

Air에서의 전자수송계수 특성파악

Analysis of electron transport coefficients in Air

서 상현, 하 성철, 전 병훈

(Sang Hyun Seo, Sung Chul Ha, Byung Hun Jun)

Abstract

The electron transport coefficients in Air is analysed in range of E/N values from 100~1000(Td) by a MCS and BE method. This paper have calculated W, ND_L , ND_T . Mean energy mixtures by N_2+O_2 . The results gained that the values of the electron swarm parameters such as the electron drift velocity, longitudinal and transverse diffusion coefficients.

Key words(중요용어) : MCS(몬테칼로 시뮬레이션), BE(볼츠만 방정식), Electron energy distribution function (전자에너지분포함수)

1. 서론

현재 사용중인 고압 차단기중 하나인 에어차단기에서 Air성분인 질소와 산소전자의 이동, 확산, 충돌, 평균에너지를 파악하고 전자군의 수송특성을 정량적으로 해석하기 위해서는 전자 에너지 분포함수와 각 입자 상호간의 충돌단면적 및 전자 수송계수를 구하여 기체의 물성적인 특성을 해석해야 한다. 따라서 측정된 전자기동속도와 계산에 의해 산출된 전자 수송계수를 비교하여 전자군의 물리적 현상을 명확히 규명하여 Air 차단기의 특성을 개선 및 고 비용의 실험없이 시뮬레이션만으로 차단기의 차단능력을 파악하는 것이 요구된다. 그러므로 전계가 인가된 기체 중에서의 전자의 운동을 파악하기 위해서는 운동량 변환 단면적, 여기 충돌 단면적, 전리 충돌 단면적, 전자기동속도, 확산계수, 전자 부착계수, 전자에너지분포함수에 대한 정확한 측정과 해석이 필요하다. 특히 전계를 인가한 기체중에서의 전자 이동속도는 전자의 충

돌단면적을 결정하는 중요한 요소가 되고, 전자의 충돌단면적을 이용하여 입자군의 전자에너지 분포함수와 수송계수를 계산할 수 있다. 본 연구에서는 측정된 전자기동속도와 볼츠만수송방정식을 Backward prolongation법으로 해석하여 Air기체의 수송계수 및 충돌단면적을 결정하고 전자수송계수와 전자에너지분포함수, 전자 부착계수 등의 영향을 검토하여 전기적 절연특성과 냉각효과의 개선을 위한 혼합기체의 개발에 관련된 기초적 물성의 해석과 응용성을 검토하고자 한다.⁽¹⁾

본 연구에서는 Air기체의 전기 전도 특성을 나타내는 전자기동속도(W), 전자의 종횡방향의 확산계수(ND_L, ND_T) 및 평균에너지 등의 전자수송계수를 E/N(Td):100~1000(Td) (E:전계, N:기체분자수 밀도, 1Td= 1×10^{-17} V · cm², N: 3.5353×10^{16} cm⁻³ 0°C 1Torr에 해당)의 범위에서 볼츠만 방정식으로 계산했다.⁽²⁾

2. 시뮬레이션 및 전자충돌단면적

MCS은 난수(Random Number)를 이용하여 충돌의 종류, 산란후의 방향 및 비행시간 등을 결정하면서 전자의 운동을 반복 추적하는 시뮬레이션으로 전자군의 성질을 조사하기 위해 전자계내의 전자운동상태와 분자의 충돌산란확률을 고려하여 전

* 동국대학교 전기공학과
* 중부대학교 정보공학부 전기전자공학과
(충남 금산군 추부면 마전리 산2-25,
Fax : 041-750-6655

3. 결과 및 고찰

3.1 전자기동속도

전자에너지 분포함수와 탄성, 비탄성 충돌단면적을 이용하여 계산된 전자기동속도는 $E/N[Td]$ 에 따라 거의 선형적으로 증가하는 것을 확인할 수 있다. 또한 전계로부터 에너지를 얻은 전자가 미소거리를 이동하는 동안에 충돌 전리확률은 평균 자유행정에 의해 나타내며, 이것은 압력에 반비례하고, 낮은 기압에서 전자에너지가 크므로 전자기동속도는 증가하는 것으로 생각된다.

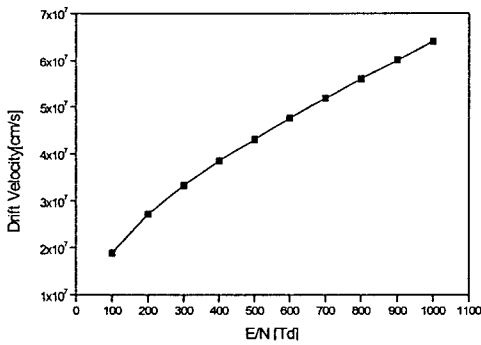


그림 3 Air 기체의 전자기동속도

Fig. 3 The drift velocity of electrons in air

3.2 평균에너지

전자의 평균에너지는 전극간 거리와 시간의 합수로 계산한 전자의 에너지 분포함수, 전자기동속도 등에 관계되는 물리량으로 전극면에서의 전자운동의 증가는 음극의 에너지가 양극으로 이동하고 양극에서는 반사나 음극에서 방출된 2차 전자가 모두 흡수된다

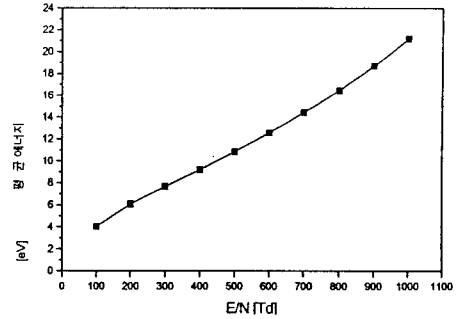


그림 4 Air 기체의 평균에너지

Fig. 4 The mean energy in air

그리고 전자의 평균에너지는 전극간거리와 E/N (Td)의 변화에 따른 볼츠만 방정식법으로 그림에 그 값을 나타내었다. 전자가 존재하는 경우에 샘플링의 차이에 따라서 음극과 양극 가까운 영역의 전자의 평균에너지는 영점으로부터 비탄성충돌이 일어날 에너지까지는 직선적으로 상승하여 비평형의 상태로 나타냈으며 그 외 영역에서는 거의 평형상태의 에너지 값의 결과를 나타내었다.

3.3 종축 확산계수

횡축확산계수도 전리, 부착계수 및 이동속도의 영향으로 하전입자밀도의 공간적구배와 전계가 공존하는 공간내에서 하전입자의 거시적운동이 일어나지 않고 평형상태의 균일한 밀도 분포를 나타낸 것으로 생각된다. 그림 5의 종축확산계수는 기체 분자수 밀도와 곱 ND_L 을 E/N 의 함수로 나타낸 것으로 본 연구에서는 $E/N=400[Td]$ 부터 확산이 빨리 진행되는 것이 파악되었다.

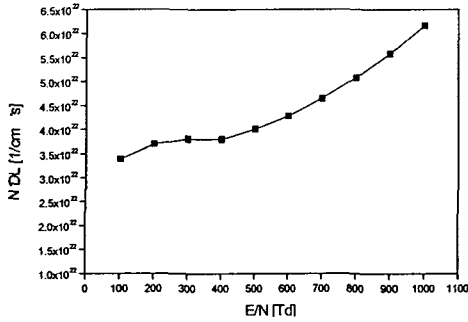


그림 5 Air기체의 종축확산계수

Fig. 5 The longitudinal diffusion coefficients in Air

3.4 횡축 확산계수

그림 6의 횡축확산계수도 전리, 부착계수 및 이동 속도의 영향으로 하전입자밀도의 공간적구배와 전계가 공존하는 공간내에서 확산이 진행되는 것을 파악할 수 있다. 낮은 E/N에서는 균일하게 진행이 되다가 E/N=400[Td]이상에서 확산이 빨리 진행됨을 알 수 있다.

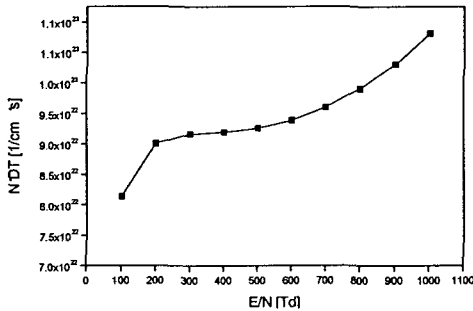


그림 6 Air 기체의 횡축확산계수

Fig. 6 The transverse diffusion coefficients in Air

4. 결론

Air에 대한 전자수송계수를 분석하여 전자이동 속도, 평균에너지, 종, 횡축 확산계수를 E/N 100~1000[Td]에서 구하였다.

전자 이동속도는 급격한 변화없이 일정하게 상승됨을 확인할 수 있었고 평균에너지 역시 선형적인 상승 흐름을 파악할 수 있었다. 평균에너지의 일정한 상승에 따라 확산계수 역시 종, 횡축 전부 상승함을 확인하였다.

본 논문에서 사용된 MCS프로그램과 볼츠만 법을 이용한다면 현재 사용되고 있는 ACB에 들어가는 Air와 SF₆차단기에 사용되는 SF₆가스의 특성 및 혼합기체에 대한 분석에 많은 성과가 있을 것으로 기대된다. 또한 반도체의 박막 공정, 에칭 및 Plasma CVD에 사용되는 각종 혼합기체들의 특성을 파악하여 데이터화를 할 목적으로 위 프로그램을 이용하여 사용하는 것이 주요할 것이라 사료된다. 끝으로 Air에서 해석된 전자수송계수를 기초로 삼아 에어차단기에서의 전자계 해석과 전자이동속도의 결과를 서로 비교하여 데이터화 작업을 할 예정이다.

감사의 글

본 논문에 많은 지도와 격려를 아낌없이 주신 하 성철 교수님께 깊은 감사의 글을 전합니다.

[참고문헌]

1. H. Itoh, Y. Miura, N. Ikuta, Y. Nakao and H. Tagashira, "Electron swarm development in SF₆ : I. Boltzmann equation analysis" J.Phys. D: Appl. Phys. 21, pp.922-930, 1988.
2. 氣體放電 シミュレーション技法(제140호), 1974.
3. R.W.L. Thomas, and W.R.L. Thomas, "Monte Carlo Simulation of electrical discharge in gases", J. Phys. B. Vol.2, pp.562-570, 1969.
4. Philip. E. Luft, "Description of a Backward prolongation program for computing transport coefficients", JILA, information center report, No.19, 1975.
5. M. Hayashi, and S. Hara, "Joint Symposium on Electron and Ion Swarm and Low Energy Electron Scattering", A Satellite of ICPEAC XVII, Proc pp.109-111, 1991.
6. H. Itoh and T.Musha "Monte Carlo Calculations of Motions in Helium", J.Phys. soc. japan, Vol.15, No.9, pp.1675-1680, 1960.