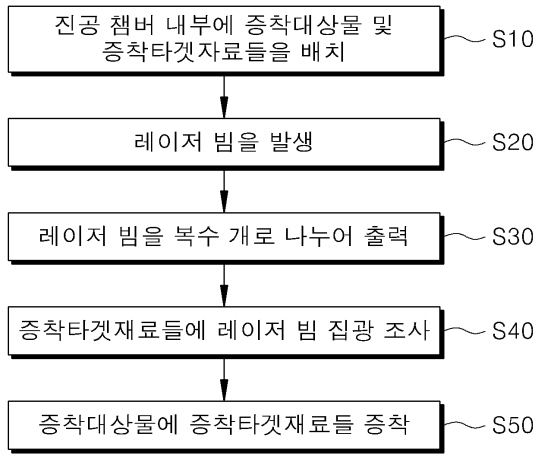
[0099] 100...레이저 발생부 200...진공 챔버

300...빔 분해기 400...렌즈부

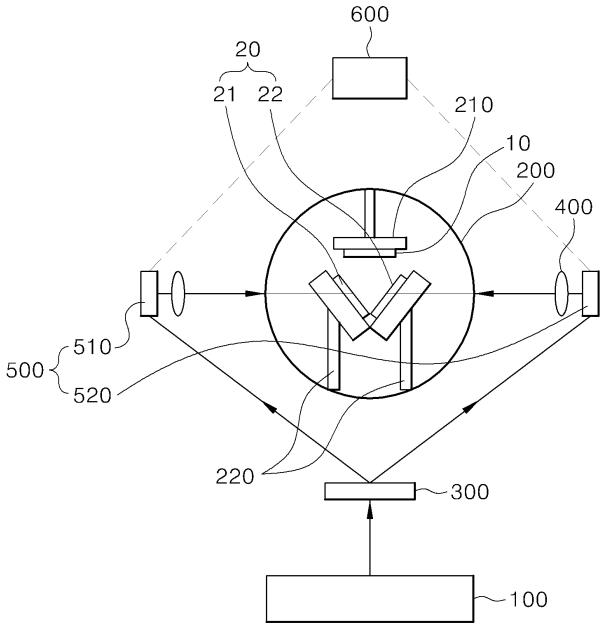
500...가변감쇄기 600...제어부

도면

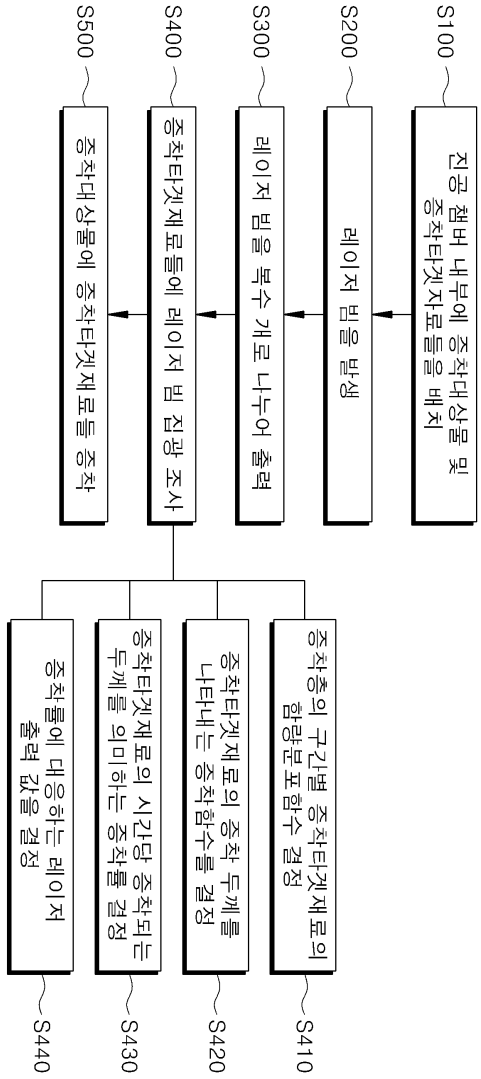
도면1


진공 챔버 내부에 증착대상물 및 증착타겟자료들을 배치
S10
레이저 빔을 발생
S20
레이저 빔을 복수 개로 나누어 출력
S30
증착타겟재료들에 레이저 빔 집광 조사
S40
증착대상물에 증착타겟재료들 증착
S50

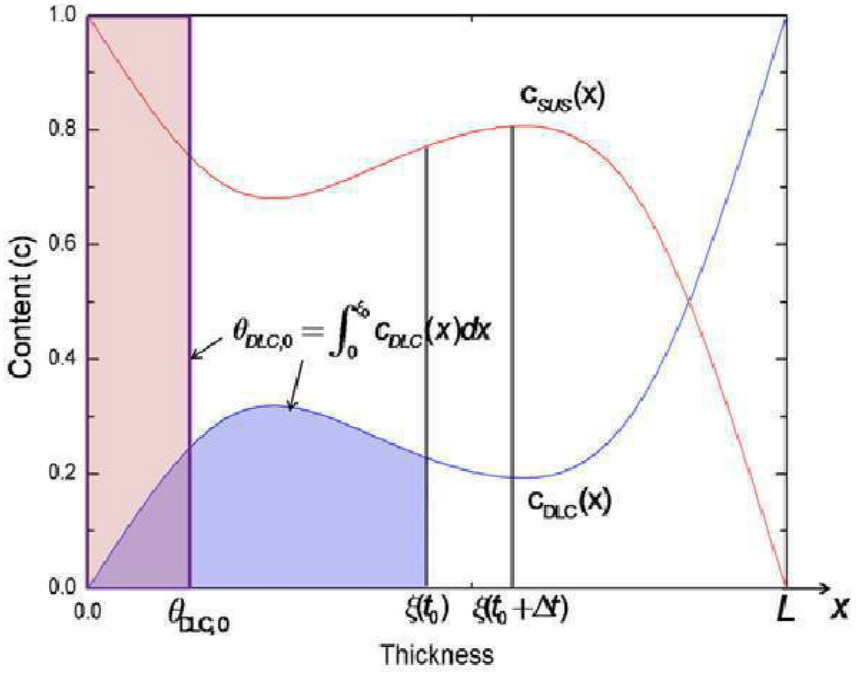
도면2


600
20
21
22
210
10
200
400
510
500
520
220
300
100

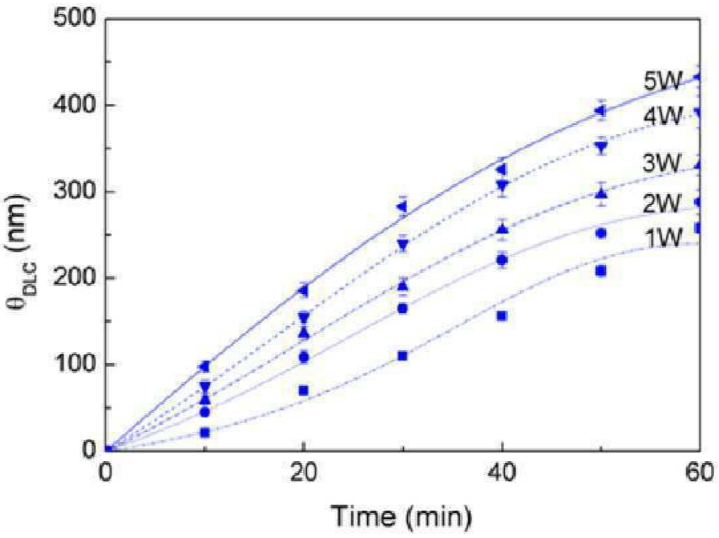
도면3


S100
진공 챔버 내부에 증착대상물 및 증착타겟자료들을 배치
S200
레이저 빔을 발생
S300
레이저 빔을 복수 개로 나누어 출력
S400
증착타겟재료들에 레이저 빔 집광 조사
S500
증착대상물에 증착타겟재료를 증착
S410
증착층의 구간별 증착타겟재료의 함량분포함수 결정
S420
증착타겟재료의 증착 두께를 나타내는 증착함수를 결정
S430
증착타겟재료의 시간당 증착되는 두께를 의미하는 증착률 결정
S440
증착률에 대응하는 레이저 출력 값을 결정

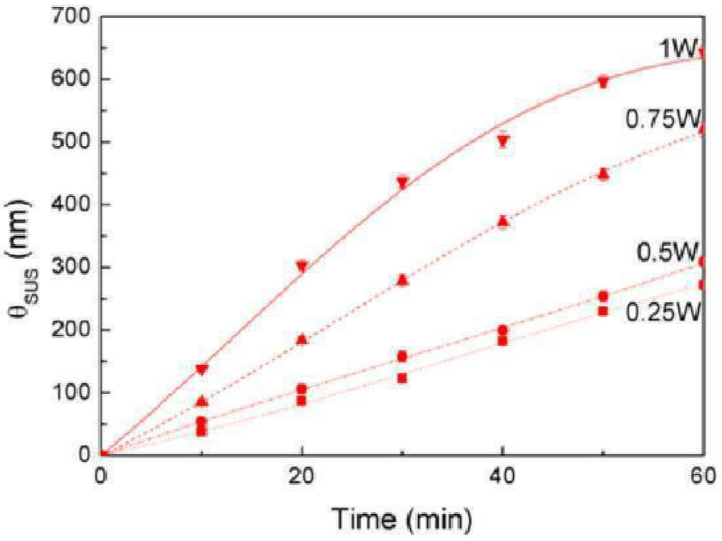
도면4


1.0
0.8
0.6
0.4
0.2
0.0
Content (c)
$c_{SUS}(x)$
$\theta_{DLC,0} = \int_0^{\infty} c_{DLC}(x)dx$
$c_{DLC}(x)$
0.0
$\theta_{DLC,0}$
$\xi(t_0)$
$\xi(t_0+\Delta t)$
L
x
Thickness

도면5


500
400
300
200
100
0
θ_{DLC} (nm)
5W
4W
3W
2W
1W
0
20
40
60
Time (min)

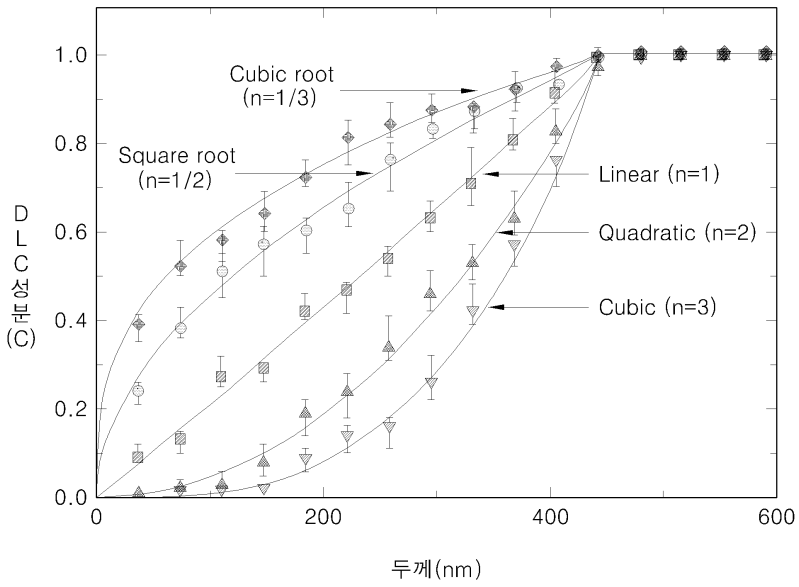
도면6



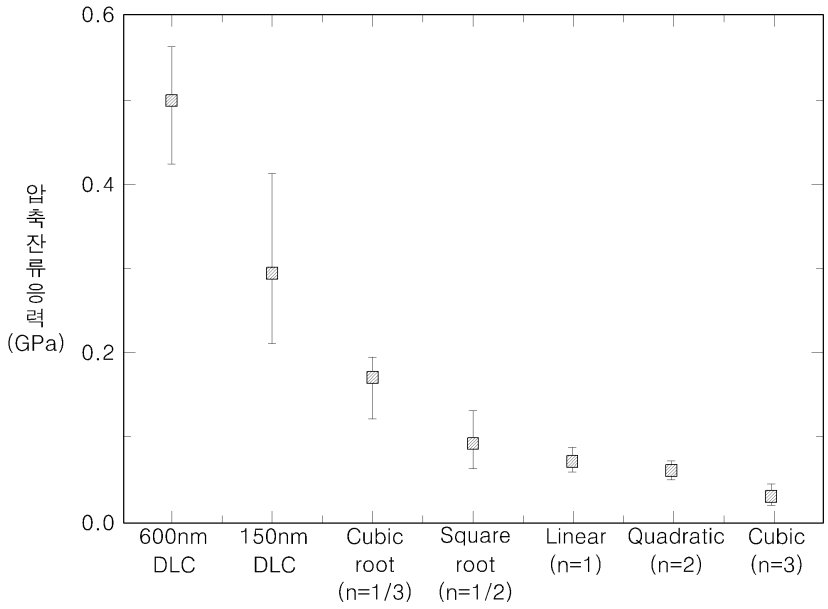
도면7

Graphite				Stainless Steel 316L			
Power (W)	b_0	b_1	b_2	Power (W)	b_0	b_1	b_2
1	0.58123	-0.01518	1.609×10^{-4}	0.25	0.27935	-0.00224	2.084×10^{-5}
2	0.2517	-0.00407	5.708×10^{-5}	0.5	0.17646	8.302×10^{-4}	-8.611×10^{-5}
3	0.18158	-0.00193	3.247×10^{-5}	0.75	0.12576	-0.00107	1.511×10^{-5}
4	0.14483	-0.00137	2.532×10^{-5}	1.0	0.07495	-6.077×10^{-4}	1.555×10^{-5}
5	0.10051	6.324×10^{-5}	9.605×10^{-5}	-	-	-	-

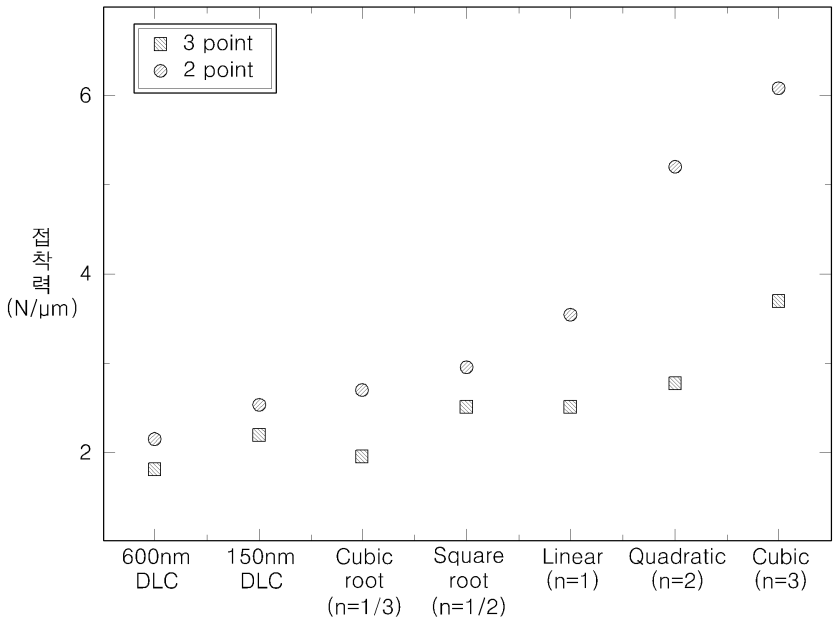
도면8



도면9


0.6
0.4
0.2
0.0
압축잔류응력 (GPa)
600nm DLC
150nm DLC
Cubic root (n=1/3)
Square root (n=1/2)
Linear (n=1)
Quadratic (n=2)
Cubic (n=3)

도면10


3 point
2 point
6
4
2
접착력 (N/μm)
600nm DLC
150nm DLC
Cubic root (n=1/3)
Square root (n=1/2)
Linear (n=1)
Quadratic (n=2)
Cubic (n=3)