

논문 23-1-3

주사 플라즈마 법(SPM)을 이용한 소수성 표면처리

Control of Contact Angle by Surface Treatment using Sanning Plasma Method

김영기¹, 최병정¹, 양성채^{1,a}

(Young Gi Kim¹, Byoung Jung Choi¹, and Sung-Chae Yang^{1,a})

Abstract

The plasma processing technologies of thin film deposition and surface treatment technique have been applied to many industrial fields. This study is purposed Large-area uniformity and surface treatment on the stainless substrate. We treat surface of stainless by CF₄ plasma. CF₄ plasma is generated by using SPM(Scanning plasma method)which is kind a of CVD. Generally, SPM has been used for uniform surface treatment using a crossed electromagnetic field. The optimum discharge condition has been studied for the gas pressure, the magnetic flux density and the distance between substrate and electrodes. In result, contact angle is increased by surface treatment using CF₄ plasma. Therefore we expect that SPM to control contact angle is applied to many industries.

Key Words : SPM(Scanning plasma method), CF₄ plasma, Contact angle

1. 서 론

플라즈마를 이용한 표면처리는[1] 소재의 표면에 반응기를 유도하여 기능을 부여 하는 기술로 산업적으로 많은 관심을 받고 있다.

플라즈마를 이용한 표면처리 중 표면의 접촉각을 제어하는 방법으로는 소수성 표면처리와 친수성 표면처리가 있으나, 이 논문에서는 소수성표면처리를 다루었다.

최근 플라즈마를 이용한 소수성 표면처리는 RF(Radio frequency)[2-5]플라즈마 표면처리와, PSII(Plasma source ion implantation)[6,7] 표면처리가 사용되고 있다. RF플라즈마 표면처리는 대면적화가 가능하고 비용이 상대적으로 저렴하지만 균일성이 좋지 않은 단점을 가지고 있다. PSII 플라즈마 표면처리는 대면적화가 가능하고 안정성이 있는 반면 장비가 상대적으로 고가인 단점이 있다.

이러한 기존의 플라즈마 표면처리방법의 결점을 보완하기 위하여 본 논문에서 제시한 방법이 SPM(Scanning Plasma Method)이다. SPM은 서로 수직한 전계 E와 자계 B를 이용할 경우 발생하는 E X B 드리프트를[8] 이용하여 플라즈마의 진행 방향을 제어하여 플라즈마 표면처리를 가능하게 하는 방법으로 대면적 균일한 표면처리를 가능하게 하고 처리온도가 낮아 기판의 제약이 없는 장점을 가지고 있다(처리온도 30~35°)[9].

현재 플라즈마를 이용한 소수성 표면 처리에 가장 많이 사용되는 가스는 CF₄가스 이다. CF₄가스는 안정한 기체로서 플라즈마 처리 시 고분자 물질을 생성시키지 않고 가격도 상대적으로 저렴한 장점을 가지고 있다. 때문에 본 연구에서도 CF₄가스를 사용하였다.

2. 실험

2.1 실험장치

그림 1은 본 실험에서 사용한 장치의 개략도를 보여준다. 전계와 자계를 동시에 인가할 수 있도록 하였으며, 원통형 진공 챔버는 직경 500 mm, 높이

1. 전북대학교 전기공학과

(전북 전주시 덕진구 덕진동 1가 664-14)

a. Corresponding Author : yangsc@jbnu.ac.kr

접수일자 : 2009. 11. 18

1차 심사 : 2009. 12. 17

심사완료 : 2009. 12. 23

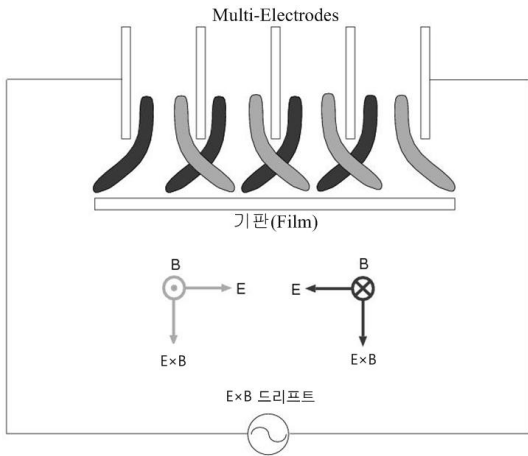


그림 1. 실험장치의 개략도.
Fig. 1. Experimental apparatus.

500 mm이다. 전극의 길이는 250 mm, 폭은 40 mm, 두께는 4 mm의 스테인리스 전극을 사용하였다. 4 개의 전극을 사용하였으며, 전극간의 거리는 30 mm로 구성하였고, 처리하고자 하는 기판과 전극 간의 거리는 30 mm간격을 두고 처리하였다. 전원은 최대 1 kV까지 사용할 있게 하였고, 자계발생용 코일에는 최대 15 A의 전류가 인가되어 자계를 조절할 수 있도록 설계 하였다. 이때 발생한 자계를 가우스미터를 통하여 측정된 결과 그림 2와 같이 측정 되었다. 자계발생은 챔버 내에 균일하게 분포하도록 설계하였으며, 측정결과 양 끝단을 제외한 나머지 부분은 균일하게 나타났다.

처리기판의 종류는 스테인리스 304기판을 사용하였으며 두께는 0.1 mm, 가로100 × 세로100 mm 크기로 제작하여 처리하였다. 처리 전 메탄올을 사용하여 3분간 초음파 세척을 한 후, 다시 Ar플라즈마를 이용하여 20분간 전 처리한 후 사용하였다.

플라즈마 표면처리 압력은 110~350 mTorr에서 처리하였으며 사용된 가스는 Ar, CF₄(99.9999%) CH₄(99.995%)가스를 사용하였다.

F이온의 결합유무를 판단하기 위하여 EPMA (Electron Probe Micro Analyzer)를 사용하여 표면을 정성 분석하였다.

3. 결과 및 고찰

SPM을 사용하여 최적의 소수처리를 하기 위해서 압력, 전압을 변화시켜 기판의 접촉각을 측정하였다.

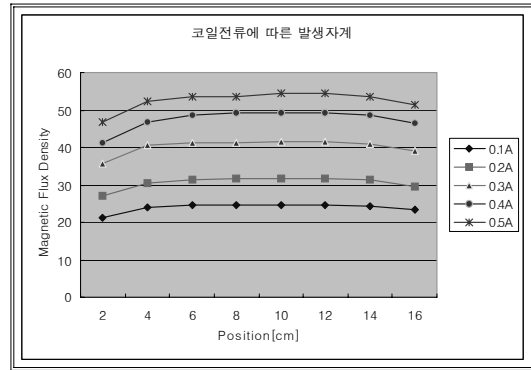


그림 2. 코일전류에 따른 자계강도(Gauss).
Fig. 2. Magnetic flux density for the coil current.

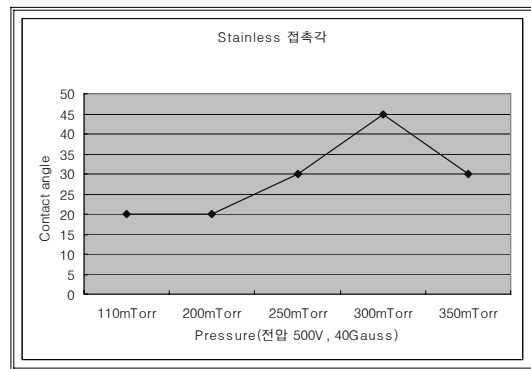


그림 3. 처리 압력에 따른 접촉각.
Fig. 3. Contact angles for the treated pressure.

그림 3은 스테인리스에 Ar플라즈마로 전처리 후 CF₄/Ar혼합가스를 사용하여 전압을 500 V, 자계는 40 Gauss로 고정시키고, 압력의 변화에 따라 표면 처리한 스테인리스의 접촉각을 나타낸 그래프이다.

이 실험 결과로부터 최대의 접촉각은 300 mTorr에서 발생하였다. 하지만 Ar플라즈마로 전 처리한 후의 접촉각(20°)을 기준으로 비교하였을 때 접촉각의 증가량이 작게 나타났다. 이 결과로부터 스테인리스 기판을 바로 CF₄플라즈마로 표면처리 하였을 시에는 스테인리스 표면에 CF₂, CF₃이온의 결합 보다는 CF₄/Ar가스에 의한 식각반응이 더 크게 일어나 접촉각이 낮아지는 결과를 보였으며[10], 식각반응은 300 mTorr에서 가장 적게 나타났다.

이온에 의한 식각을 줄이고 표면에서의 화학 반응을 증가시키기 위하여, SPM을 이용하여 탄소박

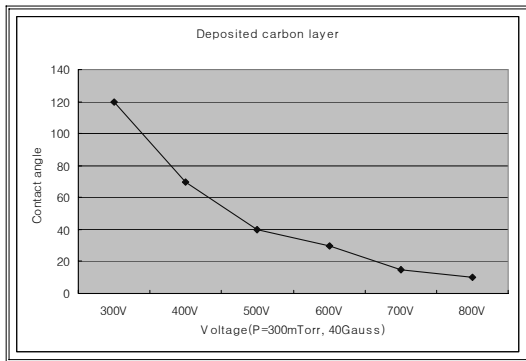


그림 4. 탄소박막을 증착시킨 후 표면 처리한 스테인리스기판의 전압에 따른 접촉각변화.
Fig. 4. Deposited carbon layer contact angles for the treated voltage.

막을 증착시킨 후 표면처리를 시행하였다. 탄소박막은 CH₄가스를 이용하였고, 탄소박막을 증착시키기 위하여 Ar가스와 CH₄가스를 2:1의 비율로 110 mTorr 압력에서 SPM을 이용하여 4시간동안 증착하였다. 박막 증착 후 스테인리스 기판의 표면처리는 CF₄/Ar가스의 식각반응이 가장 적게 일어난 300 mTorr에서 전압을 변화시켜 표면처리 하였다.

그림 4는 CH₄/Ar가스를 사용하여 탄소박막을 증착시킨 후 표면 처리한 스테인리스 기판의 접촉각 변화를 나타내고 있다. 그 결과 300 V에서 접촉각이 120°로 가장 크게 나타났다.

그림 5는 접촉각이 가장 높았던 300 V로 처리한 스테인리스 샘플의 표면을 EPMA를 통하여 정성 분석한 그래프이다. 분석한 결과 F와 C가 표면 내에 존재하였다. 이 결과로부터 CF₄플라즈마가 이온화 되어 표면과 결합되었음을 확인하였다. 이 결합으로 인하여 접촉각이 증가[11]되었음을 알 수 있다.

4. 결론

본 논문에서는 주사 플라즈마법을 이용해 스테인리스 기판에 소수성 표면처리에 관하여 연구하였다. SPM은 대면적 균일한 플라즈마를 만들 수 있으며 소수성 표면 처리 시 RF플라즈마에 비해 상대적으로 비용이 저렴한 장점을 가지고 있다.

소수성 표면 처리 시 사용되는 가스로는 CF₄가스가 대표적인데 소수성 표면 처리 시 사용되는 C₂F₆가스등과 비교하여 상대적으로 저렴한 장점이

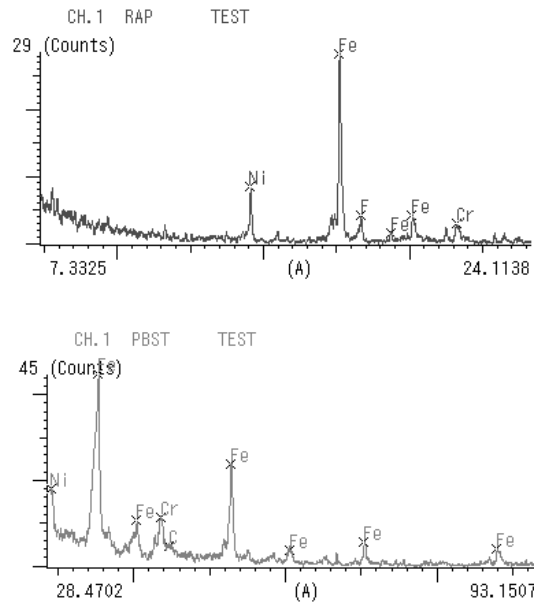


그림 5. EPMA 정성 분석.
Fig. 5. Electron probe micro analyzer.

있다. 하지만 표면처리 시 Ar과 혼합하여 사용하면 식각반응이 더 크게 나타나 접촉각이 낮아지는 단점이 있다. 실험결과 탄소박막 증착 없이 실행한 소수성 표면처리에서는 식각반응이 크고[10] F와의 결합도 일어나지 않아 처음의 스테인리스 접촉각보다 낮게 나타났다.

본 연구에서는 식각 반응이 가장 적게 일어나는 압력(300 mTorr)을 찾아냈고, CH₄가스를 사용하여 탄소박막을 증착시킨 후 300 mTorr, 300 V, 40 Gauss의 조건을 사용하여 스테인리스 기판을 표면처리하여 접촉각을 120°로 향상 시켰다.

향후 탄소박막 증착 시 처리시간과 가스비율, 비용을 고려하여 박막의 최적 두께를 찾아낸다면 발수 표면처리 시 탄소 박막과 CF₂, CF₃이온의 표면 결합이[6] 증가하여 접촉각은 더 향상될 것으로 판단된다.

참고 문헌

[1] 양성채, 김곤호, “플라즈마 일렉트로닉스”, (주)교학사, 2006.
 [2] H. So, D. J. Yim, and Y. C. Kim, “The enhancement of hydrophobicity on metal

- surface with C_3F_6 plasma polymerization", *Hwahak Konghak*, Vol. 41, No. 1, p. 80, 2003.
- [3] S.-H. Choi, S.-J. Oh, N.-J. Cho, and J.-K. Koo, "Enhancement in the amine resistance of membranes for membrane contactors by plasma treatment", *Hwahak Konghak*, Vol. 40, No. 6, p. 719, 2002.
- [4] H. Fujiyama, Y. Tokitu, Y. Uchikawa, K. Kuwahara, K. Miyake, and A. Doi, "Ceramics inner coating of narrow tubes by a coaxial magnetron pulsed plasma", *Surface and Coatings Technology*, Vol. 98, Issues 1-3, p. 1467, 1998.
- [5] G. Kalita, H. Ram Aryal, and S. Adhikari, "Fluorine incorporated amorphous carbon thin films prepared by surface wave microwave plasma CVD", *Diamond & Related Materials*, Vol. 17, Issues 7-10, p. 1697, 2008.
- [6] K. Youngsang and K. Youngsue, "Wettability and aging effect of polystyrene film treated by PSII according to the molecular weight", *Science & Technology*, Vol. 15, No. 3, p. 229, 2002.
- [7] J. Gielen, M. Sanden, and D. Schram, "Depositon of amorphous carbon layers from C_2H_2 and CF_4 with an expanding thermal arc plasma beam set-up", *Thin Solid Films*, Vol. 271, p. 56, 1995.
- [8] Y. Maemura, S.-C. Yang, and H. Fujiyama, "Transport of negatively charged particles by $E \times B$ drift in silane plasmas", *Surface and Coatings Technology*, Vol. 98, Issues 1-3, p. 1351, 1998.
- [9] 조욱, 양성채, "저온프로세스를 이용한 고분자 필름의 플라즈마 표면처리", *전기전자재료학회논문지*, 21권, 5호, p. 486, 2008.
- [10] 임규태, 김경태, 김동표, 김창일, "Ar/ CF_4 유도 결합 플라즈마를 이용한 BET 박막의 식각 메카니즘", *전기전자재료학회논문지*, 16권, 4호, p. 298, 2003.