

자동화 산업용 Robot의 기술과 시장동향

I. 서론

현재 우리나라에서 반도체 공정은 대부분 robot으로 수행하고 있다. Memory chip을 생산하는 반도체 산업에서는 없어서는 안 될 분야 공정을 수행하는 robot system이다. 그러나 현실은 그것에 소요되는 원천기술은 대부분 수입에 의존하고 있다. 특히 장비제어 및 software 분야에서 미국, 캐나다, 일본, 유럽 등에 많이 뒤지고 있다. 아울러 반도체 장비제어 software를 수입하여 응용하여 적용하는 수준이다. 따라서 각 반도체 중소기업에서는 이점을 극복하기 하여 국산화를 꾸준히 노력하고 투자를 하고 있다. 그리고 현재는 Semiconductor Equipment and Materials International(SEMI)의 표준화를 참조하여 제품에 적용하고 있는 실정이다.^[1]

우선 현재 robot의 발전이 눈부시게 발전되어 왔다. 그러므로 반도체 wafer 이송 robot을 살펴보기 전에 robot의 정의부터 살펴보겠다. 일반적으로 robot이란 용어는 1920년 체코의 극작가 Karel Capek의 희곡 Rossum's Universal Robot에서 사용한 것으로 robot의 어원은 체코말로 robota라는 단어에서 유래되었는데 그 의미는 일(work)이다. 현재의 robot은 여러 목적의 robot 중에서도 주로 산업에 사용되어지고 있다. 산업용 robot은 “복합동작이 가능한 기계”라고 산업안전보건법 시행규칙에 정의 되어 있다. 또한 미국 robot협회(RIA)에서는 “여러 종류의 일 들을 수행하기 위하여 program이 가능한 기계장치”라고 정의하고 있다.^[2]

산업용 robot의 여러 가지 작업은 자동제어 program에 의해서 manipulation 또는 transfer 기능을 가지고 실행할 수 있으며 또한 flexible manufacturing system에서 주요한 역할을 하는 장비가 되었다. 왜냐하면 이 robot은 CPU 혹은 MCU이 있고 그 주변에는



이종근
부산대학교 전자공학과 교수



이해수
(주)삼민산업 대표이사



memory뿐만 아니라 각종 sensor가 장착되어 서로 유기적인 관계를 가지고 처리하며 그 결과로 물체를 잡을 수 있고 상하좌우로 이동 시킬 수가 있고 회전도 할 수 있다. 이런 일련의 동작을 program 입력대로 자동적으로 매우 정확하고 빠르게 수행함으로써 사람이 하는 작업을 대신 할 수 있다.

본 논문에서는 반도체 공정 장비에 사용하고 있는 wafer 이송 robot기술에 관하여 구조와 기능을 살펴보고 정리하며 robot 미래 시장 동향에 대하여 소개한다.

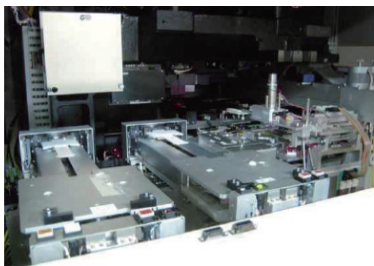
II. 반도체 전(全) 공정 장비

2-1 노광공정(Lithography Process) 장비

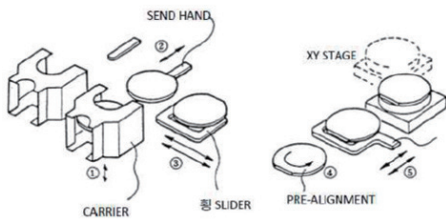
(1) Wafer loader

Wafer 이송은 belt방식을 구동하며 <그림 1 (b)>의 번호 순서로 이동한다.

① wafer carrier 내의 wafer는 ② send hand arm에 의해 반송되고 ③ 횡 slider arm에 의해 ④ pre-alignment로 반송되고 pre-alignment에서 flat zone을 맞추고 ⑤ feed hand가 노광위치의 XY stage로 이송한다.

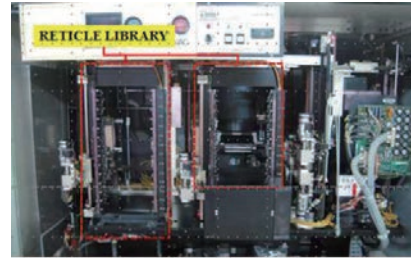


(a) Wafer loader 사진

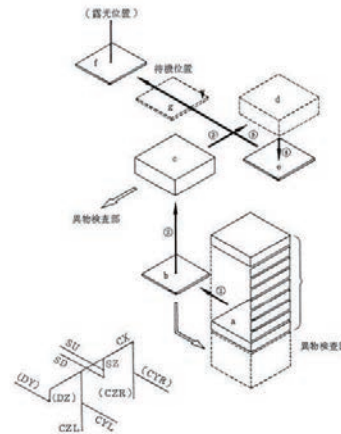


(b) 동작순서

<그림 1> Wafer loader^[3]



(a) Reticle library 사진



(b) 동작순서

<그림 2> Reticle library loader^[3]

(2) Reticle(mask) loader

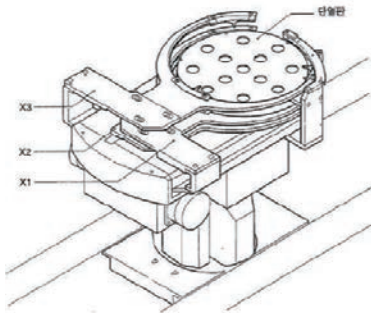
Reticle library의 reticle을 노광위치(reticle stage)로 반송하는 장치이다. 동작순서는 <그림 2 (b)>와 같다. ① reticle library에 수납된 reticle을 ② CYL 및 CYR arm이 reticle을 반출하고 ③ 반출된 reticle을 CZL 및 CZR arm이 CX arm으로 이송시킨다. ④ 이송된 reticle은 SU arm에 의하여 reticle stage에 설정하게 된다. ⑤ reticle 반출은 SD→CX→CZL or CZR→CYL or CYR로 반출되어 reticle library로 들어간다.

2-2 Track 장비

(1) Main arm

Wafer를 운송하는 pincette이다.

Main arm 기능을 설명하면 main arm pincette는 ×1, ×2, ×3로 구성 된다. Main arm pincette는 ×1, ×2loading은 HMDS, HP, CP, DHP, WEE, Interface에서 wafer에서 받는다. Spin unit으로 loading 할 수 없



〈그림 3〉 Track main arm^[3]

며 spin unit은 온도에 영향을 받아서 온도와 습도를 관리한다. Main arm pincette 잡는 부위를 finger라 한다. 이 finger 위에 wafer가 올라간다. Arm pause switch는 pincette ×1, ×2, ×3가 연속적으로 움직여서 순간적으로 멈추고 할 때는 한시적으로 switch를 눌러서 기능을 중단한다. 안에 lamp가 있어서 눈으로 확인이 가능하다. 다시 사용할 때는 switch를 한 번 누르면 arm이 멈춰 있다가 움직인다.

(2) 각 축별 기능

Y 축 기능을 설명하면 operation panel 측에서 본 좌우 방향의 동작을 Y 축이라 한다.

Wafer 반송 시 좌우방향의 unit 이동을 AC servo motor가 행한다. 구동 부에서는 timing belt를 사용해 안에 있는 motor의 encoder로 위치를 검출한다. Z 축 기능을 설명하면 operation panel 측에서 본 상하 방향의 동작을 Z 축이라 한다.

Wafer 반송 시 상하 방향의 unit 이동을 AC servo motor가 행한다. 구동 부에서는 timing belt와 ball screw를 사용해 안에 있는 motor의 encoder로 위치를 검출한다. θ 축 기능을 설명하면 main arm의 회전동작을 θ 축이라 한다. Wafer 반송 시 좌우 block 방향과 전후 unit 방향의 회전 이동을 stepping motor 한다. Home 위치에서 시계방향으로 최대 271°회전한다. 구동 부에서는 timing belt를 motor 외부에 있는 encoder에 의해서 위치를 검출한다. X 축 기능을 설명하면 operation panel 측에서 본 전후 방향의 동작을

X 축이라 한다. 3개의 arm으로 구성되어 있다. 즉 상단 ×3축은 pincette 3, 중단 ×1축은 pincette 1, 하단 ×2축은 pincette 2라 한다. 구동 부에서는 각각 stepping motor, timing belt를 사용하고 있다. Home sensor라고 부르는 위치 sensor에 의해 위치를 검출한다.

2-3 Etch 공정 장비

진공 부분과 대기 부분으로 구성되어 있다. Wafer의 반송과 wafer의 정확한 위치를 확인해 주는 장치는 대기 부분에 위치하고 있고, process chamber와 load lock chamber는 진공부분에 위치한다.

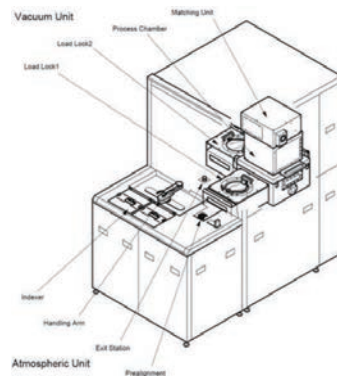
(1) Indexer

Cassette에 있는 wafer를 반출/반입 하는 장치이다. TE8500 장비의 indexer는 2개가 있으며, 왼쪽은 indexer #1, 오른쪽은 indexer #2라 한다. 5 inch, 6inch, 8inch wafer를 반송하려면 wafer의 설정을 바꿔야한다. Cassette 안에 있는 wafer의 유무를 cassette 안에 어느 위치에 wafer가 있는지 확인하는 기능을 가지고 있다. 이것은 wafer mapping 기능

Wafer의 반송과 wafer의 정확한 위치를 확인해 주는 장치는 대기 부분에 위치하고 있고, process chamber와 load lock chamber는 진공부분에 위치한다.

(2) 반송 robot(Handing Arm)

Indexer에서 wafer를 반출하여 Pre alignment로 이동 시키고, 공정이 끝나고 load lock에서 나오는 wafer를 indexer에 반입 시킨다.



〈그림 4〉 TE8500 system 각 module^[4]

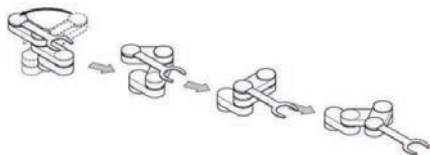


〈그림 5〉 반송 robot의 indexer

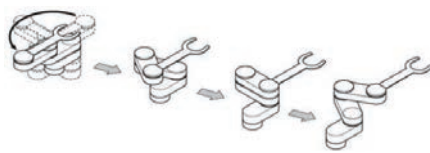
3 개의 motion arm으로 이루어져 있으며 각각의 arm은 motor로 구동한다. Ceramic으로 된 제3 arm은 wafer를 진공으로 흡착해서 이동 중에 떨어지지 않게 한다.

(3) Pre alignment

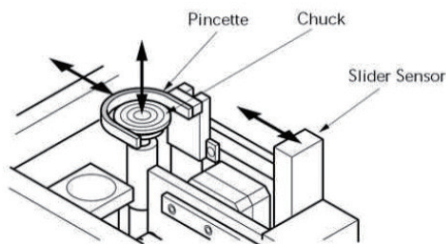
Indexer로부터 반출 되어 나온 wafer를 반송 robot으로부터 받아드리고 wafer의 중심을 맞추고 flat zone을 사용자가 임의로 정해놓은 위치대로 맞추는 작업을 한다. 반송 robot에서 wafer가 pre alignment으로 오게 되면, chuck이 올라오면서 진공으로 wafer를 흡착하게 된다. Chuck은 30°씩 오른쪽으로 회전하며 한 번씩 회전할 때 slider sensor가 wafer edge의 위치를 기억한다. Wafer가 360°회전을 하고나면, pre alignment



〈그림 6〉 반송 robot의 pre alignment



〈그림 7〉 반송 robot의 반송 chamber



〈그림 8〉 Pre alignment unit

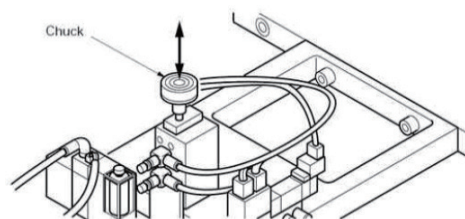
은 wafer의 중심 위치를 계산 하고 이동해야 하는 방향과 거리를 계산한다. 그 계산에 의해 wafer를 다시 회전시키고 pincette도 그 거리만큼 이동하게 된다. Chuck이 아래로 pincette 위에 흡착되어 pincette은 wafer의 중심이 chuck에 올 수 있도록 wafer의 중심을 찾게 되면 chuck은 다시 wafer를 흡착 하여 올라오게 된다. Slider sensor가 wafer edge를 감지하면 회전하는 chuck 위 wafer의 flat zone을 찾는다. 반송 robot에서 wafer가 pre alignment으로 오게 되면, chuck이 올라오면서 진공으로 wafer를 흡착하게 된다. Chuck은 30°씩 오른쪽으로 회전하며 한 번씩 회전할 때 slider sensor가 wafer edge의 위치를 기억한다.

(4) Exit station

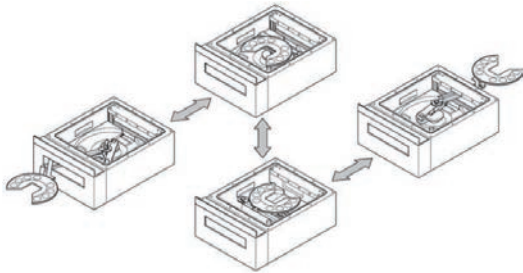
공정을 끝낸 wafer가 chamber에서 load lock을 통해 나와 반송 robot에 전달하기 전에 반송 chamber의 robot이 wafer를 가지고 나온다. Exit station에 나오게 되면 chuck이 올라오면서 진공으로 wafer를 잡게 된다. 반송 robot(handling arm)이 wafer를 가지러 올 때까지 wafer를 잡고 기다린다. 반송 robot이 exit station으로 오면 반송 robot의 제3번 arm 위에 wafer를 내려놓는다.

(5) Load lock chamber

Wafer를 반송하는 작업을 한다. 2개에서 3개까지 있는 장비도 있다. 2개의 출입문(gate door) 중에서 process chamber에 위치한 것을 inner gate door라 한다. Pre arm나 Exit station에 위치한 것을 outer gate door라고 한다. Chamber 중앙에는 wafer를 반송하는 robot가 있으며, 이것은 직진과 회전운동을 한다. 2 개의 motor로 구동한다. 대기압의 load lock chamber는



〈그림 9〉 Exit station unit

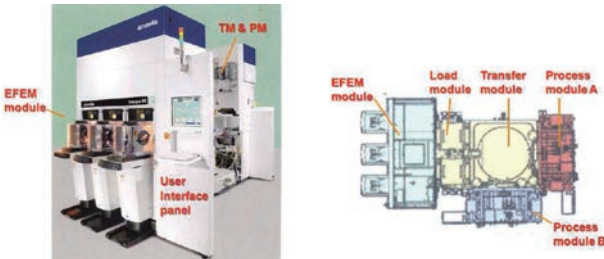


〈그림 10〉 Load lock chamber의 흐름도

pre arm 위에 wafer를 진공 process chamber로 이송한다. 진공 상태인 process chamber를 대기 중의 exit station로 이송하는 작업을 한다. 반송 chamber는 진공 상태일 때도 있고 대기 상태일 때도 있다. Load lock #1 : wafer를 pre arm에서 process chamber로 이송한다. Load lock #2 : wafer를 process chamber에서 exit station으로 이송한다.

2-4 Ashing 공정 장비

(1) Ashing 공정 장비 300mm의 설비 구성

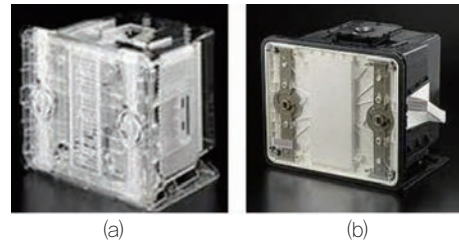


〈그림 11〉 Ashing 공정 장비 300mm의 설비(Axcelis 사, Interga RS) 구성 모식도^[5]

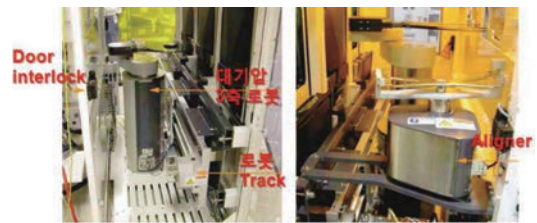
(2) Ashing 공정 장비 300mm의 module 별 구성 및 역할

① EFEM(Equipment Front End Module)

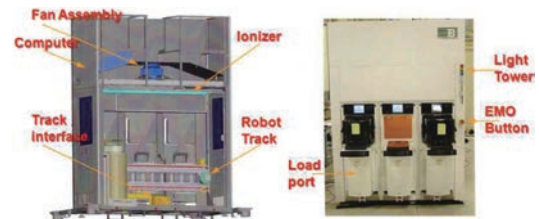
EFEM는 cassette에 있는 wafer를 공정 module에 공급하는 장치의 표준 interface module이다. Load port는 FOUP(Front Opening Universal Pod) 300mm의 wafer cassette라 생각하면 된다. Carrier door opener는 FOUP를 자동으로 open한다. Mini environment로 HEPA filter module와 ionizer가 설치되어 있어



〈그림 12〉 EFEM(Equipment Front End Module) 종류
(a) FOSB(Front Opening Shipping Box), (b) FOUP(Front Opening Universal Pod)



〈그림 13〉 EFEM 좌측과 우측 구성

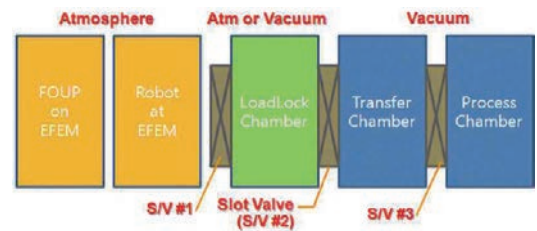


〈그림 14〉 EFEM 뒷면과 전면 구성

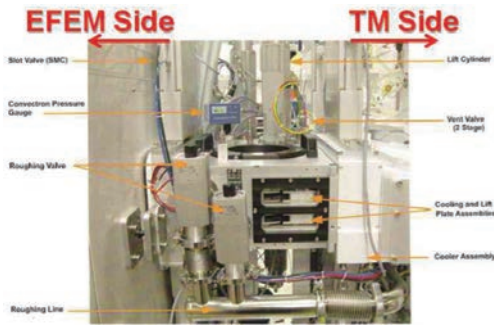
particle 오염 최소로 한다. 또 door interlock는 door가 open 됐을 때 설비가 멈추도록 하는 안전장치이다.

② LM(Load Module)

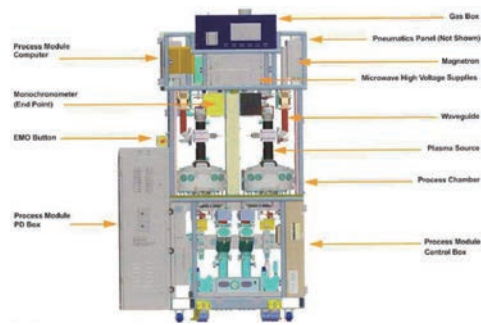
EFEM은 항상 대기압상태이며, load lock은 진공과 대기압을 반복하고 TM과 공정 chamber는 항상 진공상태를 유지시킨다. Slot valve는 각 진공 chamber들을 isolation 시키는 valve이다. Load lock에서는 EFEM에 놓여진 FOUP 안에 wafer는 대기압 상태에 있으며, 공정



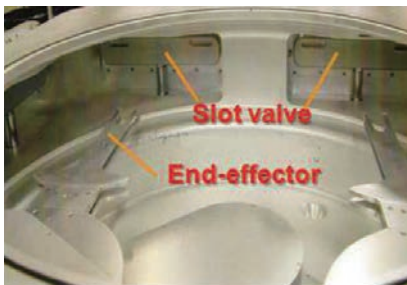
〈그림 15〉 각 module 별 압력 상태



〈그림 16〉 Load lock



〈그림 19〉 Process module



〈그림 17〉 Transfer module 내부

chamber까지 이송하는 과정에서 대기압에서 진공상태로 들어가는 첫 번째 chamber이다.

Load lock에 장착되어 있는 part에는 convection gauge로 대기압부터 저진공 압력까지 측정 가능하며 slot valve : 압력의 차이가 큰 chamber 간에 isolation(대기압과 진공 간) 시킨다. Roughing line에서는 대기압에서 저진공으로 만들기 위한 pumping line이 설치되어 있다. Roughing valve는 진공 chamber와 Roughing line 사이에 연결된 line이다. 2 stage vent valve는 venting을

End effector는 wafer가 직접 닿은 부분이므로 particle이 발생할 수 있어 재질의 선택과 wafer 이송 중에 wafer 고정방식이 매우 중요하다.

2 단계로 조절할 수 있는 valve이다.

③ TM(Transfer Module)

Load lock은 진공 chamber 사이에서 wafer를 이송, 반송하는 module이다. 항상 진공 안에서 움직이며, 진공 robot은 dual arm 이상에 multi end effector를 사용한다.

End effector는 wafer가 직접 닿은 부분이므로 particle이 발생할 수 있어 재질의 선택과 wafer 이송 중에 wafer 고정방식이 매우 중요하다. 중력에 의해 wafer를 그냥 올려놓는 type, 대기압에서 진공을 이용하는 type, gripper를 이용하는 flip type이 있다. 그리고 Roughing valve는 진공 chamber와 Roughing line 사이에 연결된 line으로 압력차를 최소화

으로 줄여주는 곳이다.

④ PM(Process Module)

Wafer가 진공 상태의 chamber 안에 들어가 plasma와 반응하는 공간으로 이 곳에서는 증착, 식각, doping 등의 화학적 공정이 일어난다.



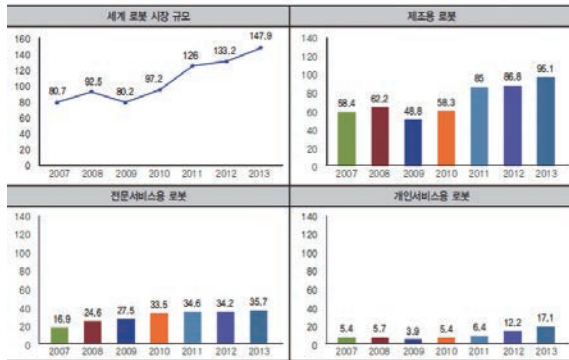
(a) 진공 robot (b) 대기압 3 축 robot

〈그림 18〉 Multi arm module

Ⅲ. 국내외 robot 산업 동향

3-1 과거 세계 robot 시장 발전⁶⁾

2013년 robot 시장은 147.9억 \$ 규모이며 개인서비스용 robot 시장이 2012년에는 17.1억 \$로 40.2% 정도로 급성장하였다. 제조용 robot은 세계 1위 시장으로 부상한 중국의 영향을 많이 받았다. 그리고 분야별 시장 규



〈그림 20〉 과거 세계 robot 시장 규모(억 \$)

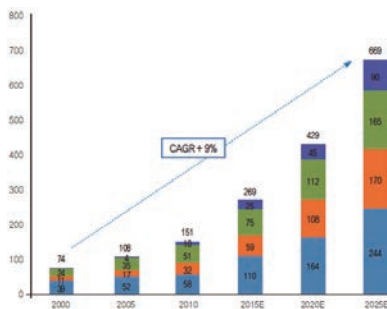
모와 세계 시장에 차지하는 비중을 보면, 제조용 robot이 95.1억 \$로 64.3%, 전문 서비스용 robot은 35.74억 \$로 24.1%, 개인 서비스용 robot은 17.1억 \$로 11.6% 규모이다.

3-2 미래 robot 시장 전망^[7]

2025년 기준 전체 robot 판매 시장에서 차지하는 비율은 개인서비스용 robot이 13.5%, 제조용 robot이 36.5%, 전문 서비스용 robot은 25.4%, 군용 robot이 24.7%이다. 분야별 연평균 성장률은 개인서비스용 robot이 17.4%, 제조용 robot이 7.6%, 전문 서비스용 robot은 12.3%, 군용 robot이 8.1%이다.

3-3 제조용 robot 시장 동향 및 전망^[6]

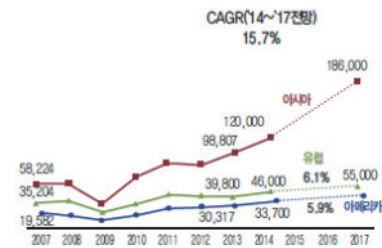
전 세계적으로 제조용 robot은 연평균 10% 이상 증가를 유지할 것으로 전망된다. 향후 세계 1위 제조용 robot 판매 국사로 급부상한 중국의 영향력이 매우 지속적으로 확대될 것으로 생각된다. 제조용 robot의 판매는 향



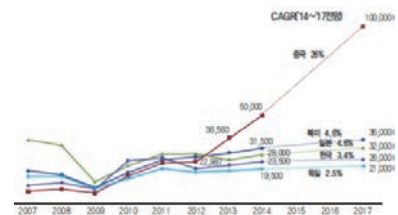
〈그림 21〉 세계 robot 시장 전망(억 \$)



〈그림 22〉 세계제조용 robot 판매전망(억 \$)



〈그림 23〉 세계 제조용 robot 지역별 판매 전망(억 \$)



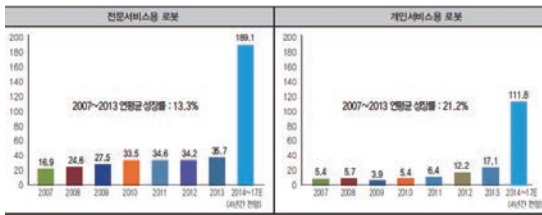
〈그림 24〉 세계 제조용 robot 나라별 판매 전망(억 \$)

후 2017년까지 12%정도 성장할 것으로 전망되며, 나라별로 중국은 과거 2013년 36,560대를 판매하여 세계 1위로 올라섰으며, 2017년까지 연평균 26%이상 고성장을 할 것으로 예측된다. 그 이외 아메리카대륙(미국, 캐나다, 멕시코)은 28,668대, 일본은 25,110대, 한국은 21,307대로 전망된다.

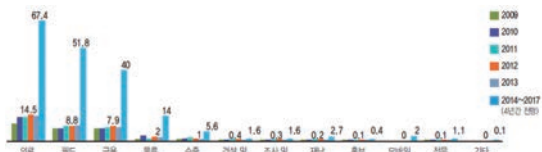
3-4 서비스용 robot 시장 동향 및 전망^[6]

과거 2013년 전문 서비스용 robot 시장 규모는 35.7억 \$, 개인 서비스용 robot은 17.1억 \$이었으며 2012년 보다 전문 서비스용은 4.4%, 개인 서비스용은 40.2% 증가세를 보였다. 아울러 향후 2017년 시장 규모는 전문 서비스용은 189.1억 \$, 개인 서비스용은 111.8억 \$로 전망된다.

전문 서비스용 robot은 의료 robot이 14.5억 \$, Field



〈그림 25〉 세계 서비스용 robot 시장 전망(억 \$)



〈그림 26〉 전문 서비스용 robot 부분별 판매 금액 전망(억 \$)

robot이 8.8억 \$, 군용 robot이 7.9억 \$로 전체 시장의 87.6%로 시장을 주도하는 흐름을 유지하고 있다. 그리고 향후 2017년은 의료 robot 67.4억 \$, Field robot은 51.8억 \$, 군용 robot은 40억 \$로 이 들이 주도하는 시장이 꾸준히 유지될 것이다. 그리고 현재 mobile flat form, 전문청소, 재난구조, 물류 robot 시장이 크게 성장할 것으로 전망한다.

향후 2017년 시장 규모는 전문 서비스용은 189.1억 \$, 개인 서비스용은 111.8억 \$로 전망된다.

3-5 세계 50대 robot기업 분석 결과^[8]

robot산업에 있어서 가장 영향력이 큰 세계 50대 robot 기업에 선정된 110개 기업을 분석한 결과 4년 연속 선정 기업 11개 사 중 6개사는 제조용 robot 기업 ABB, Seiko Epson, KUKA Robotics, Universal Robotics, Yaskawa Motoman Robotics 이며, 5개사는 서비스용 robot 기업이었다. 서비스용 robot 기업은 의료 및 환자 보조용 robot 기업 Aethon, Intuitive Surgical 2개사, Software 분야는 Energid Technologies사, 가정용 청소 및 국방 robot 분야는 iRobot사 해양 분야는 Liquid Robotics사가 있다. 그리고 2015년 신규 선정된 13개 기업은 제조용 2개사와 서비스용 11개사로 특히 서비스 의료 robot 기업은 Hocoma, Open Bionics, Ottobock, SynTouch와 mobile 서비스용 회사로는 Sottbank Robotics, Future Robot이다. 그리고 물류에

서는 SSI Schaefer, Teun사가 있다. 따라서 나라별로 취합해보면 미국이 63개사, 일본이 12개사, 독일이 9개사, 기타 26개로 미국이 가장 많이 있으며 한국 기업은 현대중공업과 Future Robot사 2개가 있다.

IV. 국내 robot 산업 동향

4-1 과거 국내 robot 시장

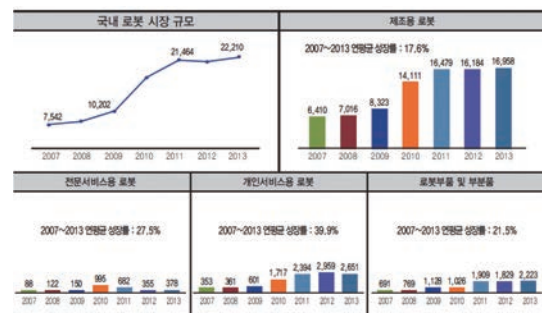
2013년 국내 robot 산업 생산규모는 2012년에 비해 4.1% 증가한 약 22,221억 원이었다. 여기서 전체 생산액 중에서 제조용 robot이 16,958억 원으로 전체 생산액의 76.4%, 개인 서비스용 robot이 2,651억 원으로 11.9%, robot부품 및 부분품이 2,223억 원으로 10%, 전문 서비스용 robot이 378억 원으로 1.7%를 기록하였다.

4-2 과거 제조용 robot 시장 동향

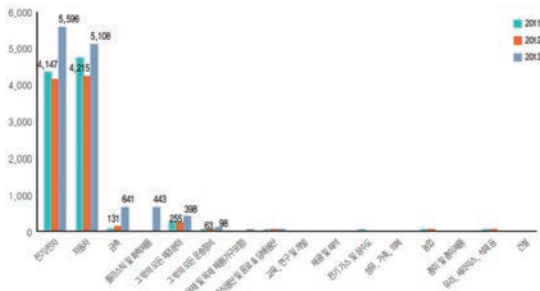
2013년 국내 robot 적용 산업별 생산액은 전기/전자가 5,595억 원(33%), 자동차가 5,108억 원(30.1%) 산업 비중이 전체의 60% 이상이었다. 그런데 2012년 대비 금속, 플라스틱 및 화학제품 분야 생산을 위한 제조용 robot 활용이 급증하는 추세이다.

4-3 과거 robot부품 및 부분품 시장 동향

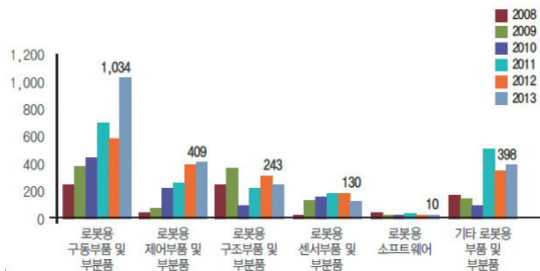
2013년 국내 robot 부품 및 부분품 생산액은 2,223억 원으로 2012년 대비 21.6% 증가하였고 특히 robot용 구동부품은 75.2% 증가하였다. 구조부품, sensing 부품은 20%이상 감소하였다.



〈그림 27〉 과거 국내 robot 시장(억 원)^[9]



〈그림 28〉 과거 국내 제조용 robot 산업별 생산액(억 원)^[9]



〈그림 29〉 과거 국내 제조용 robot 산업별 생산액(억 원)^[9]

4-4 국내 robot 정책 동향

국내 robot 정책은 지난 제1차 계획(2009~2013)이 법·기관 등 infra 조성, 제품개발, 보급 중심이었다면, 제2차 계획(2014~2018)은 robot기술의 발전과 주력산업 융·복합 추세에 맞추어 다른 분야의 제조, 서비스 분야로 robot 산업을 확대하는데 중점을 두는 것이다. 대형 연구개발 project 추진, R&D cut-down 제도 도입, 정부 R&D를 통해서 개발된 robot 기반 기술의 제품화 및 상용화를 위한 개방형 robot 산업 생태계를 조성하는데 정책을 추진할 것으로 생각된다.

V. 결론

Microprocessor가 일반화되기 시작한 1980년 전후에 현대적인 산업용 robot의 등장이 많이 이루어졌고 최근에는 반도체(Semiconductor) 및 LCD(Liquid Crystal Display)생산에 있어서는 clean room과 그에 관련된 기술이 핵심 기술 중의 하나가 되었으며 반도체 제조공정

〈표 1〉 제2차 지능형 robot 기본계획(2014~2018)^[10]

4대 과제	주요내용
robot연구개발 종합역량제고	<ul style="list-style-type: none"> - 글로벌 선도형 대형 연구개발 project 추진 - 국민안전 robot(2015~2020):예비타당성 조사를 위한 기획 연구 중 - 건강robot(2015~2019):헬스케어robot 실증단지 구축 사업 착수(2015) - 미국DARPA Robotics challenge식 경진 대회형 연구개발 project신설 - robot부품(s/w), 서비스(무인운반차, 감정robot)분야 연구개발 투자 강화 - 수요기획 전담조직 신설, R&D 인력풀 확대, robot R&D cut-down제도
robot 수요의 숲 산업 확대	<ul style="list-style-type: none"> - robot 기술의 he제조, 서비스 분야 확산을 위해 7대 robot 융합 비즈니스 전략 로드맵 수립 - 7대 핵심 분야 : 제도, 자동차, 의료·재활, 문화, 국방, 교육, 해양
개방형robot의 산업 생태계 조성	<ul style="list-style-type: none"> - 일본 소프트뱅크 사 사례처럼 국내 포털 물류 기업등 he산업 분야 주력기업의 robot산업을 위한 전략적 참여를 유도 - 국내 robot제품 인증 : 표준의 국제화를 통한 수출 확대, 중소기업 중심 robot 전문인력 양성을 통해 robot 산업 생태계를 조성
robot 융합 네트워크 구축	<ul style="list-style-type: none"> - 기존 robot융합포럼 : robot 산업정책협의회 운영 개선을 통해 물류, 공연 등 서비스 대기업과 협업 확대 등으로 robot산업 협력체계 내실화

등과 같은 clean 공정에서는 clean 기술을 채용한 clean 환경 대응 이송 robot(간단히 clean robot이라고 함)들이

사용되고 있다. 이러한 clean robot 들은 일반 환경에서 사용되어지고 있는 robot들과 운동학적으로나 제어 상 별다른 차이가 없으나 clean 환경의 특성에 맞도록 특수하게 설계되어 진다. 반도체 제조장치의 wafer는 해마다 대형화와 고밀도

화의 경향에 따라 사람의 손에 의한 운반이 곤란하게 되어 wafer의 이송을 담당하는 robot이 사용되게 되었다. Robot에 의한 wafer의 이송이 이루어지는 가장 큰 이유는 무엇보다도 wafer 제조 공정상의 환경적 요인이 가장 큰 요인을 차지하는데 그 이유는 사람에 의한 wafer의 이송 자체가 바로 반도체 제조 공정에 가장 큰 영향을 미치는 particle의 원인이 되고 또한 공정의 수율을 결정하는 tact time에 막대한 영향을 미치기 때문이다. Robot의 좌표계에 의한 분류상 대부분의 wafer 이송용 robot은 원통 좌표계(Cylindrical Coordinate)에 속하며, single

arm일 경우는 3축의 자유도를 가지며, dual arm인 경우에는 arm 하나를 더 제어하기 위하여 1축이 추가된 즉, 4축 자유도의 구조를 가지며 robot의 끝단이 작업방향으로 항상 직선운동(Radial Motion)을 한다는 특징이 있다. 또한 robot의 hand부는 고속으로 움직이는 robot의 특성상 이송 중 wafer의 낙하 및 이탈을 방지하기 위하여 진공 흡착하여 wafer를 고정할 수 있도록 있도록 흡착 port가 장착되어 있다. 그러나 최근의 경향을 살펴보면 robot hand와 wafer 접촉면의 오염(contamination)을 최소화하기 위하여 진공 흡착방식을 사용하는 대신에 wafer의 가장 자리만을 handling해서 wafer를 이송하는 edge grip 방식의 도입이 늘고 있다. Wafer 이송용 robot은 사용 환경에 따라 크게 두 가지 종류로 나눌 수 있는데 하나는 일반 대기환경(Atmospheric Environment)에서 사용되는 robot이고, 다른 하나는 진공환경(Vacuum Environment)에서 사용되는 robot이다. 일반 대기 환경에서 사용되는 wafer 이송용 robot의 경우 robot 몸체 전체를 작업영역에 상관없이 system에 부착하여 사용할 수 있으나 진공환경에서 사용되는 wafer 이송용 robot의 경우는 robot arm 부분만을 진공환경의 작업영역에서 사용하게 되므로 진공환경에 대응할 수 있도록 feed through나 lip seal등을 사용하여 대기와 진공을 분리하는 밀폐처리를 하여 clean 환경에 대응하고 있다. 이러한 wafer퍼 이송용 robot은 반도체의 제조장비에 설치되어 robot의 전후 혹은 좌우 등으로 웨이퍼를 이송시켜 주는데 주로 활용되고 있다.^[11]

Robot 산업 분야의 시장을 국내외 동향을 알아보았다. 과거 세계 robot 시장 발전은 2013년 robot 시장은 147.9억 \$ 규모이며 개인서비스용 robot 시장이 2012년에는 17.1억 \$로 40.2% 정도로 급성장하였다. 제조용 robot은 세계 1위 시장으로 부상한 중국의 영향을 많이 받았다. 그리고 분야별 시장 규모와 세계 시장에 차지하는 비중을 보면, 제조용 robot이 95.1억 \$로 64.3%, 전문 서비스용 robot은 35.74억 \$로 24.1%, 개인 서비스용 robot은 17.1억 \$로 11.6% 규모이다. 미래 세계 robot 시장 발전은 2025년 기준 전체 robot 판매 시장에서 차지하는 비율은 개인서비스용 robot이 13.5%, 제조

용 robot이 36.5%, 전문 서비스용 robot은 25.4%, 군용 robot이 24.7%이다. 분야별 연평균 성장률은 개인서비스용 robot이 17.4%, 제조용 robot이 7.6%, 전문 서비스용 robot은 12.3%, 군용 robot이 8.1%으로 예측해볼 수 있다.

전 세계적으로 제조용 robot은 연평균 10% 이상 증가를 유지할 것으로 전망된다. 향후 세계 1위 제조용 robot 판매 국사로 급부상한 중국의 영향력이 매우 지속적으로 확대될 것으로 생각된다. 제조용 robot의 판매는 향후 2017년까지 12%정도 성장할 것으로 전망되며, 나라 별로 중국은 과거 2013년 36,560대를 판매하여 세계 1위로 올라섰으며, 2017년까지 연평균 26%이상 고성장을 할 것으로 예측된다. 국내 robot 정책은 지난 제1차 계획(2009~2013)이 법·기관 등 infra 조성, 제품개발, 보급 중심이었다면, 제2차 계획(2014~2018)은 robot기술의 발전과 주력산업 용·복합 추세에 맞추어 다른 분야의 제조, 서비스 분야로 robot 산업을 확대하는데 중점을 두는 것이다. 대형 연구개발 project 추진, R&D cut-down 제도 도입, 정부 R&D를 통해서 개발된 robot 기반기술의 제품화 및 상용화를 위한 개방형 robot 산업 생태계를 조성하는 정책을 할 것으로 생각된다.

참고 문헌

- [1] 유준 외 4명, 반도체장비공정제어기기의 구조 및 기능, 제어·자동화·시스템공학회지 제3권 제2호, 1997년 3월
- [2] 김종택 외 1명, 반도체장비유지보수기능사, 도서출판 금호, 2014년 7월
- [3] 이인호 외 7명, 반도체전공정장비 1, 북두출판사, 2014년 1월
- [4] TE8500 system operation manual
- [5] Ashing 공정 장비 300mm의 설비, Axcelis 사, Interga RS,
- [6] World Robotics, IFR, 2008~2014
- [7] The Rise of Robotics, Boston Consulting Group, 2014
- [8] Robotics Business Review, 2012~2015
- [9] Robot산업실태조사, 산업통상자원부, 2008~2014
- [10] 제2차 지능형robot 기본계획(2014~2018), 관계부처 합동, 2014
- [11] 조승환, F-ONE Co., Ltd.



이종근

- 1988년 2월 인하대학교 공과대학 응용물리학과(공학사)
- 1991년 2월 인하대학교 공과대학 응용물리학과(공학석사)
- 1998년 2월 인하대학교 공과대학 전자재료공학과 (공학박사)
- 1998년 3월~1999년 8월 인하대학교 플라즈마센터 연구원
- 1999년 9월~2001년 8월 에이디벤처 연구개발부장
- 2001년 9월~2002년 8월 인하대학교 반도체 및 박막기술연구소 박사후연구원
- 2002년 9월~2004년 7월 네오칩스 수석연구원
- 2004년 8월~현재 부천대학교 전자공학과 교수

〈관심분야〉

반도체 설계 및 공정/장비, VHDL 및 FPGA설계



이해수

- 1983년 전주공업대학교 전자과 전문학사
- 1992년 호원대학교 전자공학과 학사
- 2005년 아주대학교 대학원 석사
- 2014년 경희대학교 학사
- 2015년~현재 안양대학교 박사과정 재학
- 1988년2월~2008년4월 광전자(주)/중국대련법인 사장
- 2004년3월~2010년8월 전주비전대학교 전자과 겸임교수
- 2008년4월~현재 (주)세광에너지/(주)삼민산업/(주)충남기업 대표이사

〈관심분야〉

디스플레이, LED조명, 무전극 조명, 태양광