

I. 서론

중심축상 대칭인 방출전극과 평판추출극으로 구성된 전계 방출 구조에 대한 해석은 전계방출 전자나 이온의 평행과 비평행 궤도에 대한 해석을 위하여 주요한 관심사이다. 이는 일반 현미경용 전계방출구조나 마이크로경통(microcolumn)용 및 마이크로탐침(microprobe) 구조 등의 연구와 최근에 각광을 받고 있는 평판 표시(flat panel display) 등 미세 전계 구조를 해석하는데 유용하다. 본 연구에서는 바늘형 방출극을 선전하로 하고 선전하에 대한 영상전하 방법으로 평면 추출극의 경계조건을 만족하는 양 전극간의 전장해를 구한다. 이러한 방법으로 방출극 정점의 형태와 양극의 기하구조에 대한 해를 기술한다. 그리고 여기서 사용한 영상전하 기법은 전계 방출 마이크로 삼극(field emission microtriodes : FEMTS) 구조를 기술하는데도 응용할 수 있을 것이다.

II. 영상전하법에 의한 전장해

중심축상의 거리  $z$ 에 대하여 선전하 분포를 상수와  $z^{-1}$ 을 선형적인 조합으로 구성한 선전하로부터 특정한 형태를 갖는 방출극에 대한 전위해를 얻을 수 있다. 선전하  $\lambda(z)$ 를 상수와  $1/z$ 를 선형조합으로하여  $\lambda_1(z) = \lambda_0 \left[ 1 - \alpha \left( \frac{a}{z} \right) \right]$ 와  $\lambda_2(z) = \frac{\lambda_0}{1-z}$ ,  $(0 \leq z \leq 1-a)$ ,  $\lambda_3(z) = \frac{\lambda_0}{a} (1-a \leq z)$  두 가지의 선전하 밀도에 대한 해를 기술한다.

III. 결과 및 논의

전계방출은 방출극의 정점의 형태와 방출극과 추출극간의 전위분포에 따라서 그 특성이 결정된다. 양극간의 축상에 선전하를 가정하고 선전하에 대한 영상전하로부터 양극간의 전위를 얻는다. 중심축상의 선전하분포를 변화시킴으로써 방출극의 다양한 형태의 기하구조에 대한 정전해를 얻는다.

그림 1은 평판 추출극과 특정한 형태의 방출극 사이의 등전위 곡선을 나타내었다. 이 그림은 양극간의 거리  $d \approx 10 \mu m$  이고 방출극의 곡률이  $\sim 4 \mu m$  인 마이크로 구조의 전계방출 소자에 대한 양극 구조에 해당한다. 그림 2은 첫 번째 식으로 주어지는 선전하에 해당하는 방출극의 형태와 양극간 축상의 전위분포, 그림 2은 현미경과 같은 일반적인 전계 구조인 양극간의 거리  $d = 1 mm$ 와  $r_0 = a = 1 \mu m$ 에 대한 결과이다.  $\alpha$  값의 변화에 따라 축상의 선전하 밀도의 분포가 변화한다. 그림 2와 같이  $\alpha$  값에 대하여 방출극의 형태가 결정된다.  $\alpha = 0$ 인 일정한 선전하 밀도와  $\alpha > 0$ 인 앞부분이 작은 선전하에 대하여는 포물형(parabolic)의 방출극의 구조를 갖는다.  $\alpha = 0$ 인 포물형에 대한 식은  $y = r_0 - x^2/4(r_0 + a)$ 로 주어지며, 따라서 방출극 정점의 곡률  $R \approx 2(r_0 + a)$ 로서  $\sim 4.0 \mu m$ 이다.  $\alpha = 1$ 이면 곡률은  $2(r_0 + a)$  보다 다소 커진다.  $\alpha < 0$ 이면 점차 볼록형(plolate)으로 되며 그림 3과 같이  $\alpha = -5$ 일때 거의 원통형이며,  $\alpha = -10$ 과 같이 음의 값으로 커지면 표주박형의 목이 잘룩한 형태가 된다.  $\alpha < 0$ 일 때의 정점의 곡률은 대개  $2(r_0 + a)$  보다 다소 작은 값을 갖는데,  $\alpha$ 가 음의 값으로 커질수록 곡률이 작아진다. 각각의  $\alpha$  값에 대한 곡률  $R$ 을 그림 2의 내부에 나타내었다. 대개 곡률 반경  $\sim 2(r_0 + a) = \sim 4 \mu m$ 일 때 방출극의 모양에 따라서 전기장의 세기가 달라진다. 방출극의 표주박형 일수록 포물형일 때 보다 전기장이 더 커진다.

그림 3와 4는 침전형에 대한 기하구조와 각각의 전위 및 방출극 정점의 전기장의 세기를 나타내었다. 여기서  $a$ 의 값에 따라서 선전하분포가 달라진다.  $a$ 가 작아질수록 급격한 전하분포를 갖는다. 따라서  $a$ 는 전극의 침점구조의 중심각의 크기를 변화하는 변수가 된다. 또한  $r_0$ 의 변화에 따라서 침점형의 중심각도 변한다. 그러나  $r_0$ 는 주로 그림 2와 같이 정점의 곡률을 정해주는 값이다. 대개 곡률  $R$ 은  $R \approx 2r_0$ 의 값을 갖는다. 이와 같이  $l, a, r_0$ 의 세가지 변수의 변화에 따라서 다양한 형태의 침점형을 얻을 수 있다. 이때  $l$ 은 주로 침점형의 크기를 정해준다. 즉,  $l \sim 1 mm$ 이면 일반적인 현미경용 방출극의 크기에 해당하는 침점구조이며,  $l \sim \mu m$ 이면 마이크로 구조의 방출극의 구조에 해당한다.  $a$ 는 주로 침점의 중심각의 크기를 조정한다. 또한  $r_0$ 는  $a$ 의 변화에 의한 중심각의 크기 변화보다 작은 미세 조정의 기능을 갖는다. 따라서  $r_0$ 는 주로 정점의 곡률을 결정한다. 그림 3와 4는  $l = d = 1 mm$ 인 일반 현미경의 전계구조에 대한 결과로서 액체금속이온원의 경우 정점의 곡률이 약  $20 \text{ \AA}$ 이며 Taylor콘의 침점형 구조를 갖는 경우에 대하여 기술하였

다. 그림 3은  $r_0 = 10 \text{ \AA}$ 인 경우  $a$ 의 변화에 따른 침점형의 변화를 보였다.  $a$ 의 값이 클수록 침점형의 각도가 줄어든다. 그림 3의 상단 부분에 곡률  $R$ 을 동시에 나타내었다.  $r_0 = 10 \text{ \AA}$ 에 대하여  $a$ 값에 따른 곡률  $R$ 은 대개  $\sim 2r_0$ 임을 알 수 있다. 다만  $a$ 가 작을수록 곡률이 다소 크게 나타난다.  $a$ 의 변화에 따른 양극간 전위분포와 정점의 전기장의 세기  $E_0$ 를 나타내었다.  $a$ 가 커서 침점의 각도가 줄어들수록 정점의 전기장의 세기가 커진다. 그림 4는  $a = 500 \text{ \AA}$ 으로하여  $r_0$ 의 변화에 의한 침점형의 각도 변화를 보였다. 대개 정점의 곡률이  $\sim 2r_0$ 로 주어지며  $r_0$ 의 변화에 따라서 침점형의 각도가 미세하게 변화함을 나타낸다.

#### IV. 결론

전계 방출의 방출극의 형태와 추출극의 기하형태를 고려하여 일반적인 전계 방출구조와 마이크로구조의 전계방출소자에 대하여 선전하에 대한 영상전하법에 의해 구해진 전기장의 해는 전계방출극의 방출 특성을 해석하는데 응용할 수 있다. 방출극 축상의 선전하 밀도의 분포에 따라서 포물형과 여러 가지의 불룩형을 얻을 수 있을 뿐만 아니라 침점형에 대한 완전한 형태의 해를 얻었다. 특히, 침점형에 대하여도 침점구조의 크기와 점근각의 크기 및 정점의 곡률을 임의로 결정할 수 있다.

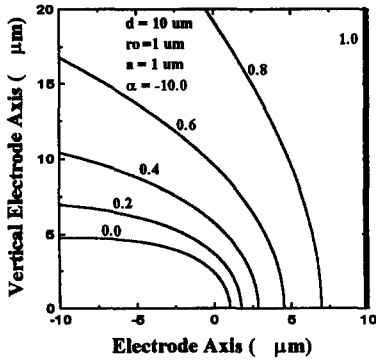


그림 1

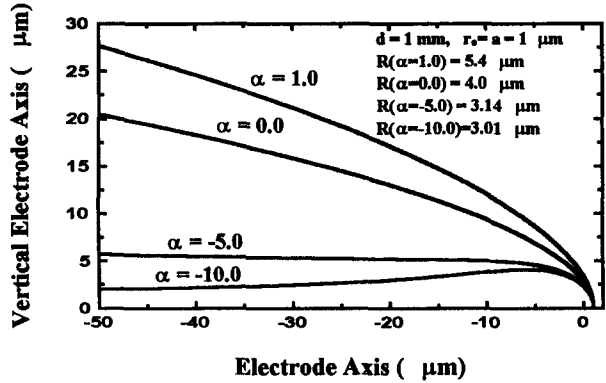


그림 2

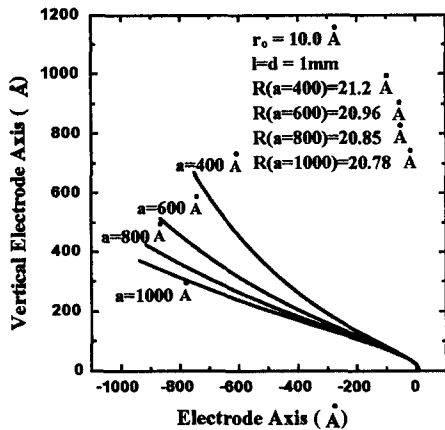


그림 3

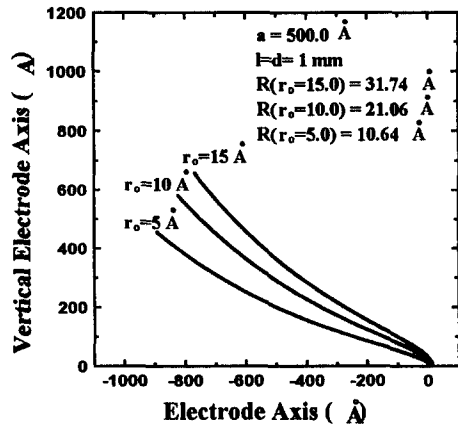


그림 4