

유도 전류법을 이용한 알칼리 금속증에서 전자군의 이동속도 측정  
Measurement of the Drift Velocity for Electron Swarm in a Alkali Metal Using a Induced Current Method.

백 용 현  
하 상 철  
이 복 희\*  
유 광 식

인 하 대 학 교  
대 림 전 문 대  
인 하 대 학 교  
인 하 대 학 교

ABSTRACT

In this paper, The electron drift velocity was measured from an experimental study of the open end heat pipe system by induced current method as alkali metal vapour was generated in ordinary region of a drift tube.

The test condition was alkali metal vapour range from 3.6 to 20.1(Torr), temperature of 667 to 755(K), and E/N of  $1 \times 10^{-16}$  to  $1 \times 10^{-15}$  ( $v.cm^2$ )

The results of this study were obtained essentially the same as the extrapolated prediction curve for electron drift velocity in the alkali metal vapour of J. Lucas et al with range of E/N:  $1 \times 10^{-17}$  to  $1 \times 10^{-16}$  ( $v.cm^2$ ), and the electron drift velocity was obtained the result an increase in alkali to E/N range from E/N  $2.8 \times 10^{-17}$  to  $5.6 \times 10^{-16}$  ( $v.cm^2$ ) (E/N From 2.8 to 50 Td).

1. 서 론

본 연구는 알칼리 금속증기를 open and heat pipe 장치를 이용하여 drift tube 의 정상영역내에 발생시켜 유도전류법을 적용하여 전자군의 이동속도를 실험적으로 측정하는데 그 목적이 있다. 이때의 압력범위는 3.6 -- 20.1 (torr ), 온도 665 -- 750 (K), E/N : 2.8 -- 64 (Td) ( 1 Td :  $1 \times 10^{-17} v.cm^2$  ) 의 범위에서 측정하였다.

2. 이 론

(1) open and heat pipe

측정에 이용한 open and heat pipe 의 개략도를 그림 1 에 표시한다.

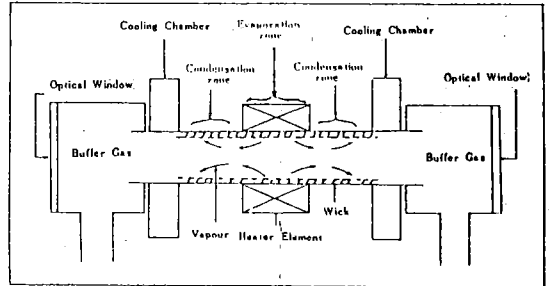


Fig1 Schematic diagram of Open and heat pipe

이 측정장치는 높은 접연성을 필요로 하며 또한 열전도소자의 동작원리를 이용하고 있다.

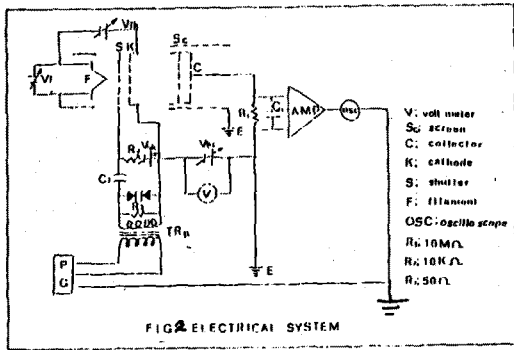
즉 히트 파이프는 액체의 증발과 응축에 의한 증발잠열의 이동 및 모세관 현상에 의한 액체의 순환작용의 원리로 열을 수송하는 장치로 본 연구에서도 이 특징을 이용하였다.

즉 그림1에 표시한바와 같이 heat pipe 의 동작은 증발(가열) → 증기의 이동(압력차) → 응축(흡열) → 액체의 이동(wick 내의 모세관 현상) 의 과정을 거쳐 열을 증기잠열의 형태로 수송하는 것이다.

(2) 유도 전류법

기체중에서 전자군의 이동속도의 측정방법에는 1) pulse townsend 법, 2) Time of Flight 법, 3) Double Shutter 법, 4) 유도 전류법 등이 있다. 1) - 3)의 방법은 heat pipe 내벽의 액체금속에서 열전자의 영향을 받으며 전극 구조 및 장치, 실험방법등이 복잡하기 때문에 본 실험에서는 열전자의 영향을 받지 않는 유도 전류법을 이용하였다.

본 실험에 사용한 실험장치의 Electrical system 의 개략도를 그림 2에 표시한다.



필라멘트(F)는 전자원이고 이로부터 방출된 전자가 grid 에 positive pulse 를 인가시켰을 때 음극과 양극 사이의 이동영역에 도입하도록 한다. 이때 전하 -q 가 미소거리 dx 로 이동할 때의 한 일은  $dW = -(-q) E dx$

-q 가 dx 움직이는데 걸리는 시간(dt) 안에 소비

$$i = \frac{qE}{V} \cdot v = \frac{qE}{V} \cdot v$$

평동전계를 고려하면  $V = E \cdot d$

$$i = \frac{qE}{V} \cdot v = \frac{qE}{E \cdot d} \cdot v = \frac{q}{d} \cdot v$$

전자가 cathode 로부터 주입되어 이동영역을 운동하고 있는 사이에 collector 회로에 저항 R 이 유도되는 전압  $V_s$  는 다음과 같이 표시된다.

$$V_s = \frac{1}{C} \int_0^t i dt = \frac{1}{C} \int_0^t \frac{q}{d} v dt = \frac{q}{C} \cdot \frac{v}{d} \cdot t = \frac{q}{C} \cdot \frac{t}{d}$$

여기서  $0 \leq t \leq t_d$  ( $t_d = d/v$ ,  $t_d$ : 전자의 이동시간) 즉 Filament 로부터 공급된 전자는 shutter 와 cathode 사이에 가해지는 전압  $V_k$  로 지지되고 있으나 positive pulse 가 shutter 에 가해질때 전자는 shutter 를 통과하여 drift 영역에 주입된다.

drift 영역으로 주입된 전자는 인가전압  $V_k$  로 만들어지는 전계에 의하여 collector 속으로 이동하며 그 사이의 회로전류는 포유용량 C 에 의해서 적분된다.

전리증식이 없을 때는 C 의 단자전압  $V_s$  는 직선

적으로 상승한다. 전자군이 양극에 도착한 후 C 에 축적된 전하는 고저항 (10 MΩ) 을 통해서 방전하고 C 의 단자전압은 감소한다.

shutter 의 정 pulse 는 주기적 (0.5—2KHz) 인 범위로 인가시켜 이 때의 전압신호는 증폭기를 통하여 oscilloscope 에 관측된다.

이 출력 신호 파형은 pulse 를 가한 순간부터 양극에 도달하는데 필요한 시간은 전자군이 이동 영역을 주행하는데 소요되는 시간과 일치하며 이 신호 파형이 직선적으로 상승하다가 CR 의 시정수로 감쇠하기 시작할 때까지의 고점을 이동시간 ( $T_d$ ) 으로 하여 전자의 이동속도를 측정하였다.

(3) 실험 장치 및 방법

본 실험에 사용한 Vacuum system 은 그림 3에 표시한다.

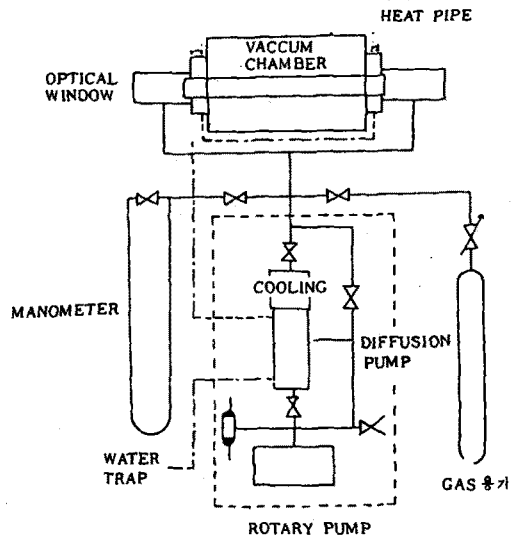


Fig 3 Schematic Diagram of Vacuum system

실험측정에 이용된 open and heat pipe 의 재질은 sus 304이며 두께 (1mm), 외경 34mm, 길이 600 mm 로 heat pipe 내벽에 120 (mesh/inch) 의 wick 로 2 층 내벽한 것이다.

heat pipe 의 양끝은 팽창가능한 부분으로 O-ring 을 이용하여 밀폐되어 있다.

또한 그 양끝은 진공계의 배관으로 마노미터 (manometer) 와 gas 용기에 접속되어 있고 광학창 도입단자가 설치되어 있다.

오링 (Oring) 은 냉각관의 물에 의해서 냉각되며 파이프의 열팽창을 돕는다.

진공실은 heater 전류 단자 및 열전대도입 단자가 설치되어 있다. 또 전자 이동속도 측정 전극계의 초기 전자를 공급하기 위해 농형으로 하였고 Filament는 직경 0.15 mm 인 텅스텐선을 사용하였고 전자 shutter는 0.32 mm 니크롬선으로 만들었다.

grid는 전자가 양극을 향하여 흐르지 않도록 하기 위하여 음극을 부로 Bias 시키고 grid-cathode 사이에 어떤 positive pulse가 가하여졌을 때만 pulse 상으로 전자가 이동 영역으로 방출하도록 되어 있다.

음극측의 전극구조는 망상구조로 이중으로 하였으며 이것은 전극을 가볍게 하고 증기가 잘 통하도록 하며 전자모획을 확실하게 하기 위한 것이다.

또한 압력계는 유면차 12.5 mm 가 1 torr에 상당하는 실리콘 오일 SH705를 U 자형 오일 마노 메타에 넣고 이것의 유면차로 부터 압력을 측정 하였다.

전자군의 이동속도 측정은 collector-cathode 사이의 전압  $V_{ck}$ 를 변화시킴에 따라  $E/N$ 를 1 - 23 ( $V \cdot cm^{-1} Torr^{-1}$ )의 범위로 변화시켜 행하였다.

여기서 pipe 내를 Rotary pump 및 Diffusion pump로 배기시켰을 때 진공도는  $1 \times 10^{-6}$  (torr)이었다.

압력범위는 3.6 - 20.1 (torr)로 하고 필라멘트 heater의 전원전압  $V_f$ 를 2.2 V로 할 때 전류  $I_f$ 는 3.2 (A)이었다.

그리고 Filament-cathode 간 전압  $V_{FK}$ 를 1.5 (V), grid-cathode 간 전압  $V_{KG}$ 를 6.0 (V), 또 positive pulse 전압 5.0 (V) pulse 폭을 0.2 ( $\mu sec$ )로 하였다.

불활성 기체 He의 압력은 오일 마노 메타로 측정하고 전극 거리는 전극을 heat pipe에 넣을 때의 중심의 위치에 있는 가를 확인하고 지지계로부터 전극까지의 길이를 측정하여 pipe 길이와의 차로 부터 구하였다.

출력신호 파형은 각 측정조건에서 증폭기를 거쳐 Osilloscope로 측정하였다.

즉 출력파형의 직선상승부와 CR의 시정수에 의한 감쇄부의 교점을 이동시간 ( $T_d$ )로 하여

Drift 거리와의 관계로 부터 전자군의 이동속도를 구하였다.

측정결과는 다음과 같다.

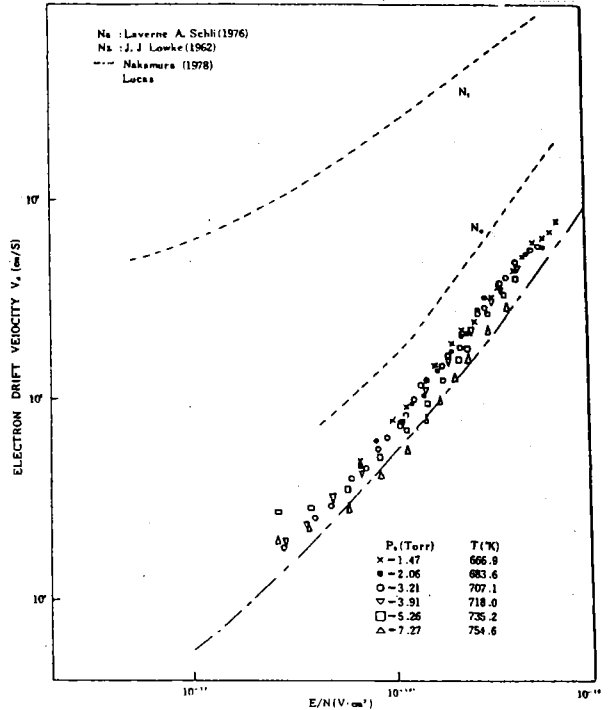


Fig 4 Electron drift Velocity in Kalium (Measurement)

### 3. 결론

순수 칼륨 (K) 금속증기중에서 전자군의 이동속도를 실험적으로 측정 한 결론은 아래와 같다.

(1). 순수 칼륨증기중에서 압력범위 3.6 - 20.1 (torr), 온도 667 - 755 (K),  $E/N$ 은  $2.8 \times 10^{-17}$  -  $5.6 \times 10^{-16}$  ( $V \cdot cm^{-1} Torr^{-1}$ ) 범위의에서 전자군의 이동속도는  $E/N = 1 \times 10^{-17}$  -  $1 \times 10^{-15} V(V \cdot cm^{-1})$ 에서 Lucas 등이 측정 한 값으로부터 예측되는 외삽곡선과 거의 일치한 값을 얻었다.

(2). 전자군의 이동속도는  $E/N = 2.8 \times 10^{-17}$  -  $5.6 \times 10^{-16}$  ( $V \cdot cm^{-1} Torr^{-1}$ ) 범위에서는  $E/N$ 에 비례하여 증감하는 결과를 얻었다.

### Reference

1. Laverne A. Schlie: Electron Velocity Distributions, Fractional Energy Transfer and Collision rates for Potential Na, NaOH and NaXe Electrically Excited Laser Discharges, J. Phys., Vol. 47, No. 4, pp. 1397-1407 (1976)

2. S. Shimizu: Theoretical Analysis of Heat Pipe Operation, UDC., Vol. No. 9, pp.729-742 (1977)
3. S.W. Angle: Heat Pipe Theory and Practice, pp. 32-72, Hemisphere Publishing Corporation (1976)
4. L.G.H. Huxley & R.W. Crompton: The Diffusion and Drift of Electrons in Gases, pp. 319 (1974)
5. Y. Nakamura and J. Lucas: Electron Drift Velocities in Mercury, Sodium and Thallium Vapours I. Experimental, J. Phys. D, Vol. 11, pp. 325-345 (1978)
6. J. Lucas: Electron Drift Velocity and Momentum Cross-Section in Mercury, Sodium and Thallium Vapours II. Theoretical, J. Phys. D, Vol. 11, pp. 337-345 (1978)
7. J.J. Lowke: The Drift Velocity of Electrons in Hydrogen and Nitrogen, J. Phys. Vol. 16, No. 1, pp. 115-135 (1962)