065 초정밀 물류 이송장치 적용 자기부상 컨베이어 기술

전기응용연구본부 | 이기창

○ 자기부상 컨베이어(Electromagnetic Conveyor, EMC)는 OLED 등의 평판디스플레이(FPD) 진공 제조 공정에서 요구되는 비접촉, 초정밀 자기부상 자동 물류이송장치를 일컫는다. 자기부상 컨베이어는 자기부상 선형베어링(Electromagnetic Levitation Linear Bearing, ELLB)과 안내 일체형 선형추진 전동기 시스템으로 구성된다. 자기부상 선형베어링은 레일이 설치된 전체 구간에서 Passive Carrier를 비접촉 지지하는 선형베어링 특성을 제공한다. 또한 안내 일체형 선형추진 전동기 시스템은 Passive Carrier가레일을 비접촉으로 따라가게 하면서, 동시에 Passive Carrier를 정밀 서보제어(위치 및 속도)할 수 있음

기술개념 및 구성

▣ 기술개념

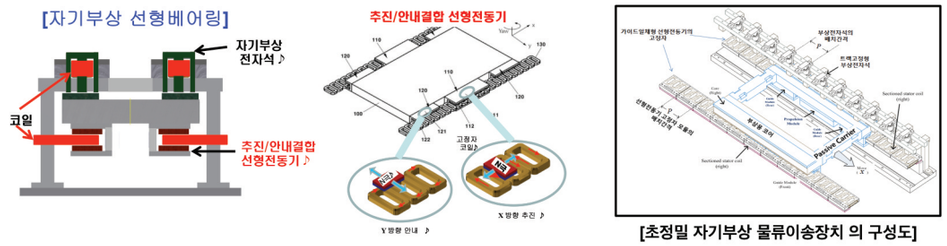
▶ 자기부상 컨베이어 = 자기부상 선형베어링 기술 + 안내 일체형 선형추진 전동기

▶ 자기부상 선형베어링 기술
- 비접촉에어베어링은 진공 중에서 사용이 불가하지만, 흡인식 자기부상을 사용하면 진공 중에서 고중량의 캐리어(Carrier)를 지지할 수 있음.
- 멀티 자기부상 전자석 모듈을 제작하여 전체 레일을 따라 캐리어(Carrier)를 지지할 수 있는 구조
- 부상 섹션절환 알고리즘을 적용하여 자기부상 선형베어링은 Long-Stroke에 대해서 안정적인 지지능력 가짐

▶ 안내 일체형 선형추진 전동기
- 고정자 코일이 레일이 부착되고, 이동자(캐리어 측)에는 오직 영구자석만 배치되는 구조 → 이동체 발열이 제로.
- 추진 섹션절환 알고리즘을 적용하여, 선형추진전동기는 Long-Stroke에 대해서 안정적인 서보제어 능력 가짐
- 캐리어가 레일을 따라 이동 중 안내력을 제공할 뿐 아니라, 횡방향 위치도 제어할 수 있는 능동정렬(Active Align) 기능도 제공함.

▣ 기술의 구성도

▶ 자기부상 컨베이어 = 자기부상 선형베어링 기술 + 안내 일체형 선형추진 전동기



[초정밀 자기부상 물류이송장치 의 구성도]

1. 기술 개요

▣ 기술개발의 필요성

▶ 차세대 OLED 제조 공정 등 최근의 FPD(Flat Panel Display) 진공 제조 공정에서는, 증착 및 회수의 전체 공정에서 전원이 인가되지 않는 (Passive) 캐리어(Carrier)를, 레일을 따라 비접촉 자기 부상시켜서 정밀 제어(속도 및 위치 제어)하는 것이 요구된다.

2. 기술 내용

▣ 기술의 특징

▶ 기술의 특장점
- 40kg급의 Passive Carrier를 운송하는 자기부상 컨베이어의 프로토타입을 제안하여 실제 제작/구현하였음.
- 제안하는 자기부상 컨베이어는, 자체발열 요소가 금지되는 Passive Carrier에 대해서, 자기부상 선형베어링이 부상을 제공하고, 안내 일체형 선형추진 전동기가 안내와 추진을 제공하여, 공정 구간의 전체 레일에 대해서 안정적인 비접촉 서보제어 특성을 보장하는 획기적인 물류이송장치임.

▶ 기술의 상세 규격
- 개발된 자기부상 컨베이어 프로토타입 (40kg급 Passive Carrier)

A. 안내 일체형 선현추진 전동기 시스템
- ±200㎛ m 이내의 안내 정밀도 달성
- ±10㎛ m 이내의 위치 제어 정밀도를 달성하였음.

B. 자기부상 선형베어링
- 평균공극 1mm에서 ±100㎛ m 이내의 부상정밀도를 달성하였음

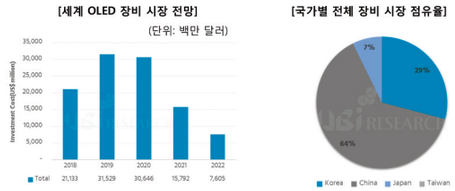
▣ 경쟁기술과 차별성

▶ 국내외 유사 · 경쟁 기술 현황
- 초정밀 자기부상 이송 기술

국내	기술명	자기부상 EMS(Electric Monorail System)
	기술 내용	비접촉 자기 부상과 선형유도전동기 추진을 이용하여, 레일을 따라 비접촉으로 Carrier를 이송시키는 시스템. Carrier에 전력을 공급하기 위한 비접촉전원공급장치(CPS)가 필요하며, 발열이 상대적으로 크지만, 공장내에서 안정적인 비접촉 물류를 제공할 수 있음 (2010년 개발, 한국전기연구원)
	기술명	초정밀 자기부상 스테이지
	기술 내용	반도체 제조용 웨이퍼를 서브 마이크로미터 이하로 정밀 제어할 수 있는 기술 (2005년 한국전기연구원 개발)
국외	기술명	Flying Magnet
	기술 내용	아인트호벤 대학교와 필립스가 공동개발한 초정밀자기부상 스테이지, Carrier에 영구자석 배열을 가지고, 바닥에는 코어리스 전동기가 입체적으로 배열되어서, 대면적 정밀 위치 서보가 가능함. 부상 가능한 Carrier의 무게가 작음

▶ 경쟁 기술 대비 우수성

경쟁기술	본 기술의 우수성
자기부상 EMS	• 자기부상 EMS는 Carrier에 전원이 공급되어, 부상 구조는 간단하지만 Carrier에 발열이 있지만, 공장내 비접촉 물류 서보에 최적임 • 발열이 없는 Passive Carrier를 부상/추진시킬 수 있는 본 기술은 진공공정에도 적용될 수 있는 정밀도를 제공함
자기부상 스테이지, Flying Magnet	• 자기부상스테이지, Flying Magnet은 정밀위치제어가 가능하지만, Carrier의 무게가 수 kg 이하이다. 본 기술은 수백 kg 이상의 Carrier를 비접촉 정밀 제어할 수 있음



자료: UBI Research, 1H18 AMOLED Equipment Market Track, 2018

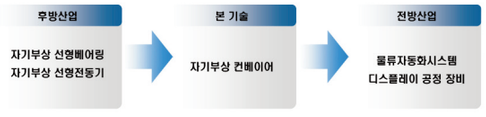
3. 기술의 시장성

▣ 기술 응용분야 및 제품
- 초정밀 물류 이송용 자기부상컨베이어
  - 유리기판을 적재한 캐리어는 비접촉 자기부상 이송이 되어야 함
  - 진공 증착(초청정) 공정중 자기부상 초정밀 속도제어 : 수율향상
  - 대기 중 회수 공정에서 비접촉 이송

[자기부상 컨베이어]

▣ 시장이슈
- LCD 등의 고전적인 디스플레이 제품은 중국 등에서 생산 확대됨에 따라, 국내에서는 OLED 제품으로 특화하고 있으며, OLED 제품의 수율을 향상시킬 수 있는 초정밀 물류이송용 자기부상 컨베이어 개발이 지속적으로 요구됨
- 안정적인 제품 수율을 위해서 OLED의 트레이는 발열이 없는 Passive Carrier 형태가 되어야 하며, 안내력도 제공되는 정밀 가변 위치 제어가 필요하고, 이러한 요구에 가장 적합한 구조가 자기부상 컨베이어임
- 세계 연구소 및 기업들은 △초고속 공작기계 스핀들 △터보 컴프레셔 △초원심분리기 등 자기부상 컨베이어 기술이 적용된 고부가가치 회전기계를 개발해 상품화하는 추세임

▣ Supply chain
- 본 기술인 자기부상 컨베이어의 후방산업은 △자기베어링 △선형전동기이며, 전방 산업은△물류자동화시스템 △반도체 및 디스플레이 공정 장비 제조로 구성됨



▣ 수요전망
- OLED용 장비 시장은 2018년 211억 달러에서 2019년는 315억 달러 규모가 될것으로 전망됨
- 국가별 OLED 장비 시장은 2018년 부터 2022년까지 중국이 64%, 한국이 29%의 점유율을 보일 것으로 전망됨

4. 주요 연구성과

▣ 특허 출원 및 등록 현황

구분	특허명	국가	번호	년도
등록	자기부상 이송 시스템의 부상 제어 방법	한국	10-1454279	2014
등록	자기부상 및 자기베어링 시스템용 전자석 엑추에이터의 PWM 구동 시스템	한국	10-1385977	2014
등록	디스플레이 제조설비용 자기부상 이송 시스템	한국	10-1054302	2014
등록	자기부상 및 자기베어링을 이용한 직선이송장치	한국	10-1048056	2014
등록	전자기식 선형 추진 및 안내 시스템	한국	10-1489928	2015
등록	권선 절환형 영구자석 선형 동기전동기 및 그의 구동방법	한국	10-1489931	2015
등록	자기 부상 이송 장치	TAIWAN	I552254	2018
등록	자기 부상 이송 장치	JAPAN	6165992	2017
등록	자기 부상 이송 장치	한국	10-1531656	2015

▣ 기술의 완성도

▶ TRL 5 수준의 기술완성도 단계 : 개별기술 검증용 시제품 개발

▶ 개발 기술 범위 : 안내일체형 선형추진전동기 및 자기부상선형베어링 기술

▶ 기술개발 완료 시기
- 2014년 12월 : 초정밀 물류이송장치용 자기부상 컨베이어 기술 (안내 일체형 선형추진전동기, 자기부상선형베어링)

5. 기대 효과

▣ 기술 도입 효과

▶ 경제적인 효과
- 2023년에는 대형 OLED 라인의 기판 면적이 전체 기판 면적에서 42%를 점유할 것으로 예상됨. 2019년부터 2022년까지 4년간 OLED 제조용 장비 시장(물류 장비 제외)에 투자 예상 금액은 284억 달러 규모로 추산되며, 그 중에서 6세대 장비 시장은 172억달러로서 전체 장비 시장의 61%를 차지할 것으로 예상된다.
- 자기부상컨베이어 기술이 적용되면, 이러한 공정장비 시장을 국산화할 수 있음.

▣ 기술 · 산업적 파급 효과

▶ 기술적 파급 효과
- 안내일체형 선형추진전동기는 공장자동화 및 고청정 물류이송시스템 구현에 핵심적인 기술
- 자기부상 선형베어링을 적용하면, 진공 중 물류 자동화 이송 시스템을 구현할 수 있음.
- 이러한 요소기술 개발을 통해, 대한민국의 물류 및 공정 시스템의 장비 산업을 국산화 시킬 수 있을 것으로 기대됨.

[R&R : 3-2-3]