

### 초소형 질량 분석기를 위한 열전자 방출원 제작

송성호<sup>1</sup>, 윤현중<sup>1</sup>, Nguyen Tuan Hong<sup>2</sup>, 이순일<sup>2</sup>, 양상식<sup>1</sup>  
 아주대학교 전자공학부<sup>1</sup>, 아주대학교 물리학과<sup>2</sup>

### Fabrication of a thermoelectron emitter for a micro mass spectrometer

S. H. Song<sup>1</sup>, H. J. Yoon<sup>1</sup>, Nguyen Tuan Hong<sup>2</sup>, S. I. Lee<sup>2</sup> and S. S. Yang<sup>1</sup>  
 Division of Electrical & Computer Engineering, AJOU University<sup>1</sup>  
 Department of Physics, AJOU University<sup>2</sup>

**Abstract** - In this paper, we present the fabrication of a thermoelectron emitter for a micro mass spectrometer. The micro mass spectrometer consists of a silicon substrate with a thermoelectron emitter and glass substrate with an acceleration electrode and a repeller electrode. The hot-filament is fabricated by electroplating. We designed two shapes of thermoelectron emitter and compared the emission current.

#### 1. 서 론

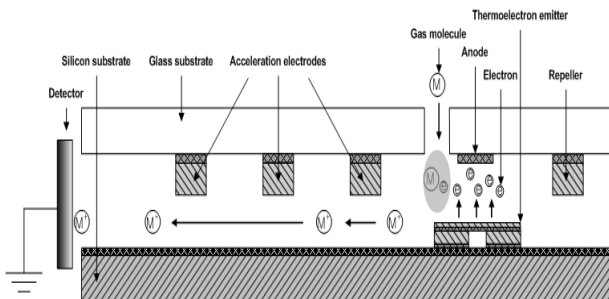
질량분석기는 정유회사에서 정량(定量) 분석을 위하여 최초로 사용하였고 오늘날에는 기초과학, 생명공학, 화학공학과 같은 순수과학에서 응용과학까지 폭 넓게 활용되고 있다[1].

질량분석기는 크게 이온화부, 질량분리부, 이온검출부로 나뉜다. 이온화부는 시료의 성분들을 전자, 이온, 분자, photon의 충격에 의해 이온화시킨다. 질량분리부는 이온화된 분자를 질량대전하비(m/z)에 따라 분리한다. 이온 검출부는 이온화된 분자를 전기신호로 바꾸어 증폭한다.

이온화 과정 중 가장 오래되고 널리 사용되는 전자 충돌(Electron Impact : EI) 방법은 거의 모든 가스와 휘발성 화합물, 그리고 금속을 함유하고 있는 기체의 분석에 사용된다. 이 방법은 방출된 전자를 시료 기체분자와 충돌시켜 분자를 이온화시킨다. 전자를 방출시키는 방법에는 전계 방출(Field emission), 열전자 방출(Thermionic emission), 2차 전자 방출(Secondary emission), 광전자 방출(Photoelectric emission) 등이 있으며 본 연구에서는 열전자 방출(Thermionic emission)을 이용한다[2].

#### 2. 전자 방출 및 질량 분석의 원리

그림 1과 같이 원하는 시료 기체를 주입하고 애노드와 캐소드 사이에 전압을 인가하고 필라멘트에 전압을 가하면 필라멘트가 가열되면서 애노드 방향으로 전자가 방출된다. 이 때 날아가는 전자는 기체상태의 분자와 충돌하게 되고 충돌한 분자는 양이온이 되어 가속부를 지나 검출기에 도달하게 되는데, 가속부를 지날 때 이온의 질량에 따라 비행시간이 달라지고 이를 검출기가 시간에 따라 이온 전류를 감지하여 질량 분석이 이루어진다[3-4].



<그림 1> 초소형 질량 분석기의 원리

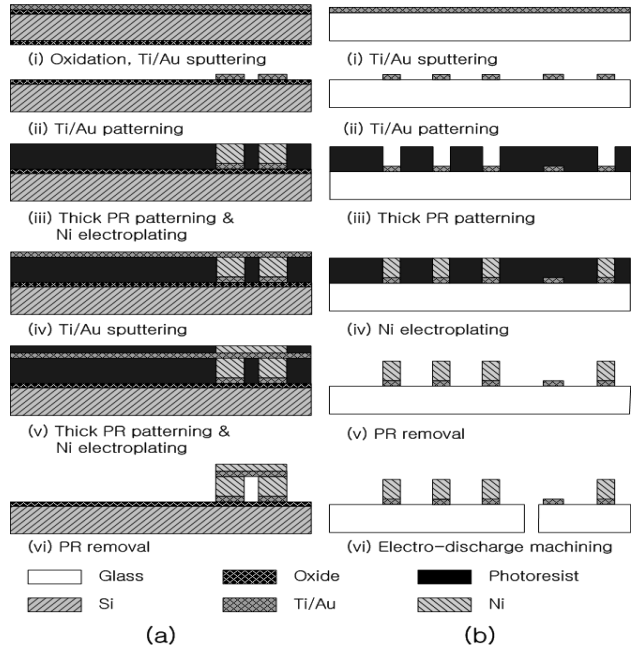
#### 3. 제작 공정

##### 3.1 상부 제작

본 연구에서 제안한 상부 기관의 제작 공정은 그림 2의 (a)와 같다. 525 μm 두께의 실리콘 웨이퍼에 산화막을 성장시킨 후 Ti/Au를 증착시킨다. AZ1512를 사용하여 패터닝한 후, Ti/Au를 식각하여 패터닝한다. AZ4620으로 패터닝하여 몰드를 형성하고 니켈 도금을 수행한다. 니켈 필라멘트를 제작하기 위하여 그 위에 Ti/Au를 증착시킨 후 다시 AZ4620으로 몰드를 형성한다. 니켈 필라멘트를 형성하기 위해 1 μm 두께로 니켈 도금을 수행한다. 최종적으로 photoresist 제거제인 EKC 800을 사용하여 모든 photoresist 몰드를 제거하고 초음파 세척기를 사용하여 부분적으로 미세하게 남아있는 photoresist까지 제거한다. 이때, 공중에 떠 있는 필라멘트는 물리적인 힘에 의해 파괴될 수 있으므로 초음파 세척이나 린스 작업 시 세심한 주의가 요구된다.

##### 3.2 하부 제작

본 연구에서 제안한 하부 기관의 제작 공정은 그림 2의 (b)와 같다. 500 μm 두께의 유리 웨이퍼에 Ti/Au를 증착 후 패터닝한다. 애노드를 제외한 리펠러(repeller)전극과 가속부에 니켈 도금을 수행하기 위하여 JSR THB-151N으로 패터닝하여 몰드를 형성한다. 100 μm 두께로 니켈 전기 도금을 수행한 후, photoresist 제거제로 몰드를 제거하고 가스 분자의 출입구를 제작하기 위하여 EDM(Electro-Discharge Machining) 방법을 통하여 유리 기관에 구멍을 뚫는다.



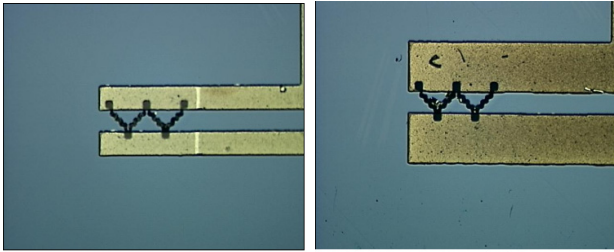
(a) 상부 기관

(b) 하부 기관

<그림 2> 초소형 질량 분석기 제작 공정도

### 3.3 제작된 필라멘트의 사진

그림 3은 최종적으로 제작된 필라멘트의 사진이다. 제작된 필라멘트의 폭은 25 $\mu$ m 이다. 필라멘트의 크기는 같고 전극의 폭을 두배 차이로 디자인한다. 전극의 폭이 두배로 크면 전극의 저항이 작아지고 상대적으로 필라멘트의 저항은 커진다. 그러므로 디자인 1에 비해 디자인 2의 필라멘트 성능이 좋을 것으로 예상하고 디자인별 전류의 특성 차이를 측정한다.



(a) 디자인 1

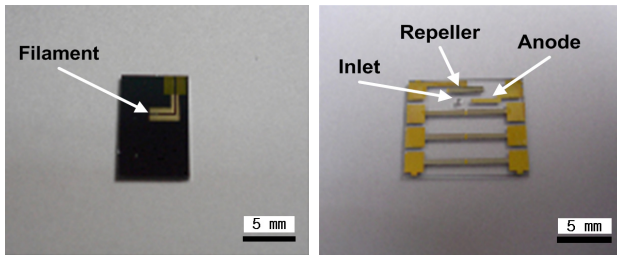
(b) 디자인 2

<그림 3> 필라멘트의 사진

### 3.4 제작된 전자 방출원의 사진

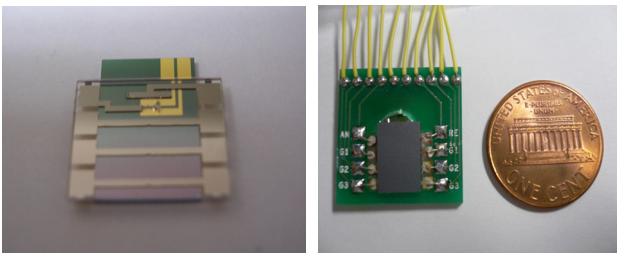
그림 4는 제작된 전자 방출원의 사진이다. 제작된 전자 방출원의 크기는 상부 기판이 7 mm × 10 mm 이고 하부 기판이 10 mm × 8 mm 이다. 그리고 PCB 기판의 크기는 20 mm × 20 mm 이다.

상부 기판의 전극패드 끝부분에 필라멘트가 제작된다. 그리고 분자의 출입구를 위해 애노드 옆에 EDM(Electro-Discharge Machining) 방법으로 1 mm 크기의 구멍을 뚫는다.



(a) 상부 기판

(b) 하부 기판



(c) 조립된 전자 방출원

(d) 패키징 및 크기 비교 사진

<그림 4> 제작된 전자 방출원의 사진

## 4. 실험 및 고찰

제작된 열전자 방출원의 특성 실험은 진공 ( $7.8 \times 10^{-6}$  Torr) 상태의 챔버 내에서 수행한다. 측정에 사용된 장비로는 High-Voltage Source-Measure Unit (Keithley Model 237)과 High-Voltage Supply (Keithley Model 248) 그리고 Digital Multi-meter (Keithley Model 2001)를 사용하였다.

열전자 방출원의 필라멘트 전극에 전압을 인가하고 필라멘트와 애노드 사이의 전자 방출전류를 측정한다. 이 때 필라멘트의 두 전극에 0 V부터 0.8 V까지의 전압을 인가하였고 애노드에는 1500 V까지 전압을 인가하여 방출전류를 측정한다. 그림 5는 전압 증가에 따른 필라멘트의 발광 사진이다.



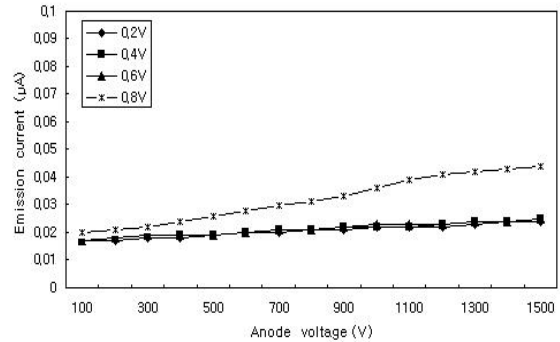
(a) 0V

(b) 0.6V

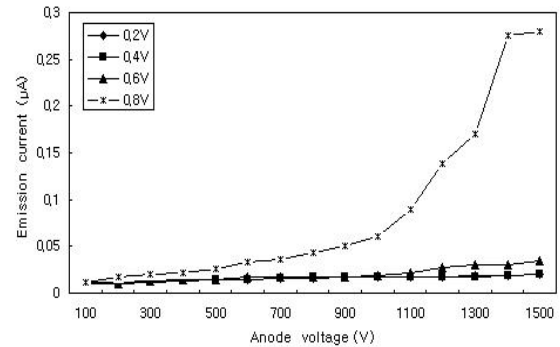
(c) 1.0V

<그림 5> 필라멘트 발광 사진

필라멘트와 애노드 사이에서 측정 한 전류는 그림 6과 같다. 디자인 1과 2를 비교 실험한 결과, 예상과 같이 디자인 1에 비하여 디자인 2의 최대 전류가 약 5~6배 정도 높게 측정되었다.



(a) 디자인 1



(b) 디자인 2

<그림 6> 인가된 전압에 따른 방출된 전류

## 5. 결 론

본 논문에서는 니켈 도금으로 제작한 필라멘트를 사용하여 열전자 방출원을 제작하고 동작 특성을 실험하였다. 향후에는 필라멘트를 텅스텐이나 니크롬으로 제작하여 비교 실험하고 가장 적합한 재료와 디자인을 구현할 계획이다. 또한 질량분석기에 적합한 검출기를 설계 및 제작하여 초소형의 비행 시간형 질량 분석기를 제작할 계획이다.

## [참 고 문 헌]

- [1] Frederick A. White, George M. Wood "MASS SPECTROMETRY: Applications in Science and Engineering", A Wiley-Interscience Publication, p.16, 1986 pp.293-296, October 2003
- [2] E. Constantin, A.Schnell, "MASS SPECTROMETRY", ELLIS HORWOOD, p.16, 1991
- [3] 강민정, "질량분석기의 원리와 응용", Polymer Science and Technology, Vol. 17, No.3, pp.368-377, June 2006
- [4] H. J. Yoon, J. H. Kim, E. S. Choi, S. S. Yang, K. W. Jung, "Fabrication of a novel micro time-of-flight mass spectrometer", Sensors and Actuators A, Vol. 97-98, pp.441-447, 2002