레이저 홀로그램을 이용한 플라즈마 진단

Plasma Diagnostics Using Laser Hologram

김병환[a*], 정진수, 서준현
[a]세종대학교 전자공학과(E-mail:kbwhan@sejong.ac.kr)

초 록: 레이저 홀로그램을 이용하여 N_2 플라즈마를 진단하였다. 홀로그램 이미지에서 추출한 데이터는 optical emission spectroscopy와 langmuir probe로 측정한 데이터와 매우 유사한 경향성을 보였다. 이는 홀로그램 센서가 플라즈마의 전기광학적 입자 정보를 제공할 수 있음을 의미한다. 홀로그램 안에 이 같은 정보가 저장될 수 있는 원리는 빛을 구성하는 양의 전하를 가지는 입자와 진공을 채우고 있는 음의 입자가 함께 형성하는 전자기적 에너지 필드의 형성에 있음을 밝힌다. 이러한 원리에 기초해서 그간 개발된 센서들을 소개한다.

1. 서론

플라즈마는 미세 패터닝과 박막증착에 이용되고 있다. 플라즈마 공정의 균일성 (uniformity)을 확보하기 위해서는 플라즈마를 구성하는 입자들을 모니터링하는 센서가 요구되며, optical emission spectroscopy (OES), langmuir probe와 같은 인-시츄 센서가 이용되고 있다. 최근 레이저 홀로그램 기술이 플라즈마 공정 감시에 응용된 바 있으며, 홀로그램에서 추출한 데이터가 종래의 센서에서 추출한 데이터와 강한 상관성을 보인 바 있다 [1-2]. 이 같은 성능을 확보하기 위해서는 렝이저 빛이 지나가는 통로에 전자기적인 에너지 필드가 형성되어야 하며, 이는 현재의 광자모델로는 설명할 수가 없다. 이를 해결할 수 있는 실험적 증거가 보고된 바 있으며 [3-8], 이 보고에서는 빛이 물질이고 물질은 양의 에너지 (또는 전하)를 가진 입자로 구성되어 있음을 밝히고 있다. 확인된 상관성을 설명하기 위해 양의 빛에너지와 음의 진공에너지를 결합한 모델이 제시된 바 있다 [2].

본 연구에서는 레이저 홀로그램의 기본원리, 이를 이용한 플라즈마 감시 및 진단 방법을 살펴본다. 또한 레이저 홀로그램을 이용한 다양한 특허 기술 성능을 소개한다.

2. 본론

N_2 가스 유량을 3에서 18 sccm까지 변화시키면서 플라즈마를 발생시켰다. 레이저 홀로그램 센싱 시스템을 이용하여 홀로그램 이미지를 획득하였다. 홀로그램 이미지의 픽셀합 분포함수 (pixel sum distribution function)를 추출하였다. 두 개의 서로 다른 그레이스케일 범위에서 픽셀합 A와 B를 계산하였다. 계산된 픽셀합-A은 가스유량에 따라 매우 복잡한 변이를 보였다. 다른 픽셀합-B는 유량 증가에 따라 감소하는 경향을 보였다. 동일한 플라즈마 조건에서 optical emission spectroscopy와 langmuir probe를 이용하여 방출광의 강도와 이온밀도를 측정하였다. 픽셀합-A는 복잡한 변이임에도 불구하고 OES 데이터와 일치하는 경향을 보였다. 또한 다른 픽셀합-B는 이온밀도와 유사한 경향성을 보였다. 즉, 홀로그램 센서는 이온밀도와 방출되는 빛의 변이를 동시에 탐지할 수 있음을 알 수 있다. 이 같은 높은 상관성은 홀로그램 센서가 서로 다른 전기광학적 데이터를 제공할 수 있음을 의미한다. 이러한 상관성을 가능하게 할 수 있는 것은 플라즈마 입자가 지나갈 수 있는 전자기적 에너지 필드가 레이저 빛에 의해 형성되기 때문이며, 관련 메커니즘이 설명된 바 있다 [2].

3. 결론

본 연구에서는 레이저 홀로그램을 이용하여 가스 변이에 따른 플라즈마 입자의 거동을 진단하였다. 홀로그램 센서 데이터와 기존 센서 데이터간의 강한 상관성은 홀로그램에 플라즈마 하전입자의 정보가 저장되어 있고 빛에 의해 전자기적인 에너지 필드가 형성되는 것에 기인하는 것으로 해석된다. 새로이 밝혀진 빛의 특성은 간단하면서도 매우 효과적인 센서 개발을 가능하게 해 주었으며, 다른 센서의 개발이 진행 중이다.

참고문헌

1. B. Kim, D. Jung, and D. Han, Electron. Mater. Lett. 10 (2014) 655-659.
2. B. Kim, D. Jung, J. Seo, J. Lee, and J. Jung, J.Nanoelectron.Optoe.,DOI:10.1166/jno.2016.1876.
3. B. Kim, Visible Photons and Energy Orbits, pp. 75-79, HongReung Science Publishing Co., 2014
4. B. Kim, Collection of photons, IJLRST 3 (2014) 1-11.
5. B. Kim, Latest on light matter, IJLRST 3 (2014) 45-51.
6. B. Kim, Chemical composition of light matter, IJLRST 4 (2015) 77-79.
7. B. Kim, Positive light matter, IJLRST 4 (2015) 4-6.
8. B. Kim, The source for laser speckle, IJLRST 4 (2015) 122-123.