수소발생용 비열플라즈마 반응기에서의 펄스파워 영향

김 종석, 박 재윤, 한 상보, 정 장근, 고 희석, 박 상현
경남대학교 전기공학과

The Effect of pulse power in the non-thermal plasma reactor for Hydrogen generation

Jong-Seok Kim, Jae-Youn Park, Sang-Bo Han, Jang-Gun Jung, Hee-Seok Koh, Sang-Hyun Park
The Department of Electrical Engineering, The University of Kyungnam

Abstract : 본 논문에서는 인가 전극구조가 다른 두가지 형태의 아크성 스트리머 방전용 플라즈마 반응기를 설계 제작하였다. 제작된 반응기에 60 Hz상용전원과 펄스파워를 인가전원으로 사용하여 반응기 형태와 인가전원에 따른 수소발생 특성에 대하여 조사하였다. 또한 방전 전력에 따른 수소발생량을 비교 분석하였다. 수소 발생을 위한 효과적인 수표면 방전은 강한 전계 집중과 높은 에너지 밀도를 동반한 아크성 스트리머 방전 분위기 형성이 필요하다. 인가전원으로 상용전원을 이용한 경우보다 펄스파워를 사용한 경우와 강한 전계집중 증대를 위해 인가전극이 석영관 내에 배치된 전극 구조에서 수소발생에 효과적이였다.

Key Words : Discharge power, Pulse power, Plasma reactor, Hydrogen generation

1. 서 론

수소는 주로 화석연료로부터 Partial Oxidation steam Reforming 방식에 의해 생산되어지고 있으나, 이러한 방법들은 수소발생과 동시에 CO_2를 발생시킴으로써 지구온난화에 큰 영향을 미친다[1-3]. 따라서 이러한 단점을 보완하고자 물로부터 수소를 얻는 노력을 활발하게 하고 있다. 물에서 수소를 발생시키는 방법으로는 전기분해[4], 광촉매를 이용한 광화학적 방법, 플라즈마를 이용하는 방법 등이 있다. Vladimir Lipovetsky는 물의 전기분해에 의해 수소뿐만 아니라 전력을 동시에 발생시킬 수 있는 반응기를 고안하여 수소 발생에 영향을 미치는 반응기내 메카니즘 분석을 연구하였으며, 물의 해리에 영향을 미치는 것은 전류가 아니고 물의 온도와 부극성 영역의 크기라고 보고한바 있다[5]. 또한 플라즈마를 이용한 수소제조방법으로써 침대 평판형 반응기를 고안하고 DC전압을 인가하여 실험을 하였으며, 그 결과 극성에 따라 수소 발생량이 차이가 있으며 최대 수소 발생량은 음극이 액체상에 놓인 상태에서 47 ml/min이 발생되었다[6].

본 연구에서는 인가 전극구조가 다른 두가지 형태의 비열플라즈마 반응기(Multi-needle to plate electrode geometry :MPER, needle to plate electrode geometry : NPER)를 설계 제작하여 반응기 형태와 인가전원에 따른 수소발생 특성에 대하여 조사하였다.

2. 실험장치 및 방법

본 실험에서 사용한 실험장치를 그림 1에 나타내었다. 실험장치는 ±DC 100 kV, AC 100 kV, impulse 발생기의 출력전압은 최대 ±600 kVp, 유효 ±480 kVp인 일본 Pulse사의 고전압 발생 장치, 커패시터 전압의 방전 시에 커패시터를 충전시켜 주는 커패시터 충전장치와 HVS MODUL Tank, Current Sensor 및 고압 Diode로 구성된 직류 구형파 펄스전압을 공급할 수 있는 전원장치(±DC 50 kV, 1~2000 Hz 연속가변, 펄스폭 2㎲), 케리어 가스량을 조절할 수 있는 MFC(Mass Flow Controller), 수소발생시 소비되는 전력 측정을 위한 전력계, 비열플라즈마 반응기(Reactor), 발생되어지는 수소량 측정 및 부산물 분석을 위한 GC(Gas Chromatograph)로 구성되어 있다. 또한 LeCroy사의 LC334A (입력임피던스 1 MΩ ± 1 %, 최대 샘플비 1 G sample/sec) 오실로스코프를 사용하여 플라즈마 반응기에서 방전시 전류파형을 관측함으로써 시간에 따른 플라즈마의 진전과 그에 따른 수소발생의 경향을 측정하였다.

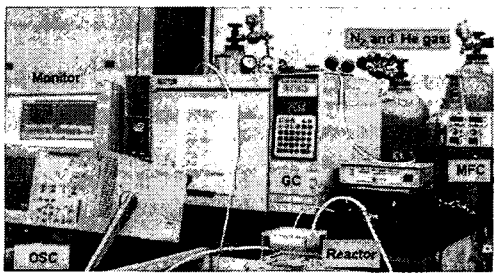

그림 1. 실험장치 구성.

그림 2와 그림 3은 본 실험에 사용된 비열플라즈마 반응기를 나타내었다. 다중침전극 선단의 강한 전계집중에 의해 발생된 스트리머방전 에너지를 직접 물 표면에 가함으로써 효과적으로 수소를 발생시킬 수 있도록 설계되었다.

인가전극과 수표면 간격을 10 mm로 고정한 반응기에 60 Hz AC전원과 직류 구형파 펄스를 인가하였다. 대기압 상태의 이 반응기에 캐리어 가스로써 MFC에 의해 조절된 N_2와 He 가스를 10 sccm의 일정 유량으로 통과시켰다. 반응기 내에서 발생된 수소가스와 부산물들은 반응기 후단에 연결된 GC를 통하여 실시간으로 측정 및 분석하였

다. 매회 실험 후 순수 N_2 및 He 가스를 충분히 흘려 노즐이나 반응기 내에 잔류하는 가스를 제거함으로써 실험 오차를 줄였다.

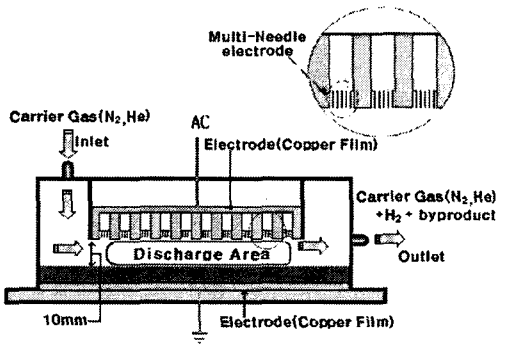

그림 2. 다중침전극형 플라즈마 반응기(MPER)

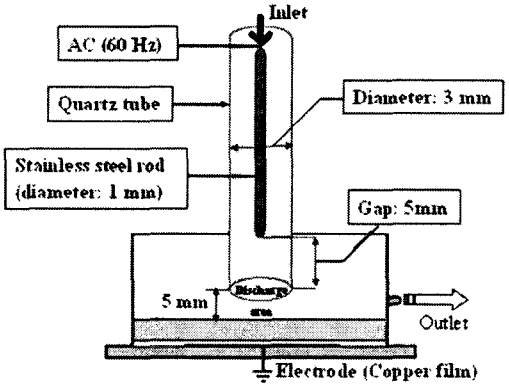

그림 3. 침대평판형 플라즈마 반응기(NPER)

3. 결과 및 고찰

그림 4는 인가전극 구조가 다른 플라즈마 반응기에 상용전원과 구형파 펄스전압을 인가하였을 경우 방전전력에 따른 수소발생량을 도시하였다. 그림에서 알 수 있듯이 다중침전극형 플라즈마 반응기(MPER) 보다 침대평판형 플라즈마 반응기(NPER) 에서의 수소발생량이 방전 전력을 고려해 볼 때 높게 나타났다. 침대 평판형 플라즈마 반응기는 인가전극이 원통형 석영관 내에 배치된 동축 원통형 전극구조 형태이다. 이러한 전극구조는 침 전극 선단부분의 강한전계 효과와 석영관 표면의 연면방전 증대 효과를 얻을 수 있고, 강한 전계 집중에 의한 아크성 스트리머방전이 다중침전극형 보다 효과적으로 발생되어 수소발생량이 높게 나타난 것으로 사료된다. 인가 전원에 따른 수소발생량은 상용전원을 사용한 경우보다 펄스전원을 이용한 경우가 높게 나타났다. 고주파 직렬공진 회로를 사용한 고효율 캐패시터 충전용 전원장치에서 발생된 구형파 펄스전압이 플라즈마 반응기에 인가된 경우가 방전플라즈마를 보다 활성화시킬 수 있다. 또한 펄스 에너지에 의한 침 선단의 단위시간당 고밀도 플라즈마 형성에 기인된 강한 아크성 스트리머가 발생되어 플라즈마 반응기의 인가전원으로 상용전원을 사용한 경우보다 펄스전원을 사용한 경우에서 수소발생량이 높게 나타난 것으로 사료된다. 소비전력에 따른 다중침전극형 플라즈마 반응기에서의 최대 에너지 이득은 28990 g/kWh를 나타내었다.

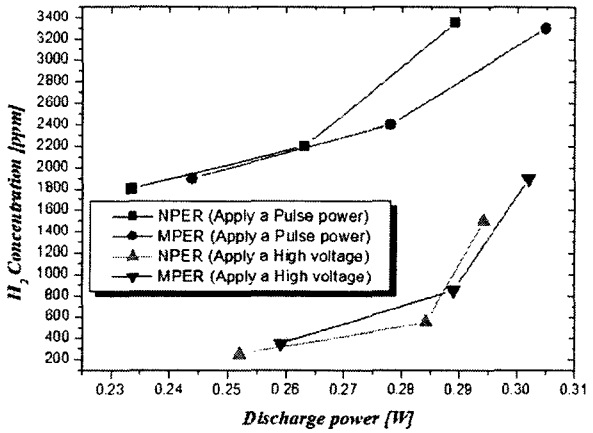

그림 4. 방전전력에 따른 반응기 형태 및 인가전원별 수소발생 특성곡선

4. 결 론

플라즈마 반응기의 인가전극 구조에 따른 수소발생량을 측정한 결과 원통형 석영관을 이용한 동축 원통형 침대평판 전극구조에서 수소발생량이 높게 나타났고, 인가전원으로 펄스전압을 사용한 경우가 방전플라즈마를 더욱 활성화시킴으로써 상용전원을 사용한 경우보다 높은 28990 g/kWh의 에너지 이득을 나타냈다.

감사의 글

이 논문은 산업자원부에서 시행한 전력산업 인프라구축 지원사업으로 수행된 논문입니다.

참고 문헌

[1] Shigeru Futamura, "Hydrogen Generation From Water, Methane, and Methanol With Nonthermal Plasma", IEEE Transactions on Industry applications Vol. 39. No.2, 2003.

[2] Steinberg M, Cheng H. "Modern and prospective technologies for hydrogen from fossil fuels.", Int. J. Hydrogen Energy Vol.14 No.11, 1989.

[3] Muradov NZ, "How to produce hydrogen from fossil fuels without CO_2 emission.", Int. J. Hydrogen Energy Vol.18 No.3, 1993.

[4] N. Nagai, M. Takeuchi et. al. "Existence of optimum space between electrodes on hydrogen production by water electrolysis", Int. J. Hydrogen Energy Vol.28, 2003.

[5] Vladimir Lipovetsky, "Gaseous hydrogen production by water dissociation method", Int. J. Hydrogen Energy Vol.28, 2003.

[6] 강구진, 이응무 "물-수증기 계면을 통한 전기방전에 의한 수소제조", 한국수소에너지학회지, Vol. 8. No. 4, p. 155, 1997.