

감광제 도포 후 용매 건조기술

김광선*, 허용정*, 권오경**, 권성***, 박운용***

*한국기술교육대학교 메카트로닉스공학부, **한국기술교육대학교 대학원 기계공학과, ***㈜케이씨텍

초록

본 연구에서는 평판 디스플레이 Photo공정 중에서 무회전 도포(Spinless Coating)방식으로 기판(Glass)에 감광제 약액을 도포한 후 용매(Solvent)를 제거 시키기 위한 진공건조장치(Vacuum dryer)에서 감광제 도포막의 품질에 영향을 주지 않는 범위 안에서의 용매 제거시간을 단축하기 위한 진공챔버의 용적에 따른 진공포트의 크기 및 배치에 대한 최적화를 구현하였다. 구현된 챔버의 용적과 진공포트의 크기 및 배치를 바탕으로 진공건조장치를 챔버, 챔버 구동부, 기판 구동부, 진공펌프, 그리고 N₂ 공급부로 모듈화하여 구성하였으며, 실제 도포 기판을 이용하여 진공건조를 실시한 후 도포막을 검사함으로써 진공포트에 대한 최적화를 검증함과 동시에 진공건조 능력을 확인하였다.

1. 서론(돋움체 11pt, 진하게, 양쪽 혼합 정렬)

최근 평판 디스플레이 산업에서 기판의 크기가 대형화되면서 Photo공정 중에서 회전 도포(Spin Coating)방식을 이용한 감광제 도포가 용이하지 않게 되면서, 기판을 회전시키지 않으면서 감광제를 도포할 수 있는 방식의 필요성이 대두되었다. 그로 인해 개발된 것이 무회전 도포(Spinless Coating)방식으로, 고정 척에 기판을 위치시킨 후 슬릿 노즐을 기판 위 일정 높이로 주행시켜 감광제 약액을 도포한다. 그러나 용매의 제거율 면에서는 기존의 회전 도포방식이 약 70%인 반면, 무회전 도포방식은 용매 제거가 없다. 그로 인하여 기판을 감광제 고형화를 위해 오븐장치에 바로 투입할 경우, 휘발성의 용매로 인하여 편흔 얼룩이 발생하게 되어 용매를 강제 제거하는 건조장치가 필요하게 되었다.

건조장치라는, 기존의 회전 도포방식에서는 불필요한 장치가 무회전 도포방식에서는 필요함으로써 용매를 가능한 단시간에 제거할 수 있는 기술로서 진공건조기술이 부각되었다. 진공건조는 감광제약액을 도포한 기판을 진공챔버 안에 넣고 도포한 감광제 약액에서 용매의 증발 속도가 급격하게 높아지는 진공도보다는 약간 낮은 진공도가 될 때까지 진공 챔버 안의 기체를 고속으로 배기하고, 그 후, 진공 챔버 안의 기체를 저속으로 배기하여 용매를 서서히 증발시키고, 용매가 증발한 후에 진공 챔버 안을 대기압으로 복귀시키는 방식이다. 그러므로 용매 제거시간을 줄이기 위해서는 용매의 증발 속도가 급격하게 높아지는 진공도보다 약간 낮은 진공도에 도달하는 시간을 줄여야 한다. 그러기 위해서는 우선, 진공 챔버 안의 용적을 최대한 줄임으로써 총 배기량을 줄이고, 구성된 챔버의 내부형태와 용적, 그리고 진공펌프에 따른 진공포트의 크기 및 배치를

최적함으로써 보다 효과적으로 챔버 안의 기체를 단시간에 배기할 수 있게 되어 용매 제거시간을 줄일 수 있다. 그러나 용매 제거시간을 줄이는 것은 어디까지나 감광제 도포 막의 품질을 저하시키지 않는 범위 안에서 구현되어야 하므로, 원하는 진공도에 도달하는 과정 및 도달 후, 기판 위에서 기판 중심을 기준으로 등압분포가 이루어질 수 있도록 진공포트의 크기 및 배치를 하는 것이 중요하다. 기판 위에서의 비균일 압력 분포는 용매의 증발온도 및 속도를 비균일화 하는 결과를 초래해 감광제 도포 막의 두께의 균일성 및 얼룩발생의 원인이 되어 감광제 도포 막의 품질을 현격히 저하시키게 되는 것이다.

본 연구에서는 감광제 도포 막의 품질을 저하시키지 않는 범위 안에서 용매 제거시간을 단축하기 위한 진공포트의 크기 및 배치의 최적화에 대하여 중점을 두었으며, 최적화된 진공포트의 크기 및 배치를 바탕으로 진공건조장치를 챔버, 챔버 구동부, 기판 구동부, 진공펌프, 그리고 N₂ 공급부로 모듈화 하여 구성하여, 실제 도포 기판을 이용하여 진공건조를 실시한 후 도포 막을 검사함으로써 진공포트에 대한 최적화를 검증함과 동시에 진공건조장치에 대한 진공건조 능력을 개선하였다.

2. 실험 방법

2.1 설계 이론

평판 디스플레이 장비 설계 시 초기 단계에서는 단품별로 해석을 통하여 기본적으로 구조해석을 수행하고, 특히 진공 건조 장비는 개념설계 단계에서 진공도 분포에 대한 해석을 하여 설계 파라미터를 유출 및 도출한다.

진공 건조 장치에서의 초기 조건인 진공펌프 컨덕턴스 시험식[1] 및 소요시간 기본식[2]은 아래와 같다.

$$C = \left(\frac{n \cdot d}{4/L} \right) \cdot \left(\frac{P_1 + P_2}{2} \right) \quad [1]$$

$$t = 2.3k \cdot \left(\frac{V}{S} \right) \cdot \log \left(\frac{P_1}{P_2} \right) \quad [2]$$

C : 진공 펌프 컨덕턴스 P1 : 초기압력 P2 : 설정압력 n : 컨덕턴스 시험식 계수
 d : 배관 지름 L : 배관 길이 V : 챔버 부피 S : 배기속도
 t : 도달 시간 k : 진공펌프 상수

그림 1은 현재 시험에 사용할 진공펌프의 성능곡선이다.

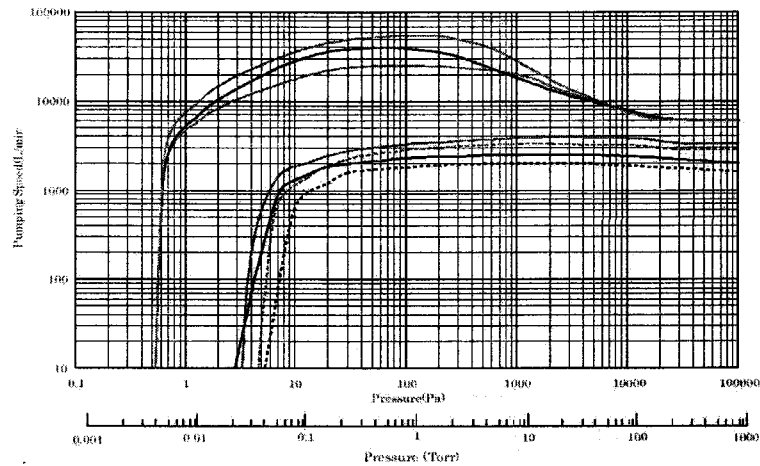


그림 1. 진공펌프 성능곡선

2.2 시험 방법

2.2.1 전산유체역학(CFD)을 이용한 모델링 및 Simulation 방법

평판 디스플레이 공정장비는 기관의 대형화 및 주문자 생산 방식이므로 고객의 요구에 수시 대응하여 설계 변경이 필요하며 요구되는 성능을 만족시키기 위해 잦은 장비 구조 변경 시 시작품 제작비용과 시간적인 손실이 발생하므로 구조해석 및 유체해석을 통한 신속한 대응이 필요하다.

이에 본 연구에서는 실제 기관 및 진공 플레이트, 진공 챔버를 모델링 하여 진공도 분포에 영향을 주는 설계 변수를 진공도 분포 및 진공도 경향에 영향을 주는 설계 변수를 두어 해석 수행을 한다.

진공 건조 시스템을 구성하여 제한된 설계변수와 주요 설계변수를 나눠서 실제 행해지지만 본 시험방법은 기 설계된 진공 플레이트 하부에서 4개의 진공 포트를 구성하여 주요 설계 파라미터인 포트 크기와 포트 배치에 대한 최적화 설계를 한다.

아래의 그림.2는 설계 단계에서 상대 Part를 제외한 진공 챔버, 플레이트 및 임의의 진공포트를 모델링 하였다.

그림.3은 모델링 된 그림.2를 유동장을 구성을 하여 Pre-Post인 FVM으로 구현하였다.

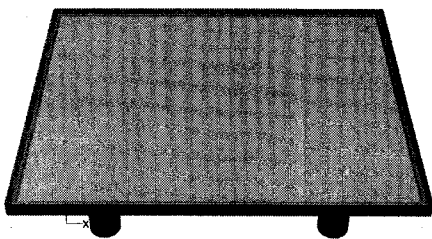


그림. 2 진공 플레이트 및 챔버부 모델링

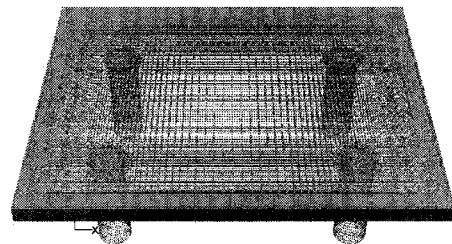


그림. 3 시스템 모델링의 FVM

2.2.2 시험 장치 구성

아래의 그림.4와 같이 설계된 진공 건조장치를 실제 제작하여 실제 공정조건으로 테스트를 수행한다. 본 연구에 사용되는 시험 장치는 공동개발 업체의 보안 요구로 세부 외관도 및 구체적인 시험 장치구성에 관한 첨부를 생략하였다.

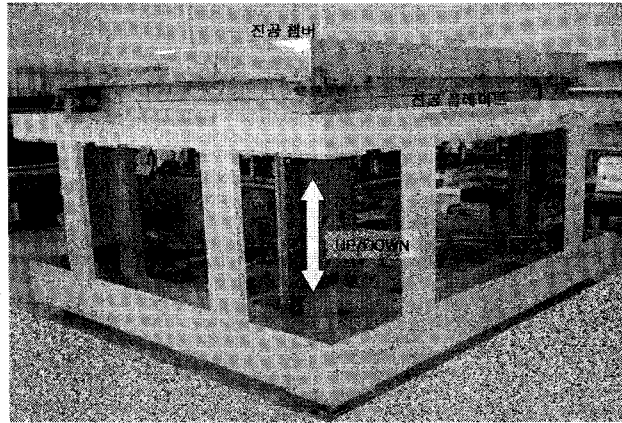


그림. 4 진공 건조장치 구성

3. 실험 결과 및 고찰

3.1 Simulation 결과

유동장의 최적 설계 기법인 전산유체 역학(CFD)을 이용하여 Case별 해석 수행한 결과 그림.4와 같은 진공 챔버내의 유선을 알 수 있다.

그림.5는 진공포트의 최적 설계 시에 기관에서의 진동도 분포(Uniformity)이며 3%내를 만족하는 결과임을 알 수 있다.

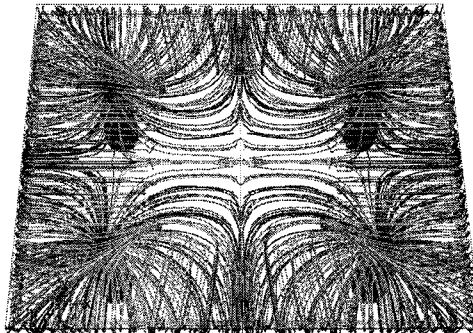


그림.4 진공 챔버 내 유선

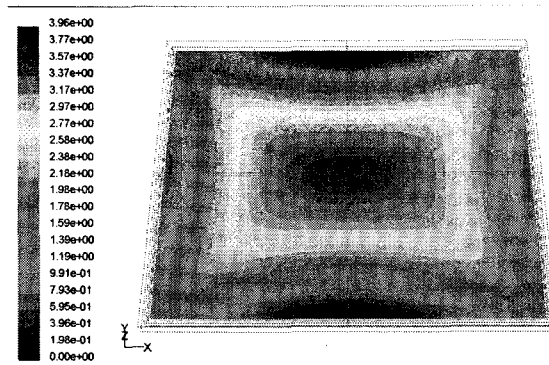


그림.5 진공도 분포

3.2 결과 검토 및 고찰

실제 실험에서는 진공도 분포 측정이 난해하여 감광제로 도포된 기관의 진공건조로 감광제 고형분의 도포 두께를 측정하였다.

측정결과 두께 분포(Uniformity)도 3%내를 만족하는 결과를 얻었다.

4. 결 론

본 연구에서는 기관 대형화에 따른 무회전 도포시스템 장치중의 하나인 진공건조장치에 있어 기관에서의 최적의 진공도 분포를 구현하기 위하여 시뮬레이션 및 시험을 수행하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 진공 포트의 크기 및 배치로 기관에서의 진공 분포도의 최적화를 구현하였다.
- 향후 개선 해석으로 설계 파라미터에 대한 연구가 필요하며 이에 도포 얼룩에 대한 인자까지 고려한 해석 및 시험이 필요할 것으로 사료된다.

참고 문헌

- [1] ATES Fluent, "Gas Flow" pp.125-126, 2003
- [2] Donald M. Mattox, "The Foundations of Vacuum Coating Technology", Noyes/William Andrew Publishing, pp.52-53, 2003
- [3] A. P. Troup, D Turell, "Dry pumps operating under harsh conditions in the semiconductor industry", J. Vac. Sci. Technol. A7 (3), pp.2381-2386, 1989
- [4] 木村陽一, 横地精吾, 岡崎哲也, 加藤慎也, 藤田 賢, "液晶TV用高コントラストカラーフィルタレジスト", 日立化成テクニカルレポートNo.44 (2005-1) pp.17-20, 2005
- [5] U.Beeck, G. Reich, "Comparison of the pressure indication of a Bayard-Alpert and an Extractor Gauge", J. Vac. Sci. and Techn. 9, pp.126-128, 1972