

6, 7세대 TFT-LCD 공장의 노광기 진동 저감 대책에 관한 연구

이흥기*, 손성완*, 박해동*, 김강부*, 백재호*

* RMS TECHNOLOGY CO., LTD.

ABSTRACT

TFT-LCD 모니터 및 TV의 핵심부품인 TFT/Color Filter를 제조하는 공장라인에서 제품의 품질에 중요한 역할을 하는 것은 유리기판에 TFT와 Color Filter를 형성시키는 노광공정(Exposure)이다. 이러한 TFT/Color Filter를 생산하는 공정내에서 노광기는 핵심기술이므로 진동에 대하여 엄격하게 관리되어지고 있다.

그리고, TV 및 TFT-LCD 모니터의 크기가 큰 것을 사용자의 요구로 TFT/Color Filter 생산 공장은 세대가 거듭될수록 사용되어지는 유리기판의 크기도 따라서 커지고 있다. 이러한 유리기판의 크기 증가는 공정라인에서 진동에 더욱더 취약해지는 결과를 초래하므로 보다 엄격하게 진동관리가 필요하게 된다.

이에, 본 논문에서는 기존 세대인 1~5세대 TFT-LCD 공장 현장에서 노광기의 진동실태를 수집하여 파악하고 Maker에서 제시하는 자료와 비교/평가하고, 문제점을 확인한다. 이를 기초로 수정/보완되어야 할 사항을 검토하며, 차세대인 6~7세대 노광기에 대한 진동저감 대책을 위한 시스템을 설계하는 절차서에 대한 예를 들었으며, 최적의 진동저감 대책에 대한 설계안의 방향을 제시하였다.

1. 서론

TFT-LCD 모니터 및 TV를 생산하기 위한 핵심부품은 TFT/Color Filter를 제조하는 기술이다. 이러한 TFT/Color Filter를 제조하는 공장라인에서 제품의 품질에 중요한 역할을 하는 것은 아래 유리기판에 TFT를 형성시키고, 윗 유리기판에 Color Filter를 형성시키는 노광공정(Exposure)으로 크고 작은 다수의 노광기가 공장내에서 사용되어 진다. 이러한 노광기의 내부 구성은 사진기의 원리에 대응된다. 노광기 내부에는 사진기의 필름에 해당하는 Photo Mask가 있으며, Mask에 형성되어 있는 Pattern을 사진기의 인화지에 인화하듯이 유리기판에 인화하여 노광하는 공정이 주된 장비이다. 이렇듯 TFT/Color Filter를 생산하는 공정내에서 노광기는 핵심기술이므로 진동에 대하여 엄격하게 관리되어지고 있다.

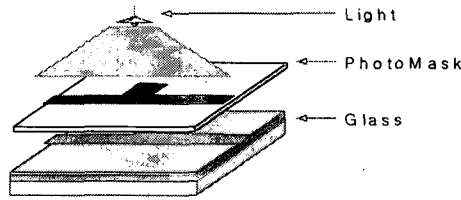


그림 1.1 노광공정의 개념도

그리고, TV 및 TFT-LCD 모니터의 크기가 점점 큰 것을 사용자가 요구하기 때문에 TFT/Color Filter 생산공장은 세대가 거듭될수록 사용되어지는 유리기판의 크기도 따라서 커지고 있다.(표 1.1 참고)

표 1.1 세대별 TFT-LCD 생산 유리기판 규격

세대	Glass Size [mm]
4	680×880
5	1000×1200
6	1500×1850
7	1870×2220

주) 상기 데이터는 제조사마다 다소 차이가 있음.

이러한 유리기판의 크기 증가는 공정라인에서 진동에 더욱더 취약해지는 결과를 초래한다. 이에 세대가 거듭될수록 노광기 설비에 대해서 진동제어 기술이 뒷받침되어야 양품의 TFT/Color Filter를 높은 수율에 대량생산하여 경쟁력 있는 제품을 소비자에게 제공할 수 있다.

이에, 본 논문에서는 기존 세대인 1~5세대 TFT-LCD 공장의 노광기 Maker에서 제시하는 각종 규제치와 현장 실태를 파악하여 비교/평가하고, 문제점을 확인하며, 이를 기초로 차세대 6~7세대 TFT-LCD 공장의 노광기 설비에 대한 최적의 진동저감 대책안을 제시하고자 한다.

2. 노광기의 진동허용규제치와 동강성 허용규제치

2.1 진동허용규제치와 동강성 허용규제치의 정의

장비의 진동허용규제치라 함은 외부에서 임의의 일정수준 이상의 진동이 장비로 전파되면 장비의 정상가동이 곤란함을 의미하는 것으로, 장비의 설치 예정구역에 일정수준 이하의 진동수준을 맞추어 줄 것을 요구하는 최소 진동레벨을 나타낸다. 또한, 구조물의 동강성허용규제치는 단위크기(1)를 갖는 동하중이 구조물에 가해졌을 때 구조물에서 발생하는 진동레벨이 주파수별로 어느 정도 발생할 것인가를 나타내어주는 정량적인 값이며, 명칭으로는 Receptance, Mobility, Accelerance 등이 있으며 대표적으로 Mobility라고 불려진다. 각종 장비가 설치되는 구조물에서 발생하는 진동응답은 크게 두개의 주된 동적인자에 의하여 결정된다.

첫 번째로 진동을 발생시키는 장비에서 발생하는 동하중(Dynamic Load)의 특성(시간이력, 주파수 성분)과 두번째로 이러한 동하중을 받는 구조물의 동강성허용규제치(Dynamic Properties : Mobility)의 상호관계에 의하여 결정된다.(그림 2.1참고)

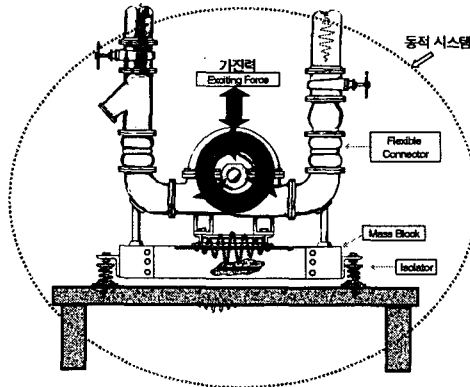


그림 2.1 동하중/동강성과 구조물 응답의 관계

2.4 노광기의 구성 및 특성

노광기에 대한 하나의 예로 특성을 간단히 설명하면 다음과 같다.

- ① 정하중은 약 7.5Ton으로 바닥구조물과 3지점에서 Foot를 이용하여 접지하는 구조(그림 2.2 참고)를 갖는다.
- ② 노광기 가동시 발생하는 동하중 특성(그림 2.3 참고)은 크기가 50[N], Time duration은 약 76[msec]이다.

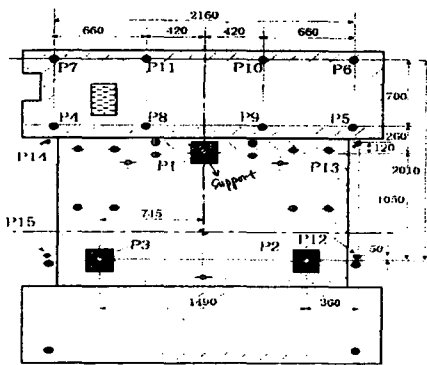


그림 2.2 노광기 동하중 측정 지점 (P1, P2, P3)

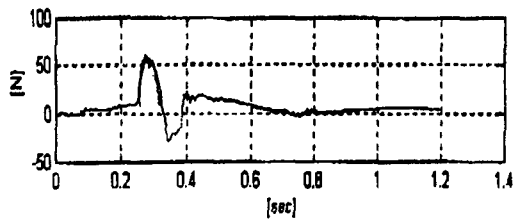


그림 2.2 노광기 가동시 발생하는 동하중 시간이력

2.3 노광기의 진동허용규제치와 동강성허용규제치

앞서 언급한 노광기에 대해서 Maker에서 제시하는 진동허용규제치와 동강성허용규제치는 정량적인 값으로 다음과 같이 제시되어 있다.

- ① 노광기의 진동허용규제치는 그림 2.3과 같이 주파수별(X축) 진동레벨(속도 : m/s)로 나타내었으며, 90Hz 부근에서 약 2×10^{-5} m/s의 최소 진동레벨로 정의 되어있다.

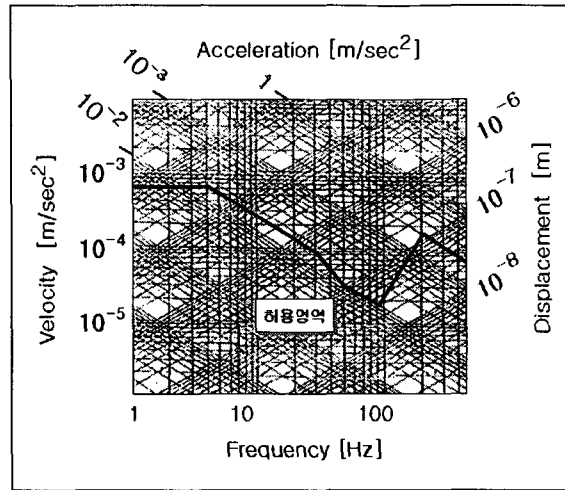


그림 2.3 노광기 진동허용규제치

② 노광기의 동강성허용규제치는 그림 2.4와 같이 주파수별로 단위하중에 대한 진동가속도 (m/s²/N)인 Accelerance(or Inertance)로 나타내었으며, 3.5~30Hz 범위에서는 9×10^{-5} (m/s²/N) 값으로 수평선의 형태로 동일하며 그 밖의 주파수 범위에서는 대각선의 형태로 주파수별로 다르게 정의 되어있다.

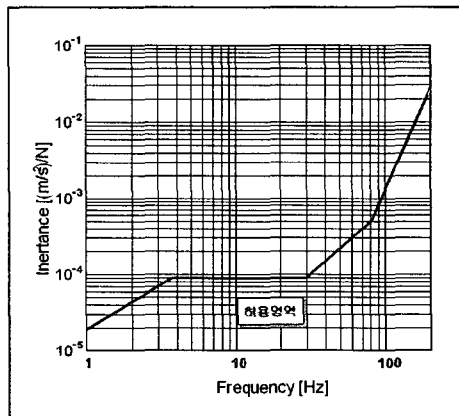


그림 2.4 제진대에서의 동특성 허용규제치

3. 1~5세대 노광기 제진대 시스템의 구성과 현장 진동특성

3.1 1~5세대 노광기 제진대 시스템의 구성

1~5세대 TFT-LCD 공장내 노광기 설비가 설치되는 제진대와 인접한 주변 유틸리티 구성은 다음과 같다.

① 노광기 설치 구성 : 그림 3.1에 나타낸 바와 같이 하부 격자보(sub-structure) 상부에 H-Beam 또는 Square-Pipe등의 지지 Beam이 이중으로 겹쳐져 설치되어 있다. 이러한 지지 Beam 상단부에

Liner를 이용하여 상부 제진대(anti vibration mass system)의 레벨링을 인접 A/F와 동일하게 맞추어설치하고, 이렇게 설치된 제진대 상부에 노광기를 설치한다.

② 인접 유틸리티 설치 구성 : 하부 격자보 상부에 H-Beam 또는 Square-Pipe등의 지지 Beam가 이중으로 위치한다. 이러한 지지 Beam 상단부에 Pedestal을 이용하여 상부 Access Floor의 레벨링을 맞추며 설치한 후 노광기 작업에 필요한 유틸리티를 설치한다.

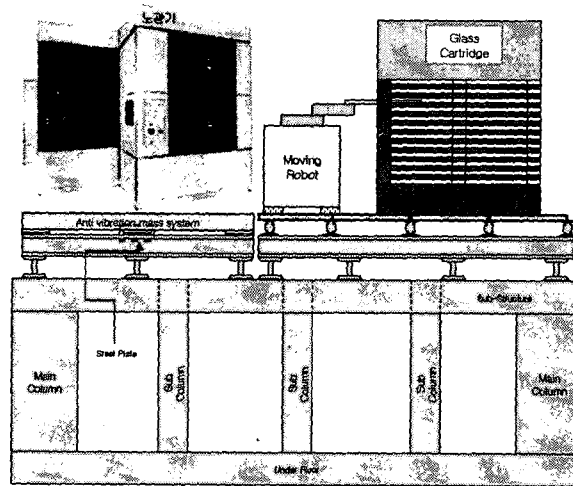


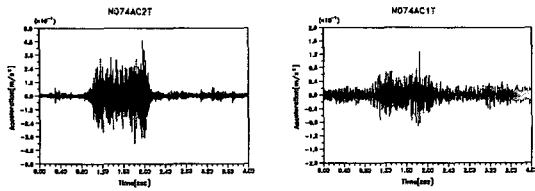
그림 3.1 1~5세대 노광기 제진대 및 유틸리티 현장 구성 개념도

3.2 1~5세대 노광기 시스템의 진동실태 및 문제점

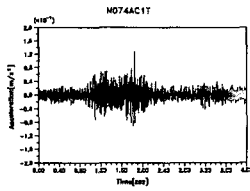
그림 3.1에 나타낸 바와 같이 구성된 1~5세대 제진대 시스템의 경우에 인접 유틸리티(Moving Robot etc.)등 외부의 각종 진동에 대하여 노광기 제진대는 특이 방진대책이 적용되지 않은 경우이다. 이러한 이유는 제진대 하부에 기존에 많이 알려진 각종 유연한 재료의 각종 방진 시스템을 설치하면 노광기 Maker에서 요구되는 동강성허용규제치를 제진대 상단부에서 만족시켜주지 못하기 때문에 시스템 구성상 방진대책을 적용하는데 곤란하기 때문이다. 이러한 경우에는 외부의 각종 유틸리티로 기인하는 진동이 제진대로 전파되어 영향을 미칠 수 있다.

실제로 현장에서 인접 Glass 이송로봇이 가동시 노광기가 설치된 제진대로의 영향을 미치며, 하부 격자보와 H-Beam 진동이 제진대로 전달되는 실태는 현장에서 흔히 나타난다. 그림 3.3과 같이 Glass 이송로봇이 가동중에 제진대에서는 시간이력적으로 약 12gal 정도 나타났다. 그리고, 격자보 상부에 비교하여 제진대 상부가 주요 주파수 성분인 11.75Hz에서 약간 상회하게 증가하는 것으로 나타났다.

이렇듯 노광기의 문제는 앞서 서술한 것을 정리하면 두가지 특성에 의해 증가되는 것으로 알 수 있다. 첫 번째로, 노광기의 동강성 허용규제치를 만족시켜 주기 위해 유연한 방진소자를 사용하지 못한 것으로 이는 외부 진동이 직접 제진대로 유입되는 경우 두 번째로, 하부 격자보나 H-Beam등이 외부진동에 대하여 충분히 견딜수 없이 동강성의 값이 부족한 경우이다.

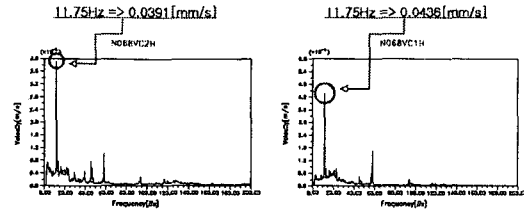


노광기 인접 A/F 가속도 시간이력 그래프
(인접로봇 가동시 : 약 4kgal)



노광기 제진대 가속도 시간이력 그래프
(인접로봇 가동시 : 약 12gal)

그림 3.3 Glass 이송로봇 가동시 제진대 & 인접 A/F 시간이력 진동데이터



노광기 하부 격자보 주파수 분석 그래프

노광기 제진대 주파수 분석 그래프

그림 3.4 제진대 & 격자보 주파수 분석 진동데이터

4. 6~7세대 노광기 제진대 시스템의 구성과 현장 진동특성

4.1 6~7세대 노광기 제진대 시스템 구성

TFT-LCD공장의 지난 1~5세대 노광기 제진대 시스템에서는 그림 3.1과 같은 구성으로 이루어졌으므로 인접 유틸리티 진동에 영향을 받고 있기때문에 6~7세대에는 이에 대한 대책이 반드시 요구되어지는 실정이다. 이에 대한 대책안으로 제시되는 것이 크게 두가지로 분리될 수 있다.

첫 번째로, 그림 4.1과 같이 '격자보와 제진대의 일체형 시스템'구조이다. 이는 제진대가 인접 유틸리티를 지지하고 있는 하부 H-Beam과도 분리하고, 제진대 두께도 증가시켜 '노광기+제진대' 시스템의 무게와 제진대의 강성이 증가되는 구조이다.

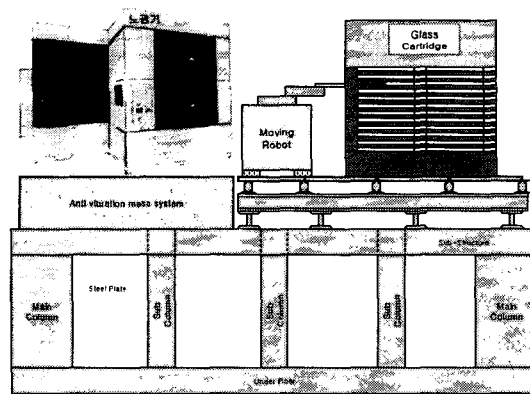


그림 4.1 격자보와 일체형 제진대 시스템

두 번째로, 그림 4.3과 같이 격자보와 제진대 사이에 Maker에서 요구하는 사양(동강성허용규제치)를 만족할 수 있는 진동저감용 시스템을 적용하는 '격자보와 제진대 분리형 시스템'구조이다.

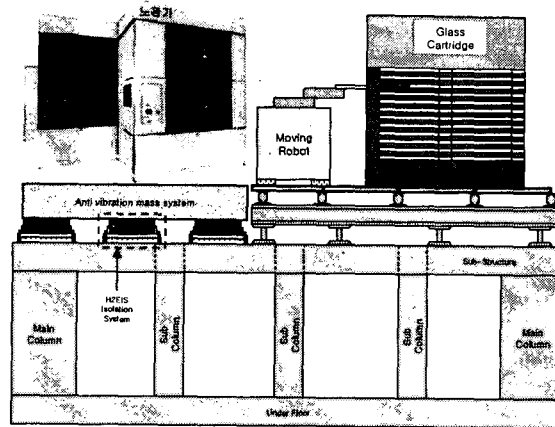


그림 4.2 격자보와 분리형 제진대 시스템

4.2 6~7세대 노광기 제진대 시스템 특성

앞 절에서 제시한 6~7세대 노광기 제진대 시스템 2가지에 대한 특성을 정리하면 다음과 같다.

- 첫 번째의 경우(그림 4.1, 4.2) : 제진대 두께를 증가시켜 '노광기+제진대' 시스템의 무게와 제진대의 강성이 증가되는 구조이므로 고주파 진동저감에는 효과가 있다. 그러나, 공장 내에서 생산라인 변경으로 노광기 위치 변경시 격자보와 일체형이므로 이동 및 수정이 불가능한 단점을 가지고 있다. 또한, 외부로부터 제진대로의 진동에 대한 저감대책이 없으므로 격자보의 동강성이 충분하지 않으면 유입되는 진동이 진동허용규제치를 초과할 여지가 있다. 이러한 경우에는 그림 4.3와 같이 격자보에 동강성을 정량적으로 증가시키기 위한 추가적인 보완대책이 수행되어야 한다. 참고로, 그림 4.4에는 VSD 시스템 시공 전/후 구조물의 동강성에 대한 특성을 비교한 결과를 나타내었다.

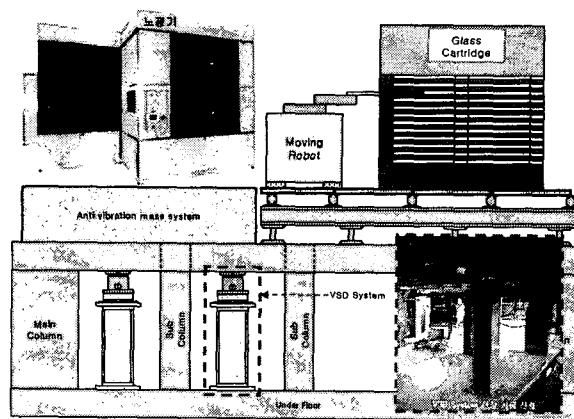


그림 4.3 동강성 조정 시스템

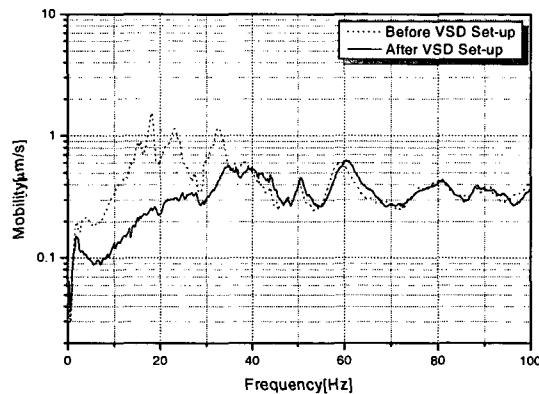


그림 4.4 VSD 시스템 시공 전/후 구조물의 동강성에 대한 특성

- 두 번째의 경우 : 제진대가 인접 유틸리티를 지지하고 있는 하부 H-Beam과도 분리하고, 제진대와 격자보 사이에 진동저감용 시스템의 적용으로 외부로부터의 진동유입에 진동저감 효과가 있다. 그리고 공장 내에서 생산라인 변경등의 요인으로 노광기 위치를 변경해야만 할 경우 이동이 가능하여 다양한 유연성을 가지고 있다.

4.4 격자보와 분리형 제진대 시스템 개발을 위한 동적특성 예측 및 평가

상기에서 언급한 두가지 제진대 시스템에서 첫 번째 경우인 '격자보와 일체형 제진대 시스템'은 노광기 Maker에서 요구하는 '동강성허용규제치'를 만족하는 경우가 대부분이다. 그러나 외부진동에 대한 진동저감 효과가 없다는 것에 단점이 있다. 이에 두 번째의 경우인 '격자보와 분리형 제진대 시스템'의 경우를 선택하여 설계하는 절차는 첫 번째로, 노광기가 설치될 예정구역의 진동레벨을 확인하여 일정 수준의 방진효과를 갖을 수 있는 조건(일정크기의 고유진동수)과 더불어 두 번째로, 노광기의 가동시 발생하는 동하중에 의하여 제진대에서 발생하는 진동이 진동허용규제치를 만족할 수 있는지 확인해 보는 2가지 과정으로 시스템 개발하는데 적용해야 한다. 이에 대한 예로 두 번째 설계 절차를 정리하면 다음과 같다.

① Maker에서 제공된 동하중 자료를 근거로 그림 4.3와 같은 동하중 추정 데이터를 확보하고, 그림 4.4와 같은 공장 구조물 모델링에 적용시켜 과도응답 해석을 수행하였다.

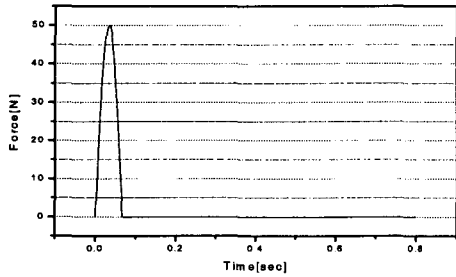


그림 4.3 정밀장비 동하중 시간이력 데이터

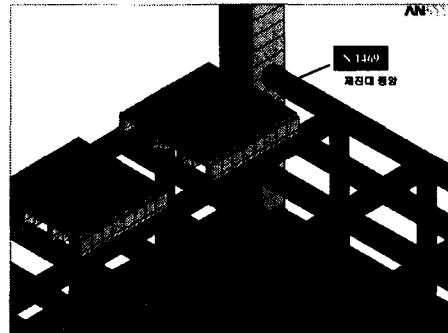


그림 4.4 격자보와 분리형 제진대 시스템의 경우 과도해석 모델링

과도해석의 예측결과는 시간이력의 진동속도(그림 4.6)를 산출할 수 있으며, 이 신호에 대하여 주파수분석을 시키면 그림 4.6과 같이 산출 할 수 있다. 이러한 주파부별 데이터를 그림 4.6에서와 같이 노광기 Maker에서 제시한 주파수별 진동허용규제치를 비교하여 진동허용규제치를 만족하고 있으면 현장에 적용가능한 '격자보와 분리형 제진대 시스템'이 될 수 있다고 예측할 수 있다.

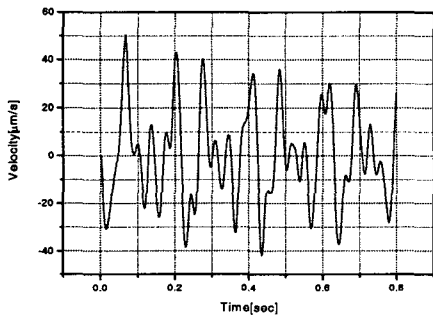


그림 4.5 제진대에서 진동응답 대표 속도 시간이력 그래프

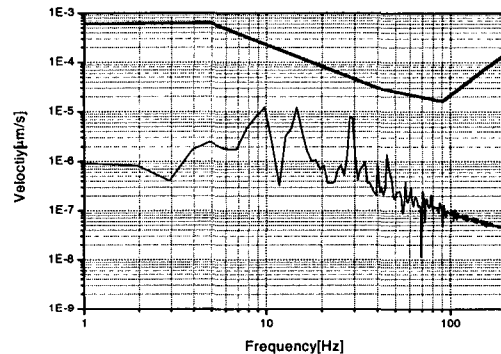


그림 4.6 제진대에서 진동응답 대표 속도 주파수 분석 그래프

5. 결론

본 연구에서는 기존의 1~5세대에서 실제 현장에서 적용되어진 노광기 제진대 시스템에 대한 구성과 이러한 경우에 있어서 진동특성과 문제점을 확인하였다.

이를 기초로 Maker에서 요구되는 각종 진동관련한 사양(진동허용규제치 & 동강성허용규제치)을 만족하기 위하여 기존세대인 1~5세대 노광기 제진대에서 수정/보완되어야 할 사항을 검토하였다. 이러한 자료를 기초로 차세대인 6~7세대 노광기에 대한 진동저감 대책에 대하여 고려되어야 할 사항을 제안하였으며, '격자보와 분리형 제진대 시스템'이 될 수 있는 시스템을 설계하기 위한 절차의 한 예를 제시하였다.

세대가 거듭할수록 유리규격의 크기가 커지며, 이는 더욱더 진동에 취약한 특성을 갖는 경우로

계속되는 세대별로 최적의 설계안을 제안하기 위해서는 세대별 현장의 실제데이터 확보와 이를 기초로 차세대에 대한 진동저감대책에 대한 정량적인 연구/개발이 지속적으로 유지되어야 한다.

참고문헌

- (1) Colin G. Gordon, 1996, "Vibration prediction and Control in Microelectronics Facilities" , Proceedings of Internoise 96, pp. 149~154.
Hal Amick and Ahmad Bayat, 1998, "Dynamics of Stiff Floors for Advanced Technology Facilities", Proceedings of 12th ASCE Engineering Mechanics , pp. 318~321.
- (2) Hal Amick, Steve Hardash, Paul Gillett, and Ronald J. Reaveley, 1998, "Design of Stiff, Low-vibration Floor Structures", Proceedings of International Society for Optical Engineering, pp. 180~191.
- (3) Hal Amick and Ahmad Bayat, 1998, "Dynamics of Stiff Floors for Advanced Technology Facilities", Proceedings of 12th ASCE Engineering Mechanics , pp. 318~321.
- (6) 백재호, 이흥기, 서향석, 2001, "제진대의 진동허용규제치에 기준한 동특성 규명에 관한 연구", 한국소음진동공학회 춘계학술대회 논문집, pp. 869~874.
- (6) 전종균, 이흥기, 김강부, 백재호, 2003, "나노 측정시스템을 위한 방진 구조물의 동적 설계에 관한 연구", 한국반도체장비학회 논문집, Vol 2. No. 3(4); pp. 37~43
- (7) 디지털타임즈 홈페이지 기사자료, <http://www.dt.co.kr/>
- (8) LG.PHILIPS LCD(주) 홈페이지 기술자료, <http://www.lgphilips-lcd.com/>