

탄소비율에 따른 Diamond-like Carbon film의 광학적 및 기계적 특성

서영교*, 윤덕용, 박용섭, 조형준, 최원석**, 홍병유
 성균관대학교 정보통신공학부, 성균관대학교 재료공학과*, 한밭대학교**

Optical and mechanical properties of Diamond-like Carbon film with variation of carbon ratio

Young-Kyo Suh*, Deok-Yong Yun, Yong-Seob Park, Hyung-Jun Cho, Won-Seok Choi**, Byungyou Hong
 School of Information and Communication Engineering, SungKyunKwan University.

*Department of Material Science Engineering, SungKyunKwan University.

**Department of Electrical Engineering, Hanbat National University.

Abstract : Diamond-like carbon (DLC) 박막은 높은 경도, 화학적 안정성, 높은 광 투과성을 가지고 있어, 공구강, 광학렌즈 및 플라스틱의 보호 코팅을 위해 응용되어진다. 본 연구에서 DLC 박막은 Silicon을 기반으로 하는 태양전지 반사 방지막으로 응용을 위해, 13.56 MHz RF 플라즈마 화학기상 증착 (RF-PECVD) 법을 통해 합성되었다. DLC 합성시 RF power는 150 W, 메탄 (CH₄) 가스의 유량은 6 ~ 10% 조절되었다. 합성되어진 DLC 박막의 광학적 특성은 UV spectrometry, Ellipsometry를 사용하여 분석 되었고, 경도는 Nano-indenter를 사용하여 측정되었다. 측정 결과 투과도와 굴절률 등의 광학적 특성은 탄소 조성비가 6% 정도에서 가장 좋은 결과 값을 얻었으나, 물리적 특성인 경도는 탄소 조성비가 높을수록 증가하는 경향을 보였으며, Si기판과의 접착력은 32N 이상의 높은 값을 나타내었다. 결과로써, DLC 박막은 합성시 적절한 탄소 조성비를 통해 silicon을 기반으로 하는 태양전지 반사방지막으로 응용할 수 있다.

Key Words : Diamond-like carbon, 반사 방지막, 탄소비율

1. 서 론

DLC(diamond-like carbon)는 탄소 이온을 형성하고 높은 에너지를 가하여 기판에 증착하여 얻어지는 박막형태의 비결정질 탄소계 신소재로서 뛰어난 경도, 화학적 안정성 그리고 다른 금속과의 내용착성이 우수하며 높은 광투과성 등의 장점을 갖는다. 또한 합성기술의 관점에서 볼 때 낮은 온도에서 합성되고 코팅필름의 표면이 매우 평활하다는 점, 필름의 물성이 넓은 범위에 걸쳐 있다는 점의 특성으로 인해 그 응용 범위가 무궁무진한 신소재이다[1]. 그 중 실리콘을 기반으로 하는 태양전지의 반사방지막으로서의 응용이 있다. 태양전지에서 실리콘은 입사 빛의 30%이상을 반사하고, 이로 인한 전지의 효율 강소를 막기 위해 실리콘 표면에 형성하는 반사방지막 층은 태양전지에서 매우 중요한 역할을 한다[2]. DLC를 이용하여 반사방지막을 형성할 경우 그 특성으로 인해 표면의 보호기능만 아니라 반사율을 줄여 태양전지의 효율을 증대시킬 수 있다. DLC는 합성조건에 따라 그 특성이 변하므로 태양전지의 반사방지막으로 응용 할 수 있는 최적의 조건을 연구하는 것이 중요하다.

본 실험에서는 플라즈마 화학기상 증착 (PECVD)법을 사용하여 실리콘 기판에 DLC를 합성하였고, 합성시 탄소의 비율과 합성되는 박막의 두께를 변화시켜 그 변화에 따른 DLC의 광학적, 기계적 특성을 분석하여 반사방지막으로서의 응용에 대해 연구하였다.

2. 실험

2.1 실험장치

본 실험에서는 PECVD법(그림 1)을 이용하여 DLC를 합성하였다. 수소(H₂)가스와 메탄(CH₄)가스를 챔버 내로 흘려보내고 플라즈마를 일으켜 수소이온과 탄소이온을 형성한 후 실리콘 기판에 증착하여 DLC박막을 합성한다.

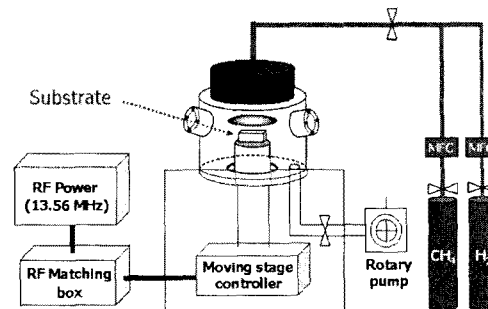


그림 1. Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition

표 1. 합성조건

Deposition parameters		Conditions
Substrate		p-type Si (100)
RF power		150W, 13.56MHz
Working pressure		1 Torr
H ₂ flow		80sccm
Deposition gas	H ₂ flow	28sccm (10%)
	CH ₄ flow (Carbon ratio)	22.90sccm (9%)
		18.67sccm (8%)
		15.09sccm (7%)
		12sccm (6%)

2.2 실험과정

먼저 TC, 아세톤, 에탄올, DI water를 이용하여 실리콘 기판을 클리닝하고 준비된 기판을 PECVD 장비에 넣고 수소(H₂) 유량 80 sccm을 흘려보내며 5분간 전처리를 하였다. 전처리 후 수소 유량은 80 sccm, RF power는 150 W로 고정하고, 메탄(CH₄)가스의 유량을 조절하여 탄소비율이 각각 6, 7, 8, 9, 10 %을 갖도록 DLC 박막을 합성하였으며, 이는 표 1에 나타내었다. 표 2는 합성된 DLC 박막을 α -step을 이용하여 각 샘플의 두께를 측정하여 탄소비율에 따른 DLC 박막의 성장 속도를 나타내었다.

표 2. Growth rate

Carbon ratio(%)	6	7	8	9	10
Growth rate (nm/min)	6.737	8.040	11.544	17.793	30.733

측정된 DLC박막의 성장 속도를 바탕으로 6~10 % 탄소 비율의 DLC 박막을 약 100 nm 두께로 실리콘 기판과 유리기판 위에 합성하였다. 합성된 샘플은 UV spectrometry, Ellipsometry, Nano-indenter, Scratch tester를 이용하여 투과도, 굴절률, 경도, 접착력을 측정하였다.

3. 결과 및 검토

그림 2는 탄소비율에 따른 DLC 박막의 투과도를 나타내고 있다. 대부분의 파장대에서 75% 이상의 높은 투과도를 보였고 가시광선 영역(380~770nm)에서 대체적으로 탄소의 비율이 낮을수록 투과도가 높게 나오는 경향을 볼 수 있었다. 이는 탄소 비율 차이에 의해 DLC의 구조가 달라지고 이로 인해 투과도의 차이가 생긴 것으로 판단된다[3]. 투과도가 높다는 것은 반사율이 낮다는 것을 의미하고 반사율을 줄임으로써 태양전지의 전류밀도와 효율을 높일 수 있다[2].

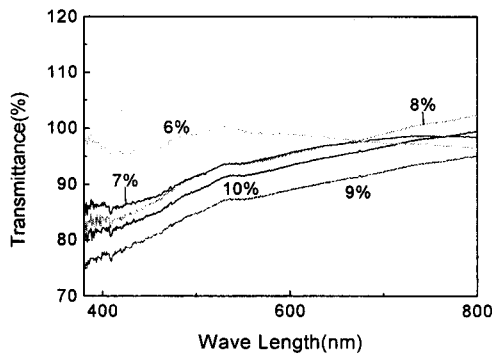


그림 2. 탄소비율(6%, 7%, 8%, 9%, 10%)에 따른 투과도 스펙트럼

그림 3은 탄소비율에 따른 굴절률을 측정한 결과이다. 탄소비율에 따라 약 2.03~2.18의 굴절률을 보였고, 이것은

공기의 굴절률($n_{air}=1$)과 실리콘의 굴절률($n_{Si}=3.85$) 사이의 값을 가지므로 반사방지막으로서의 응용이 가능하다는 것을 알 수 있다[4]. 특히, 기판으로 사용된 실리콘의 굴절률이 스쿼어 루트의 값과 동일할 때 ($\sqrt{3.85} \approx 1.96$)[5], 표면에서의 반사를 최소화 할 수 있다. 본 실험 결과, 탄소의 비율이 낮을수록 이상적인 굴절률 값에 근접하고 반사율을 최소화 할 수 있을 것임을 알 수 있다.

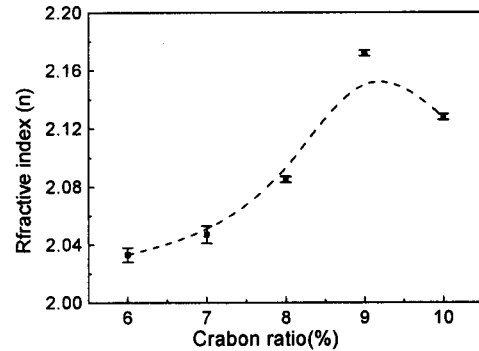


그림 3. 탄소비율에 따른 굴절률

4. 결론

본 연구에서는 태양전지의 반사방지막으로서의 응용을 위한 DLC의 광학적 특성을 탄소의 비율에 따라 분석을 하였다. 100nm의 동일한 두께로 박막을 합성하여 투과도와 굴절률을 분석한 결과 탄소의 비율이 낮을수록 투과도가 증가하고 굴절률 값이 이상적인 값에 근접함을 볼 수 있었다. 반면에, 물리적 특성중 하나인 Si 기판과의 접착력은 탄소 비율에 따라 증착되어진 DLC 박막 모두 32N 이상의 높은 값을 나타내었다. 또한 DLC 박막의 경도 특성은 탄소 비율이 증가함에 따라 증가하는 것으로 나타났으며, 이는 DLC 박막 합성시 탄소와 수소의 강한 결합력 때문이라고 판단된다.

감사의 글

본 연구는 성균관대학교 과학기술부 지정 플라즈마 응용 표면기술연구센터의 지원으로 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

참고 문헌

- [1] C. H. Su et al., Thin Solid Films 498 220, 2006.
- [2] N.I. Klyui et al., Solar Energy Materials & Solar Cells 72 597, 2002.
- [3] Y. Lifshitz et al., Diamond Relat. Mater. 6 687, 1997.
- [4] V M Aroutiounian et al., J. Phys. D: Appl. Phys. 37 25, 2004.
- [5] N. I. Klyui et al., Technical Physics. 51 No5. 654, 2006.