

오존발생기용 강유전 펠렛 방전관의 방전 및 오존발생 특성

박명하*, 광동주
경성대학교 전기전자 공학과

The Discharge and Ozone Generation Characteristics of Ferroelectric-pellet Reactor for Ozone Generation

Park, Myoung-Ha and Kwak, Dong-Joo

Abstract - The silent discharge is known to be one of the most effective methods for ozone generation.

In this paper, in order to improve ozone concentration and energy yield, some kind of silent discharge-type reactors with different dielectric materials were prepared.

Some silent discharge characteristics of these reactors were studied and discussed.

1. 서론

최근 오존 발생의 공업적 이용에 대한 관심이 증가함에 따라 보다 효율적인 오존 발생을 위한 많은 연구가 수행되어 오고 있다[1,2].

오존 발생기는 오존 발생을 위한 방전관을 비롯하여 냉각부, 전원 장치 그리고 원료가스 공급장치 등으로 구성되나, 시스템의 효율성 및 안정적 동작을 위하여 오존 발생을 위한 방전관에 연구와 관심이 집중되고 있다.

한편, 방전을 이용한 오존 발생 방법에는 무성방전(silent discharge)을 비롯하여, 연면방전(surface discharge) 그리고 스트리머 코로나방전(streamer corona discharge) 등 다양한 방전 양식을 이용할 수 있으나, 현재까지의 연구를 통한 결과로 무성방전에 의한 오존 생성 방법이 가장 효율적인 방법으로 알려져 있다[3,4].

무성방전이란 방전개시와 함께 방전 공간 내에 발생한 전자 및 정이온이 전극으로 유입되지 않고 전극 사이에 삽입된 유전체의 표면에 축적되어, 벽전하로 작용함으로써 방전의 효율성을 높일 수 있는 방전 양식이다.

그러나 무성방전은 시간적 그리고 공간적으로 방전이 매우 불규칙하게 발생함으로, 방전 전압 및 전류, 소비 전력에 대한 명확한 정의가 어려울 뿐만 아니라 정확한 방전 메커니즘의 해명이 이루어지지 않고 있어, 보다 효율적인 오존의 발생 및 저전압 동작 등으로 인한 시스템의 안정적인 동작을 위해서는 시스템의 핵심 부분인 무성방전 특성에 관한 광범위한 연구 결과의 축적이 필요한 실정이다.

이에 본 연구에서는 무성방전시 방전관에 삽입되는 유전체로써 pyrex와 quartz 그리고 유리 bead를 사용하고, 오존을 발생시키는 반응가스로 건조공기 및 순수 산소(99.98%)를 사용하여, 방전관의 부하 전압 및 전류 그리고 소비 전력을 측정하였다. 그 결과로 보다 안정된 방전의 발생 및 유지 방안과 에너지 효율, 그리고 오존 수율에 미치는 영향을 규명하고자 한다.

2. 실험장치 및 방법

2.1 실험장치

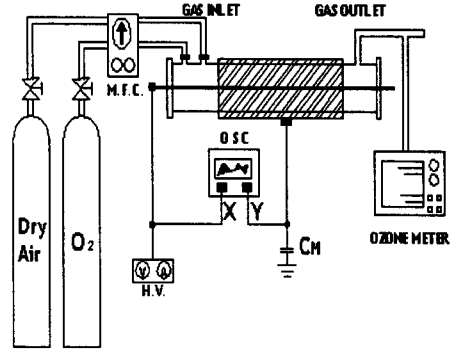


그림 1. 실험장치

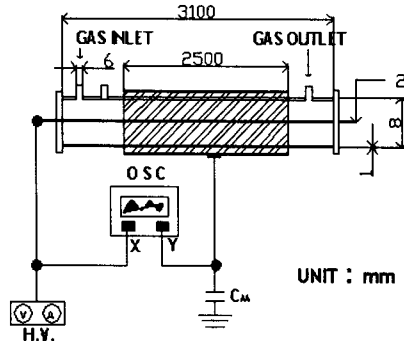


그림 2. 방전관 구조

그림 1은 본 실험에서 사용된 실험장치의 개략도를 나타내고 있다. 반응기에 투입되는 반응 기체의 유량은 건조공기와 순수 산소 분배에서 MFC로 조절하여, 방전 특성에 반응가스의 유량이 미치는 영향을 조사하였다.

또한, 방전관의 부하 전압 및 전류는 고압푸르부(Tektronix P6015A)와 전류푸르부(Tektronix TM502A) 그리고 오실로스코프(H.P 54540A)로 측정하고 그림화일로 저장하였다. 본 실험에서 사용된 전원은 모든 경우에 대하여 상용 주파수의 교류 전압 발생장치(30kV, 6kVA)를 사용하였다.

그림 2는 반응기의 구조를 나타내고 있다. 반응기는 원통 형태로 전체 길이는 3000mm이며, 내부 전극은 직경 2mmφ의 동선을 고전압측으로 사용하였고, 외부 전극은 두께 1mmφ의 동판을 감아서 접지측 전극으로 사용하였다. 유전체로써는 pyrex(Reactor1)와 quartz(Reactor2), 그리고 직경 1mmφ의 유리 bead

를 quartz관 내부에 충전(Reactor3)하여 반응기로 사용하였다.

2.2 실험방법

무성방전시 방전관에서 소비되는 전력을 구하기 위하여 다음의 두가지 방법을 사용하였다

첫 번째 방법으로 입력전원단에서 Power Analyzer (Voltech PM3300)를 이용하여 전체 시스템의 소비 전력을 구한 다음 전원 자체에서 소비되는 전력을 감하는 방법을 사용하였고, 두 번째 방법으로는 방전관에 콘덴서를 직렬로 달아 Lissajous 도형을 통하여 방전관에서 소비되는 전력을 구하였다.

그림 1에 Lissajous 도형을 얻기 위한 개략도를 나타내고 있다. 한편, 무성방전은 시간적 그리고 공간적으로 불규칙하게 발생하므로 방전전류를 명확히 정의 하기는 매우 힘들다. 따라서 본 연구에서는 주어진 반응 가스의 유량 및 전압조건 하에서 발생하는 전류의 몇 주기의 평균치로 부하전류를 정의하여 제 특성을 논의 하였다.

3. 결과 및 고찰

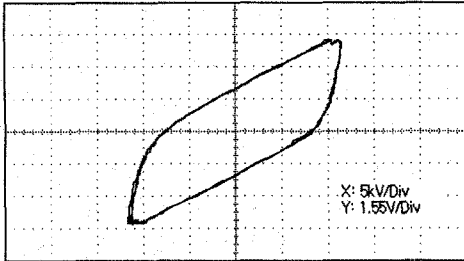


그림 3. Lissajous 도형

그림 3은 Reactor3에 반응가스로 건조공기를 10l/min로 흘리고, 10kV의 전압을 인가한 경우의 Lissajous 도형으로, X축은 방전관의 전압을, Y축은 0.47 μ F의 직렬 콘덴서에 분압된 전압과의 관계를 나타내고 있다. 폐곡면의 면적은 한주기 동안 방전관에서 소비되는 에너지에 비례한다.

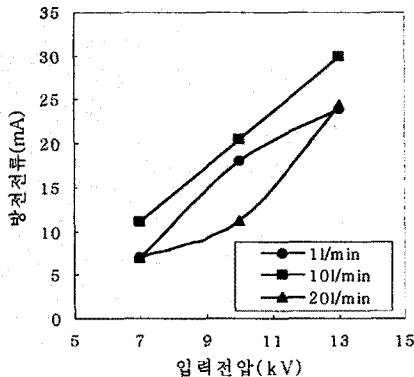


그림 4. 입력전압에 대한 방전전류 특성 (건조공기)

그림 4는 입력전압으로 60Hz의 정현파 전압을 사용하고, 건조공기의 유량을 매개변수로 하여 입력전압에 대한 방전전류 특성을 나타내고 있다. 7kV 부근에서 방전이 개시하며, 방전 전류는 유량에 관계 없이 입력 전압이 증가할수록 거의 선형적으로 증가하는 경향을 보이고 있다.

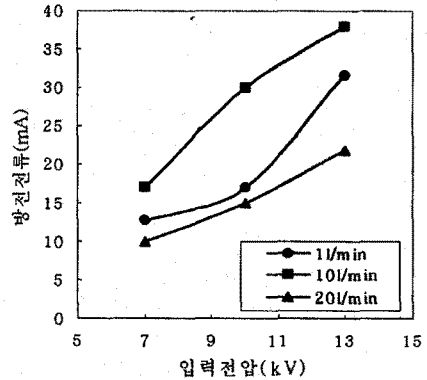


그림 5. 입력전압에 대한 방전전류 특성 (산소)

그림 5는 원료가스로 산소를 사용해서 입력전압에 대한 방전전류 특성을 나타내고 있다. 그림 4의 건조공기와 산소를 동일한 유량 하에서 방전전류를 비교하면 산소를 반응가스로 사용한 경우가 다소 높다는 것을 알 수 있었다. 이는 동일한 유량의 경우 건조공기에 비해 순수 산소의 경우에 보다 활발한 전리 작용을 통한 방전이 일어남을 의미하는 것으로, 이러한 방전 특성은 오존 발생량과 무관하지 않을 것으로 생각된다.

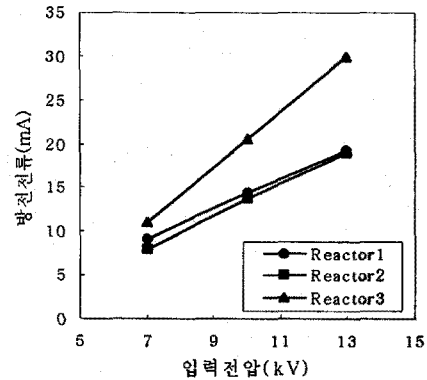


그림 6. 입력전압에 대한 방전전류 특성 (건조공기)

그림 6과 그림 7은 10l/min의 일정 유량 하에 각각 건조공기와 순수산소의 입력 전압에 대한 방전전류의 특성을 비교하고 있다. 방전전류는 방전 공간 내에 유리 bead를 충전한 경우가 가장 높았으며, pyrex 및 quartz의 특성에서는 큰 차이가 인정되지 않았다. 이는 무성 방전의 경우, 방전 개시와 함께 발생한 전자 및 정이온이 전극으로 유입됨과 동시에 소멸하지 않고 전극의 앞면에 있는 유전체에 벽전하로써 축적되어 전체의 방전

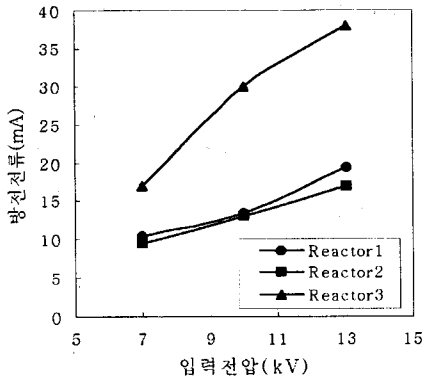


그림 7. 입력전압에 대한 방전전류 특성 (산소)

과 함께 측정된 전하량에 상응하는 내부 전계를 발생하게 되는데, 방전 공간 내에 몇 층으로 존재하는 bead 반응기의 경우, 벽전하의 축적이 보다 활발함을 의미하는 것으로 사료된다.

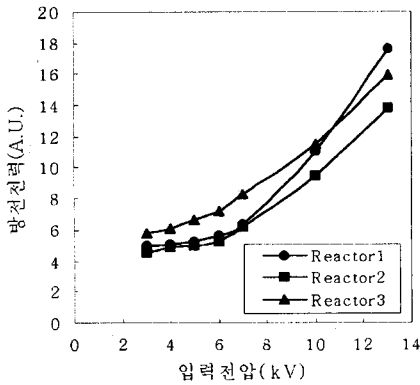


그림 8. 입력전압에 대한 방전전력 특성 (건조공기)

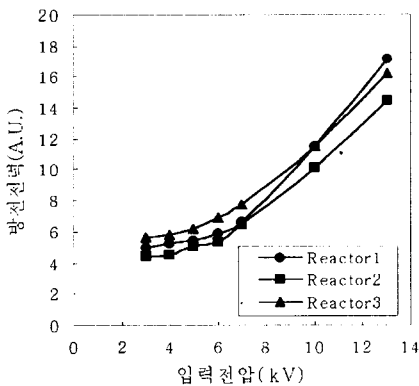


그림 9. 입력전압에 대한 방전전력 특성 (산소)

그림 8과 그림 9는 10ℓ/min의 일정 유량 하에 각각 건조공기 및 순수 산소의 입력전압에 대한 방전전력을 나타낸다. 방전 전력의 측정은 전원장치의 입력에서 Power Analyzer로 측정하여 전원장치 자체 소비전력을 감하였다. 전력 소모특성은 입력전압의 상승과 더불어 증가하며 약 7kV 정도의 방전 개시 전압 부근에서 비교적 급격히 증가 함을 보이고 있다. 더욱이 bead가 충전된 Reactor 3에서 가장 효율적인 전력 소모 특성을 보인다. 이는 방전 공간 내에서 투입된 전력이 효과적으로 소모되며, 반응 가스인 건조공기와 산소 내에서 전자의 효과적인 가속이 가능하여 충돌전리 작용이 활발하게 일어 나며, 전자는 고에너지를 얻어 산소와 질소의 충분한 전리가 가능할 것으로 사료된다.

3. 결 론

본 논문에서는 강유전체 펠렛 방전 특성에 미치는 유전체의 영향을 건조공기와 산소를 원료가스로 사용하여 무성 방전 특성을 연구하였다. 결과를 요약하면 다음과 같다.

- (1) Power Analyzer 및 Lissjous 도형의 분석 결과 유전체로 bead를 충전한 경우의 방전전력이 pyrex 및 quartz의 방전전력보다 다소 컸으며, 건조공기와 순수 산소는 거의 동일한 전력소비 특성을 나타내었다.
- (2) 방전전류는 원료가스의 방전전압의 증가와 더불어 선형적으로 증가하였으며, 건조공기와 산소의 비교에서는 일정 전압 하에서 산소의 방전전류가 건조공기의 방전전류보다 다소 높은 경향을 보였다. 전극 사이에 삽입된 유전체의 영향에 있어 quartz의 경우가 pyrex의 경우보다 다소 높았다. 이를 통해 유전체의 재질에 방전전류가 크게 의존함으로써 사료되어, 보다 효과적인 오존발생을 위해 강유전체의 선정 및 전극구조에 대한 면밀한 검토가 필요한 것으로 사료된다.

(참 고 문 헌)

- [1].Bernie M. Penetrante, "Non-Thermal Plasma Techniques for Pollution control", Part B, pp212~221, 1993
- [2]. Rachel Feng, "Automated System for Power Measurement in the Silent Discharge", IEEE Transactions on Industry Applications, V.34 N.3, 563-570, 1998
- [3]. Shengpei Wang, "A Novel Silent Discharge Type Ozonizer using Pulse Density Modulated High Frequency Inverter", Proceedings of the 1999 IEEE Industry Applications Meeting - Volume 2, 764-772, 1999
- [4]. Kitayama J, Kuzumoto M, "Analysis of ozone generation from air in silent discharge", Journal of Physics D-Applied Physics, V.32 N.23, 3032-3040, 1999