

## 규소기판의 균일한 구멍배렬형성을 위한 전기화학부식에서 림계전류밀도에 미치는 인자들의 영향

강인철, 장철호

경애하는 김정은동지께서는 다음과 같이 말씀하시였다.

《우리는 현대과학기술을 원동력으로 하고 첨단산업을 기둥으로 하는 지식경제의 토대를 구축하며 인민경제의 주체화, 현대화, 과학화, 정보화를 높은 수준에서 실현하여야 합니다.》

규소의 전기화학부식기술은 미소전기기계체계(MEMS)를 매우 쉽게 적은 원가로 실현할수 있으며 전기발광 및 수감소자제작에서 널리 리용되고있는 다공성규소를 얻을수 있는 기술로서 반도체기술에서 핵심적인 자리를 차지한다.[1]

론문에서는 규소기판에 균일한 구멍배렬을 형성하기 위한 규소의 전기화학부식에서 중요한 특성량으로 되는 림계전류밀도를 결정하고 림계전류밀도에 미치는 여러 인자들의 영향을 평가하였다.

규소기판에 균일한 구멍배렬을 실현하기 위하여 반응중심으로 되는 역피라미드형홈들을 형성하고 규소기판을 음극으로, 백금전극을 양극으로 하여 불산속에서 전기화학부식을 진행한다. 이때 전압-전류특성곡선에는 반드시 경사도가 급격히 변화되다가 완만히 변화되는 구역을 가르는 림계전류밀도가 존재하게 된다.[2] 이 림계전류밀도값을 기준으로 하여 전기화학반응이 다르게 일어나며 구멍침단에서 전기나르개의 이동과 부식용액에서의 이온전도가 달라지기때문에 이 값을 정확히 결정하여야 한다. 그래야 규소의 전기화학부식에서 중요한 인자인 전류밀도를 옳게 설정하여 요구하는 구조를 얻을수 있다.

### 실 험 방 법

실험에서는 비저항이  $5\sim 20\ \Omega\cdot\text{cm}$  정도이고 두께가  $200\sim 300\ \mu\text{m}$  인 면방위가 (100)인 규소기판을 리용하였다. 기판우에는 산화막도형새김기술과 수산화칼리움용액에서 면방위에 따라 규소의 부식정도가 다른것을 리용하여 형성한 균일한 역피라미드형홈배렬을 실현함으로써 전기화학부식중심들을 형성하였다.

규소기판의 뒤면에 살창구조의 알루미늄이온전극을 음접촉시켰다. 반응용기는 불산에 전지는 테플론수지를 리용하여 제작하였고 양극으로서는 백금선을 라선모양으로 만들어 리용하였으며 반응액은 불산과 에틸알콜의 혼합용액을 리용하였다. 기판의 부식면적은  $4\text{cm}^2$  정도이고 300W 할로젠등을 리용하여 구멍을 발생시켰으며 할로젠등의 전압을 변화시켜 빛세기를 조절하였다.

## 결과 및 분석

각이한 할로젠등전압(빛세기)에서 규소기판의 전압-전류특성은 그림 1과 같다.

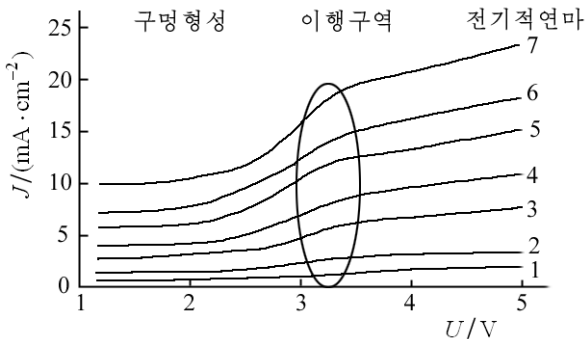


그림 1. 각이한 할로젠등전압에서 전압-전류특성  
1-7은 등전압이 0, 50, 80, 100, 130, 150, 170V인 경우

각이한 등전압에서의 전압전류곡선에서 알수 있는것처럼 그래프에서 타원으로 표시한 구역을 기준으로 그래프의 경사도가 달라지며 이 값이 바로 해당한 빛세기에서의 림계전류밀도( $J_{PS}$ )이다.

전류밀도에 따르는 전기화학부식결과는 그림 2와 같다.

그림 2의 ㄱ)에서 보는것처럼 림계전류밀도이상에서는 기판이 전반적으로 부식되어 없어지는 전기적연마가 진행된다. (타원으로 표시한 부분) 그러나 전류밀도가 림계전류밀도와 비슷한 경우에는 균일

하고 안전한 구멍배열이 형성되게 된다.(그림 2의 ㄴ))

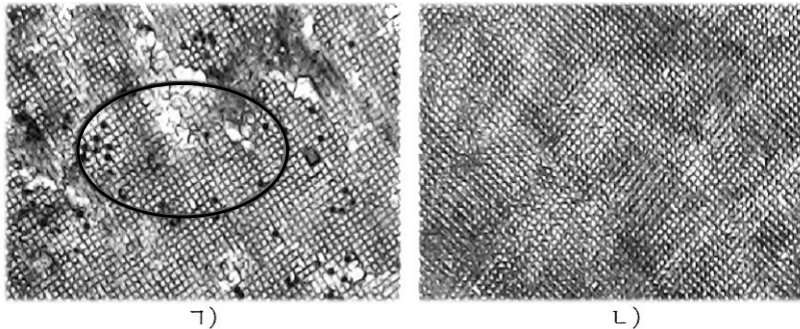


그림 2. 전류밀도에 따르는 전기화학부식결과(불산농도 5%)

ㄱ) 등전압 130V, 전류밀도 14mA/cm², 전압 4.8V인 경우,

ㄴ) 등전압 100V, 전류밀도 8.6mA/cm², 전압 2.8V인 경우

림계전류밀도이상에서 전류밀도가 급격히 커지는것은 림계전류밀도보다 큰 전류밀도에 대하여서는 규소와 불산사이의 4가반응이 진행되면서 반응이 등방성을 가지는것으로 하여 모든 방향으로의 부식이 다 일어나기때문이다. 그러나 전류밀도가 림계전류밀도보다 작으면 2가반응이 일어나면서 반응의 비등방적인 성질로 하여 한방향으로의 부식이 일어나게 된다.[3]

다음으로 림계전류밀도에 미치는 불산농도의 영향을 보았다.

불산농도에 따르는 전압-전류특성(등전압 130V)은 그림 3과 같다.

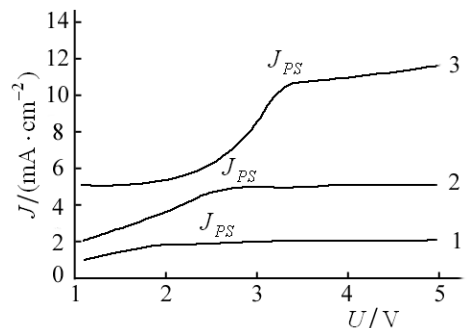


그림 3. 불산농도에 따르는 전압-전류특성  
1-3은 불산농도가 1.1, 3, 5%인 경우

그림 3에서 보는것처럼 불산농도가 증가할수록 림계전류밀도는 커진다는것을 알수 있다. 이것은 불산농도가 증가할수록 더 많은 구멍들이 반응에 참가하기때문이다. 불산농도가 작아짐에 따라 림계전류밀도값은 감소한다. 그러므로 전기연마는 낮은 불산농도에서 보다 쉽게 이루어진다.

일반적으로 림계전류밀도는 농도의 3/2제곱에 비례한다.[1] 실험결과는 이러한 선행 연구결과와 비교적 잘 일치한다.

림계전류밀도가 지내 크면 할로젠등의 출력이 제한되어있는것으로 하여 얻을수 있는 전류밀도가 제한되어 안전한 구멍형성이 진행되지 않으며 림계전류밀도가 너무 작으면 부식시간이 지내 오래 걸리는 결함이 있다.

그러므로 안전한 구멍배렬실험을 위하여 부식액의 농도를 4~5%범위에서 설정하였다.

## 맺 는 말

림계전류밀도는 빛세기와 불산농도에 따라 다같이 증가하며 이 값을 기준으로 하여 규소의 구조적성질은 완전히 차이난다. 이때 안전한 구멍배렬실험을 위한 특성값들은 불산농도 4~5%, 전압 2.5~3V, 등전압 130V이다.

## 참 고 문 헌

- [1] G. Barillaro; ECS Transactions, 69, 2, 39, 2015.
- [2] M. Bassu et al.; Adv. Funct. Mater., 22, 1222, 2012.
- [3] H. Föll; Materials Science and Engineering, R 39, 93, 2002.

주체110(2021)년 3월 5일 원고접수

## On the Influence of Various Factors on Critical Current Density in Electrochemical Etching of Silicon Wafer for Homogeneous Holes Arrangement

Kang In Chol, Jang Chol Ho

We have investigated the *I-U* characteristic of silicon in HF solution, aiming at finding the critical current density which leads to the reaction conversion. The main results show that the critical current density strongly depends on the light intensity and the HF concentration.

Keywords: critical current density, silicon etching