'94 대한전기학회 하계학술대회 논문집(1994, 7, 21~ 23)

FTS와 CPMS 시스템의 방전특성비교

곽동주* 성열문** 박정후** 하판규***
* 경성대학교 전기공학과
** 부산대학교 전기공학과
*** 한전 서울연수원 배전교수실

Detailed Comparison of Discharge Characteristics of both FTS and CPMS Systems

D.J.Kwak*, Y.M.Sung**, C.H.Park**, P.K.Ha***
* Kyung Sung University
** Pusan National University
*** KEPCO

Abstract

Both Facing Target Sputtering(FTS) and Cylindrical Post-Magnetron Sputtering(CPMS) systems have been designed in order to form high density plasma and to obtain high deposition rate. However, these two systems have some different applications, and discharge characteristics of these two systems are not well known.

In this paper, the discharge characteristics and plasma parameters of both FTS and CPMS systems are studied experimentally. It is found that these two systems show some different discharge characteristics under magnetic fields. The plasma density and electron temperature of these two systems are in the range of 10^{10} ~ 10^{11} [cm^{-3}] and 3.5 ~ 5.5[eV], respectively.

1. 서 론

Facing Target Sputtering System(FTS)와 Cylindrical Post-Magnetron Sputtering System(CPMS)는 모두 방전공간내에 보다 고밀도의 플라즈마를 형성하여, 스퍼터율의 향상을 꾀하기 위해 고안되었다.

FTS 전극계[1]는 2개의 서로 마주 보는 음극 외측에 각각 양극이 배치되어 있으며, 전극간에 형성된 플라즈마는 전계 및 자계의 영향으로 음극사이에 구속된다. 즉, 전계 및 자계에 의해 여회상태의 전자는 음극간을 왕복운동하게 되어 전자의 수명은 길어지고 동작기체의 전리현상의 촉진이 기대된다. CPMS 전극계[2]는 FTS의 두 음극사이에 원주형 도체를 음극면에 수직으로 삽입한 형태로 발생된 플라즈마내의 전자를 음극 주변에 강력히 구속시킴으로써 고밀도 플라즈마의 형성이 기대되고 있다.

그러나 일부 보고[3]에 의하면 FTS의 경우, 일정 자계하에서 방전전압이 일정치 이상이 되면 방전전류가 급격히 증가하며, 이러한 방전특성은 인가자계의 변화에 강한 영향을 받는등, 불안정한 방전특성을 나타내어 스퍼터시스템의 안정운용에 많은 문제점이 있으나, 이들 두 전극계의 방전특성에 관한 체계적인 연구는 거의 없는 실정이다.

이에 본 연구에서는 동일한 재질의 두 전극계를 제작하여 일정 자계하의 방전특성을 비교하였으며, 자계의 영향을 거의 받지 않는 double probe법을 이용하여 두 전극계에 대한 플라즈마 밀도 및 온도를 구하였다.

2. 실험방법

그림1은 FTS 및 CPMS 전극계의 개략도를 나타내고 있다. 전극의 재질은 FTS와 CPMS 전극계 모두 비자성 스테인레스로, FTS 전극계의 음극직경은 50㎜이며 음극사이의 간격은 70㎜이다. CPMS전극은 50㎜직경의 음극 중심부에 직경 15㎜, 길이 70㎜의 원주형 스테인레스 전극을 삽입하여 사용하였으며, 양 전극계 모두 이온 충격에 의한 음극부의 온도상승을 억제하기 위해 냉각수를 공급하였다. 진공조의 외벽에 전자석 코일을 설치하여 진공조의 중심자계가 1000Gauss까지 가변되도록 하였다. 진공조는 10^{-6}Torr까지 배기한 후, 동작가스로 Ar을 주입하여 진공도를 조절하였다. 한편, 플라즈마 밀도 및 전자온도 측정에는 자계의 영향을 거의 받지 않는 double probe 법을 이용하였다.

3. 실험결과 및 고찰

그림 2와 그림 3은 FTS 전극계에서 진공도가 각각 1mTorr 및 10mTorr 일때의 방전전압-전류특성을나타내고 있다. 그림에서 알 수 있는 바와 같이 FTS전극계의 경우, 방전전압-전류특성은 진공도 및 자계의 세기에 관계없이 방전전압의 증가와 함께 처음에는 전류도 증가하나, 이후 전류는 감소하여 일정 전류치를 나타낸 다음, 다시 전압과 함께 증가하는 경향을 보이고 있다.

이렇게 방전전류가 감소하기 시작하는 전압은 진공도 1mTorr에서 자계가 160Gauss일때 약 550V로, 자계 270Gauss 와 420Gauss 일때의 450~500V에 비해 높게 나타나고 있으며, 진공도 10mTorr에서는 자계 270 및 420Gauss일때 각각 520V와 470V에 비해 160Gauss의 경우가 600V로 높음을 알 수 있다.

그림4와 5는 진공도가 각각 1mTorr 및 10mTorr일때의 CPMS 전극계에 대한 방전전압-전류 특성을 나타내고 있다. 자계는 160Gauss와 270 및 420Gauss로 FTS 전극계와 동일하게 설정하여, 양 전극계의 방전특성을 비교하였다.

CPMS 전극계의 방전전압-전류특성은 FTS와는 달리 방전전압이 증가함에 따라 전류는 처음부터 증가하고 있으며, 특히 진공도가 낮을때 전압상승에 따른 전류의 증가비가 상승하고 있다. 그러나 진공도가 10mTorr, 자계가 160Gauss로 본 실험 조건중 비교적 저자계인 경우에는 FTS 전극계에 나타난 바와 같은 전압상승에 의한 전류의 감소 영역이 존재함을 알 수 있다.

또한 CPMS 전극계의 경우, 진공도에 관계없이 자계가 증가하면 일정 전압하의 전류도 증가하며, 진공도가 10mTorr일 때가 1mTorr에 비해 일정전압하의 전류가 더 커짐을 알 수 있다.

한편 동일 진공도 및 자계 조건하에서 일정 방전전압하의 두 전극계의 전류밀도는 CPMS 전극계가 FTS 전극계보다 일반적으로 높게 나타났으며, 한 예로써 진공도 10mTorr, 자계 160Gauss일때 방전전압 700V에서의 FTS의 전류밀도는 약 3.7[mA/cm^2]에 비해 CPMS에서는 13.6 [mA/cm^2] 정도 였다.

그림 6과 7은 진공도 10mTorr, 자계 160Gauss의 동일 조건하에서 double probe 법을 이용하여 각각 FTS 및 CPMS 전극계에서 발생한 플라즈마 동경방향의 probe 위치에 따른 I-V 특성곡선을 나타내고 있다. 그림에 표시된 probe 위치는 FTS 의 경우, 대향 음극사이에 형성된 플라즈마 중심부로 부터의 거리를 나타내며, CPMS에서는 원주도체 표면으로 부터의 거리를 표시한다. 그림으로 부터 FTS의 경우 이온포화전류는 probe 위치가 중앙에 가까울 수록 증가하고 있으나, CPMS 전극계에서는 원주형 음극 주변에 형성된 플라즈마 중심부에 암부가존재하고 있어, 전류는 중앙부에서 가장 작고 암부를 벗어난 지점에서 가장 크며, 이후 감소하고 있음을 알 수 있다.

한편, 그림 8과 9에 각각 자계 160Gauss 및 250Gauss 일때, FTS 와 CPMS 전극계에 있어 방전공간내의 위치 변화에 따른 전자온도 및 밀도의 변화를 그림 6과 7의 probe I-V 곡선으로 부터 산출하여 나타낸다. 진공도는 10mTorr로 동일한 조건이다. 그림에서 알 수 있는 바와 같이 일정자계하에서 FTS의 경우 전자밀도는 플라즈마 중심부에서 멀어질 수록 감소하고 있으나 CPMS에서는 암부영역으로 생각되는 2mm 부근에서 전자밀도는 가장 낮으며 암부 영역을 벗어난 지점에서 최대값을 나타낸 이후 원주형 음극에서 멀어짐에 따라 서서히 감소하고 있다. 또한 FTS 전극계에 있어, 자계가 250Gauss의 경우가 100Gauss일때에 비해 위치변화에 따른 전자밀도의 변화율이 크게 나타나고 있어, 고자계를 인가할 수록 전자의 구속력이 커짐을 알 수 있다. 그러나 CPMS의 경우에는 이러한 경향은 보이지 않았다.

한편 전자온도는 CPMS 의 암부영역에서 가장 높았으며, 그외의 모든 영역에서 FTS의 경우가 CPMS의 경우보다 약간 높은 값을 보이고 있다.

4. 결 론

FTS와 CPMS 전극계에 대한 방전특성 및 플라즈마 파라메터를 비교 연구한 결과를 요약하면 다음과 같다.

(1) FTS 전극계의 방전전압-전류특성은 진공도 및 자계의 세기에 관계없이 전압과 함께 전류의 증가 영역과 감소 및 포화 영역으로 나눌 수 있다. 그러나 CPMS 전극계에서는 160Gauss 의 경우를 제외하면 전압과 함께 방전전류는 처음부터 급격히 증가한다.

(2) 양 전극계 모두, 일정 진공도하에서 자계가 증가하면 일정전압하의 전류도 증가한다.

(3) 전자 온도는 자계 250Gauss 일때, CPMS의 경우 음극 주변의 암부영역에서는 약 5.9(eV)로 FTS의 중심부의 전자온도 2.3(eV)에 비해 높으나 그 외의 대부분의 플라즈마 영역에서 평균적으로 약 0.6(eV)정도 높은 값을 나타내고 있다.또한 자계 250Gauss일때 전자밀도는 FTS의 경우 중심부에서 약 1.93x10^{11} (cm^{-3})으로 최대치를 보인 반면, CPMS의 경우 4.8 x 10^{10}(cm^{-3})으로 가장 낮았으며, 모든 영역에서 FTS전극계보다 고밀도의 플라즈마가 형성되었다.

5. 참고문헌

1) Y.Hoshi, M.Naoe and S.Yamanaka:J.J.Appl.Phys., vol.1 6 , No.9, pp.1715, 1977

2) J.L.Vossen : Thin Film Processes, Academic Press, pp76, 1978

3) 박정후,他:대한전기학회논문지, 43권 3호, pp.478, 1994

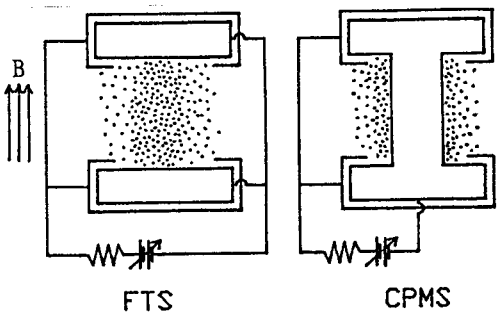

Fig. 1 The schematic diagram of electrodes

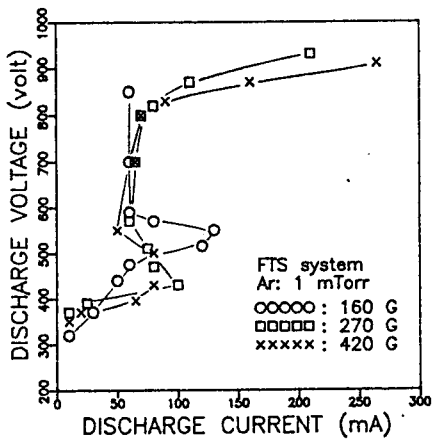

Fig. 2 The V-I characteristics of FTS as a parameter of magnetic field at 1 mTorr.

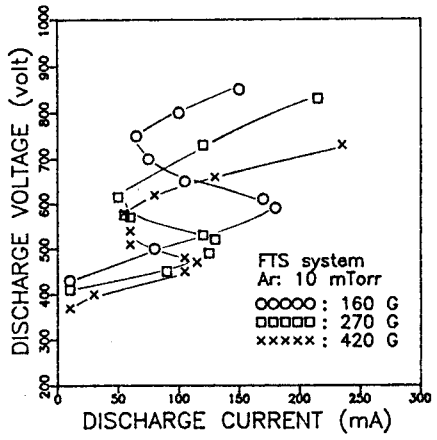

Fig. 3 The V-I characteristics of FTS as a parameter of magnetic field at 10 mTorr.

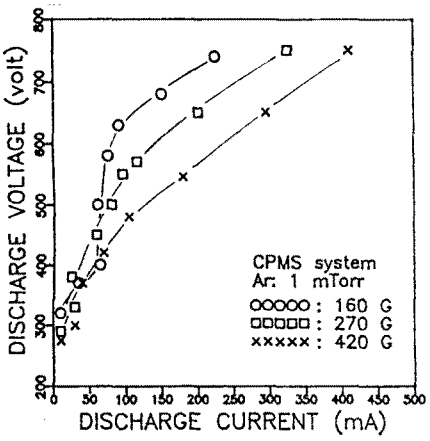

Fig. 4 The V–I characteristics of CPMS as a parameter of magnetic field at 1 mTorr.

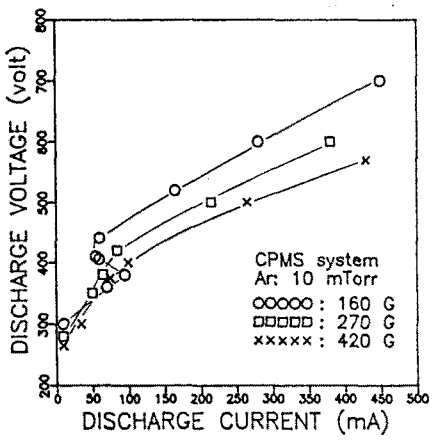

Fig. 5 The V–I characteristics of CPMS as a parameter of magnetic field at 10 mTorr.

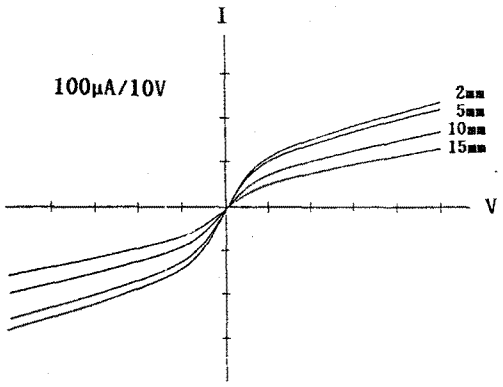

Fig.6 The I–V curve of double probe for FTS.

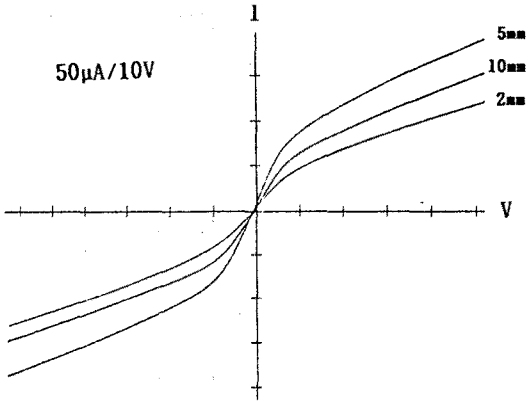

Fig.7 The I–V curve of double probe for CPMS.

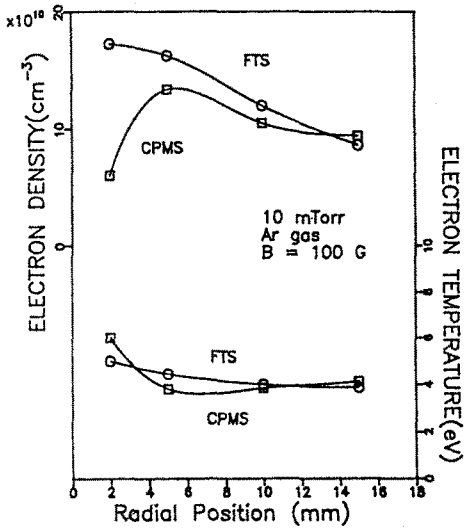

Fig. 8 The plasma parameters of FTS and CPMS for 100 gauss.

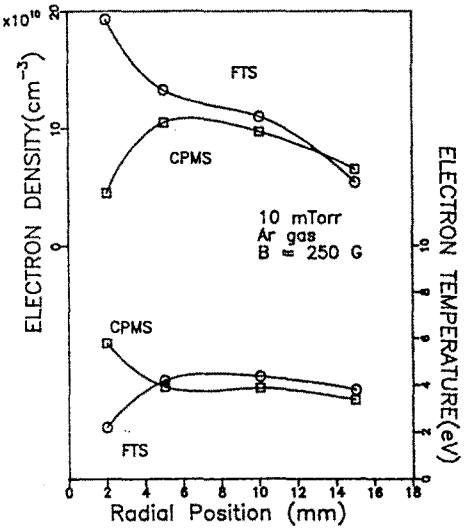

Fig. 9 The plasma parameters of FTS and CPMS for 250 gauss.