

RF 플라즈마 아킹의 PM-tube를 이용한 광량 측정

김용훈, 장홍영

한국과학기술원

플라즈마 아킹은 PECVD, 플라즈마 식각 그리고 토카막과 같은 플라즈마를 이용하는 여러 공정과 연구 분야에서 문제점을 야기시켜왔다. 하지만, 이에 대한 연구는 아킹 현상의 불규칙성과 과도적인 행동으로 인해 미비한 상태이다. 특히, RF 방전에서의 아킹 연구는 DC 방전에서의 아킹 연구에 비해 많이 부족한 것이 현실이다.

플라즈마 아킹은 집단전자방출(collective electron emission)에 의한 스파크 방전(spark discharge) 현상이다. 집단전자방출은 전계방출(field emission)이나 플라즈마와 쉬스를 두고 인접한 표면에서의 유전분극(dielec emission)에 의해 발생한다. 이렇게 방출된 집단 전자들은 쉬스에서 가속되어 에너지를 얻게 되고 원자와의 충돌로 전자 아발란체를 일으킨다. 이렇게 배가된 전자들은 아킹 스트리머(arcing streamer)를 형성하게 되고 아킹 발생 시 높은 전류와 공정 실패의 원인이 된다.

우리는 30cmX20cm 크기의 사각 전극을 위 아래로 가진 챔버에서 Ar 가스를 RF(13.56 MHz) 파워를 이용해 방전시켰다. 방전 전압과 전류는 파워 전극 압단에서 High voltage probe (Tektronix P6015A)와 Current probe (TCPA300 + TCP312)를 이용해 측정했다. 플라즈마 아킹시 변하는 플라즈마 플로팅 포텐셜은 챔버 중앙에 위치한 랑뮈프 프로브에 의해 측정되고 챔버 옆의 뷰포트 앞에 위치한 PM-tube를 이용해 아킹시 변하는 광량을 측정한다.

RF 방전에서의 플라즈마 아킹은 아킹시 플로팅 포텐셜의 변화에 의해 크게 세부분으로 나눌 수 있다. 아킹 발생과 동시에 급격히 감소하는 감소부분 (약 2us) 그리고 감소한 포텐셜이 유지되는 유지부분 (약 0~10ms) 그리고 감소했던 포텐셜이 서서히 원래 상태로 회복되는 회복부분 (약 100 us)이다. 아킹 초기시 방출된 집단 전자들과 원자들간의 충돌에 의해 형성된 아킹 스트리머는 플라즈마 전체를 단락시키게 되고 이로 인해 플로팅 포텐셜은 급격히 감소하게 된다. 이렇게 감소한 플로팅 포텐셜은 아킹 스트리머가 유지되는 한 계속 감소한 상태를 유지하게 된다. 그리고 플라즈마를 섭동했던 아킹 스트리머가 중단되면 플라즈마는 섭동전의 원래 상태로 돌아가려 하기 때문에 플로팅 포텐셜은 서서히 증가하면서 원래 상태로 회복된다.

플라즈마 아킹 발생시 생성되는 아킹 스트리머는 순간적으로 많은 전자들을 국소적으로 생성하게 되고 이 전자들에 의해 광량이 순간적으로 증가하게 된다. PM-tube (750.4 nm)에 의해 측정된 아킹시 광량은 정상방전 상태의 두배 가량이 된다. 그리고 이 순간적으로 증가된 광량은 시간이 지남에 따라 감소하게 되고 정상방전 일때의 광량이 된다. 광량이 증가한 후 정상방전

상태의 광량에 이르는 부분은 플로팅 포텐셜이 감소한 상태에서 유지되는 부분과 일치하고 이는 플로팅 포텐셜의 유지부분동안 아킹 스트리머가 발생하고 있다는 간접적인 증거가 된다. 그리고 정상 방전 상태 일때의 광량이 되면 아킹 스트리머가 중단되었다는 것이므로 그 시점부터 플로팅 포텐셜은 정산 방전상태 일 때의 포텐셜로 복구되기 시작한다. 이처럼 PM-tube를 이용한 아킹 광량 측정은 아킹 스트리머를 간접적으로 측정하게 하고 아킹 스트리머를 이용해 아킹 시의 플로팅 포텐셜의 변화를 설명하게 해 준다.

응용적인 측면에서 아킹 광량 측정을 이용한 아킹 판독은 방전 전류와 방전 전압과 같은 전기적 신호를 이용한 아킹 판독에 비해 여러가지 장점을 가진다. 우선, 전기적 신호를 이용한 아킹 판독처럼 매칭 회로나 플라즈마를 섭동시키지 않는다. 그리고 원하는 부분의 아킹만을 판독하는 것도 가능하며 photo-diode를 이용할 경우 전기적 신호를 이용하는 것에 비해 경제적으로 유리하다.