

반송제어모드를 이용한 인라인 식각/세정장치의 ITO 전극형성기술

ITO Patterning of an In-line Wet Etch/Cleaning System by using a Reverse Moving Control System

홍성재, 임승혁, 한형석*, 권상직, 조의식
(Sung Jae Hong, Seoung Hyeok Im, Hyung Seok Han, Sang Jik Kwon, and Eou Sik Cho)

Abstract : An in-line wet etch/cleaning system was established for the research and development in wet etch process as a formation of electrode such as metal or transparent conductive oxide layer. A reverse moving system was equipped in the in-line wet etch/cleaning system for the alternating motion of glass substrate in a wet etch bath of the system. Therefore, it was possible for the glass substrate to be moved back and forth and it was possible to reduce the size of the system by using the reversing moving system. For the effect of the alternating motion of substrate on the etch rate in the in-line wet etch bath, indium tin oxide(ITO) patterns were obtained through wet etch process in the in-line system in which the substrate was moved back and forth. From the CD(critical dimension) skews resulted from the ADI CD and ACI CD of the ITO patterns, it was concluded that the alternating motion of glass substrate are possible to be applied to the mass production of wet etch process.

Keywords : in-line wet etch/cleaning system, reverse moving system, alternating motion, ITO pattern, CD skew

I. 서론

현재 반도체 및 디스플레이 제조공정에 있어서, 사용되는 기판은 점점 더 대형화되는 추세를 보이고 있다. 반도체의 실리콘 웨이퍼 및 디스플레이의 글라스 기판의 대형화가 이루어지면서 공정이 수행되는 장비 또한 계속 대형화 되고 있다. 결국, 장비의 초기 설치비가 생산 단가에 영향을 미치는 비중도 더욱 증가하고 있으며 그 중 가장 많이 사용되는 장비는 가장 많이 반복되는 공정인 식각 및 세정 공정에 사용되는 습식 식각 및 세정 장비이다. 최근에는 거의 대부분 기판이 이동하면서 공정이 진행되는 인라인 방식의 장비를 사용하고 있는데 이 경우 기판의 이동 경로만큼 장비가 차지하는 부피가 기하급수적으로 증가한다. 이는 결국 제조 비용의 증가로 연결되며 반도체 칩이나 디스플레이 패널의 가격에 반영될 수 밖에 없게 된다. 결국 원가 절감을 위하여 장비가 차지하는 공간의 최소화 및 유지 비용의 감소가 요구되는데, 이를 위하여 초기 설치비는 더 들더라도 상대적으로 적은 공간 및 유지비가 드는 건식 식각 및 세정에 의한 패터닝이 진행되고 있지만 아직 실제 제조 라인에서 기존 장비를 완전히 대체하기에는 이른 단계이다[1,2]. 이 같은 이유로 인라인 식각 및 세정 장비는 대부분 여전히 습식방식을 채택하고 있으며 생산성 향상과 수익의 극대화를 위해서 보다 빠르고 편리하며 안전한 기능을 가지고 보다 적은 공간을 차지하는 식각세정장비가 요구되고 있다.

모든 공정이 자동화된 인라인 식각세정장비는 빠른 작업 속도와 편리성 때문에 실제 반도체 및 디스플레이 제조라인에서 많이 사용되고 있으나 장비의 대형화로 인하여 장비를

정확하게 유지하는 데 많은 비용이 요구되고 있으며 화공 약품을 사용하는 장비의 특성상 환경 및 사고 방지를 위한 비용이 증가하고 장치의 제어 또한 복잡해지고 있다. 이와 같은 문제점들을 해결하기 위하여 장비가 차지하는 공간 축소와 공정 시간의 단축, 청정도 유지 비용 감소를 위해 일부 기능에 수동모드를 삽입, 유동성 있는 운용을 할 수 있게 한 것이 본 실험에서의 semi auto방식을 도입한 semi-auto 식각세정장비이다. 이번 연구에서는 2세대급 (370mm×470mm)에 가까운 300mm×400mm 크기의 기판이 사용 가능한 semi-auto 식각세정장비 상에서 장비 부피 축소에 의한 공간의 효율화에 초점을 두고 이 경우 세정 및 식각 효과를 확인하였다. 이 같은 실험을 위하여 식각세정장비의 기판 이송 기능에 반송 모드 기능을 추가하고, 반송 모드로 인한 공정상의 효과를 확인하기 위하여 ITO glass를 사용한 Pattern 비교실험을 진행하였다. 반송 모드에 의하여 기판이 전후 방향으로 이동시, 습식 식각 특성에 큰 문제점이 있는지 여부를 확인하기 위하여 실험을 진행하였다.

II. 실험에 사용된 인라인 식각, 세정 장비

기존의 인라인 식각세정 장비는 전 공정이 자동화되고 기판이 컨베이어 시스템으로 이송하게 되면서 자동화 기능의 향상을 목적으로 개발이 지속되어 왔으나 기본적으로 큰 사이즈의 장비를 필요로 하고 있으며, 이에 따른 설치 및 유지 비용도 증가하고 있다. 또한 장비 설치 이후에도 장비를 동작시키기 위한 air압력과 유량, DI(Deionized) water 수량과 수압, 식각 공정에서 에천트 사용시 발생하는 흠(hume) 발생으로 인한 공기청정 및 에천트 폐액의 처리비용 등 유지 과정에 더 많은 비용이 소모되고 있다. 본 연구에서는 식각 및 세정 기능에 영향을 주지 않으면서 최소한의 공간 소모 및 유지 비용을 위하여 반송 모드 기능이 추가된 기판의 왕복운동이 가능한 인라인 식각세정 장비를 설치, 실험을 진행하였다.

* 책임저자(Corresponding Author)

논문접수 : 2008. 1. 31., 채택확정 : 2008. 2. 24.

홍성재, 임승혁, 한형석, 권상직, 조의식: 경원대학교 전자공학과
(lapyt@hanmail.net/sdmooi@naver.com/hshan@kyungwon.ac.kr/sjkwon@kyungwon.ac.kr/es.cho@kyungwon.ac.kr)

※ 본 연구는 네오텍의 장비 설치 및 세팅에 의한 도움을 받았음.

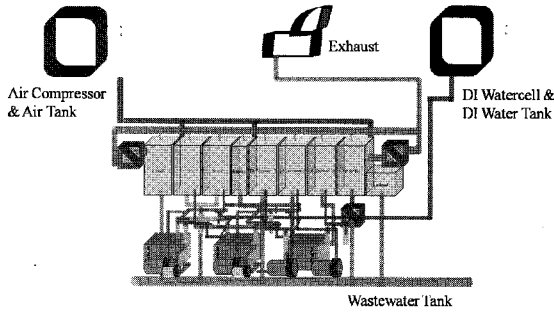


그림 1. 제작된 인라인 식각세정장비 동작을 위한 주변 유틸리티 시스템-DI water, 에천트, air의 공급 시스템.

Fig. 1. Schematic diagram of supply system of DI water, etchant, and air in the established in-line wet etch/cleaning system.

표 1. 인라인 식각세정장비의 동작을 위한 지원 사양.

Table 1. Configuration of supply system of the in-line wet etch/cleaning system.

Glass Size	300×300 (t: 0.5~0.8)
Conveying Speed	0~3m/min
Pass Line	1,100mm
장비 총 길이	6800(L)×1500(W)×1700(H)
제어 방식	PLC Control 방식
반송 방식	Roller 구동
전기 사양	3상 220V, 60Hz, 13kW
Air 인입배관	20mm×2ea, 압력 6kg/cm ²
순수인입배관	20A×2ea, 3~4kg/cm ² , 32ℓ/min
폐수 Drain	50A
배기 Duct	100A×3ea

그림 1과 같이 하나의 인라인 식각세정장비를 동작시키기 위해서는 공정에 필요한 DI water 및 air를 원활히 공급해 주는 주변 시스템이 갖추어져야 한다. 표 1은 실험에 사용된 인라인 식각세정장비에 요구되는 최소한의 지원사양이다. 주요 사항은 air의 경우 8 kg/cm² 이상의 압력이 공급되어야 하며 DI water를 공급하는 water cell은 20ℓ/min의 생산량이 요구되며 이 경우 수압은 0.4Mpa 이다. 생산된 DI water를 저장하는 DI tank의 저장용량은 1000ℓ 이다.

본 실험에서 사용된 장비는 그림 2에 보이는 바와 같이 크게 식각 용액이 기판과 반응하는 reaction bath 영역과 이후 기판의 세정 및 건조를 위한 Quick Drain and Rinse (Q.D.R) 영역으로 나누어진다. Reaction bath 영역은 실제 식각 용액과 기판의 반응에 의한 화학 작용의 영향을 받는 구간으로 기판이 인입되는 load 구간 및 실제 식각이 진행되는 Etch 1 및 Etch 2 구간, 이후의 buffer 구간으로 구성되어 있다. Q.D.R 영역은 식각 공정 이후 기판의 화학적 안정화 및 cleaning을 목적으로 DI(Deionized) water에 의한 Shower 1, 2, 3 구간 및 air knife, unload 구간으로 구성된다.

그림 2에서는 식각세정장비 내 공정 순서를 나타내고 있다. Process bath는 총 8개로 구성되어 있으며 장비의 총 길이

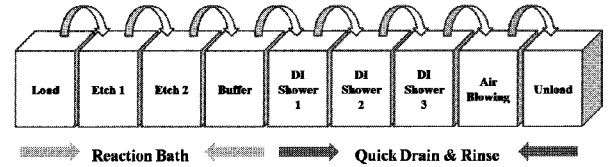


그림 2. 인라인 식각세정장비의 영역 및 공정 순서.

Fig. 2. Schematic diagram of process sequence in the in-line wet etch/cleaning system.

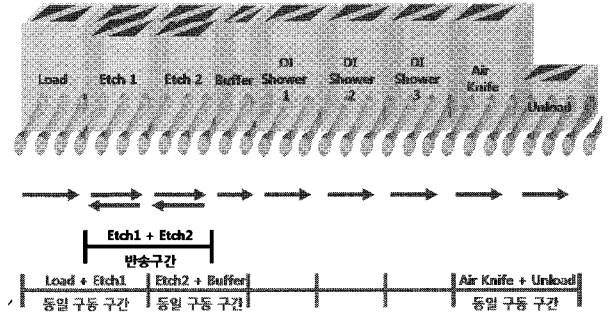


그림 3. 제작된 인라인 식각세정장비 내에서의 공정시 클라스 기판의 이동 경로.

Fig. 3. Schematic diagram of the established in-line wet etch/cleaning system, and the movement of glass substrate during wet etch process.

는 약 7m 이다. 식각세정장비 각각의 process bath는 자동과 수동모드로 별도 운용이 가능하게 설계되어 있으며 load 간은 2세대 크기의 유리기판이나 Jig를 인입하여 인입된 기판이 안정적으로 이송될 수 있도록 이송 전 안정화에 필요한 구간이다. Etch 1 구간 및 Etch 2 구간은 식각 공정시 에천트 용액을 유동 스프레이 노즐을 이용해 분사시켜 식각 공정을 진행, 원하는 패턴을 구현하는 구간이다. 일반적으로 사용되는 인라인 식각세정장비의 경우 한번의 기판 인입시 한 방향으로만 이동, 식각부터 세정까지 완료하는 one-step 방식으로 공정을 진행한다. 하지만 이번 실험에서 사용된 장비는 그림 3에 보이는 바와 같이 각각의 Etch 1 및 Etch 2 구간에서 기판을 전후방향으로 왕복 이송할 수 있는 반송 모드 기능이 지원되며, 유사시 Etch 1과 Etch 2 중 한 개의 bath에서도 전후방향으로 여러 번 반복하는 왕복 운동에 의하여 여러 개의 bath를 지나면서 식각하는, 기존의 인라인 식각세정장비와 동일한 식각 효과를 기대할 수 있도록 제작하였다. Etch 구간 이후의 buffer 구간은 식각 후 기판의 안정화 및 기판 위에 DI water를 분사하여 over etching을 예방하고 Etch 구간의 에천트와 DI Shower 구간의 DI water 간의 혼합 가능성을 차단하는 역할을 하게 된다. 이후 세정 공정을 진행하는 DI Shower 구간에서는 기존에 사용된 DI water를 재활용 할 수 있도록 설계되어 있으며, DI Shower 구간에서 세정이 완료된 기판은 air knife 구간에서 약 0.2Mpa의 압력의 air blowing을 통해 건조된다. 기판의 이송방법은 공기를 이용해 운반하는 air moving system과 벨트를 이용하여 이송하는 컨베이어 벨트 시스템 그리고 일반적으로 많이 사용하는 롤러 이송 시스템이 있는데, 본 식각세정장비의 경우는 롤러 이송 시스템을 사용하였다[3]. 이송 모터의 최대 rpm은 2000rpm이며 이송시

최대 속도는 9m/min 이다. 본 실험에서는 에천트의 식각률 (Etch rate)을 고려하여 테스트 이후 1m/min를 기관 이송의 기본 속도로 setting하고 실험을 진행하였다.

III. 기관의 왕복 운동에 의한 ITO 습식 식각

실험에 사용된 기관은 ITO가 1300Å 두께로 스퍼터링된 2.8mm 두께의 300mm×400mm 크기의 글라스 기관 위에 사진 공정을 이용, 다수의 그림 4(a)와 같은 모양의 패턴을 형성하였다. HCl과 HNO₃로 구성된 ITO 에천트로 ITO를 식각한 후 기관 내 위치별 ITO의 식각률 및 ADI(After Development Inspection) CD(Critical Dimension), ACI(After Cleaning Inspection) CD 및 CD skew 값을 a-step과 광학 현미경으로 측정하였다. 측정 위치는 그림 4(b)와 같이 기관 위 16개 위치에서 진행되었다.

Load 구간 내로 기관이 인입된 후 Etch 구간 내에서 전후 방향으로 왕복 운동 하면서 ITO 를 습식 식각 하였을 경우 식각률 및 CD skew 등의 공정 결과를 측정하였다. 공정에 필요한 시간은 표 2의 결과와 같이 Q.D.R. 영역에서의 세정 구간은 일정한 시간을 유지하였고 reaction 구간 내에서의 기관의 이송 모드만 변경하여 실험하였다. 에천트가 분사되는 스프레이 노즐의 압력은 0.1Mpa로 유지되었으며, 기관이 단일 방향으로 이송되는 일반 모드에서는 기관이 Etch 1 구간과 Etch 2 구간을 연속으로 지나면서 표면의 ITO가 식각 되지만 기관이 왕복 운동하는 반송 모드에서는 Etch 1 구간에

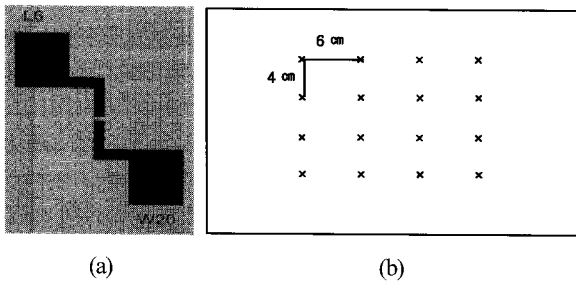


그림 4. (a) ITO 글라스 기관상에 형성된 감광막 패턴의 현미경 사진 (b) 실험에 사용된 300mm×400mm 크기의 글라스 기관 위 ITO 두께가 측정된 16 포인트.

Fig. 4. (a) Optical micrograph of PR pattern on ITO glass substrate. (b) Schematic diagram of the 16 points at which the thicknesses of remaining ITO were measured on the 300mm×400mm glass substrate.

표 2. 여러가지 다양한 동작 모드에서 기관의 운동시 걸리는 시간(초). 기관의 속도는 1m/s로 고정.

Table 2. The time required for the movement of substrate in various motion modes (sec).

Speed & Mode	System	Load & Etch1	Etch2 & Buffer	DI Shower 1	DI Shower 2	DI Shower 3	Air Blowing & Unload
		1m/min	Normal	82.3 sec	96.2 sec	24.5 sec	12.6 sec
	Alternating mode	82.0 sec	147.2 sec	23.2 sec	12.6 sec	15.9 sec	34.0 sec
	Alternating mode (Twice)	84.3 sec	201.3 sec	24.5 sec	12.6 sec	16.0 sec	30.4 sec

서는 에천트가 스프레이로 분사되지 않고 이후의 Etch 2 구간에서만 기관이 전후로 왕복 이동하는 가운데 에천트가 분사, ITO 식각이 진행되도록 하였다. 에천트의 온도는 40℃, 기관의 이송 속도는 1m/min로 고정되었다. 또한 일반모드와 반송 1회의 왕복 모드에서의 실험시 에천트와 반응하는 시간이 짧아 ITO가 완전히 식각이 되지 않으므로 ITO가 완전히 에칭이 되는 반송 2회의 왕복 모드에서의 식각후 패턴의 정확도를 측정 하였다. 그림 5는 기관의 동작 모드별 식각된 두께를 보여주고 있다. 여기서 각 모드별 식각에 소요된 시간이 다르므로 식각율은 별도로 고려해야 한다.

그림 6(a), (b), (c)에서는 각각 그림 4(a) 패턴을 형성하는 과정에서 패턴 형성을 위한 Cr 마스크 패턴 및 노광된 PR (photo resist) 패턴, 그리고 식각 공정후 패턴의 현미경 사진을 보여주고 있다. 그림 6(d)의 결과로부터 기관의 왕복 운동시 식각된 ITO 패턴의 균일성을 확보할 수 있다. 기관 위 16 포

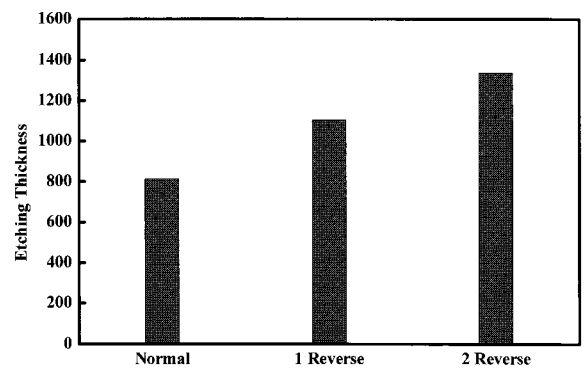


그림 5. 글라스 기관의 동작 모드에 따라 식각된 ITO의 두께. Fig. 5. Etch thickness of ITO by moving modes of glass substrate.

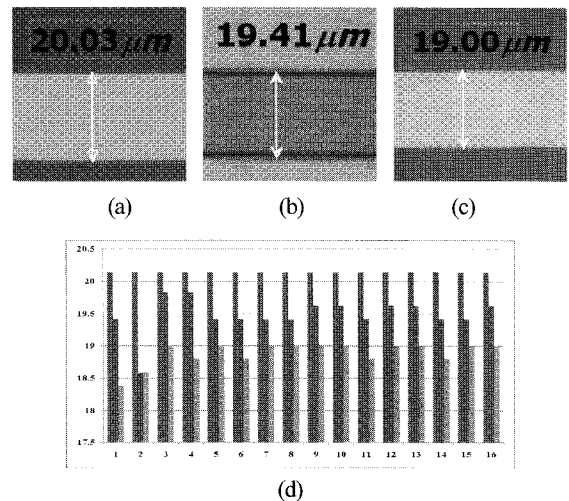


그림 6. (a) Cr 패턴을 쓴 마스크 패턴의 현미경 사진 및 CD 값 (b) 감광막 패턴의 현미경 사진 및 ADI CD (c) 식각된 ITO 패턴의 현미경 사진 및 ACI CD (d) 그림 4(b)의 16 포인트에 대한 (a), (b), (c)의 결과.

Fig. 6. Optical micrograph of (a) Cr mask pattern and pattern width, (b) PR pattern and ADI CD, and (c) Etched ITO pattern and ACI CD (d) The results of (a), (b), (c) for 16 points of Fig. 4(b).

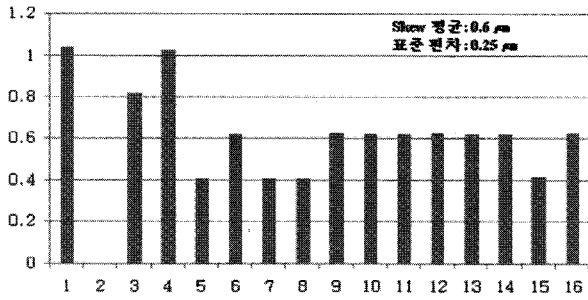


그림 7. 그림 6(d)로부터 구한 CD skew 값.
Fig. 7. CD skew data for 16 points of Fig. 4(b) from the Fig. 6(d).

인트에 대하여 그림 6(b)의 노광된 PR 패턴으로부터 구하는 ADI CD는 약 0.38 μm 의 표준 편차를 보였으며, 그림 6(c)의 식각 공정 후 PR을 제거한 후 패턴으로부터 구하는 ACI CD는 0.64 μm 의 표준편차를 보였다.

그림 7에서는 그림 6(a)의 ADI CD와 ACI CD 데이터의 차이인 CD skew 값을 나타내었다. 2회 반송하여 기판이 왕복 운동한 후의 그림 4(b)의 기판 내 16 위치별 skew 값을 비교 정리하였다. ADI CD 및 ACI CD의 차이는 평균 0.6 μm 의 값을 유지하였으며, 표준 편차는 약 0.25 μm 의 값을 보였다. 이 실험의 결과 2회 반송한 왕복 운동시의 CD skew 값을 확인 함으로써 인라인 장비 시스템에서의 반송 기능 사용이 공정상에 큰 문제가 없음을 확인할 수 있었다. CD skew 값은 결국 식각 시간과 밀접한 관계가 있으므로, 가능한한 CD skew 값이 작은 것이 식각 시간을 최소화함으로써 공정 시간을 단축하고, 기판의 투과율 등의 측면에서 유리하지만, 현실적으로는 일반적인 디스플레이 공정 중 CD skew 값의 범위는 약 1 μm 전후로 알려져 있다. 본 결과로부터 반송 기능을 적용하

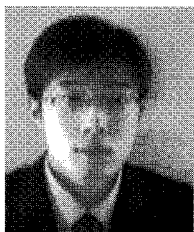
여 인라인 장비상에서 식각 및 세정 공정을 진행한다면, 식각된 패턴의 균일성에 크게 영향이 없이 장비의 부피 및 그로 인한 공간을 줄임 수 있음은 물론, 환경 비용 및 사고에 방을 위한 유지 비용 또한 크게 줄일 수 있을 것으로 기대된다.

IV. 결론

전극을 형성하는 습식식각 공정의 개선을 위하여 인라인 형태의 습식식각세정 장비가 설치되었다. 설치된 장비의 장비 크기를 줄이기 위하여 기판의 동작 방향을 제어할 수 있는 반송 기능을 추가하였으며, 이 결과로 기판이 전후 방향으로 왕복 운동함으로써 소규모의 장비에서 인라인 기능을 구현하는 것이 가능하였다. 기판의 왕복 운동이 공정상 미치는 영향을 확인하기 위하여 설치된 장비를 이용, ITO 패턴 형성 실험을 하였으며, 2세대 크기의 기판 내 CD skew 값으로부터 반송 기능 추가에 의한 기판 운동의 변화는 ITO 습식 식각에 다른 영향이 없음을 확인할 수 있었다.

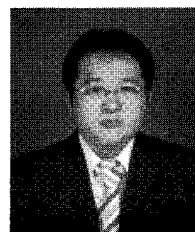
참고문헌

- [1] S. Y. Yoo, H. S. Choi, J. I. Ryu, W. B. Lee, and J. Y. Lee, "Manufacturing process of 4Mask a-Si TFT Panel by One Step Dry Etching on Mo/Al/Mo Data Line," IDW05 1121-1124.
- [2] J. W. Kim, K. J. Hong, H. C. Cho, K. S. Kim, D. Y. Kim, and J. K. Cho, "A study on design of intelligent wet station for semiconductor," *Journal of the Semiconductor & Display Equipment Technology*, vol. 4, no. 3, March 2005.
- [3] I. H. Moon, S. J. Cho, and Y. K. Hwang, "Propulsion force coefficient of injection nozzle size on air levitation type wafer transfer system." *Journal of the Semiconductor & Display Equipment Technology*, vol. 4, no. 1, March 2005.



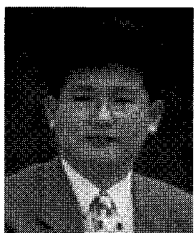
홍성재

1979년 6월 29일생. 2003년 경원대학교 전기전자공학과(공학사). 2006년 경원대학교 전기전자공학과 석사과정.



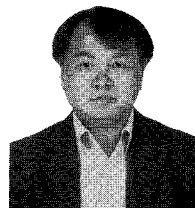
임승혁

1980년 12월 22일생. 2007년 경원대학교 전기전자공학과(공학사). 2007년 경원대학교 전기전자공학과 석사과정.



한형석

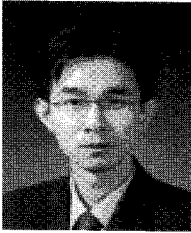
1963년 6월 30일생. 1986년 서울대학교 제어계측공학과(공학사). 1988년 서울대학교 제어계측공학과(공학석사). 1993년 서울대학교 제어계측공학과(공학박사). 1997년~현재 경원대학교 전자공학과 교수. 2004년~2005년 미국 캘리포니아 주립대학(어바인) 연구교수. 관심분야는 디스플레이, 센서시스템, 정밀구동시스템.



권상직

1959년 12월 2일생. 1982년 경북대학교 전자공학과(공학사). 1985년 경북대학교 전자공학과(공학석사). 1991년 서울대학교 전자공학과(공학박사). 1992년~현재 경원대학교 전자공학과교수. 1983년~1989년 전자통신 연구소(ETRI) 연구원.

2006년 Michigan State University 연구교수. 관심분야는 디스플레이, 반도체 소자.



조 의 식

1972년 7월 4일생. 1996년 서울대학교 전기공학부(공학사). 1998년 서울대학교 전기공학부(공학석사). 2004년 서울대학교 전기컴퓨터공학부(공학박사). 2004년~2006년 삼성전자 LCD총괄 책임 연구원. 2006년~현재 경원대학교 전자공학과

전임강사. 관심분야는 반도체 공정, 디스플레이, 응용물리.