

PE2) 유전체 장벽 방전 반응기에서 방전 간극의 변화에 따른 질소 분위기하의 NO 제거 특성

NO Removal Characteristics in N₂ for a Dielectric Barrier Discharge Reactor with the Variation of a Discharge Gap

차민석 · 이재욱 · 신완호 · 송영훈 · 김석준
 한국기계연구원 플라즈마환경연구실

1. 서론

유전체 장벽 방전 반응기 (Dielectric Barrier Discharge (DBD) Reactor)를 이용한 비열 플라즈마 (Non-thermal plasma) 공정에서 NO 제거 특성을 실험적으로 연구하였다. 질소 분위기에서 전자에 의한 NO의 제거는 $N_2 + e \rightarrow N + N + e$ 반응에 의한 질소의 전자충돌해리 (electron-impact dissociation)와 이 반응에 의하여 생성된 질소원자에 의한 NO의 환원반응 $N + NO \rightarrow N_2 + O$ 으로 설명될 수 있으며, 이로 인하여 O₂나 H₂O의 첨가에 따른 부산물(O, O₃, OH 등)에 의한 산화반응이 주로 일어나는 경우 ($XO + NO \rightarrow X + NO_2$)와는 달리 NO 제거에 소모된 에너지를 평가하기에 용이한 장점이 있다 (Penetrante et al., 1995). 본 연구에서는 기존의 오존발생장치에도 많이 적용되고 있는 실린더형 DBD 반응기의 간극(gas gap distance)을 변화시켜가며 NO의 제거 특성을 고찰하고 이를 바탕으로 NO 제거에 가장 효율적인 최적 간극을 제시하고자 한다.

2. 연구 방법

DBD 반응기는 외경 30 mm 내경 27 mm의 석영관으로 이루어졌으며, 실린더의 중심 전극의 직경을 변화시킴으로써 기체가 흐르는 간격, g, 를 0.1, 0.5, 1, 2, 3, 4, 7, 13 mm로 변화시켰다. 석영관 외부의 접지 전극은 동 박판을 이용하였으며 길이는 20 cm이다 (그림 1 참조). NO가 100 ppm 희석된 질소를 유량 10 slpm으로 공급하고, 인가전압을 증가시키며 chemiluminescent NOx analyzer를 이용하여 NO의 양을 측정하였다. 사용된 전력 공급장치는 AC 60 Hz 정현파 전력 장치이며, 본 반응기에서 최대 22 kV까지 인가할 수 있었다. 한편, 플라즈마 상태의 가시화를 위하여 ICCD 카메라를 이용하였다.

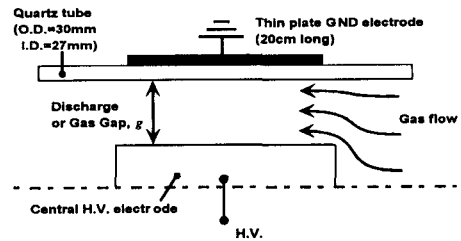


Fig. 1 Schematic of dielectric barrier discharge reactor.

3. 결과 및 고찰

그림 2에 NO의 제거특성을 에너지밀도(energy density or specific energy), 전력/처리유량(P/Q) [J/l]에 대하여 간극별로 나타내었다. 그래프에서 알 수 있듯이 g=2, 3, 4mm인 경우에 동일 전력 투입 대비 가장 좋은 제거 효율을 보이고 있으며, g=0.1, 0.5, 1, 7, 13mm에서는 효율이 좋지 않게 나타났다. 이와 같이 간극별로 제거효율에 차이를 보이는 현상을 규명하기 위하여 전류파형 및 Lissajous diagram 분석을 통한 전기적인 특성을 고찰하였으며, 그 결과로 방전 간격에 따른 방전 전압을 그림 3에 나타내었고, 공간적인 방전상태를 파악하기 위하여 ICCD 카메라를 이용한 질소의 화학발광(chemiluminescence)에 대한 이차원 이미지 측정이 이루어졌다. 그 결과로 작은 방전 간극에서는 미소방전(micro discharge) 상태가 활발하지 못하고 방전 전압 또한 낮은 관계로 말미암아 전자의 평균 에너지가 상대적으로 낮기 때문에 제거 효율이 나쁜 것으로 판단되며 7mm와 13mm 간격의 경우에는 중심 전극이 음(negative)일

때 주로 방전이 일어나는 것으로 미루어 DBD 방전이 아닌 negative corona 의 특성을 갖는 것으로 사료되며, 이로 인하여 전체 기체 체류시간에 대한 방전시간이 상대적으로 작아서 효율적인 NO 제거가 이루어지지 못하는 것으로 판단된다. 또한 그림 4에 나타내었듯이 방전 간격이 커질수록 중심 전극과 외부 전극의 표면적 차이가 커지게 되어 공간적으로 불균일한 플라즈마 상태를 이루기 때문에 NO 제거에 비효율적인 것으로 판단되며, 질소 화학발광의 경우에도 2-4mm 간격의 경우가 균일하고 강한 빛을 나타내는 것을 알 수 있다.

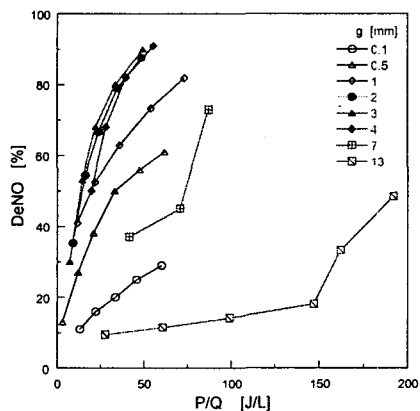


Fig. 2 NO removal efficiency with energy density.

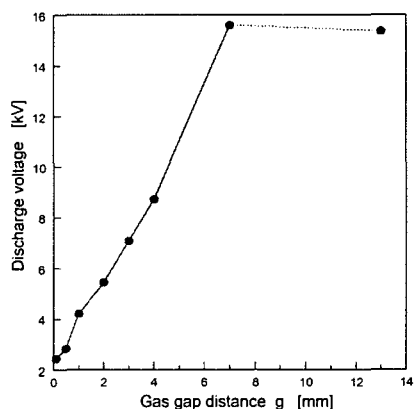


Fig. 3 Discharge voltage with gas gap for 19.5 kV applying RMS voltage.

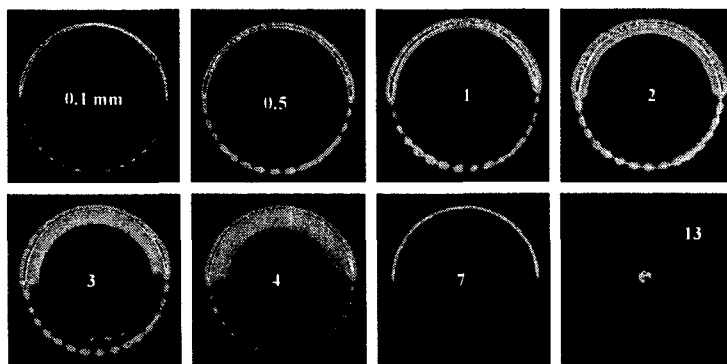


Fig. 4 Cross-sectional images of N2 chemiluminescence for 19.5kV applying RMS voltage.

후 기

본 연구는 과학기술부 국가지정연구소(NRL) 사업의 일환으로 수행되었습니다.

참 고 문 헌

- B. M. Penetrante, M. C. Hsiao, and B. T. Merritt (1995) Comparison of electrical discharge techniques for nonthermal plasma processing of NO in N₂, Trans. plasma sci. Vol.23, 679-687.
- 최영석, 이원남, 송영훈 (1999) 유전체 장벽 저온 플라즈마 반응기에서의 NO제거 특성, 1999 대한기계학회 춘계학술대회논문집(B), 705-710.
- R. G. Rice and A. Netzer (1982) Handbook of ozone technology and applications, Ann Arbor Sci.