

# Microwave Plasma Process에 의한 N-Hexane으로부터 다이아몬드 박막제작 및 특성

(Fabrication and Properties of Diamond Thin-Film from N-Hexane  
by Using Microwave Plasma Process)

한상보\* · 권태진 · 박상현 · 박재윤 · 이승지\*\*

(Sang-Bo Han · Tae-Jin Kwon · Sang-Hyun Park · Jae-Youn Park · Seung-Ji Lee)

## Abstract

In this paper, the best conditions for the deposition of the high quality diamond thin-film from N-hexane as a carbon source in the microwave plasma process was carried out. Major parameters are the deposition time, flow rates of oxygen and hexane. The deposition time for the steady state thin-film was required more than 4[h], and the suitable flow rates of hexane and oxygen for the high-quality thin-film are 0.4[sccm] and 0.1~0.2[sccm], respectively. In addition, amorphous carbons such as DLC and graphite were grown by increasing the flow rate of hexane, and it decreased by increasing the flow rate of oxygen. Specifically, the growth rate is about 1.5[ $\mu\text{m}\cdot\text{h}^{-1}$ ] under no addition of oxygen and it decreased about 60[%] as ca. 1.0[ $\mu\text{m}\cdot\text{h}^{-1}$ ] with oxygen.

Key Words : Diamond, Hexane, Microwave, Plasma

## 1. 서 론

다이아몬드는 높은 열전도도, 고경도 및 내마모성, 낮은 마찰계수, 우수한 광투과성, 높은 캐리어 이동도, 높은 절연과괴전압 등 많은 우수한 특성을 가지고 있으며, 불순물 도핑으로 반도체화가 가능하기 때문에 고온 및 전력용 반도체로서 응용 가능성이 기대되고

있으며, 그 이외에도 광학, 바이오센서, 기계부품 등 다양한 분야에 응용 가능하다. 특히 와이드 밴드갭 전력용 소자로서 다이아몬드, SiC, GaN 등을 이용하는 것이 가장 적절한 것으로 고려되고 있으며, 그 중에서도 다이아몬드는 금지대 폭이 5.45[eV]로서 다른 반도체에 비하여 매우 큰 광대역 밴드갭을 가지고 있으며, 유전율이 약 5.7로 매우 낮아 고속동작 소자에 요구되는 중요한 특성을 갖추고 있다. 또한, 실리콘은 전자의 이동도(1,500[ $\text{cm}^2/(\text{V}\cdot\text{s})$ ])가 정공의 이동도에 비하여 4~20배 정도 빠르지만, 다이아몬드는 전자와 정공의 이동도가 각각 1,800 및 1,600[ $\text{cm}^2/(\text{V}\cdot\text{s})$ ]으로 비슷하므로 고온 및 고속동작 전자소자를 위한 우수한 반도체 특성을 가지고 있다.

\* 주저자 : 경남대학교 전기공학과 교수  
\*\* 교신저자 : 경남대학교 대학원 첨단공학과 석사과정  
Tel : 055-249-2635  
E-mail : sulsacokr@naver.com  
접수일자 : 2010년 12월 5일  
1차심사 : 2010년 12월 8일  
심사완료 : 2011년 1월 25일

1955년 Bundy[1] 등에 의한 HPHT(High Pressure High Temperature)방법으로 합성 다이아몬드가 개발되어 절삭 및 연마 가공분야에 이용되었으나, HPHT에 의해서는 단순한 벌크나 결정형태로만 합성할 수 있기 때문에 사용상 제약과 제조상 고온, 고압을 요구하므로 경제적 및 기술적으로 제한적일 수밖에 없었다. 따라서 다양한 형태로 용이하게 합성이 가능한 다이아몬드 박막 합성에 대한 연구가 수행되어 왔으며, 1982년 일본 과학 기술청 무기재료연구소의 Matsumoto[2] 등은 HFCVD (Hot-Filament CVD)법으로 새로운 가스 활성화 기술에 의한 저압에서의 다이아몬드 박막 합성법을 발표하였다. 그 이후 연구가 본격적으로 시작되어, Microwave or RF Plasma CVD(Chemical Vapor Deposition), DC-Plasma Jet법, Millimeter-wave Plasma CVD, Sputter Deposition 등 여러 합성법들이 고안되었다[3-8]. 이러한 여러 가지 방법 중에서 Microwave의 글로우 방전을 이용한 MPCVD(Microwave Plasma enhanced Chemical Vapor Deposition) 합성법이 간단한 장치로서 양질의 다이아몬드 박막 합성이 가능하며, 종래의 합성법인 HFCVD 방법에 비교하여 무전극으로 오염이 없고, 장시간 안정하게 다이아몬드를 합성할 수 있는 중요한 특징을 가지고 있다.

특히 저압 화학기상합성법을 이용하여 다이아몬드 박막을 성장시킬 경우에는 탄소원으로서 가스상 메탄을 가장 많이 사용하고 있지만, 아세톤(CH<sub>3</sub>COCH<sub>3</sub>), 에타놀(C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH), 헥산(C<sub>6</sub>H<sub>14</sub>)과 같은 유기화합물을 이용하는 것이 성장속도가 매우 빠를 뿐만 아니라 제조비용을 저감시킬 수 있으며, 헥산과 같은 유기용매에 용해된 트리에틸보란(C<sub>6</sub>H<sub>15</sub>B, P형 불순물) 및 트리에틸라민(C<sub>6</sub>H<sub>15</sub>N, N형 불순물)을 이용함으로써 진성 및 불순물 반도체 제작을 쉽게 제어할 수 있다.

본 연구에서는 MPCVD법에 의하여 반도체 다이아몬드를 제작하기 위한 초기 실험결과를 논한 것으로서, 가스의 농도를 손쉽게 제어하기 위하여 액체상 헥산(N-hexane, C<sub>6</sub>H<sub>14</sub>)을 탄소원으로 사용하여 증착시간, 헥산 및 산소유량의 변화에 따른 다이아몬드 박막의 성장특성에 대하여 논하였다. 본 연구

를 통하여 헥산으로부터 양질의 다이아몬드 박막을 성장시키기 위한 최적의 플라즈마 공정 조건을 도출하였다.

## 2. 실험 방법

액체상 헥산을 소형 금속용기에 밀폐시켜 진공상태를 유지하고, 기화된 헥산 기체를 탄소원으로서 다이아몬드 박막을 성장시키기 위하여 그림 1에서와 같이 2.45[GHz](700[W])의 마이크로파를 도파관을 통하여 석영관에 전달시키고, 3개의 튜너를 사용하여 임피던스를 매칭시킴에 의하여 석영관(직경 : 50[mm], 높이 : 400[mm]) 내에 플라즈마를 형성시켰다. 압력은 니들(needle) 밸브를 이용하여 석영관으로부터 진공 펌프로의 배기량을 조절함으로써 설정 압력은 항상 40[torr]가 유지되도록 하였다.

가스의 유량 및 압력은 MFC(Mass Flow Controller)와 바라트론(MKS, 626A 13TBE) 게이지를 이용하여 조절하였다. 실험에 사용된 수소가스의 유량은 항상 60[sccm]으로 고정하였고, 산소를 공급한 경우에는 다이아몬드 시드가 원활하게 형성될 수 있도록 헥산을 공급하여 20분 경과한 후에 산소를 공급하였다.

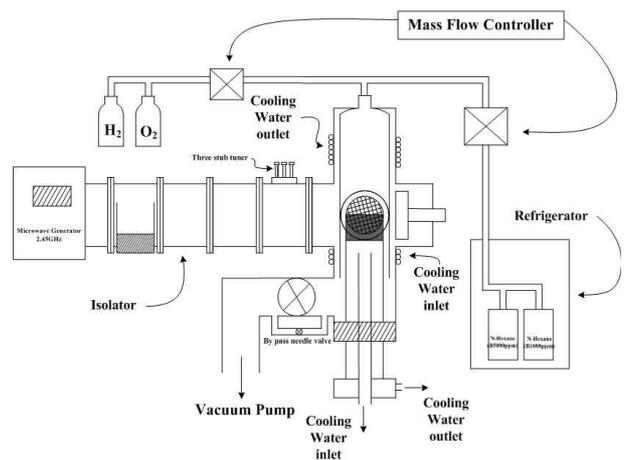


그림 1. 마이크로웨이브 플라즈마 기상화학증착 프로세스 장치도

Fig. 1. Schematics of Microwave plasma CVD process

그리고 박막의 물성을 분석하기 위하여 주사전자현미경(SEM, Scanning Electron Microscopy, CX-100SM)으로 입자들의 형태 및 표면형상을 관찰하였으며, 514.5[nm] 아르곤 레이저가 장착된 라만분광기(System 2000, Renishaw)를 사용하여 막의 결정성과 성분을 분석하였다.

또한 실리콘 표면에 다이아몬드 막을 성장시키기 위해서는 불산(HF)을 이용하여 실리콘 표면의 산화층(SiO<sub>2</sub>)을 없애든지, 다이아몬드 분말을 이용하여 초음파 처리하여 표면에 다이아몬드 시드가 성장될 수 있도록 외부적인 처리를 해주어야만 한다. 본 연구에서는 10×10[mm<sup>2</sup>] 크기의 N형 Si(100) 기판을 다이아몬드 분말(1[μm])로 1시간동안 초음파 처리한 후, 아세톤, 메탄올 및 증류수로 깨끗하게 표면 처리하여 실험을 진행하였다.

### 3. 실험 및 분석

#### 3.1 산소첨가 및 증착시간의 영향

플라즈마 프로세스에서 의해서 박막 성장이 원활하게 이루어지고, 다이아몬드로서 결정성이 있는지를 파악하기 위하여 증착시간에 따른 박막 표면의 변화 및 산소 첨가의 영향을 조사하였다.

특히 산소를 첨가한 이유로는 박막의 결정성을 향상시키기 위한 것으로서, 박막 성장 과정에 있어서 표면상의 비정질성분들을 효율적으로 에칭시키는 것이 가능하기 때문이다.

그림 2는 n-hexane을 0.4[sccm]으로 일정하게 공급하고, 산소를 공급하지 않은 상태에서의 증착시간 변화에 따른 박막 표면의 변화를 보였다.

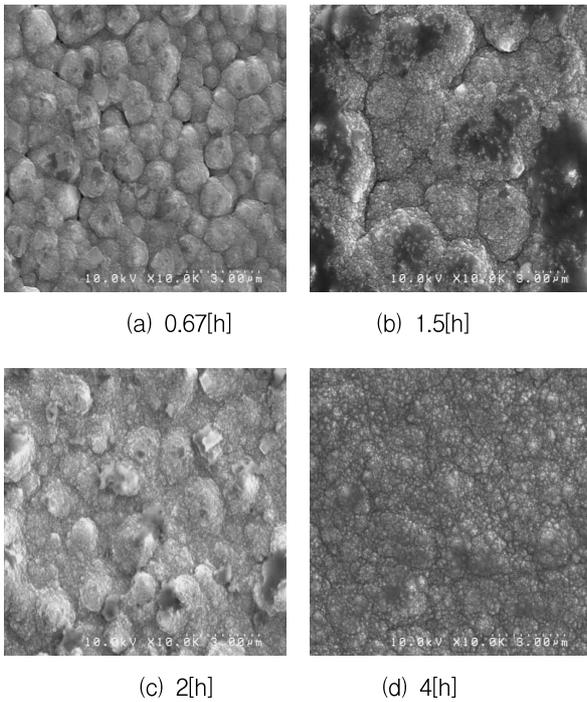
전반적으로 비정질의 입자들이 증착되고 있으며, 0.67[h]에서 1.5[h] 샘플인 경우에는 박막의 표면에서 입자들의 경계가 명확히 구분되고 있으며, 증착시간이 4[h]으로 증가됨에 따라서 입체는 점점 사라지고 비정질 성분의 박막들이 균일하게 성장되는 것을 알 수 있다.

이러한 박막의 성분들을 조사하기 위하여 그림 3에

서와 같이 라만분석을 실시하였으며, 비교 분석하기 위하여 데이터별로 정규화시켜 함께 나타내었다. 일반적으로, 라만 분석에 있어서 다이아몬드는 1,332[cm<sup>-1</sup>] 부근에 피크를 나타내며, 1,480[cm<sup>-1</sup>]은 결정입계에서의 탄소와 수소의 결합에 의한 sp<sup>2</sup> 결합에 기인된다. 또한, 1,350~1,360[cm<sup>-1</sup>] 부근의 피크는 D-밴드, 1,560~1,580[cm<sup>-1</sup>] 부근은 G-밴드로서 흑연의 sp<sup>2</sup> 결합에 기인되는 것으로 해석된다[9-10].

그림 3 (a)에서와 같이 다이아몬드 성분인 1,332[cm<sup>-1</sup>]에서의 피크는 그림 2 (c)의 샘플인 2[h]인 경우가 가장 높게 나타나고 있으며, 증착시간이 증가됨에 따라서 다이아몬드 피크는 약간 감소되었으며, 비정질 성분인 1,490[cm<sup>-1</sup>]과 1,580[cm<sup>-1</sup>]의 피크도 약간 감소되는 경향을 나타내었다. 하지만, G-밴드에 대한 다이아몬드의 피크 비율을 나타낸 그림 3 (b)에서 그림 2 (c) 샘플인 경우가 가장 높게 나타났다. 그리고, 모든 샘플에서 나노결정입자(trans-polyacetylene [10])로 보이는 1,130[cm<sup>-1</sup>] 근처의 완만한 피크가 존재하였으며, 증착시간이 증가함에 따라서 감소됨을 보였다. 이를 통하여 그림 2의 모든 샘플들은 부분적으로 나노크기의 다이아몬드 입자가 성장되고 DLC (Diamond-Like Carbon) 및 흑연이 주성분인 비정질 박막으로 판단된다.

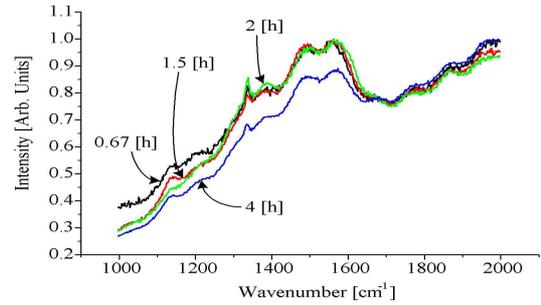
증착시간이 증가함에 따라서 박막표면 형상이 변화되는 것은 증착시간이 매우 짧은 경우에는 기판인 실리콘 표면상에서 시드들만이 성장되기 시작하고, 증착시간이 약간 증가됨에 따라서 성장된 시드들이 인접 시드와 결합하면서 입체가 생성되고, 보다 시간이 증가됨에 따라 계면과 이웃 계면이 결합되면서 계면의 크기가 증가되는 것으로 사료된다. 이때 다이아몬드 성분보다는 비정질 성분의 성장속도가 빠르며, 시드부분의 다이아몬드 성분(sp<sup>3</sup>)들은 기판부분을 중심으로 역삼각형 형상으로 성장되고, 비정질 성분들은 박막 전체에 걸쳐서 성장되는 것으로 사료된다. 본 실험을 통하여 균질의 박막을 얻기 위해서는 4[h] 이상 프로세스를 진행하는 것이 바람직한 것으로 판단된다.



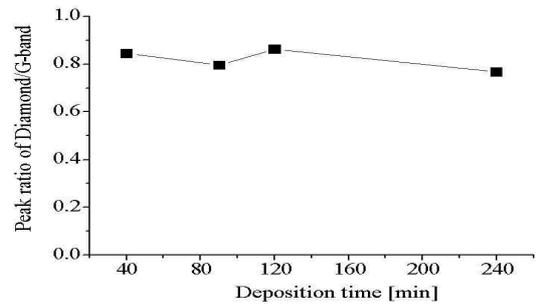
(a) 0.67[h] (b) 1.5[h]  
(c) 2[h] (d) 4[h]

그림 2. 증착시간에 따른 박막표면의 SEM 측정 결과  
(수소 : 헥산 : 산소=60:0.4:0[sccm])  
Fig. 2. Results of SEM measurement according to the deposition time  
(H<sub>2</sub>:n-hexane:O<sub>2</sub>=60:0.4:0[sccm])

그림 2와 동일한 조건하에서 산소의 첨가영향을 조사하기 위하여 헥산 0.4[sccm], 산소 0.1[sccm]으로 고정하여 증착시간의 변화에 따른 박막 표면 형상의 변화를 그림 4에 나타내었다. 그림 4 (a)~(d)의 모든 샘플에서 다이아몬드 입자들이 결정성을 갖추고 성장되고 있음을 볼 수 있다. 그림 4 (a)는 초기 시드형성을 관찰하기 위한 것으로서 입자의 크기는 약 0.3~0.6 [μm]이지만, 입자들이 표면 전체에 골고루 분포되어 있지 않음을 알 수 있다. 하지만, 그림 4 (b)~(d)에서와 같이 1.5[h] 이상에서는 막으로 성장되고 있음을 알 수 있으며, 그림 4 (b)에서는 입자들이 일정한 크기로 균일하게 분포하고 있지만, 그림 4 (c)인 경우는 입자들이 결정을 띠면서 성장됨과 아울러 결정 표면에 새로운 2차 입자들이 성장되는 것을 볼 수 있으며, 시간을 더욱 증가시킨 그림 4 (d)에서는 작은 입자들이 연속적으로 성장되어 그림 4 (b)의 경우와 유사하게 변화되었다.

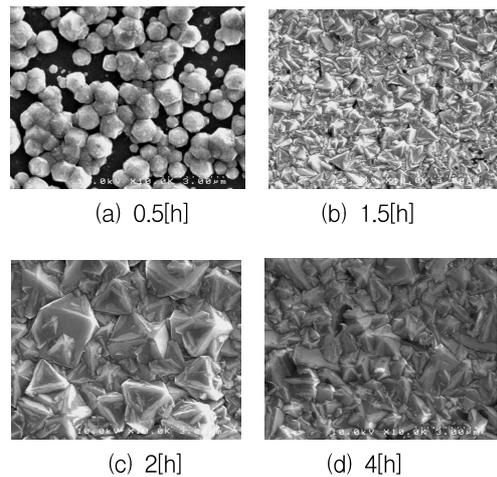


(a) 라만 측정결과



(b) G-밴드에 대한 다이아몬드 피크의 비율

그림 3. 증착시간에 따른 라만 측정결과 및 다이아몬드 피크의 비율 (수소:헥산:산소=60:0.4:0[sccm])  
Fig. 3. Results of raman measurement according to the deposition time and the ratio of diamond peak on the G-band  
(H<sub>2</sub>:n-hexane:O<sub>2</sub>=60:0.4:0[sccm])



(a) 0.5[h] (b) 1.5[h]  
(c) 2[h] (d) 4[h]

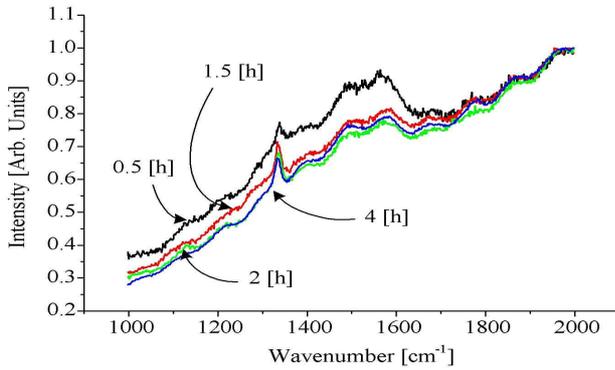
그림 4. 증착시간에 따른 박막 표면의 SEM 측정결과  
(수소 : 헥산 : 산소=60:0.4:0.1[sccm])  
Fig. 4. Results of SEM measurement according to the deposition time  
(H<sub>2</sub>:n-hexane:O<sub>2</sub>=60:0.4:0.1[sccm])

그림 4의 샘플들에 대하여 라만 분석결과를 그림 5에 나타내었다. 그림 3의 결과에 비교하여 모든 데이터에서 다이아몬드의 피크가 첨예함을 알 수 있다. 이는 산소가 공급됨에 의하여 박막 표면에 미결합된  $sp^2$  결합의 탄소성분들이 산소에 의하여 제거되면서 다이아몬드 입자들이 성장되는 것으로 판단된다. 또한 그림 5 (b)에서와 같이 G-밴드에 대한 다이아몬드 피크의 변화는 시간에 따라 일정함을 나타내었다. 하지만, 그림 5 (d)에서와 같이 baseline을 제거하여 다이아몬드 피크의 변화를 조사한 결과, 그림 5 (c)로부터 그림 4 (b)의 샘플이 가장 높게 나타났으며, 증착시간이 증가됨에 따라 약간 감소될 뿐 큰 차이가 없는 것을 알 수 있다. 이를 통하여 산소를 공급하는 것이 양질의 다이아몬드 박막을 성장시킬 수 있음을 알 수 있다.

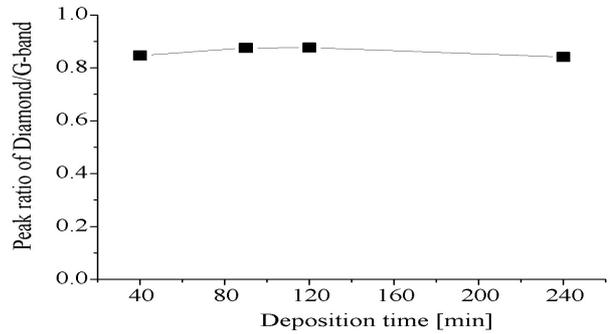
### 3.2 핵산 유량의 영향

본 절에서는 핵산 유량을 변화시킴에 따른 다이아몬드 박막의 성장 특성을 조사하였다.

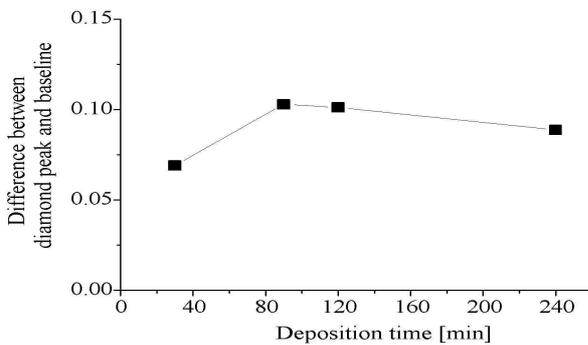
그림 6은 산소 유량을 0.1[sccm]으로 일정하게 공급하면서 핵산유량을 변화시킴에 따른 박막 표면의 변화를 조사한 것이다. 그림 6 (a), (b)에서와 같이 핵산유량이 0.4 및 0.8[sccm]에서는 입자들이 결정성을 보이면서 0.8[sccm]인 경우가 0.4[sccm]에 비하여 결정의 크기가 성장되어 있음을 보이지만, 그림 6 (c)의 1.2[sccm]에서는 결정성이 매우 감소되어 비정질 성분으로 덮혀있음을 예측할 수 있다. 이것은 핵산유량이 증가됨에 따라 탄소에 대한 산소의 비율이 줄어들어 표면의 비정질 성분들을 성장



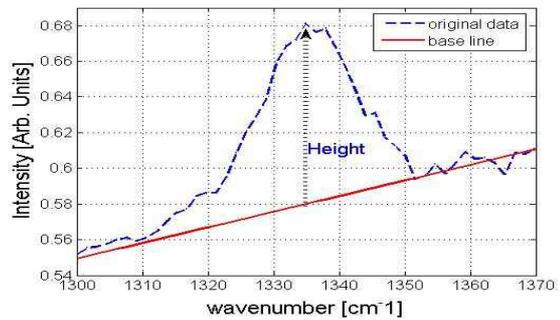
(a) 라만 측정결과



(b) G-밴드에 대한 다이아몬드 피크의 비율



(c) Baseline을 제거한 다이아몬드 피크의 변화



(d) Baseline 제거에 의한 피크값 산출방법

그림 5. 증착시간에 따른 라만측정결과 및 다이아몬드 피크의 변화 (수소:핵산:산소=60:0.4:0.1[sccm])  
 Fig. 5. Results of Raman measurement according to the deposition time and the change of diamond peak  
 ( $H_2:n\text{-hexane}:O_2=60:0.4:0.1[\text{sccm}]$ )

시키는  $sp^2$  결합의 탄소입자들이 증가되기 때문으로 사료된다.

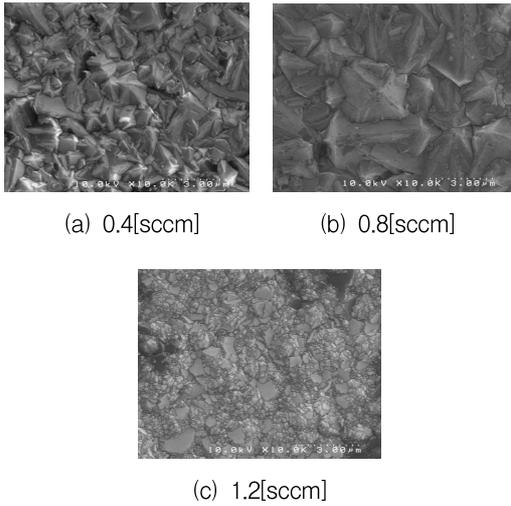
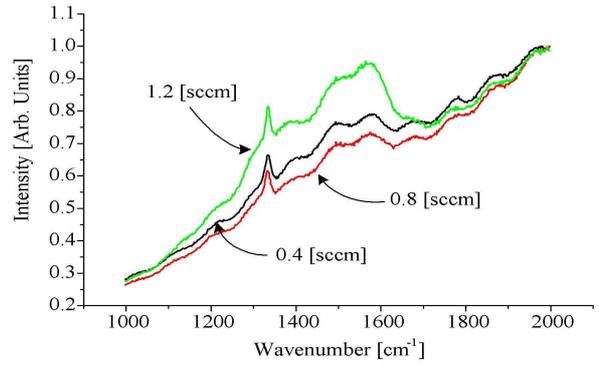


그림 6. 헥산 유량변화에 따른 박막 표면의 SEM 측정결과 (수소:헥산:산소=60:x:0.1[sccm], 시간: 4[h])  
 Fig. 6. Results of SEM measurement by changing the flow rate of n-hexane ( $H_2$ :n-hexane: $O_2$  =60:x:0.1[sccm], time: 4[h])

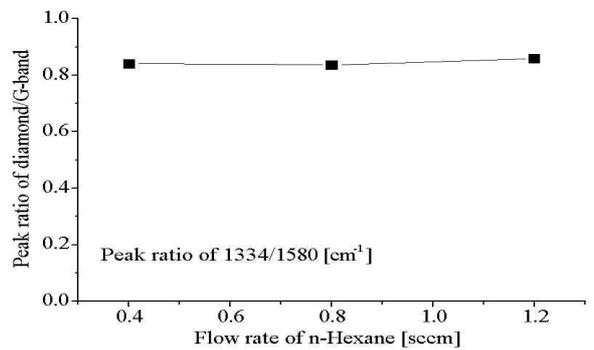
그림 7에서는 그림 6의 결과에 대하여 라만분석 결과를 나타내었다. 모든 샘플에서 다이아몬드 피크에 해당되는  $1,332[cm^{-1}]$ 에서 피크가 나타나고 있으며, DLC와 흑연의 피크 역시 강하게 나타는 것을 확인할 수 있다. 하지만,  $1,130\sim 1,140[cm^{-1}]$ 에서의 나노결정 입자는 존재하지 않았다.

또한 그림 6 (c)는 다른 유량에 비교하여 표면상에 DLC와 흑연 성분이 많이 존재할 것으로 예상했지만, 그림 7 (b)에서와 같이 다이아몬드 피크와 G-밴드 피크의 비율은 유량의 변화에 따라서 거의 일정하지만, 그림 7 (c)와 같이 다이아몬드 피크는 헥산유량이 0.4[sccm]에서 0.8[sccm]으로 증가됨에 따라서 감소됨을 보였다. 이것은 표면상에 다이아몬드, DLC 및 흑연이 혼재된 상태로서 그림 6의 표면분석 및 그림 7 (c) 결과에 의하여 헥산유량이 0.4[sccm]인 경우가 가장 적절한 것으로 판단된다.

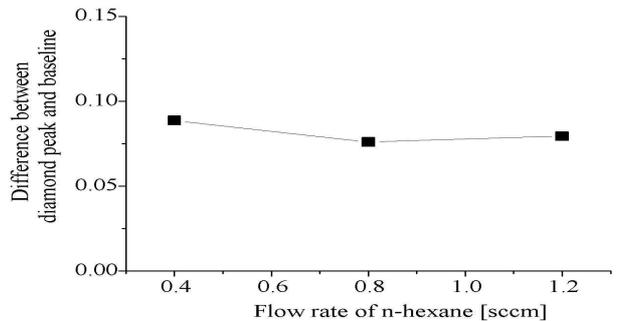
그림 8은 헥산유량을 일정하게 하고 산소의 유량을 변화시킴에 따른 박막 표면 분석결과를 보인 것이다.



(a) 라만 측정결과



(b) G-밴드에 대한 다이아몬드 피크의 비율



(c) Baseline을 제거한 다이아몬드 피크의 변화

그림 7. 헥산 유량 변화에 따른 라만측정결과 및 다이아몬드 피크의 변화(수소:헥산:산소 =60:x:0.1[sccm], 시간: 4[h])

Fig. 7. Results of Raman measurement by changing the flow rate of n-hexane and the change of diamond peak( $H_2$ :n-hexane: $O_2$  =60:x:0.1[sccm], time: 4[h])

초기 산소가 공급되지 않은 상태에서의 박막은 입자들이 결정성이 없는 비정질로 보이지만, 산소가 점차적으로 증가됨에 따라서 박막의 결정성이 더욱더 명

확해짐을 알 수 있다. 하지만 그림 8 (c)는 산소유량이 과다하여 결정표면이 다소 깎여있음을 알 수 있다. 그림 8 (d)는 산소유량을 0.3[sccm]으로 증가시킨 경우로서, 박막이 성장되지 않고 결정면이 매우 깎여있는 입자들만 부분적으로 존재하였다. 이처럼 양질의 박막을 성장시키기 위해서는 공급되는 산소의 역할이 매우 중요하다는 것을 알 수 있다.

아울러 산소가 다량으로 공급되었을 경우에는 다이아몬드의 시드(seed) 형성을 저해할 뿐만 아니라, 결정의 성장을 억제하므로 양질의 다이아몬드 박막을 얻기 위해서는 탄소원의 공급량에 따른 적절한 산소의 비율을 공급해야만 한다.

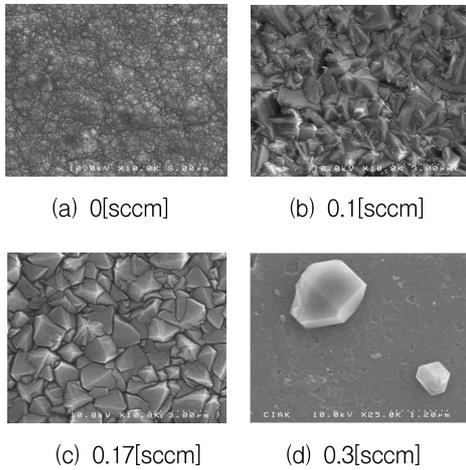
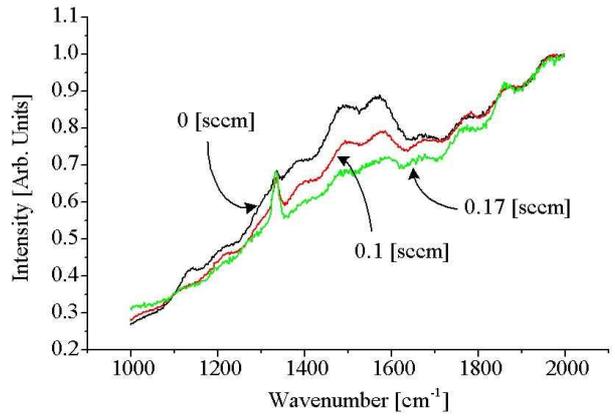
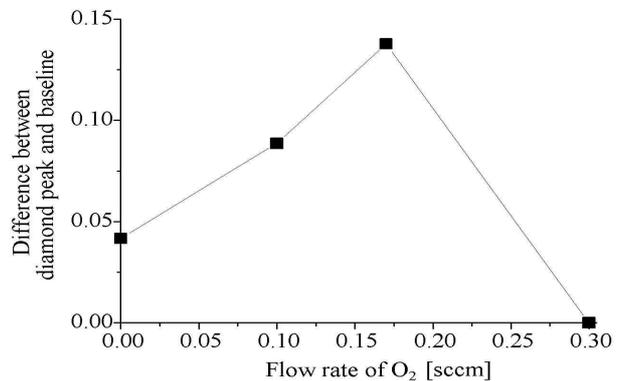


그림 8. 산소 유량 변화에 따른 표면의 SEM 측정결과 (수소:헥산:산소=60:0.4:x[sccm], 시간: 4[h])  
Fig. 8. Results of SEM measurement by changing the flow rate of oxygen(H<sub>2</sub>:n-hexane:O<sub>2</sub>=60:0.4:x[sccm], time: 4[h])

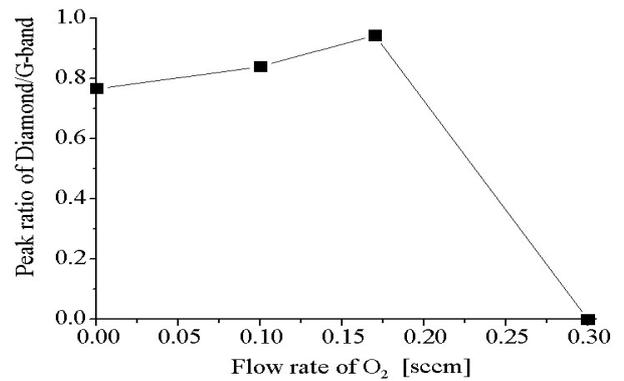
그림 9는 그림 8의 샘플들에 대하여 라만분석결과를 보였다. 산소를 공급하지 않은 박막에서는 다이아몬드 피크보다는 DLC와 흑연의 피크가 매우 강하고, 산소유량을 증가시키에 따라 다이아몬드 피크도 강하게 증가하는 것을 확인 할 수 있다. 또한 산소유량이 증가됨에 따라서 비정질 성분의 DLC와 흑연이 감소하여 그림 9 (b) 및 (c)에서와 같이 다이아몬드 피크는



(a) 라만 측정결과



(b) G-밴드에 대한 다이아몬드 피크의 비율



(c) Baseline을 제거한 다이아몬드 피크의 변화

그림 9. 산소 유량 변화에 따른 라만 측정결과 및 다이아몬드 피크의 변화 (수소:헥산:산소=60:0.4:x[sccm], 시간: 4[h])  
Fig. 9. Results of Raman measurement by changing the flow rate of oxygen (H<sub>2</sub>:n-hexane:O<sub>2</sub>=60:0.4:x[sccm], time: 4[h])

매우 증가됨을 알 수 있다. 하지만 산소유량을 0.3[sccm]으로 증가시킨 경우에는 라만분석결과를 얻을 수 없었다. 이것은 산소의 에칭효과에 의해서 박막 표면에 증착된 DLC와 흑연 성분이 제거되었기 때문으로 판단된다.

그림 10은 산소가 박막의 성장률에 미치는 영향을 조사하기 위하여 박막의 두께변화를 조사한 것이다. 그림 10 (a), (b)는 산소가 공급되지 않은 경우이며, (c), (d)는 산소 0.1[sccm]이 공급된 경우를 의미한다.

그림 10 (a)의 경우는 2[h]동안 증착된 박막으로 두께는 대략 3.3[ $\mu\text{m}$ ]이며, (b)의 경우는 동일 조건에서 4[h]동안 증착된 박막으로 대략 5.4[ $\mu\text{m}$ ]이었다. 이때 박막의 성장속도는 약 1.5[ $\mu\text{m}\cdot\text{h}^{-1}$ ]이었다. 그림 10 (c), (d)는 산소를 0.1[sccm] 공급한 경우로서, (c)의 두께는 2.0[ $\mu\text{m}$ ], (d)는 4.3[ $\mu\text{m}$ ]으로 박막의 성장속도는 약 1.0[ $\mu\text{m}\cdot\text{h}^{-1}$ ]임을 알 수 있다.

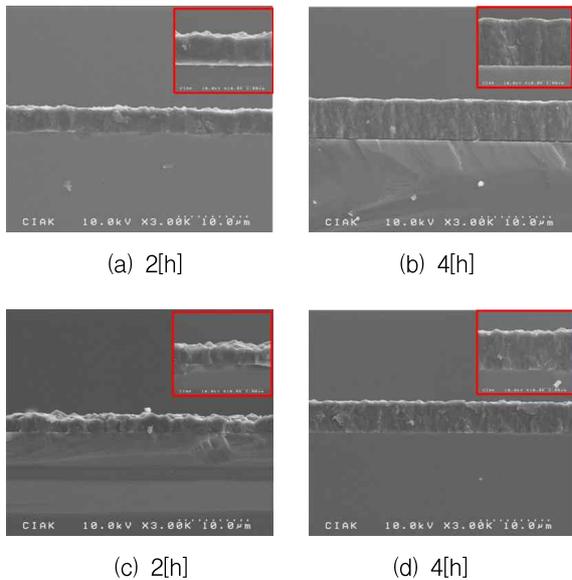


그림 10. 산소 공급 유무에 따른 증착시간별 박막 측면의 SEM 분석결과(수소:헥산:산소=60:0.4:x[sccm], 증착시간: 2, 4[h], (a), (b):산소=0[sccm], (c), (d):산소=0.1[sccm])

Fig. 10. Results of SEM measurement on the side of films by changing the deposition time ( $\text{H}_2$ :n-hexane: $\text{O}_2$ =60:0.4:x[sccm], deposition time: 2, 4[h])

이처럼 산소를 공급함에 따라 공급하지 않을 때와 비교하여 성장률이 약 66[%]로서 감소됨을 알 수 있다. 이것은 산소를 공급함에 의하여 비정질 탄소입자들이 에칭됨에 의하여 박막의 성장속도를 저해하기 때문으로 판단된다.

따라서 헥산 유량을 0.4[sccm] 고정하였을 때, 산소 유량을 0.1~0.2[sccm]의 범위에서 진행하면, 양질의 다이아몬드 박막을 성장시킬 수 있음을 알 수 있다.

#### 4. 결 론

본 연구에서는 양질의 다이아몬드 박막을 성장시키기 위하여 탄소원으로 헥산(n-hexane)을 사용하여 증착시간과 헥산 및 산소의 유량 변화에 따른 박막 품질에 미치는 영향을 조사하였다.

전체적으로 균일한 박막을 성장시키기 위해서는 증착시간이 4[h]이상 필요함을 알 수 있었으며, 헥산 및 산소 유량은 헥산 0.4[sccm]에서 산소유량을 0.1~0.2[sccm]로 공급하는 경우가 양질의 다이아몬드 박막을 성장시킬 수 있음을 알 수 있었다.

또한 헥산유량이 증가됨에 따라서 비정질 성분인 DLC 및 흑연이 주로 성장되었으며, 산소 유량이 증가됨에 따라서 비정질 성분들이 산소에 의해 에칭되어 감소되는 경향을 나타내었다.

산소를 공급하지 않은 경우의 박막의 성장속도는 약 1.5[ $\mu\text{m}\cdot\text{h}^{-1}$ ]이지만, 산소를 공급한 경우에는 약 1.0[ $\mu\text{m}\cdot\text{h}^{-1}$ ]로서 산소를 공급함에 따라 성장률이 약 66[%]로 감소됨을 알 수 있었다.

향후에는 본 연구결과를 토대로 N형 및 P형 다이아몬드 반도체 박막의 성장특성 및 이들의 전기적 특성을 조사하여 전력용 반도체 소자로의 응용 연구를 진행할 계획이다.

#### 감사의 글

본 논문은 2010년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임. (No. 2010-0006466)

References

- [1] B. V. Spitsyn, L. L. Bouilov, and B. V. Derjaguin, "Vapor growth of diamond on diamond and other surface," J. Crystal Growth., vol. 52, 219~226, 1981.
- [2] S. Matsumoto, Y. Sato, M. Kamo, and N. Setaka, "Vapor Deposition of diamond Particle from Methane", Jpn. J. Appl. Phys., Vol. 21, No. 4, L183~185, 1982.
- [3] Xiao Jun Hu, Yao Gen Shen, Xiao Peng Hao, Bao Yi Wang, "The structure properties of B-O codoped diamond films", Vol. 18, No. 2-3, 210~212, 2009.
- [4] Jin-hai Gao, Lan Zhang, Bing-lin Zhang, Ning Yao, Ai-Hua Wang, "Fabrication of globe-like diamond microcrystalline aggregate films and investigation of their field emission properties," Thin Solid Films, Vol. 516, No. 21, 7807~7811, 2008.
- [5] Yasuo Koide, "Metal-diamond semiconductor interface and photodiode application," Applied Surface Sci., Vol. 254, No. 19, 6268~6272, 2008.
- [6] Duosheng Li, Dunwen Zuo, Wenzhung Lu, Rongfa Chen, Bingkun Xiang, Min Wang, "Effects of methane concentration on diamond spherical shell films prepared by DC-plasma jet CVD," Solid State Ionics, Vol. 179, No. 21~26, 1263~1267, 2008.
- [7] D. Saito, E. Tsutsumi, N. Ishigaki, T. Tashiro, T. Kimura, S. Yugo, "A new method of formation of impurity-doped diamond films by bias method," Diamond & Related Materials, Vol. 11, 1804, 2002.
- [8] D. Saito, HJsshiki, T. Kimira, "Positive-bias enhanced growth of high quality diamond films by microwave plasma chemical vapor deposition," Diamond & Related Materials, Vol. 18, 56 - 60, 2009.
- [9] X. M. Meng, W.Z.Tang, others, "Application of CVD nanocrystalline diamond films to cemented carbide drills," Int. J. Refractory Metals & Hard Materials, Vol. 26, 485-490, 2008.
- [10] Y. S. Li, Y. Tang, Q. Yang, S. Shimada, K. Y. Lee, A. Hirose, "Al-enhanced nucleation and adhesion of diamond films on WC-Co substrates," Int. J. Refractory Metals & Hard Materials, Vol. 26, 465-471, 2008.

◆ 저자소개 ◆



**한상보**(韓尙甫)

1972년 9월 22일생. 1998년 경남대학교 전기공학과 졸업. 2000년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 2004년 동경대학교 전자공학과 졸업(박사). 2005~2008년 한국전기연구원 선임연구원. 현재 경남대학교 전기공학과 교수.



**권태진**(權泰辰)

1987년 3월 20일생. 현재 경남대학교 전기공학과 학부과정.



**박상현**(朴相鉉)

1950년 1월 27일생. 1973년 경북대 물리학과 졸업. 1984년 인하대학교 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1990년 동 대학원 전기공학과 졸업(박사). 2003~2004년 미국 휴스턴 대학 방문교수. 현재 경남대학교 전기공학과 교수.



**박재윤**(朴在潤)

1960년 4월 15일생. 1986년 경남대학교 전기공학과 졸업. 1988년 인하대학교 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1991년 동 대학원 전기공학과 졸업(박사). 1996~1997년 캐나다 McMaster University 교환교수. 2008~2009년 미국 Princeton University 방문교수. 현재 경남대학교 전기공학과 교수.



**이승지**(李昇志)

1982년 5월 2일생. 2009년 경남대학교 전기공학과 졸업. 현재 경남대학교 대학원 첨단공학과 재학(석사).