

CH₄-CO₂혼합가스로부터 PECVD법에 의한 DLC 박막 증착에 관한 연구

진 역 용

아주대학교 재료공학과

A Study on the Deposition of DLC Films from CH₄-CO₂ Gas Mixture by PECVD Method

Eog-Yong Chin

Department of materials science and Engineering, Ajou University, Suwon

초 록 DLC 박막을 RF 플라즈마 화학증착법(PECVD)을 이용하여 CH₄와 CO₂기체로 부터 합성하였다. 증착압력, CH₄와 CO₂가스의 조성비, 바이어스전압(-V_B) 등의 증착조건 변화에 따른 증착속도는 증착층의 두께를 알파스텝으로 측정하여 결정하였으며, 박막의 구조 변화는 FTIR 분광분석을 이용하여 분석을 행하였다. 이 연구로 부터 얻은 실험 결과는 다음과 같다. :

- 1) 증착속도는 증착압력 및 바이어스 전압의 증가에 따라 증가한다.
- 2) 바이어스 전압 300V이상에서, CO₂량 증가는 순증착속도를 증가 시킨다.
- 3) 순수한 CH₄가스를 사용할 경우에는 바이어스전압(-V_B)이 증가함에 따라 박막내 수소의 함량과 sp³/sp²비는 감소하는 경향을 나타낸다.
- 4) 증착압력이 증가함에 따라 박막내 수소함량은 증가하며, sp³/sp²비는 감소한다.
- 5) 50mTorr의 증착압력에 증착시, CH₄-CO₂ 혼합가스에서 이산화탄소의 부피분율에 따라서는 박막내 수소함량은 감소하며, sp³/sp²비는 증가한다.

Abstract DLC films were synthesized by RF-Plasma enhanced chemical vapor deposition (PECVD) method in CH₄ and CO₂ atomsphere. At various gas pressures, CO₂ contents of CH₄+CO₂ gas mixture and negative self-bias voltages, the thickness of the films is measured by using alpha step profiler and the structure of DLC film is analyzed by the FTIR spectroscopy. The experimental results in this study are as follows : (1) Deposition rate increased with increase of gas pressure and self-bias voltage. (2) Over 300volts of self-bias voltage, the net deposition rate of CH₄ increase with CO₂ content in the gas mixture. (3) In the pure CH₄ atomsphere, as the self-bias voltage was increased, the hydrogen contents and sp³/sp² bond ratio of the films were decreased. (4) As the gas pressure was increased, the hydrogen contents in the films were increased, while sp³/sp² bond ratio of films was decreased. (5) As CO₂ vol% in the CH₄+CO₂ gas mixture was increased, hydrogen content of the films was decreased, but sp³/sp² bond ratio of films was increased at 50 mTorr gas pressure.

1. 서 론

1970년대 초에 S. Aisenberg와 R. Chabot가 이온빔(ion beam)증착기술을 이용하여 매우 단단한 상(phase)의 탄소를 성장 시킬 수 있음을 발표하면서¹⁾부터 DLC박막(diamond like carbon 일명 amorphous hydrogenated hard carbon)에 대한 연구가 본격적으로 시작되었

다. DLC 박막의 합성에는 RF 및 DC 플라즈마여기방법과^{2~5)} 다양한 이온빔방법^{6,7)}등이 활용되고 있으며, 이들 방법으로 형성된 DLC박막은 증착조건에 따라서 sp³, sp² 등의 탄소결합배열의 변화에 수반되어, 비정질에서 미세 결정에 이르는 다양한 구조를 갖을 수 있으며 다이아몬드와는 다른 내부구조를 갖으면서도, 다이아몬드와 유사한 광학적, 기계적 성질을

갖는다^{8,9)}.

다이아몬드는 높은 열전도도, 큰 전기저항, 높은 강도 그리고 화학적 불활성 등으로 인해 관심을 집중시키고 있는 재료이다. 다이아몬드의 이러한 특성은 내마모성 응용분야 이외에 전자 패키징(electronic packaging), 부동태(passivation), 열발산체(thermal heat sink) 등의 큰 응용분야를 갖는 탁월한 재료이다. 특히, 전자기 스펙트럼(electromagnetic spectrum)상의 적외선 범위에서 다이아몬드박막의 우수한 투광성은 적외선광학(infrared optics)과 레이더돔(radar-dome)을 위한 보호막 등으로 다이아몬드박막의 넓은 범위의 활용성을 보여준다. DLC박막은 이와 같은 다이아몬드의 특성을 거의 갖고 있으면서 그 합성온도가 다이아몬드박막에 비해 현저히 낮고, 합성 조건에 따라 물리, 화학적 특성도 넓게 조절할 수 있으며, 상대적으로 넓은 면적의 균일하고 평활한 박막의 합성이 가능하다¹⁰⁾. 이와 같은 장점에도 불구하고, DLC박막의 활용이 지금까지는 제한되어온 이유는 열적인 불안정성과 내부응력에 의한 접착력의 저하 때문인 것으로^{11,12)} 알려져 있으며, 이러한 문제점을 해결하는 것이 앞으로의 연구과제가 된다.

탄화수소계 sources들로부터 다이아몬드나 DLC박막의 증착시 산소(O₂)의 영향에 대한 연구들에서, 산소원자가 탄소원자의 graphite형 증착구조를 etching한다는 보고가 있으므로, 본 연구에서는 산소가스를 직접 첨가하지 않고 상대적으로 화학적 안정성이 큰 이산화탄소를 첨가할 때 첨가하는 가스량에 따른 증착거동(diamond형 증착구조와 graphite형 증착구조 비율)의 변화를 실험적으로 조사하는 것은 DLC증착층의 성질을 필요에 따라 조절할 수 있으므로 연구 과제로 관심의 대상이 된다.

따라서, 본 연구에서는 대면적 균일증착성이 양호한 RF-캐퍼시티브형 플라즈마 증착기를 이용하여, 응용성이 증대되고 있는 DLC박막을 합성함에 있어서 반응가스로 사용되고 있는 탄화수소계 가스(CH₄)에 이산화탄소(CO₂)가스를 첨가하여, 증착조건(증착압력, 반응가스의 조성, 바이어스전압 등)에 따른 DLC박막의 성장속도를 alpha-step을 이용하여 측정하고, FTIR분석을 통하여 DLC박막의 내부구

조를 해석하여, DLC박막의 증착에 있어서 첨가 가스(CO₂)의 역할을 중심으로 DLC박막의 증착거동(증착속도, 증착층의 구조, 박막내의 수소함량 등)에 대한 실험적 연구를 수행하고자 한다.

2. 실험 방법

시편준비

본 연구에서 DLC박막의 증착에 사용한 시편은 Si(100) wafer를 사용하였으며 시편의 크기는 2cm×2cm의 판상 시편을 사용하였다. 시편표면의 이물질을 제거하기 위하여 초음파 세척기중에서 TCE(Trichloroethylene)으로 10분간 세척한 후, 알콜과 증류수로 세척하였다. 그리고 시편표면의 산화막을 제거하기 위하여 증착 전 반응기 내에서 Ar으로 5분간 rf-etching을 행하였다.

본 연구에서 사용한 반응가스는 CH₄(air liquid社 : 99.999%), CO₂(99.999%), Ar(99.999%)를 사용하였으며 증착조건은 Table 1에 나타내었다.

실험장치

본 연구에 사용된 PECVD(Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition)시스템은 Fig. 1에서와 같이 증착반응기, RF 플라즈마발생기(영신ENG社 : 500W), 진공펌프(WSVP-8860), 기체혼합기 및 각종 계측장비로서 구성되어 있다. CH₄와 CO₂기체의 유량은 유량계(SEC-400)를 사용하여 조정하였으며, 압력조절은 압력조절기(MKS-651)와 진공밸브(MKS-253A)를 조합시켜서 사용하였다. 또한 보조 압력측정 기기로 피라니 게이지(PG-1S)를 측면에 부착하여 사용하였다. 반응가스의 균일한 혼합을 위해서 가스의 공급 장치와 반응기의 중간에 가스혼합기를 사용하였고, 바이어스전압(-V_B)을 측정하기 위하여 RF발생

Table 1. Deposition conditions

Substrate	Si(100)
Base pressure	5×10^{-3} Torr
Operation pressure	5×10^{-3} Torr~ 1.5×10^{-1} Torr
Bias voltage(-V _B)	100~400
CO ₂ volume%	0%~35%

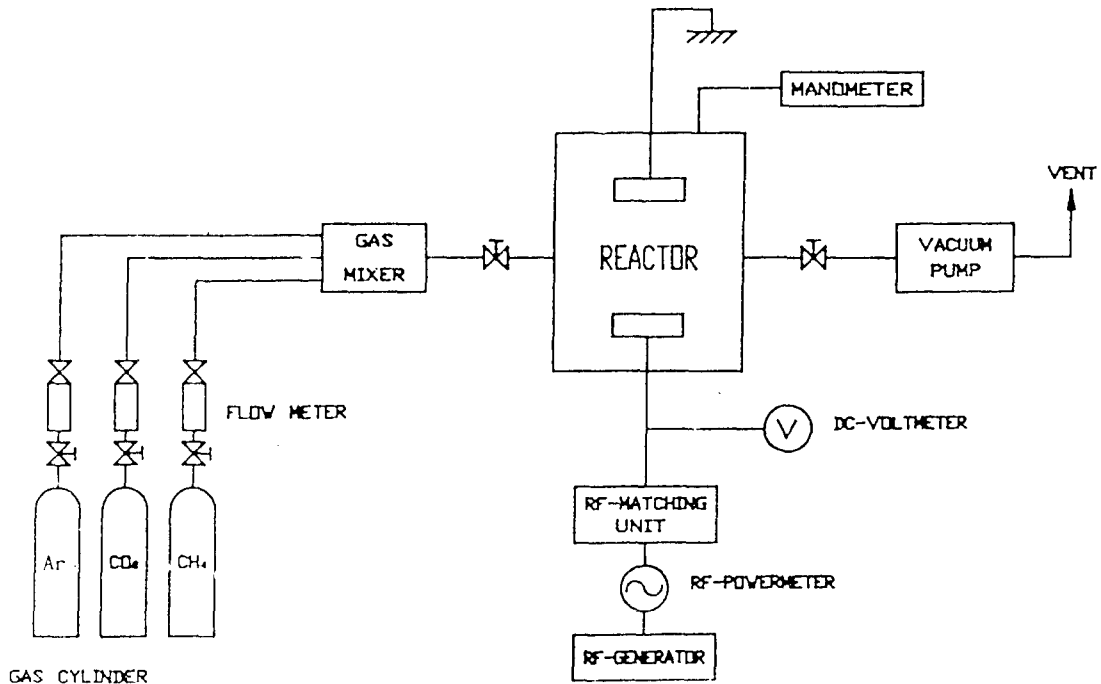


Fig. 1. Schematic diagram of PECVD apparatus

장치와 반응기 사이에 DC 바이어스 전압 측정장치를 부착하였다.

DLC박막의 증착 및 구조분석

준비한 시편을 반응기에 장입한 후 base pressure를 5×10^{-3} Torr로 유지시킨 다음 Ar 가스를 주입하여 operation pressure를 5×10^{-2} Torr에서 5분간 etching을 행한후, 다시 5×10^{-3} Torr로 진공을 유지한 후 반응가스($\text{CH}_4 + \text{CO}_2$)를 주입하여 증착을 행하였다.

DLC박막의 증착은 반응기체의 유동속도 25sccm에서, 100V~400V의 역바이어스 전압 범위와, 50~150mTorr의 반응기체 압력범위에서 증착실험을 실행하였다.

증착층의 두께측정을 위해서는 실리콘 기판 상에 증착된 층의 두께를 알파스텝(α -step 100)을 이용하여 측정하였다. 측정 data의 정확성을 높이기 위하여 7회 이상 측정한 후, 오차 10%이내의 측정값만을 선정하여 사용하였다.

증착된 시편은 각 증착조건(바이어스 전압, CO_2 조성변화, 증착압력 변화 등)에 따른 증착층의 구조를 알아보기 위하여 FTIR(Fourier Transformed Infrared Spectroscopy)분석

을 행하였다. FTIR 분광분석 결과 C-H결합 영역에 따른 IR absorption 결과는 $2800\text{cm}^{-1} \sim 3100\text{cm}^{-1}$ 영역에서 여러 종류의 결합들에 의해 기인된 기여가 있으나^{13,14)}, 본 연구에서는 이 중 가장 일반적으로 알려진 2850cm^{-1} , 2920cm^{-1} , 2970cm^{-1} , 3020cm^{-1} (μ)을 기준으로 하고 각 주파수 사이의 간격을 2σ 로 하여 각각의 μ 값과 σ 값을 가우스 분포함수(Gaussian distribution function)에 대입하여 얻어진 결과의 합이 FTIR로 부터 얻어진 분광분석 결과와 가장 일치할 때까지 컴퓨터로 반복 계산하여 개개 결합의 분광 결과를 결정하였다.

3. 결과 및 고찰

증착조건에 따른 증착층 성장속도 가) 압력의 영향

Fig. 2는 pure CH_4 , 200V($-V_B$) 조건에서 증착압력 50mTorr, 100mTorr, 150mTorr 일때 DLC박막의 증착두께를 시간에 따라 도시한 것으로 [Fig. 2 (a), (b), (c)] 증착층의 두께는 시간에 따라 선형적으로 증가하며 이 data로 부터 계산한 평균증착속도를 증착압력에 대하여 도시한 것이 Fig. 2(d)와 같다. 증

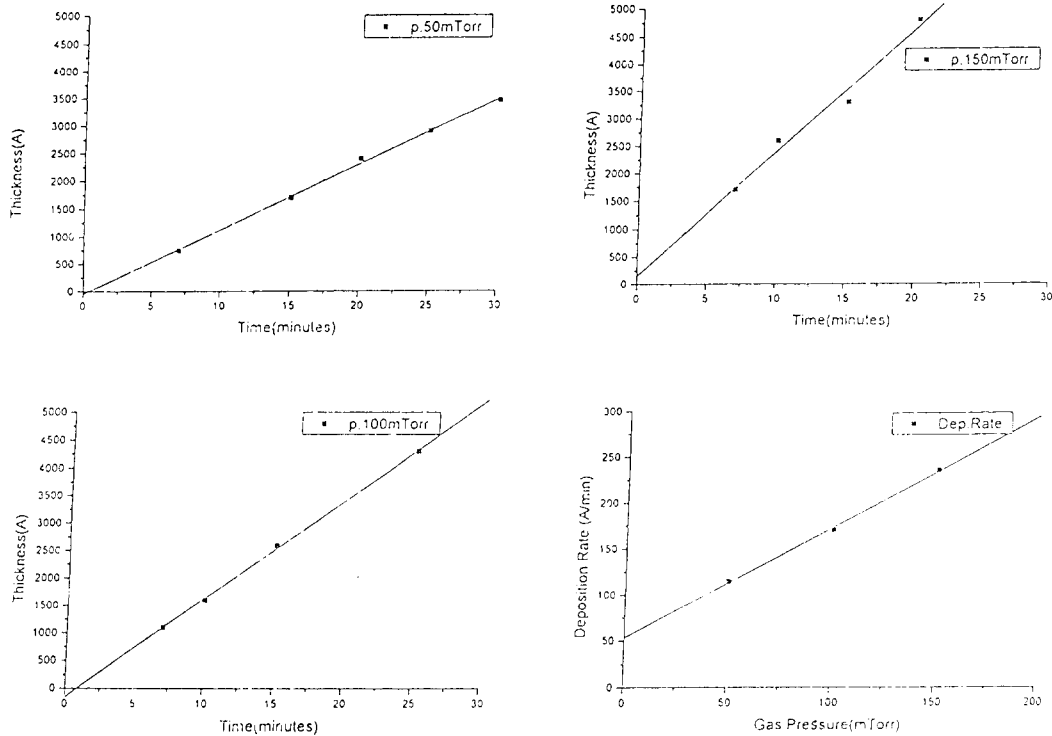


Fig. 2. Thickness of the films as a function of deposition pressure at pure CH₄, 200V(-V_b)

착속도가 반응 압력에 비례하는 것은 반응장치안에 압력이 증가할수록 단량체의 농도가 커지기 때문이며, 따라서 플라즈마내로 유입되는 단량체의 양이 많아지게 되고, 결과적으로 활성화된 화학종이 많이 발생되어 DLC박막의 성장속도가 증가되게 된다.

나) 반응가스 조성의 영향

Fig. 3은 CH₄와 CO₂의 혼합가스의 조성변화에 따른 DLC박막의 증착속도를 도시한 것이다. 이 결과로부터 반응가스중에 CO₂의 함량 증가에 따라 CH₄의 함량이 상대적으로 줄어 그에 따른 DLC박막의 증착속도가 감소하는 것으로 해석된다. 그러나 CO₂의 첨가효과를 보기 위하여 혼합기체중에 CH₄의 분율만을 고려한 순증착속도(net CH₄ deposition rate)로 환산하여 보면 Fig. 4와 같은 결과를 얻었다. 200V이하의 바이어스 전압에서는 증착속도가 pure CH₄만 사용 했을때에 비해서 CO₂가 첨가될때 감소하는 것으로 나타난다. 이것은 CO₂량 증가에 따라 상대적으로 CH₄량이 줄어들었고, 주어진 플라즈마전압에서는 CO₂로부

터 어떠한 활성화학종도 생성되지 않고, 플라즈마내의 전자는 CH₄와 충돌해서 활성화학종을 생성하는데 소모될 뿐만 아니라 CO₂와 충돌하는데도 소모되기 때문인 것으로 생각된다. 반면에 바이어스 전압이 300V이상 일때는 CO₂첨가에 따라 순증착속도는 pure CH₄만 일때에 비해서 상대적으로 증가되었다. 이것은 Table 2에 열거한 CH₄와 CO₂의 이온화에너지(ionization potential)와 결합-해리에너지(bond-dissociation energy) data로부터¹⁶⁾ 설명할 수 있다고 생각된다. 즉, 200V 이하의 바이어스전압에서 순증착속도가 CO₂첨가로 감소하는 원인은 CH₄의 이온화에너지와 결합분리에너지가 CO₂에 해당하는 에너지보다 낮기 때문에 증착에 필요한 활성화학종의 생성은 주로 CH₄의 량에 의존한다고 생각된다.

300V 이상의 바이어스 전압에서는 순증착속도가 CO₂량 증가에 따라 증가하는데, 이것은 이 전압조건에서 플라즈마내에서 CO₂가 이온화되거나 결합이 분리되어 래디칼(radical)을 형성하는데 필요한 에너지를 공급받는

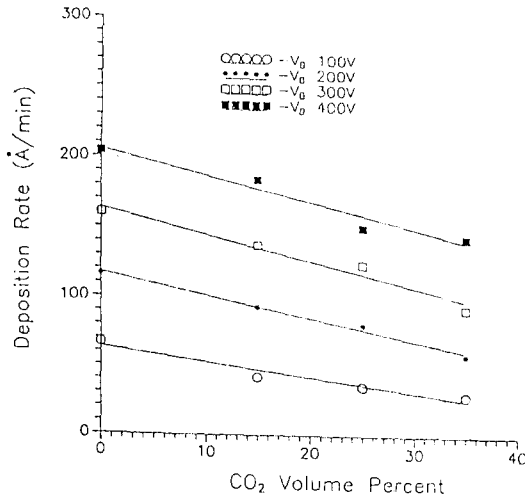


Fig. 3. Deposition rate vs. CO₂ composition of CH₄ + CO₂ gas mixture at the pressure of 50mTorr.

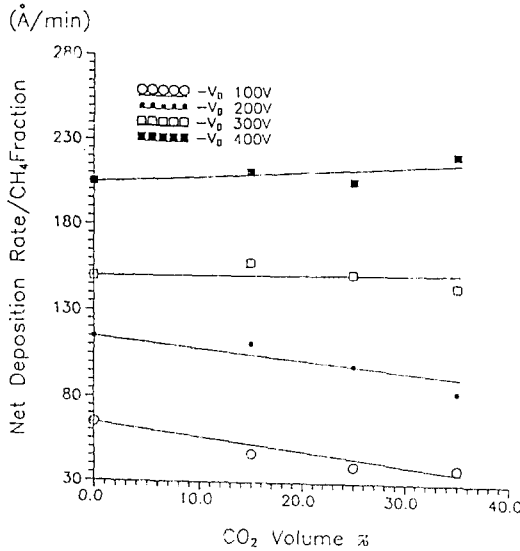


Fig. 4. Net deposition rate considering CH₄ fraction vs. CO₂ composition of CH₄ + CO₂ gas mixture at the pressure of 50mTorr

다고 생각된다. 특히 400V에서는 순증착속도가 순수 CH₄의 경우보다 높아지는데, 이것은 CO₂→O=CO로 그리고 CO 결합에서 C와 O를 분리시키는데 300V에 해당하는 에너지보다 더 많은 분리에너지가 필요 하기 때문인 것으로 보인다.

다) 바이어스 전압의 영향

플라즈마내에서 바이어스 전압(V_b)은 플라즈마가 발생하는 부분의 기하학적인 구조, 플

Table 2. Ionization potentials and bond dissociation energies for CH₄ and CO₂

Monomers	CH ₄	CO ₂
Ionization potential (eV)	12.6	13.8
Bond dissociation Energy, kJ/mole	438	532
	(CH ₄ →H-CH ₃)	(CO ₂ →O=CO)

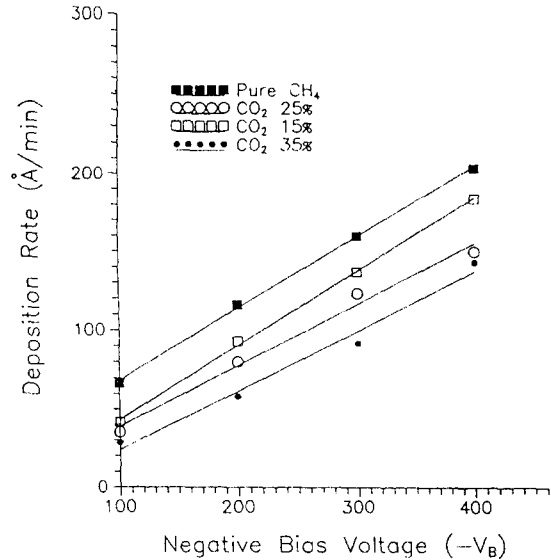


Fig. 5. Deposition rate of DLC films as a function of self-bias voltage at the pressure of 50 mtorr in various CO₂ composition

라즈마 전자 전도도, RF주파수, 출력, 유전상수 등과 관련된다. 여러 증착변수중 바이어스 전압은 DLC박막의 물리, 화학적 특성변화에 가장 큰 영향을 미치는 변수로 알려져 있다. Fig. 5는 바이어스 전압에 따른 DLC박막의 증착속도 변화를 도시하고 있다. 그림에서와 같이 대체적으로 바이어스 전압 상승에 따라 증착속도가 증가함을 알 수 있다. 이는 플라즈마 내 전자의 에너지가 바이어스전압의 상승에 따라 증가하여 단량체인 CH₄와 CO₂의 이온화와 분리(dissociation)를 촉진시켰기 때문이라 생각된다^{15, 17, 18)}. 동일한 바이어스 전압에서도 단량체로 순수한 CH₄만을 사용하였을 때의 증착속도가 CO₂를 첨가하였을 때에 비해서

더 높은 것으로 나타났다. 이러한 것은 CH₄의 이온화 에너지와 결합분리에너지가 CO₂에 비해 낮기 때문에 상대적으로 낮은 에너지에서 활성화화종을 많이 생성하였기 때문일 것이다. 또한 CO₂의 조성비가 증가하면 증가할수록 증착속도가 점점 감소하는 경향을 보여주는데, 이것은 CO₂의 첨가에 따른 활성화화종의 감소와 이온화에너지와 결합-해리에너지로 설명할 수 있다.

증착층의 내부구조 분석

가) 증착압력의 영향

Fig. 6은 pure CH₄를 반응가스로하여 전압 300V(-V_B)에서 증착한 DLC박막을 증착압력변화에 따른 증착층의 구조변화를 나타내는 FTIR분석 결과이다. 적외선 영역에서 2700~3100cm⁻¹ 영역은 C-H결합의 신축진동 영역이므로 FTIR분석으로 부터 얻어진 peak의 총면적은 상대적인 수소의 함량을 나타낸다고 할 수 있다. 이결과로부터 증착압력이 증가함에 따라 박막내 수소함량은 증가하는 것을 알 수 있다. 증착압력이 증가할 때 동일한 바이어스 전압을 얻기 위해서는 RF power를 증가시켜야 되는데 이것이 플라즈마내에서의 가스의 이온화율을 증가시키기 때문이라고 생각한다. 분석결과로 부터 결정된 박막내에 sp³/sp² ratio는 Fig. 7과 같으며 증착압력이 증가함에 따라 sp³/sp² ratio는 감소하는 경향을 보여주고 있다. 이것은 증착압력이 증가되는 경우 증착입자들의 평균자유행로가 짧아지게 되므로 증착시 bombardment energy가 낮아져서 sp³ 결합형성이 여의치 않은데 연유한다고 생각된다.

Fig. 8은 CH₄+CO₂ 35vol.%인 경우의 FTIR 분석결과로 부터 계산한 증착압력에 따른 박막내의 수소함량 변화를 도시한 것으로 pure CH₄의 경우와 유사한 이유로 증착압력이 증가함에 따라 박막내의 수소함량은 증가하며, sp³/sp² ratio는 감소하는 경향을 나타내고 있다.[Fig. 9 참조]

나) 반응가스 조성의 영향

Fig. 10은 증착압력 50mTorr에서 바이어스 전압 200V와 400V인 경우의 FTIR분석결과로 부터 계산한 반응가스의 조성변화에 따른 박막내의 수소 함유량을 도시한 것이다. 200V의 전압하에서 증착한 박막내의 수소함량은

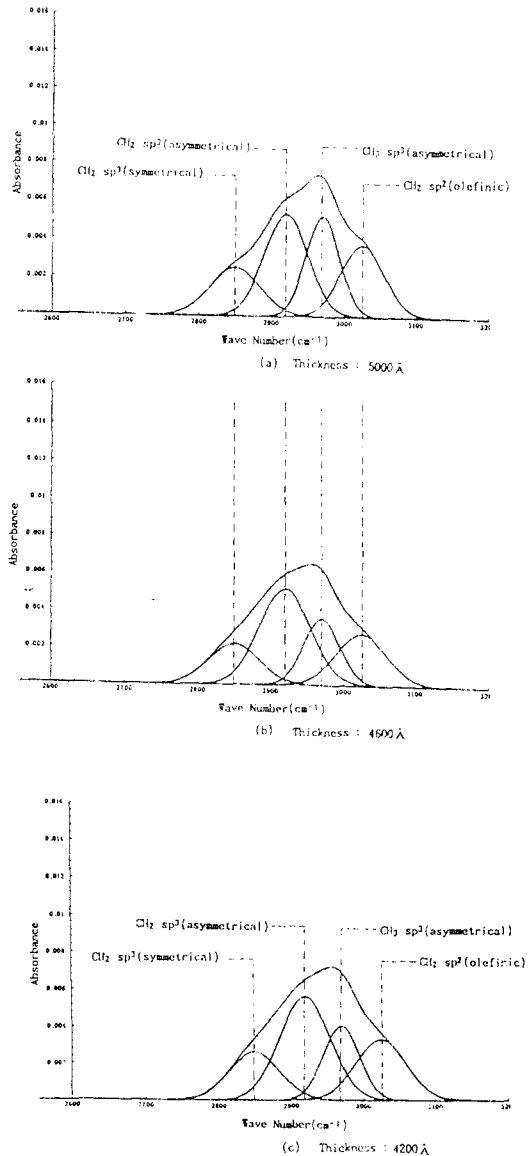


Fig. 6. FTIR spectroscopy at different operation pressure(- V_B: 300) pure CH₄ (a) 50mTorr (b) 100mTorr (c) 150mTorr

CO₂가스 첨가량에 따라 변화가 거의 없으며, sp³/sp² ratio 또한 크게 변화하지 않는 것을 보여주고 있는데 [Fig. 11 참조] 이것은 Table. 2에 열거한 바와 같이 CO₂의 이온화 에너지와 분해에너지가 CH₄에 비해 상대적으로 높기 때문에 낮은 바이어스 전압범위에서는 CO₂의 해리가 용이하지 않기 때문으로 생각된다.

바이어스 전압 400V인 경우를 보면 바이어

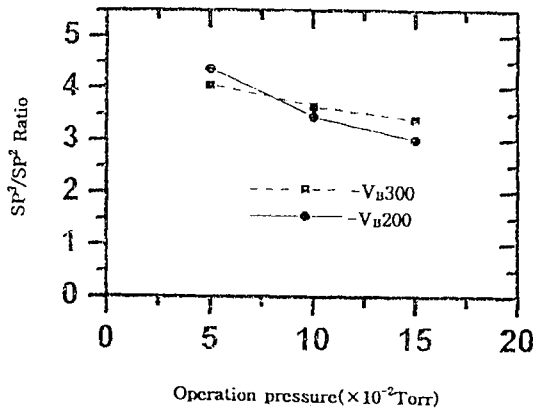


Fig. 7. Graph of sp^3/sp^2 ratio at different operation pressure.

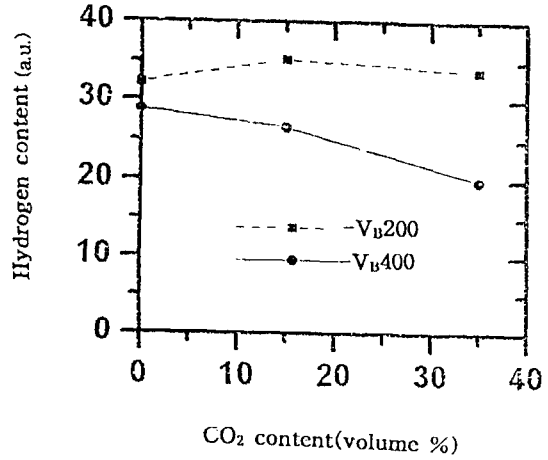


Fig. 10. Hydrogen content at various gas composition (50mTorr).

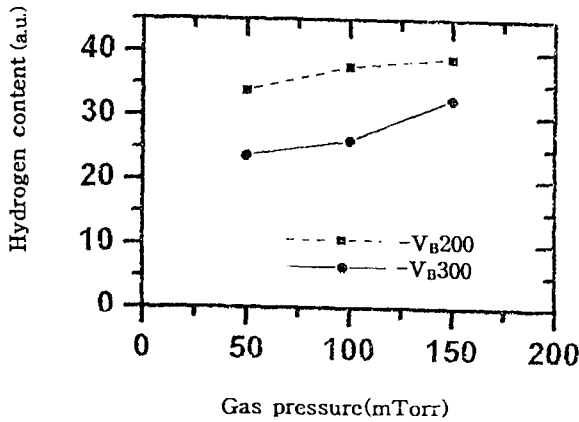


Fig. 8. Hydrogen content at various gas pressure ($CH_4 + 35V\% CO_2$)

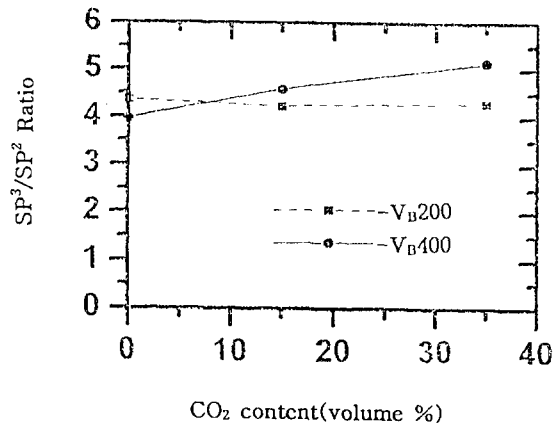


Fig. 11. Graph of sp^3/sp^2 ratio at different CO_2 volume %. Pressure : 50mTorr, Thickness : 5000 Å

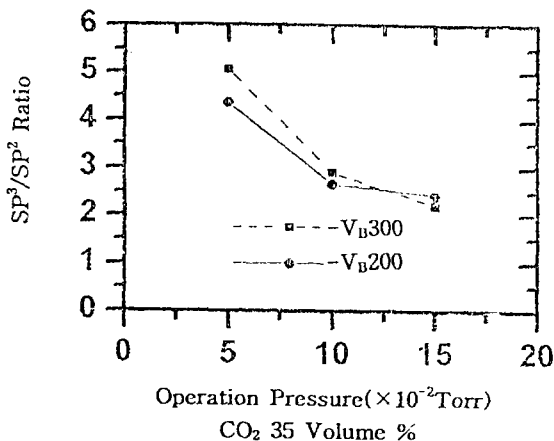


Fig. 9. Graph of sp^3/sp^2 ratio at different operation pressure.

스 전압이 증가함에 따라 박막내의 수소함량은 감소하는 경향을 나타내고 있으며, sp^3/sp^2 ratio는 증가하는 경향을 나타내고 있는데, [Fig. 11] 이와같은 결과는 앞에서 언급한 바와같이 역바이어스전압이 증가함에 따라 CO_2 에서 해리되어 생성되는 산소의 양이 증가하고 따라서 이러한 산소가 graphite-like구조(sp^2 구조)의 탄소를 etching시키는 것으로 생각된다.¹⁹⁻²¹⁾

다) 바이어스전압의 영향

증착압력이 50mTorr에서 각각 CH_4 와 $CH_4 + CO_2$ 35vol.% 혼합가스를 사용하여 DLC박막을 증착할때 바이어스 전압에 따른 증착층의 FTIR분석 결과로부터 계산한 박막내의 수소함량을 Fig. 12에 도시 한것이다. CH_4 로부터 증착된 박막의 분석결과를 살펴보면 바이

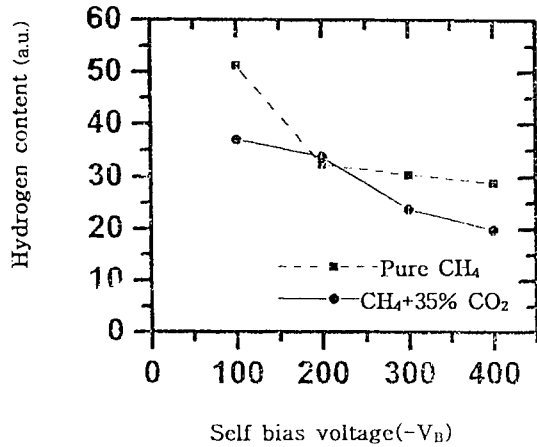
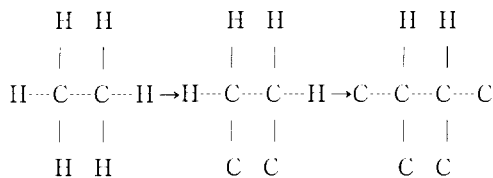


Fig. 12. Hydrogen content at various bias voltage, 50mTorr, pure CH₄.

어스 전압이 증가함에 따라 박막내에 수소함량이 감소함을 알 수 있다. 이것은 일반적으로 DLC박막의 결합구조는 증착되는 이온의 에너지가 증가할수록 약한 C-H 결합이 상대적으로 안정한 C-C결합으로 대체되는 경향이 커지게 된다. 즉, sp³-CH₃형 구조가 sp³-CH₂형 구조로 변화하고, sp³-CH₂형 구조는 다시 sp³-CH형 구조로 변화하는데 기인 된다는 것이다¹⁵.



CH₄+CO₂ 35vol.%의 혼합가스로부터 얻어진 증착층의 분석결과로부터 알 수 있는 것은 바이어스전압이 증가에 따라 박막내의 수소함량은 감소하는 경향을 나타내고 있으며, 감소량은 pure CH₄에서 증착 될때보다 작은량을 나타내는데, 그 이유는 혼합가스안에 CO₂의 양이 증가함에 따라 상대적으로 CH₄의 함량이 감소하기 때문에 수소원자의 절대량이 낮아진데 연유한 것으로 생각된다. 즉, 바이어스 전압이 커지면 이온의 bombardment energy가 커지는 효과가 얻어지므로 sp³ 결합 형성이 용이하며 박막내에 수소함량도 낮아지게 된다고 생각한다.

Fig. 13은 이 박막들의 sp³/sp² ratio를 계산

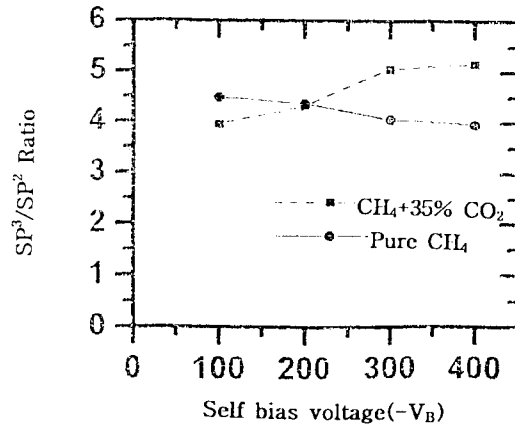


Fig. 13. Graph of sp³/sp² ratio at different bias voltage, 50mTorr.

하여 도시한 것이다. 이것으로부터 알 수 있는 것은 pure CH₄로 부터 얻어진 박막의 경우, 바이어스전압에 따라 sp³/sp² ratio가 큰 변화가 없는 경향을 보여주고 있는데, 이것은 바이어스전압이 증가함에 따라 이온이 고속으로 증착층에 도달하게 되어 C-H결합량이 줄어들며, sp³-CH구조가 unhydrogenated C=C모양으로 변화한다고 보고하고 있다¹³.

CH₄+CO₂ 35vol.%의 혼합가스로부터 얻어진 DLC박막을 FTIR분석한 결과로부터 알 수 있는 것은, 바이어스 전압이 증가함에 따라 상대적인 sp³/sp² ratio는 증가하는 경향을 보여주고 있는데, 그 이유는 많은 논문에서^{17~19}, 산소가 graphite-like구조의 carbon을 etching하는 효과가 있음을 보고하고 있는데 동일한 거동에 의하여, 바이어스 전압이 증가함에 따라 CO₂의 해리가 증가되어 플라즈마내에 산소의 양이 증가되어, 생성된 산소가 graphite-like(sp²) 탄소구조를 etching하기 때문으로 생각된다.

4. 결 론

RF 플라즈마 화학증착법을 이용하여 CH₄와 CO₂의 혼합기체로부터 DLC박막을 합성하였다. 증착변수로는 반응기내의 가스압력, CH₄와 CO₂의 조성비, 바이어스전압 등을 선정하였다. 알파스텝(α-step)을 이용한 두께측정, FTIR분광분석 등을 통하여 DLC박막의 성장속도 측정과 구조 분석 결과를 요약하면 다음과 같다.

1) 실험조건 범위에서, 증착속도는, 증착압력과 바이어스 전압의 상승에 따라 증가한다.

2) 바이어스전압 300V이상에서는, 반응기체중에 CO₂ 분율이 증가함에 따라 DLC박막의 순증착속도(net CH₄ deposition rate)가 증가된다. 이것은 300V이상의 바이어스 전압에서는 전압증가에 따라 전자의 에너지가 높아져 CO₂의 해리와 이온화가 활발하게 이루어져 프라즈마내에 반응성 화학종을 증가시켰기 때문이라고 생각된다.

3) 바이어스전압이 증가함에 따라 박막내의 수소함량은 감소하고, sp³/sp² ratio는 Pure CH₄인 경우에는 경미하게 감소하지만, CO₂가 혼합된 경우에는 CO₂의 해리로 부터 생성된 산소의 SP²구조 etching효과 때문에 sp³/sp² ratio는 증가하는 경향을 나타낸다.

4) 증착압력이 증가하면 박막내의 수소함량은 증가하며, sp³/sp² ratio는 감소한다.

5) 증착압력 50mTorr에서 증착시 반응가스중 CO₂의 조성비가 증가함에 따라서 박막내의 수소함량은 감소하며, sp³/sp² ratio는 증가한다.

6) DLC박막을 증착할때 반응가스(CH₄)에 CO₂를 첨가하여 증착할때 증착조건에 따라 수소함량과 sp³/sp² ratio등이 민감하게 변화되므로, 이 거동을 이용하여 DLC박막의 성질을 원하는 방향으로 조정(control)할 수 있다.

후 기

본 연구는 아주대학교 교내 연구비를 지원 받아서 수행된 것으로 이에 감사 드립니다.

참 고 문 헌

- S. Aisenberg and R. Chabot, (1971) J. Appl. Phys, vol. 42 2593
- Catherine, Y.(1991), in Diamond and Diamond-like Films and Coatings, Vol. 266, NATO-ASI Series B : Physics, edited by R. E. Clausing, L. L. Horton, J. C. Angus, and P. Koidl. Plenum, New York, p.193.
- Berg, S., and Anderson, L. (1979), Thin Solid Films 58, 177.
- Meyerson, B., and Smith, F. (1980b), J. Non-Cryst. Solids 35/36, 435.
- Ham, M., and Lou, K. A. (1989), J. Vac. Sci. Technol. A8, 2143.
- Mirtich, M. J., Swec, D. M. and Angus, J. C. (1985), Thin Solid Films 131, 245.
- Weissmantel, C., Bewilogua, K., Dietrich, D., Erler, H. J., Hinnenberg, H. J., Klose, S., Nowick, W., and Reisse, G. (1980), Thin Solid Films 27, 19.
- Angus, J. C., and Hayman, C. C. (1988), Science 241, 913.
- Tsai, H., and Bogoy, D. B. (1987), J. Vac. Sci. Technol. A5, 3287.
- Karl. E. Spear, and J. P. Dismukes, (1994) : Synthetic diamond John Wiley and Sons Inc New York.
- Grill, A., Meyerson, B., Patel, V., Reimer, J. A., and Petrich, M. A. (1987), J. Appl. Phys. 61, 2874.
- Enke, K. (1981), Thin Solid Films 80, 227.
- Couderc, P., and Catherine, Y. (1987), Thin Solid Films 146, 93.
- Shimozuma, m., Tochtani, G., Ohno, H., and Tagashira, H. (1989), in Proc. 9th Int. Symp. on Plasma Chemistry, edited by R. d'Agostine. IUPAC, Bari, Italy, p. 1462.
- Vandentop, G. J., Kawasaki, M., Nix, R. M., Brown, I. G., Saleron, M., and Samorjai, G. A. (1990), Phyc. Rev. B 41, 3200.
- D. R. Lide(1990) : Handbook of Chemistry and Physics 71ed. CRC press
- P. Koidl, C. Wild, B. Dischler, J. Wagner and M. Ramsteiner (1989) Materials Science Forum 52/53, 41.
- P. Koidl, C. Wild, R. Locher, R.E. Sah (1991) Diamond and aDiamond like Films and Coatings, Plenum Press N.Y. 243.
- T. Kawato and K. Kondo, (1987) Jpn. J. Appl. Phy. vol. 26 1429
- J. A. Mucha, D. L. Flamm, D. E. Ibbotson, (1989) J. Appl. Phy, vol 65, 3448.
- K. E. Spear, (1989) J. Am. Ceram. Soc., vol. 72, 171.