

## 『첨단마이크로·나노 광학계』 기술연수를 마치고...



글/신진다이아몬드공업 장동빈 연구소장

국내를 포함하여 세계적으로 마이크로·나노 광학 분야에 대한 관심이 매우 고조된 시점에서 지난 8월 17일부터 22일까지 일본 큐슈대학에서 열린 「첨단 마이크로·나노 광학계」 기술연수는 CMP와 MEMS 기술을 포함한 광학기술 전반에 걸친 내용으로서 필자를 포함하여 연수생들에게 많은 도움이 되었다. 특히 연수단이 대부분 연구개발 담당자들로 구성된 만큼 금번 일본의 첨단 마이크로·나노 기술 연수를 통하여 창의적인 아이디어를 발견하고 새로운 사업화 가능성을 느끼기에 충분했다는 생각이 든다.

또한 이번 기술연수를 통해 얻은 값진 결과중 또 한 가지는 국내 광학기술 전문가들과 필자처럼 광학산업 연관분야 전문가들이 대거 참가한 만큼 일본 큐슈대학에서 개최한 CMP와 MEMS 기술 뿐만 아니라 국내 광학산업과 관련된 설계, 재료, 제품의 개별현황과 전망 등에 대해서도 서로 심도 있는 논의의 시간을 가짐으로써 더욱 큰 의미가 있었던 것 같다.

모든 연수 참가자의 마음도 크게 다르지 않을 듯싶는데, 필자의 회사는 다이아몬드공구를 만드는 회사가 아니라 빛을 이용한 모든 곳에 사용되는 장비를 만드는

회사라고 생각하면서 연수에 참가했지만, 부족하고 아쉬움이 남는 것은 어쩔 수 없나 보다.

### 『첨단 마이크로·나노 광학계』 기술연수 내용

일본 큐슈대학 이토 캠퍼스에서 개최된 첨단 마이크로·나노 광학계 기술연수는 첫날 도이 교수의 CMP 강의로 시작했다. 도이 교수는 차세대 LSI 공정에 관해서 “광역 평탄화가 고성능 LSI를 실현하는 핵심기술이며 그 수법으로는 CMP가 필수적인 기술”이라고 역설했다.

초정밀 연마 기술의 하나인 CMP 기술은 오염 없는 ‘연마’라는 이미지를 불식하고 CMP 장치도 반도체 제조 장치의 하나로서 인지되어야 할 것이다. 그리고 반도체 제조 장치의 하나로서의 CMP system은 CMP 가공계와 가공 후 세정계가 중심이 되고 기기, 공구 등이 요소기술로서 중요한 역할을 하고 있다. 가공 system에서는 평탄화 정밀도의 관계로부터 슬러리와 그 공급, 관리부, 패드와 그 conditioning부, 웨이퍼부, 가압부

등이 제어해야 할 요소가 된다. 도이 교수는 “세정 system에서는 particle이나 금속 불순물을 제거하는 점에서 초순수 연마 등에 의한 세정공정이 중요하다”고 다시 한번 강조하였다.

일반적으로 기계적 연마에서는 웨이퍼 패드간의 상대 속도 및 가공압력이 균일하게 부여되고, 또한 균일하게 슬러리가 공급되면 웨이퍼 전면은 균등하게 연마된다. 그리고 웨이퍼 표면 제거 속도(MPR)는 상대속도와 가공 압력에 거의 비례한다. 그렇지만, CMP와 같이 화학적 작용이 부가되는 연마에서는 그 위에 웨이퍼 표면과 슬러리와 화학 반응이 더해지는 것에 주의하지 않으면 안 된다. 역시 CMP의 경우도 MPR는 거의 상대속도와 가공 압력에 비례하는 경우가 보통이며 아래 식과 같이 표시된다.

$$MPR(\mu\text{m} / \text{min}) = \eta \cdot p \cdot v$$

$\eta$ : 가공 조건으로 정해지는 상수

$p$ : 단위면적당의 각 압력

$v$ : 웨이퍼와 패드의 상대속도

위 식으로부터 가공 압력  $p$ 와 상대속도  $v$ 가 웨이퍼의 표면 제거 속도  $MPR$ 을 정하는 중심 인자이지만 화학적 작용이 복합된 CMP에서는 Preston 계수  $\eta$ 에 의해  $MPR$ 가 크게 변동한다.

한편, 이번 연수의 특징 중 하나는 연수 내용을 직접 체험하고 실험할 수 있도록 프로그램을 계획하고 실행하여 연수 효과를 높일 수 있었다는 점이다. 네 그룹으로 나누어서 진행된 실험은 매우 흥미로웠다. 동일 조건의 슬러리와 농도, 그리고 회전 속도를 고정하고 일정 작업 시간에 연마장치의 압력변화에 따른 연마량을 측정하는 실험과(C그룹) 동일 조건의 슬러리와 농도, 그리고 압력을 고정하고 일정한 작업시간에 연마 장치의 회

전속도의 변화에 따른 연마량을 측정하는 실험(B그룹)을 통하여 MPR는 거의 상대 속도와 가공 압력에 비례하는 경향을 나타내었다.

$$MPR(\mu\text{m} / \text{min}) = \eta \cdot p \cdot v$$

하지만 MPR의 균일성을 유지하기 위한 조건으로는 최적의 슬러리의 선택이 중요함을 알 수 있었다. 결론적으로 가공정밀도를 확보하고 생산성을 확보하기 위해서는 이들 변수들을 5% 내로 제어하는 것이 중요한 것이다.

연수 셋째 날에는 큐슈대학 사와다 교수로부터 “MEMS(Micro Electro Mechanical System: 미소전기기계시스템)는 전자회로뿐만이 아니라 액츄에이터와 같은 서로 다른 요소를 실리콘 기판위에 집적화시킨 소형이면서 복잡하고 고도의 작용을 한다”는 내용의 강의를 받았다. 반도체 집적회로의 제조기술을 기본으로 하여 전자, 광학, 기계, 재료 등의 다양한 기술을 융합한 미세가공기술로 만들어져 산업기계(LSI 프로바 등), 계측기, 의학·바이오(카테터 등), 환경·방재(적외선 센서 등)와 같은 넓은 분야에서 고부가가치의 기간부품으로 응용되고 있는 예들을 직접 들을 수 있는 생동감이 있는 강의였다.

사와다 교수는 자신의 연구 업적을 “대단하지 않다”고 말하면서 참가자들에게 “관심을 가지고 노력하면 쉽게 할 수 있다”며 자신감을 심어주기 위해 애쓰시던 모습이 지금도 눈에 선하다. 사와다 교수의 연구에 대한 슬로건은 “간단하게 하라!(Keep it Simple)” 였다. 항상 가슴에 담고 싶은 얘기인 것 같다.

풍부한 경험을 바탕으로 진행된 강의는 좀 지루한 감도 있었지만, 내용면에 있어서는 매우 유익한 시간이었다. 첨단 마이크로·나노머시닝 대부분은 마스크패턴



▶ 도이 교수의 CMP 기술 강의를 경청하고 있는 연수생들



▶ CMP 실험장비

을 광으로 전사하는 “포토 페브리케이션”을 기준으로 하여 실리콘을 깊이 에칭하거나 양극 접합이라 불리는 방법으로 접합하여 어느 정도 미세가공을 하는 다양한 방법 등이 소개되었다.

미래의 LSI를 만드는 데는 미세 패턴을 마스크 없이 고속으로 묘화하는 장치 등에 응용 분야는 많다. 기술세미나를 통해 제시한 응용분야는 크게 다음과 같다.

- Micromirror array
- Intergrated optical displacement sensors
- Intergrated optical blood flow sensor

사와다 교수의 광학 MEMS 센서 연구는 대부분 일본의 기업과 공동으로 연구를 진행하고 있는 점이 특징이었다. 그리고 광 MEMS 다음 공정인 패키지 공정을 고려하여 최대한 간단하게 제조하는 Process를 지향하려고 역설하였다. 그분의 연구 대부분 테마도 우리의 관심사에서 크게 벗어나지 않은 환경과 바이오에 깊게 관련된 연구들이었다. 가장 흥미로운 테마는 최근 사회문제로 부각되었던 조류 인플루엔자에 관련된 MEMS 마이크로혈류량 센서 개발이다. 이러한 센서를 통해 조류 독감에 대한 감염예방에 대한 기여를 할 수 있다는 범국가적인 프로젝트로서의 중요성을 엿볼 수 있었다.

실험 내용은 초소형 MEMS 음주 상황에 따라 혈류량의 변화를 측정할 수 있는 마이크로 혈류량 센서에 대한 것이었다. 직접 체험한 실험은 팔목에 혈류량 센서밴드를 부착하여 팔을 상하로 움직일 때 혈류량의 변화를 무선으로 전송된 주파수 헤르츠 변화를 피크로 확인 하는 것인데 매우 흥미로웠다. 실험을 통해 생체에 항상 장착함으로써 생체의 변화에 대한 모니터링을 통하여 새로운 현상을 발견할 수 있으며, 이를 통한 새로운 연구 결과를 창출할 수 있는 원천기술이 될 수 있다는 확신을 가질 수 있었다.

연수 마지막날에 연수단은 후쿠오카에 있는 Mitsubishi Chemical 회사를 방문하였다. 직접 체험한 Mitsubishi Chemical은 익히 들어서 알고 있는 이상의 것을 추구하는 회사라는 느낌을 받았다. 무엇보다 Mitsubishi Chemical은 세계적인 기업답게 화학기술을 지구환경보존에 유용하게 사용하는 것을 목적으로 Reuse, Recycle 그리고 Reduce의 3R의 실현을 앞당기는 사업을 전개하고 있었다. 공장 투어에 앞서 우리나라의 태극기를 게양한 모습 안에서 각별한 배려가 느껴졌으며 그러한 범국가적인 모습이 인상 적이었다.

실리콘웨이퍼 재생공정을 견학하면서 균형이 잘 잡힌 공장의 규모와 생산 시스템을 보고 있노라니 이 회사로

고인 삼각형의 조화로운 이미지가 떠올랐다. 자신들이 가지고 있는 자원을 최대로 활용하여 최적의 조건으로 공장을 구성했음을 알 수 있었다. 적당한 규모의 생산 시스템이 복잡하지 않고 효율적인 느낌으로 연결되어 거대한 집단을 이루고 있는 공장을 단순 공장만이 아닌 그들의 삶의 터전으로 만들어가고 있는 것 같았다.

### 일본에서의 5박 6일을 되돌아 보며 ...

금번 일본에서의 5박 6일간의 연수는 기술적인 이해가 부족하여 아쉬움도 남지만 돌이켜보면 한국과 일본 간 서로를 이해하기에는 그렇게 부족한 시간만은 아니듯 싶다. 첫날 연수가 끝난 후 텐진에 있는 하라타로우에서 열린 ‘Welcome Party’에서 함께 자리한 연수생들과 일본 관계자들은 시종 화기애애한 분위기 속에서 식사를 하며 자신을 소개하고 여러 이야기를 나누었는데, 한·일 문화의 차이를 느끼지 못할 정도로 친근감을 느꼈다.

그리고 인상 깊었던 점은 일본 측 기획자인 도이 교수가 연수기간동안 실험한 연구내용을 CD로 제작하여 연수 참가자에게 배포하는 열의를 보인 것과, 기술연수의 성공을 알찬 내용으로 직접 발표도 하셨지만 프로그램에 기꺼이 참석해준 사와다 교수, 고시야마 박사 그리고 연수기간 내내 자리를 지키면서 열린 토론의 장에 참석해준 여러 참석자의 공으로 돌린 것이다. 이런 도이 교수의 모습에서 선진기술에 앞서 진정한 기술인의 마음 자세를 배울 수 있었던 소중한 기회였던 것 같다.

이번 기술연수는 21세기의 기술혁명의 핵심기술이라 할 수 있는 나노기술의 연구를 통하여 마이크로·나노 광학계 기술을 재조명하고, 국내 광학업체 상호간의 협력활성화와 연구방향을 정립하는 발전적 계기를 마련했다는 점에서 그 의미가 크다고 할 수 있다. 따라서 앞으로 알찬 내용을 담은 기술연수가 계속 개최될 수 있기를 필자는 기대해 본다.

끝으로, 기술연수 한 달 전부터 꼼꼼히 챙겨주신 한국 광학기기협회 이상현 과장과, 기술통역을 열심히 해주신 이오시스템의 박성천 과장, 기술적으로 도움을 주신 산업기술대학교의 조연정 교수, 그리고 이번 기술연수를 성공리에 마칠수 있도록 마지막까지 이끌어 주신 한국광학기기협회의 이택희 부회장님께 진심으로 감사드리며, 함께 수고하신 연수생 동기분들 모두에게 박수를 보낸다.