

# 침대 그물전극간의 제3전극이 이온풍 발생에 미치는 영향

論 文  
57-11-21

## Effect of the Third Electrode of a Needle-Mesh Airgap on Ionic Wind Generation

黃 德 賢\* · 文 在 德†  
(Deok-Hyun Hwang · Jae-Duk Moon)

**Abstract** - Cooling technologies using natural and forced convection are limited and operated in very low efficiency. The corona discharge is utilized as the driving mechanism for an ionic pump, which allows for air flow control and generation with low noise and no moving parts. These ideal characteristics of ionic pump give rise to variety applications. However, all of these applications would benefit from maximizing the flow velocities and efficiencies of the pumps. In this study a needle-mesh type ionic pump, with a ring type third electrode installed just near the needle point, has been investigated by focusing on elevating the ionic wind velocity and efficiency. As a result, the enhanced ionic wind velocity and increased power yield can be obtained with the proposed ionic pump with the third electrode.

**Key Words** : Ionic wind, Ionic pump, Third electrode, Corona discharge

### 1. 서 론

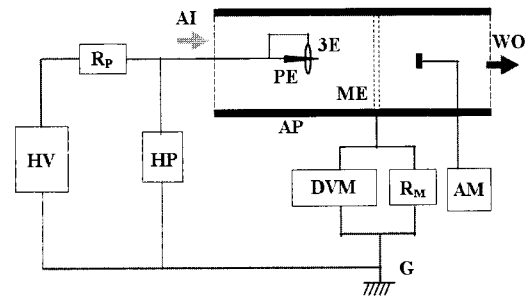
전자통신기기의 고성능화와 초소형 전자소자의 발열밀도는 이미 태양표면 정도에 이르고 있다[1-2]. 이에 따른 초고 집적 전자 소자의 효과적인 냉각은 매우 필요하나, 종래형 전기 송풍장치(electric fan)는 냉각효율이 매우 낮을 뿐 [3-4]만 아니라, 기계적 회전부분이 있기 때문에 전자소자용으로의 초소형화도 매우 어려운 실정이다.

최근 코로나 방전에 의한 전계 중의 이온이동은, 송풍력으로 적용될 수 있고[5], 풍속의 발생과 제어가 용이할 뿐 아니라, 저소음이며 기계적 회전부분이 없기 때문에 [2]에 이에 대한 연구가 수행되고 있으나, 아직은 발생 풍속과 효율이 낮은 문제점이 있다[6-8].

이온 풍을 효과적으로 발생시키기 위해서는 효율적인 코로나 방전발생과 강한 전계의 생성이 필수적이다. 현재 주로 연구되고 있는 침대 평판전극 구조로는 코로나방전은 효과적으로 발생시킬 수 있으나[7], 강한 전계를 생성시키기는 어렵다[9]. 왜냐하면, 고전계 생성을 위한 고전압의 인가는 침 끝에서 아크 방전으로 전이되기 때문이다. 한편 코로나 방전극 부근에 제3전극을 부설함으로써 방전선상의 전계를 적절히 제어할 수 있을 뿐 만 아니라, 방전 효율도 올릴 수 있음이 보고된 바 있다[9].

본 연구에서는 침대 평판형 이온풍 발생장치에 제3전극을 부설함으로써, 이온풍속의 향상과 전력효율을 올릴 수 있는지를 실험적으로 검토한 결과를 이하에 보고한다.

### 2. 실험 장치 및 방법



PE: 침전극,	3E: 제3전극,	ME: 그물전극,
AP: 아크릴판,	HV: 직류고전압,	AM: 풍속계,
DVM: 전압계,	HP: 고전압프로브,	AI: 공기입구,
WO: 바람 출구,	Rp & Rm: 보호 및 측정 저항	

그림 1 실험장치 개략도.

Fig. 1 Schematic diagram of the experimental setup.

그림 1은 실험장치 개략도를 나타낸 것으로, 제3전극이 부설된 침전극과 접지된 그물전극으로 구성된 이온풍 발생 장치, 직류 고전압 전원, 방전 전류 및 고전압 측정장치, 그리고, 이온풍속 측정장치로 구성하였다. 인가 고전압의 높은 풍속이 나오는 것으로 보고된 [8] 정극성 직류 고전압을 사용하였고, 방전전류와 전압은 전압계(DVM, Fluke, 75), 고전압 분압기(HP, high-volt probe, 1,000:1, Tektronix, P6015A), 그리고, 측정저항(Rm, carbon film type)을 사용하여 측정하였다. 풍속계 (AM, anemometer, Testo 425, thermal flow probe type)로 풍속을 측정 하였으며, 모든 실험은 실험실내 공기중(25±5°C, 50±10%RH)에서 실시하였다.

\* 正 會 員 : 慶 北 大 學 院 電 子 電 氣 컴퓨터學部 博 士 課 程

† 교신저자, 正 會 員 : 慶 北 大 學 院 電 子 電 氣 컴퓨터學部 教 授 · 工 博

E-mail : jdmoon@knu.ac.kr

接受日次 : 2008年 7月 2日

最終完了 : 2008年 10月 15日

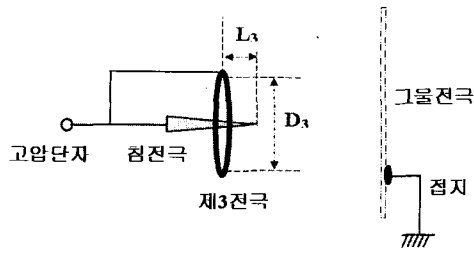


그림 2 제3전극을 갖는 침대 그물 공격과 제3전극 확대 형상.  
Fig. 2 Closeup configuration of the point-mesh airgap with the third electrode.

그림 2는 침대 그물전극과 제3전극 확대 형상을 나타낸 것이다. 침전극으로는 바늘(sawing needle)을 사용하였다. 제3전극으로는 금속선(stainless wire, 직경 1.2mm)을 환형(ring type, 내경 6.0mm, 외경 8.4 mm)으로 만들어 침전극과 동일위치에 부설하고, 침전극의 선단에서 그물전극의 반대방향으로 거리( $L_3$ )를 1.0~4.0mm로 가변하였다. 접지전극은 그물(stainless mesh, 두께 0.7mm, 직경 25mm, 15mesh)을 이용하였고, 그물 중앙에는 원활한 이온 풍의 이동을 위해 구멍(hole, 직경 5mm)을 갖게 하였다. 침전극과 그물전극간의 공격은 15mm로, 그리고 그물전극과 풍속 측정부의 간격은 10mm로 각각 고정하여 실험하였다.

### 3. 실험 결과 및 고찰

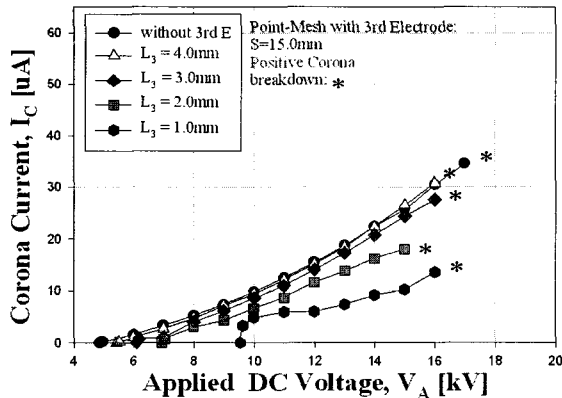


그림 3 침전극과 제3전극간의 거리변화에 따른 I-V 특성.  
Fig. 3 I-V characteristics as a function of the corona needle height.

그림 3는 제안한 제3전극형 이온풍 발생장치의 침전극과 제3전극간의 거리( $L_3$ )에 따른 전류-전압 특성을 나타낸 것이다. 방전전류는 인가전압의 증가에 따라 방전개시전압으로부터 서서히 증가하는 전형적인 침대 평판간의 방전특성을 보여주며[7-8], 방전전류는 제3전극의 영향을 매우 크게 받는 것을 보여준다[9].

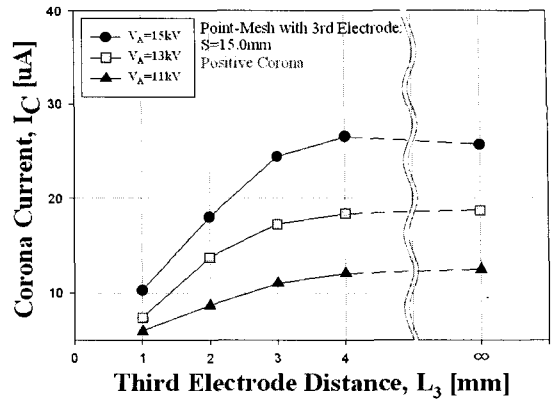


그림 4 침전극과 제3전극간의 거리변화에 따른 방전전류-전압 특성.

Fig. 4 Corona current characteristics as a function of the corona needle heights at different applied voltages.

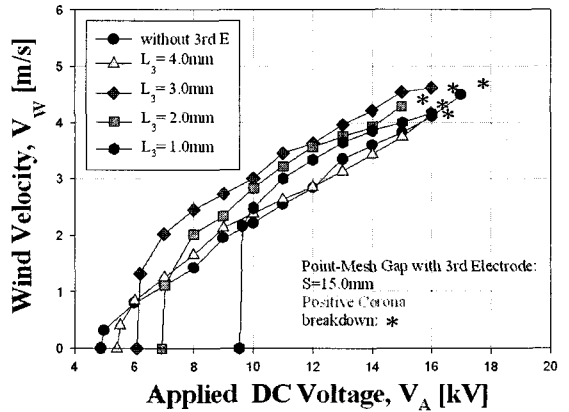


그림 5 침전극과 제3전극간의 거리변화에 따른 이온풍속-전압 특성.

Fig. 5 Ionic wind velocity characteristics as a function of the corona needle height.

그림 4은 침전극과 제3전극간의 거리변화에 따른 방전전류 특성을 인가전압에 따라 나타낸 것이다. 침전극과 제3전극간의 거리가 커질수록 방전전류는 증가하여 제3전극이 없는 경우의 방전 전류값에 수렴하는 것을 보여준다. 이는 등전위인 제3전극이 침전극에 가까워질수록 침전단의 전기력선이 제3전극쪽으로 이동하게 되어 상대적으로 침전단에서의 전기력선수가 감소하기 때문에 방전전류도 감소하게 되는 것으로 사료된다[9]. 방전전류와 인가전압으로부터 구한 방전전력은 제3전극으로부터 방전침이 멀리 떨어질수록 커지고, 결국 제3전극이 없는 경우의 방전전력 값에 수렴해 감을 보여준다.

그림 5는 침전극과 제3전극간의 거리변화에 따른 이온풍속-인가전압 특성을 나타낸 것이다. 그림 5에서는 이온풍속은 인가전압과 침전극과 제3전극간의 거리에 매우 크게 영향을 받는 것을 보여주며, 제3전극이 있는 경우가 없는 경우보다 풍속이 더 높게 나타남을 보여준다.

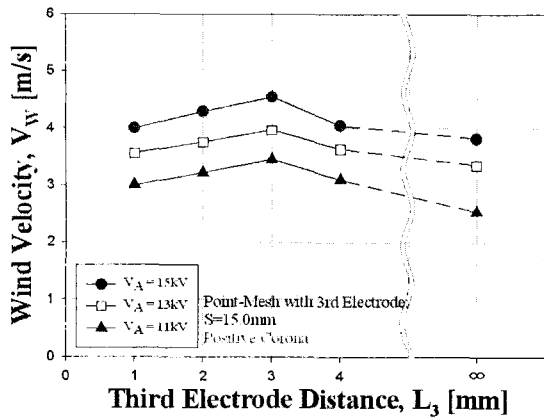


그림 6 침전극과 제3전극간의 거리변화에 따른 이온풍속 특성.  
 Fig. 6 Ionic wind velocity characteristics as a function of the corona needle height.

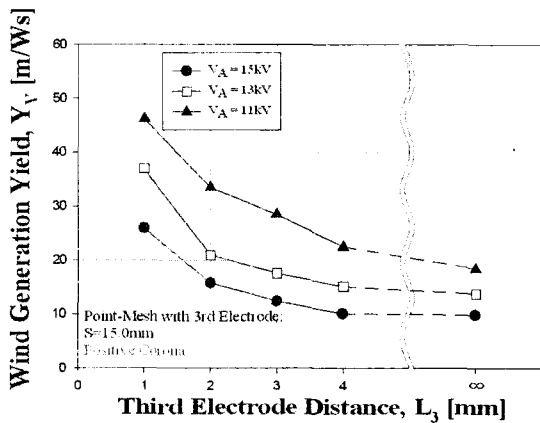


그림 7 침전극과 제3전극간의 거리변화에 따른 이온풍 발생 전력효율 특성곡선.  
 Fig. 7 Ionic wind generation yields as a function of the corona needle heights at the different applied voltages.

그림 6은 그림 5에서 침전극과 제3전극간의 거리변화에 따른 이온풍속 특성을 각각의 인가전압 별로 나타낸 것으로, 이온풍속은 인가전압이 높을수록 높은 값을 나타내었다. 이온풍속은 침전극과 제3전극간의 거리에 따라서는 피크 값을 가지며, 침전극과 제3전극간의 거리가 3mm일 때 최대값을 가짐을 보여준다. 따라서 인가전압이 15kV이고 침전극과 제3전극간의 거리가 3mm일 때 최대 이온풍속은 4.54m/s로 최대값을 가지며, 이는 제3전극이 부설되지 않은 경우의 최대 풍속 값인 3.82m/s에 비해도 1.19배의 높은 값을 보여준다. 이와 같은 결과는 침전극과 동전위인 제3전극이 침전극의 방전에 매우 큰 영향을 주어 효과적인 코로나 방전을 일으키며, 또한 최대값을 나타내는 적정 위치가 있음을 보여준다.

그림 7은 침전극과 제3전극간의 거리 변화에 따른 이온풍 발생 전력효율 특성을 각각의 전압 별로 나타낸 것으로, 이온풍속을 방전전력으로 나눈 이온풍 발생 전력효율은 침전극과 제3전극간의 거리에 따라 피크 값을 가지며, 침전극

과 제3전극간의 거리가 작은 경우가 높은 전력효율을 나타내었다. 침전극과 제3전극간의 거리가 1mm이고 인가전압이 11, 13, 15kV인 경우 이온 풍 발생효율은 각각 46.15, 38.02, 25.91m/Ws로서, 제3전극이 설치되지 않는 경우의 18.41, 13.79, 9.91m/Ws에 비해 각각 2.51, 2.76, 2.61배의 매우 높은 값을 보여 주었고, 침전극과 제3전극간의 거리가 3mm일 때의 최대 풍속의 경우인 4.54m/s의 경우에서도 전력효율은 12.40m/Ws로 제3전극이 설치되지 않는 경우에 비해 1.25배로 크게 증가함을 보여주었다.

이상의 결과는 침대 그물전극계의 침전극의 선단에 환상의 제3전극을 부설하면, 방전침전극상의 전기력선수를 제3전극으로 분산시켜 전기력선 밀도를 감소시키게 되고, 따라서 동일 전기력선 밀도 발생을 위해 인가전압을 높여야 되며, 이는 결국 이온 이동속도를 증가 시키게 되어, 결국 이온 풍속을 크게 증가시킬 뿐만 아니라 전력 효율도 크게 증가시킬 수 있음을 보여준다.

이상의 결과로부터 침대 그물전극계의 침전극의 선단에 환상의 제3전극을 부설함으로써, 발생 이온풍속과 전력효율을 매우 크게 증가시킬 수 있음을 실험적으로 확인할 수 있었다.

#### 4. 결 론

본 연구에서는 침대 그물형 이온풍 발생장치의 침전극 부근에 제3전극을 부설함으로써, 이온풍속과 전력효율을 올릴 수 있는 지를 실험적으로 검토한 결과는 다음과 같다.

발생 이온풍속은 방전 침전극과 제3전극간의 거리가 3mm일 때 4.54m/s로 최대값을 가지며, 이는 제3전극이 부설되지 않은 경우의 최대 풍속 값인 3.82m/s에 비해 1.19배의 높은 값을 가짐을 보여준다. 풍속 발생 전력효율은 인가전압과 침전극과 제3전극간의 거리가 작을수록 높았으며, 침전극과 제3전극간의 거리가 1mm인 경우의 전력 효율은 제3전극이 설치되지 않는 경우에 비해 약 2.5배 이상의 매우 높은 값을 보여 주었고, 침전극과 제3전극간의 거리가 3mm에서 얻은 최대풍속인 4.54m/s에서도 전력 효율은 1.25배로 증가함을 보여주었다.

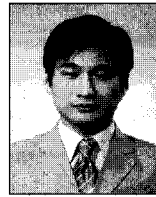
이상의 결과로부터 침대 그물전극계의 침전극의 선단에 환상의 제3전극을 부설함으로써, 발생 이온풍속과 전력효율을 매우 크게 증가시킬 수 있음을 실험적으로 확인할 수 있었다.

#### 참 고 문 헌

[1] B. Komeili, J.S. Chang, G.D. Harvel, C.Y. Ching, "Electrohydrodynamically Enhanced Capillary Evaporator," International Symposium on New Plasma and Electrical Discharge Applications and on Dielectric Materials, pp. 111-116, August 2007.  
 [2] F. Yang, N.E. Jewell-Larsen, D.L. Brown, K. Pendergrass, D.A. Parker, I.A. Krichtafovitch, A.V. Mamishev, "Corona driven air propulsion for cooling of electronics, XIIIth International Symposium on High Voltage Engineering," pp. 1-4, 2003.

- [3] PC Power and Cooling, Inc., "Rotary fan efficiency for Intel processor fan," January 2002.
- [4] F. Pollak, "New Micro-architecture Challenges in the Coming Generation of CMOS Process Technologies," Micro 32, 1999.
- [5] R. Mestiri, R. Hadaji, S.B. Nasrallah, "The electrical discharge as a source of a mechanical energy," Desalination, Vol. 220, pp. 468-475, 2008.
- [6] H. Tsubone, B. Komeili, S. Minami, G.D. Harvel, K. Urashima, C.Y. Ching, J.S. Chang, "Flow characteristics of dc wire-non-parallel plate electrohydrodynamic gas pump," Journal of Electrostatics, Vol. 66, pp. 115-121, 2008.
- [7] M. Rickard, D. Dunn-Rankin, F. Weinberg, F. Carleton, "Maximizing ion-driven gas flows," Journal of Electrostatics, Vol. 64, 368-376, 2006.
- [8] E. Moreau, G. Touchard, "Enhancing the mechanical efficiency of electric wind in corona discharge," Journal of Electrostatics, Vol. 66, pp. 39-44, 2008.
- [9] J. Moon, J. Jung, S Gum, "The Effect of a Strip-type Third Electrode of a Wire-Plate Type Nonthermal Plasma Reactor on Corona Discharge and Ozone Generation Characteristics," International Journal of Plasma Environmental Science and Technology. Vol. 2, No. 1, pp. 26-33, 2008.

## 저 자 소 개



### 황 덕 현 (黃 德 賢)

1978년 6월 30일생. 2002년 금오공대 제어계측과 졸업. 2007년 경북대학교 대학원 전기공학과 졸업(공석). 현재 경북대학교 대학원 전자전기컴퓨터학부 박사과정.  
Tel : 053-940-8601  
Fax : 053-950-5508  
E-mail: besthdh@hanmail.net



### 문 재 덕 (文 在 德)

1946년 7월 25일생. 1970년 경북대학교 사범대학 과학교육과(물리전공) 졸업(이학사). 1975년 동 대학원 전자공학과 졸업(공석). 1982년 日本東京大學 대학원 전기공학전문과정 졸업(공박). 현재 경북대학교 전자전기컴퓨터학부 교수.  
Tel : 053-950-560  
Fax : 053-950-5508  
E-mail : jdmoon@knu.ac.kr