

# MIM(Metal-Insulator-Metal) Cathode를 이용한 Lithography 연구

최광남, 광성관, 정관수, 김동식\*, 강창수\*\*

경희대학교 전자공학과

\*인하공업전문대학 컴퓨터정보공학부

\*\*유한대학 전자정보과

031-201-2958

## A study on the lithography using MIM cathodes

Kwang Nam Choi, Sung Kwan Kwak, Kwan Soo Chung, Dong Sik Kim\*,  
and Chang Soo Kang\*\*

Electronic Engineering Department, Kyunghee University, Korea

\*School of Computing & Information System, Inha Technical College, Korea

\*\*Dept. of Electronic Engineering Information, Yuhan College, Korea  
flash@khu.ac.kr

### Abstract

We have developed an electron lithography method, Electron Emission Lithography (EEL), which is capable of printing integrated circuits with an exposure time of only a few seconds. The basic design of the mask, manufactured by standard MIM technology, will be discussed. Patterns printed into e-beam resist by a 1:1 projection system show the applicability of the mask for lithography purposes. The minimum feature size projected so far is 10  $\mu\text{m}$  in a system capable of 100 m resolution. Further improvements in resolution to 50 nm are possible.

### I. 서론

노광(lithography)은 반도체 생산에서 비용이 가장 많이 드는 부문으로서 노광장비가 차지하는 비율은 전체 fab비용 중 20%를 차지하고 있다. 또한 lithography 비용은 다른 공정의 비용에 비해 훨씬 빠른 속도로 증가 하고 있다. 과거 1Mb 칩 제조에 10회 정도의 노광이 필요했지만 64Mb unit제조에 23개 마스크 층이 필요하고 256Mb unit의 경우엔 27개 마스크 층이 필요하다.<sup>[1-3]</sup> 현재까지 extreme ultraviolet lithography (EUV), x-ray lithography (XRL), electron projection lithography (EPL) 및 ion projection lithography (IPL) 등 차세대 lithography (Next Generation Lithography) 장비개발을 위해 수백만 달러의 돈이 투자되어 왔다. 이 가운데 EPL기술은 SCALPEL, PREVAIL, FED의 세 가지 방식으로 진행되어 왔고 이들 장비는 매우 복잡하며 대부

분 양산체제까지 몇 년은 더 기다려야 한다. SCALPEL 은 2006년이 되어야 양산 환경에 돌입할 것으로 보이며 throughput은 15 wph 정도로 낮을 것으로 보인다. 따라서 throughput이 높으며 장비도 덜 복잡한 개념의 기술이 필요로 하고 있으며 이를 실현하여야만 고집적도의 반도체소자를 적절한 가격으로 생산 할 수 있을 것으로 판단된다.

### II. 이론

강한 전계가 가해졌을 때 평판 금속 및 반도체 표면에서 진공 중으로 전자 (cold electron)가 tunneling한다는 것은 이미 양자역학에서 예견된 사실이었으며, 이는 전자의 image potential과 가해진 전계에 의한 potential energy의 합으로 설명될 수 있다. 특히 5 kV/ $\mu\text{m}$  이상의 강한 전계가

표면에 가해지면 total potential이 변해 전자의 tunneling이 가능해진다. 이런 형태의 emitter에 가해진 전계와 방출되는 전자에 의한 전류밀도는 Fowler-Nordheim 식으로 기술된다. 전자 tunneling 길이 및 투과도는 emitter의 일함수 (work function) 및 인가된 전기장과 밀접한 관계가 있다.

전계방출 효과를 설명하는 수식을 Fowler-Nordheim 방정식이라 하고 다음과 같이 표현되며 현재 모든 전계방출 현상은 이 방정식에 의해 검증되어진다. 전계방출 효과를 최대화하기 위한 parameter는 전기장뿐만 아니라 일함수로 표현되는 소자의 재료, 그리고 기하학적 구조 등이 있다.

Fowler-Nordheim equation을 나타내 보면 다음과 같다.<sup>[4][5]</sup>

$$J = \frac{e^3 E^2}{8\pi h \Phi^2(y)} \exp\left[ \frac{8\pi(2m)^{1/2} \Phi^{3/2}}{2heE} \nu(y) \right]$$

식 1 . Fowler-Nordheim equation

J: 단위면적당 전류

E: 전기장

$\Phi$  일함수

$$y = \frac{(e^3 E)^{1/2}}{\Phi} = \frac{3.79 \times 10^{-4} E^{1/2}}{\Phi}$$

$$t^2(y) = 1.1$$

$$\nu(y) = 0.95 - y^2$$

여기서 전기장 E는 표면의 모양에 의해 결정되므로 기하학적 인자  $\beta$  를 이용하여 표현하면 다음과 같다.

$$E = \beta V = -\frac{h}{dr} V$$

식 2 . 전기장 E

즉, 높이 h 에 비례하고 팁의 반지름 r 과 양극과 음극사이의 거리 d 에 반비례 한다. 이를 위의 전류밀도 공식에 대입하면 거리등의 기하학적 인자와 소자의 일함수에 의해 방출되는

$$J = 1.5 \times 10^{-6} \frac{h^2 V^2}{d^2 r^2 \Phi} \exp\left[ \left( \frac{10.4}{\Phi^{1/2}} \right) - \left( \frac{6.44 \times 10^7 dr \Phi^{3/2}}{hV} \right) \right] [A \cdot cm^{-2}]$$

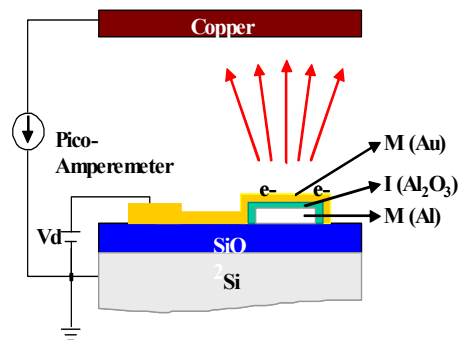
식 3. 방출되는 전자의 양

전자의 양을 아래와 기술할 수 있다.

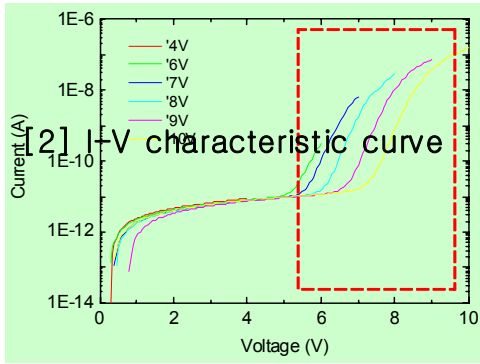
### III. 실험

#### III- I . Emission current 측정

우리는 MIM cathodes를 사용하여 어느 정도의 Electron emission 전류가 구리판에 인가되는지의 실험을 해보았다. 이것은 실제 Resist에 Lithography를 하기 전의 단계의 데이터로 사용될 실험이 되겠다. 그림 [1]은 MIM 구조의 하부 전극과 구리판의 상부 전극을 만들어 전압을 걸었을 때의 Electron emission 상태를 나타낸 그림이다. 그림 [2]는 그림 [1]에 대한 전압과 전류 관계를 측정하여 나타낸 표이다. Electron emission 실험결과 diode 전압(Vd)이 6~10V 까지 가변시켰을 때 발생하는 Emission current는 4~20 nA 형성이 된다.<sup>[6]</sup>



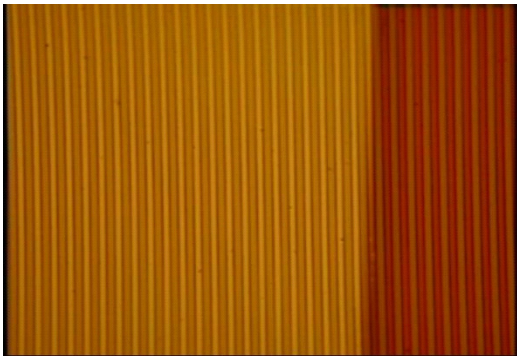
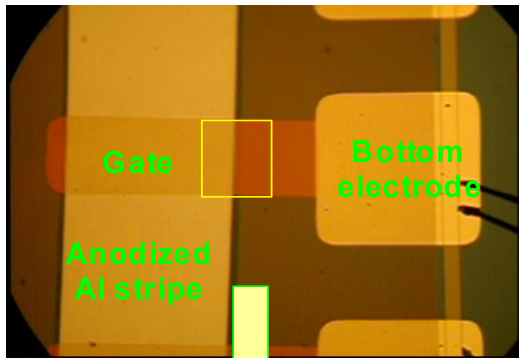
[1] Schematic diagram



[2] I-V characteristic curve

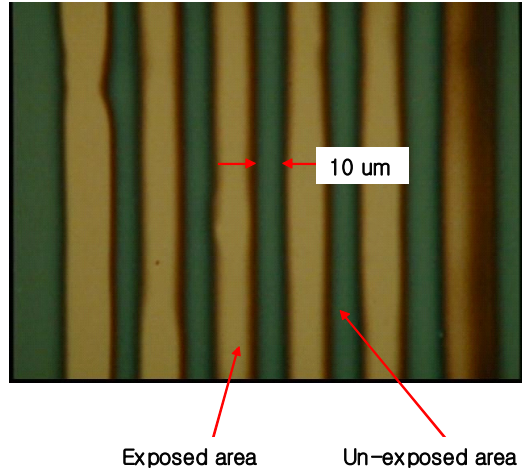
### III- II. 실제 제작한 emitter와 emitting pattern

그림[3]에서 위쪽 부분의 그림은 금속 차폐층을 이용하여 실제 제작된 MIM emitter 모습이고 아래쪽 부분의 그림은 실제 Emission이 일어나는 부분을 확대한 것이다. 그림 [4]는 MIM Emitter에 의해 Emission이 실제로 일어나서 Resist가 Pattern된 모습을 나타낸다.



[3] MIM Emitter

그림[3]은 실제 제작한 소자의 모습을 광학현미경을 이용해 본 모습이다. PR을 이용하여 MIM구조위에 pattern 한 모습이다. 이 소자에 전계를 가하면 그림[4]와 같은 모습의 패턴을 얻을 수 있다.



[4] Patterned resist

그림[4]는 실제 resist막에 패터닝된 모습이다. 현재는 10um의 선폭을 나타내고 있다. resist로는 ZEP-520을 사용하였으며,  $10^{-6}$  torr에서 실험을 하였다.

### IV. 결론

앞의 실험에서 우리는 10um 크기의 선 패턴을 얻을 수 있었다. 이로서 MIM cathodes가 Projection Electron Lithography에서 적용될 수 있는 여러 가지 좋은 성질을 가지고 있고 볼 수 있다. 가장 큰 장점은 큰 작업 영역, 빠른 노광 속도, 실온에서 Emitting되는 뚜렷한 특징, 그리고 비용 측면에서도 적게 든다는 것이다. 또한 Emitted electron의 I-V 측정은 MIM cathodes를 이용한 Lithography에 위한 중요한 자료로 사용될 것이다.

### 감사의 글

본 연구는 경희대학교 교비연구비 “과제번호 20050332”에 의해 수행되었으며, 이에 깊은 감사드립니다.

## 참고문헌

- [1] Robert T. Smith, Electronics development for field-emission displays Information Display 2/98.
- [2] R. B. V, Eindhoven, "Two-Terminal Devices Technologies for AMLCDs", SID 95 Digest, pp .7 ~ 10, 1995.
- [3] S. Newmann, R. Smith, C. Penn, Development of a 5.1inch field emission display, SID 98.
- [4] T. Nitta, T. Ohmi, M. Otsuki, and T. Shibata, J. Electrochem. Soc., 139, p922, 1992.
- [5] A. Ghis, R. Meyer, F. Levy, P. Rambaud and T. Leroux, Sealed vacuum devices: Microtips fluorescent displays. In 3rd Int. Conf. On Vacuum Microelectronics Monterey, CA. 1990, and IEEE Trnas. Electron Devices **38**(10), 2320 (1991).
- [6] S. Itoh, A new structure of field emitter arrays, J. Vac. Sci. Technol. B **14**(3), 1997 (1996).