

TFT-LCD 생산공장 내 유틸리티 가동으로 인한 정밀장비 과도진동 현상 및 평가[#]

An Analysis and Assessment of Transient Vibration Phenomenon for Precision Equipment Due to Adjacent Utility Operation in TFT-LCD Fab

백 재 호[†] · 이 홍 기* · 손 성 완** · 전 종 균***

Jae-Ho Baek, Hong-Ki Lee, Sung-Wan Son and Chong-Keun Chun

(2007년 5월 31일 접수 ; 2007년 6월 14일 심사완료)

Key Words : Vibration Criteria(진동허용규제치), Dynamic Stiffness Criteria(동강성허용규제치), Clean Room(청정실), Sub-structure(격자보), Pad(제진대)

ABSTRACT

Inside the factory buildings of a precision industry (which produces semiconductors or TFT-LCD), thousands of vibration-sensitive precision equipments operate in the clean rooms. Various utility equipments that are installed around them for proper operation cause various sources of noise and of vibration to exist inside the clean rooms and thus deteriorate the noise and the vibration environment within. In this study, we check if the existing transient vibration phenomenon is caused by the vibrations that arise from operating the utility installed near these equipments; compare and evaluate the vibration criteria of precision equipments regarding the transient vibration phenomenon; and check the efficiency of these criteria.

1. 서 론

반도체나 TFT-LCD등을 생산하는 정밀산업 공장 구조물에는 진동에 민감한 수많은 정밀장비(검사 및 생산용 장비)가 clean room에 설치되어 운용된다. 이러한 정밀장비는 외부의 소음/진동의 영향성에 대하여 엄격한 특성을 갖고 있다. 이에 정밀장비 제조

사는 정밀장비를 현장에 설치 시 소음/진동에 대한 영향성에 대하여 정상운용을 가능하게 하기 위한 사양으로 소음/진동허용규제치와 동강성허용규제치 등을 제시하고 있다. 정밀장비는 정상운용을 위하여 주변에 각종 유틸리티 설비가 설치된다. 이러한 수많은 유틸리티 설비들과 그 밖의 많은 장비들로 인하여 공장 내 청정실에는 각종 수많은 소음/진동원^(1,2)들이 산재해 있다. 이러한 소음/진동원으로 인하여 청정실 내에는 소음/진동의 환경을 저하시킨다.

이 연구에서는 정밀장비 주변에 설치된 유틸리티 가동시 발생하는 진동으로 인하여 간헐적으로 정밀 장비에 영향을 미치는 과도진동의 현상에 대하여 현장에서 진동을 측정/분석하여 영향성을 확인하고, 현장에서 발생하는 과도진동 현상에 대하여 정밀장비에서 제시한 진동허용규제치와 비교/평가하고, 진동

[†] 교신저자 : 정희원, RMS테크놀로지(주)
E-mail : rmstech@rmstech.co.kr
Tel : (041) 556-7600, Fax : (041) 556-7603

* RMS테크놀로지(주)

** RMS시스템(주)

*** 선문대학교 기계공학부

[#] 이 논문은 2007 춘계 소음진동 학술대회 우수논문으로 추천되었음.

허용규제치의 유효성에 대하여 확인하고자 한다.

2. 정밀장비 및 제진대 사양

2.1 정밀장비 사양

정밀장비 사양은 일반 사양과 진동 사양으로 구분되며 이를 각각 다음에 서술하였다.

(1) 일반 사양

정밀장비 제조사에서 제시한 기본적인 일반 사양

으로는 장비의 크기와 장비의 무게(장비전체, 본체), 그리고 장비를 지지하고 있는 foot의 개수 등이 제시되었으며, Fig. 1과 Table 1에 나타내었다.

정밀장비는 제진대 상부에 foot로 지지되어 있으며, 장비 내부의 주요구성 항목은 surface plate, chuck, gantry와 nozzle head등으로 되어 있으며, 단면개념도는 Fig. 2에 나타내었다.

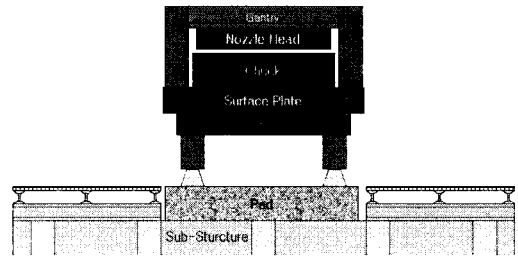


Fig. 2 A section diagram for installing the precision equipments and the structures

Table 1 A normal specification of a precision equipment

Item	Dimension or weight
Equipment size(the upper part of the pad)	3,100 mm(W)×5,100 mm(D)
Pad size	2,830 mm(W)×3,200 mm(D)
Total weight of precision equipment	33,358 kg
Weight of main body of precision equipment	15,000 kg
The number of foot	6 EA

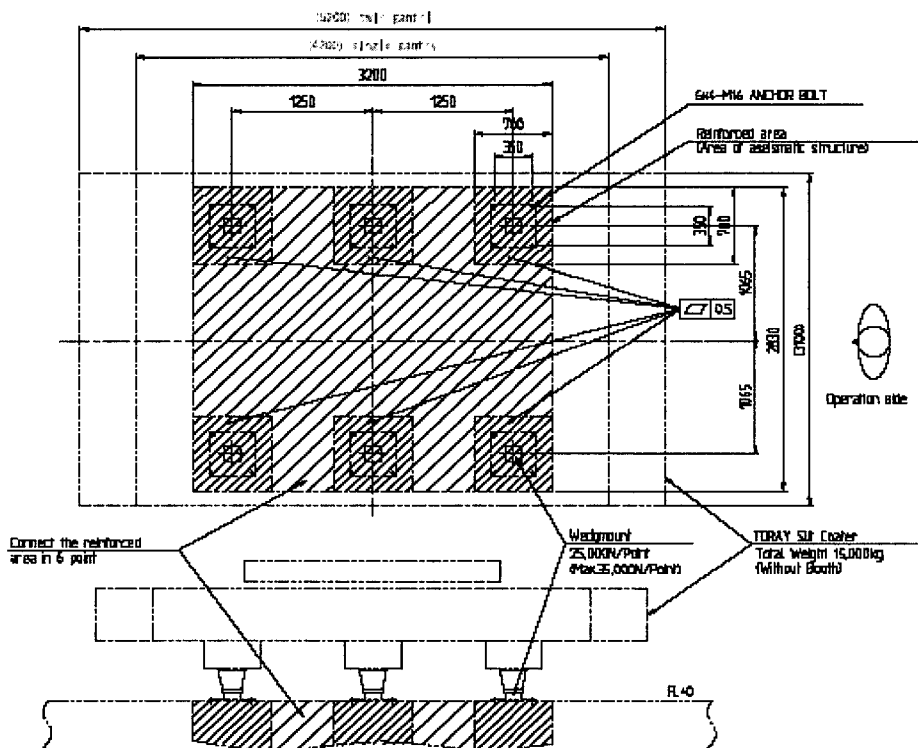


Fig. 1 A general specification of precision equipment

Table 2 A vibration criteria of precision equipment

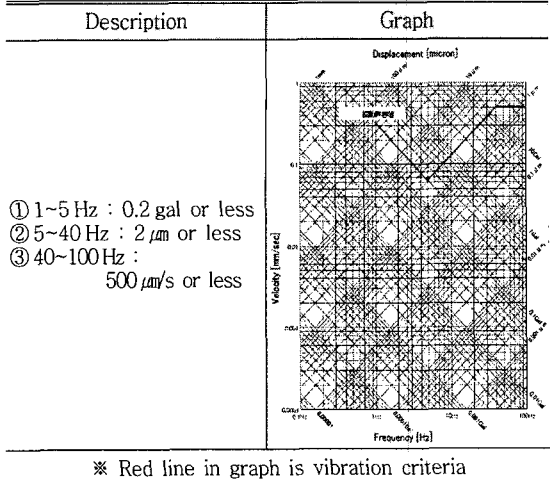


Table 3 A basic specification of an common type pad

Type	Piece	Specification of Pad			
		Width	Length	Thickness	Weight
Common	1	3,200 mm	2,830 mm	355 mm	7.4 Ton

* Outer is steel plate, and inner is R.C

허용규제치만이 제시되어 있으며, Table 2에 나타내었다.

2.2 Pad(제진대) 사양

현장에 설치된 pad에 대한 기본사양은 Table 3에 나타였으며, Fig. 3과 같이 격자보 상부에 제진대가 직접 설치된 일체형 제진대 경우이다.

일체형 제진대는 일반적으로 하부 격자보 사이에 필요시 격자보 높이와 동일하게 H-beam을 설치한 후 여기 상단부에 제진대를 격자보와 일체형으로 설치하는 형태로 한다. 이때 격자보와 제진대의 일체형 구현을 위하여 현장타설을 기본으로 제안하며 이에 상응하는 강성을 유지하는 시공공법도 적용가능하고, 구성과 장·단점을 정리하면 다음과 같다.

① 구성

- 격자보
- 제진대 지지용 하부 보강빔
- 제진대

② 장점

- 격자보의 진동수준에 준하는 제진대 진동수준을 유지

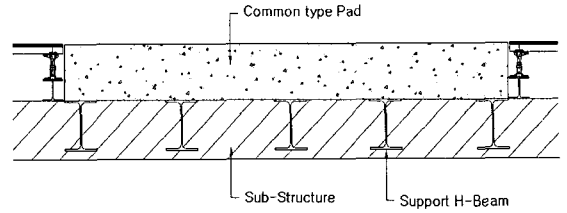


Fig. 3 A section diagram of an integral anti-vibration table

- 격자보의 수직 및 수직방향의 높은 강성에 준하는 제진대 강성을 유지
- ③ 단점
- Support beam 설치가 어려움
 - 제진대 두께 증가로 제진대 무게 증가 -> 제작, 현장이동 및 설치가 어려움
 - 현장타설 시 먼지발생으로 보양작업과 양생중 외부 영향에 대한 보양작업 수반
 - 제진대 위치변경 시 이동과 재설치가 어려움
- ④ 적용
- 동강성이 크게 요구되는 정밀장비용 제진대
 - 격자보와 일체형 제진대의 일체형 구조의 동강성보다 더욱 크게 요구 시 격자보부터 추가 보강작업이 요망

3. 현장 상황과 진동 측정, 분석 및 평가

3.1 현장 상황 및 진동실태

(1) 현장 상황

정밀장비는 Fig. 4와 같이 일체형 제진대 상부에 설치되어 있으며, 주변에 진동을 크게 유발시키는 주요 유틸리티는 clean room 하부층에 진동펌프 및 배관, clean room 상부층에는 cassette(TFT-LCD glass 적재함)에서 TFT-LCD glass를 꺼내어 정밀장비로 삽입하는 robot이 access floor 위 보강판에 설치되어 있다. 정밀장비의 정상가동시 gantry는 수평방향으로 150 mm/s로 운용중이다.

(2) 진동실태(진동측정 전)

정밀장비 정상가동시 nozzle head에 내장된 비접촉식 센서에서 Z방향으로 높이를 취득한 데이터를 확인한 결과 Fig. 5와 같이 간헐적으로 수초동안 지속되는 수직방향의 진동이 발생하는 것으로 확인되었으며, 이로 인하여 생산 제품에 불량 발생하고 있는 실태이다.

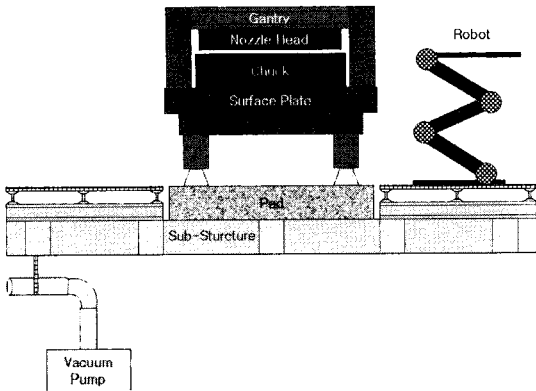


Fig. 4 A section diagram of TFT-LCD fab

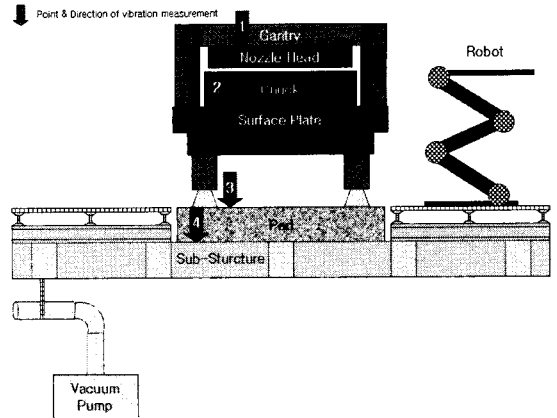


Fig. 6 Vibration measuring points I

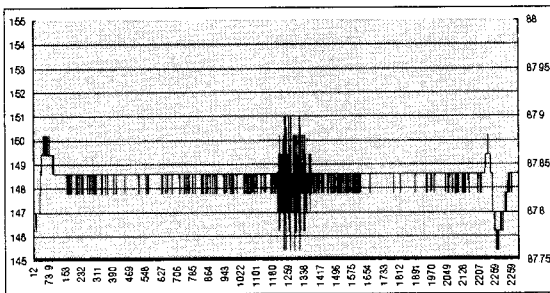


Fig. 5 The heights of the nozzle head in the Z-direction

정밀가동의 정상가동중에 gantry는 수평방향으로 150 mm/s로 운용중이며, 이때 TFT-LCD 생산제품에 불량은 간헐적으로 확인한 결과 약 5 mm 간격으로 얼룩이 발생한다. 이러한 특성으로 약 30 Hz 부근의 진동이 지배적인 특성일 것으로 예상된다.

3.2 정밀장비 내 발생하는 과도진동 특성 및 평가

(1) 측정위치, 조건 및 방법

정밀장비에서 발생하는 진동이 내부적인 요인인지 또는 외부적인 요인인지를 확인하기 위해서 Ch 1~4에 가속도 센서를 연결하고, 정밀장비 정상가동 시 nozzle head, surface plate과 pad 및 sub-structure 상단부에서 수직방향(Z)으로 진동을 측정하였으며, Fig. 6에 측정 위치 개념도를 나타내었다.

(2) 분석 및 결과

현장에서 1차로 진동측정/분석 결과를 nozzle head와 pad등 위치별로 정리하고, 종합결과를 정리하면 다음과 같다.

① Nozzle head : 불량을 일으킬 것으로 예상되는

Table 4 The results of preliminary vibration measurement and analysis [Unit of Acc : mm/s²]

Condition of disturbance	Measurement point	Max. Acc of time domain	Frequency domain	
			Peak frequency	Peak Acc
Do not exist	Nozzle head	40	25 Hz	8.2
	Pad	30	83 Hz	6.4
Exist	Nozzle head	300	26 Hz	82
	Pad	60	26 Hz	4.8
	Nozzle head	180	83 Hz	62
	Pad	70	83 Hz	8.2

* Peak frequency and peak Acc in frequency domain of condition of disturbance exist are basis of peak value at nozzle head.

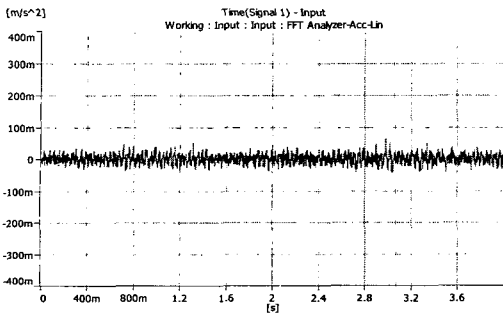
** Value of vibration is of the Z-direction.

*** Disturbance set classification the basis of a certain vibration at nozzle head

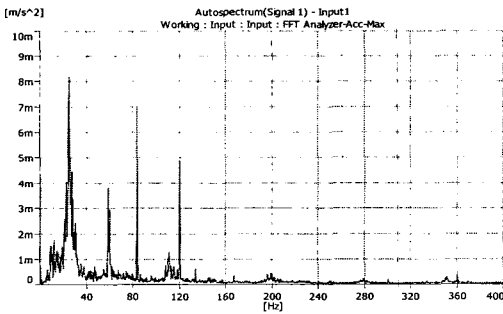
진동이 간헐적으로 발생하는 것을 확인하였으며, 주파수 분석 결과 탁월주파수는 진동가속도를 기준으로 약 26 Hz 성분에서 약 82 mm/s²로 발생하였고, 이보다 간혹 지속시간이 긴 진동이 간헐적으로 발생하는 경우도 있으며, 이것의 탁월주파수는 진동가속도를 기준으로 83 Hz이며, 약 62 mm/s²로 확인되었다. (Fig. 8과 Fig. 9 참고)

② Pad : 주파수 분석 결과 탁월주파수는 여러 주파수에서 나타났으며, 진동허용규제치는 만족하고 있는 것으로 확인되었다.(Table 4와 Fig. 10 참고)

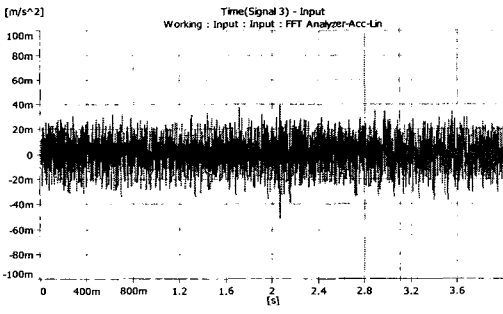
③ 종합결과 : Nozzle head에서 발생하는 26 Hz 성분은 약 82 mm/s², 동일한 탁월주파수에서 하부 pad에서 약 4.8 mm/s²로 제진대에서 nozzle block으로 전파하면서 약 17배 증폭되고 있는 것으로 나타났다. 이로써, 정밀장비에서 생산제품에 불량을 일



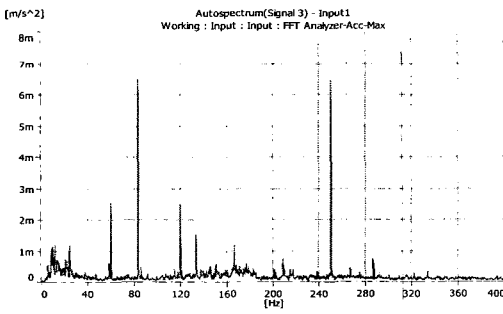
(a) Acc of nozzle head in time domain of Z-direction



(b) Acc of nozzle head in frequency domain of Z-direction

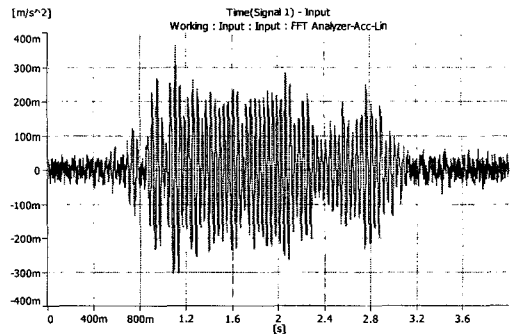


(c) Acc of pad in time domain of Z-direction

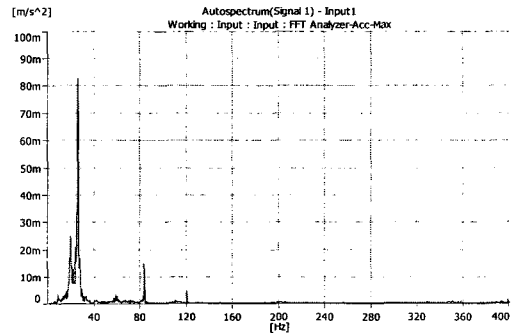


(d) Acc of pad in frequency domain of Z-direction

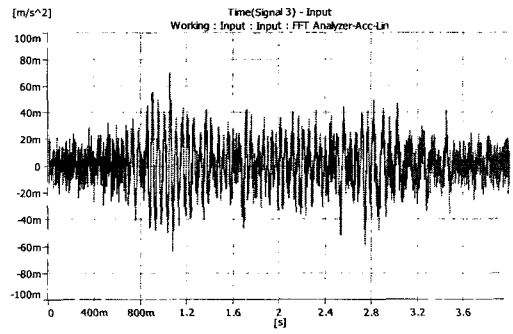
Fig. 7 An exemplary vibration data of the nozzle head and the anti-vibration table when the external vibration does not exist (Case 1)



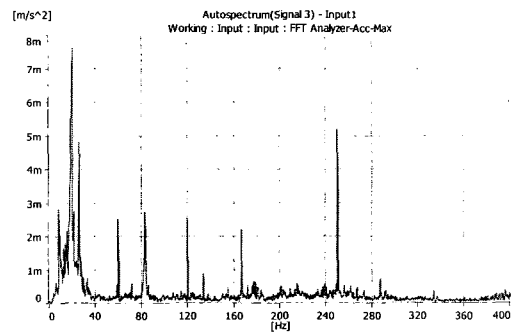
(a) Acc of nozzle head in time domain



(b) Acc of nozzle head in frequency domain

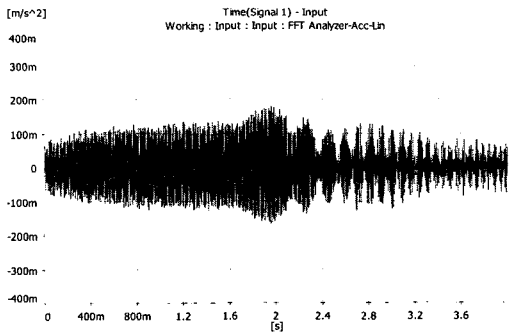


(c) Acc of pad in time domain

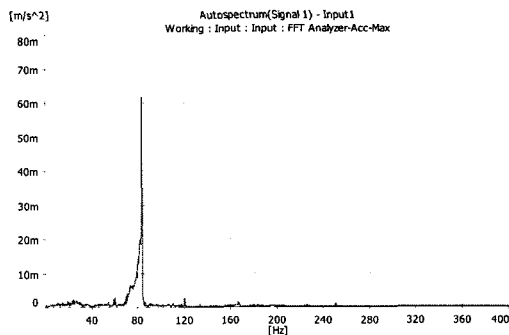


(d) Acc of pad in frequency domain

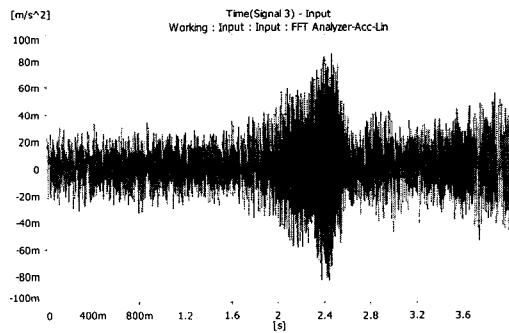
Fig. 8 The vibration data of the nozzle head and the anti-vibration table when the external vibration (26 Hz) exists (Case 2)



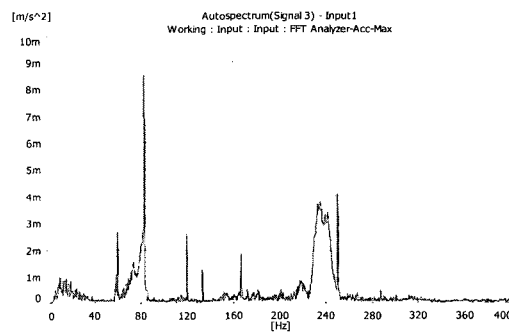
(a) Acc of nozzle head in time domain



(b) Acc of nozzle head in frequency domain

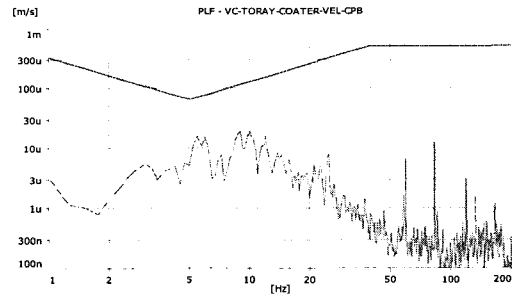


(c) Acc of pad in time domain

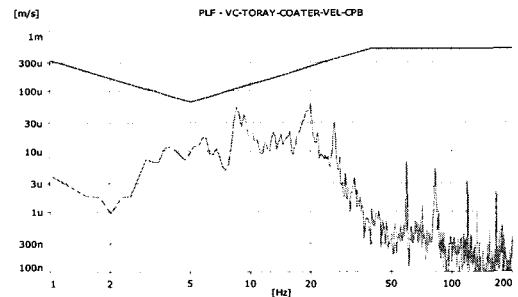


(d) Acc of pad in frequency domain

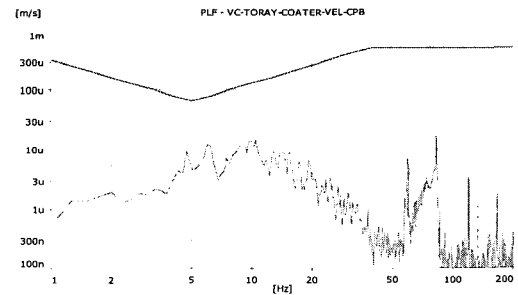
Fig. 9 The vibration data of the nozzle head and the anti-vibration table when the external vibration (83 Hz) exists (Case 3)



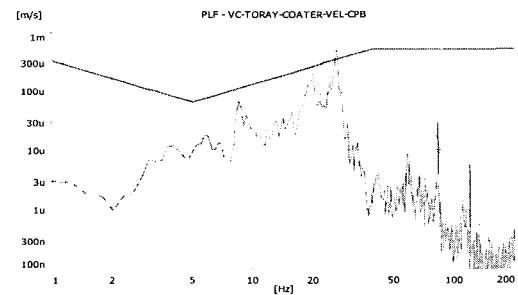
(a) In condition of disturbance do not exist, pad vibration & criteria



(b) In condition of disturbance(26 Hz) exist, pad vibration & criteria



(c) In condition of disturbance(83 Hz) exist, pad vibration & criteria



(d) In condition of disturbance(26 Hz) exist, nozzle head vibration & criteria

Fig. 10 A comparison between the vibration criteria and the vibration data when the external vibration does not exist and when the external vibration exists

오키는 진동원은 정밀장비 외부적인 요인으로 확인되었다.

3.3 진동원 파악 및 영향성 확인

진동원으로 예상되는 인접 robot의 다양한 조건의 가동시와 하부층의 진공펌프가 정상가동 시 정밀장비를 정상운용중에 진동 측정을 수행하였으며, 결과는 다음과 같다.

(1) 측정위치, 조건 및 방법

상부층 인접 robot의 가동조건은 Table 5와 같이 3가지로 가동중에, 그리고 하부층 진공펌프는 정상 가동조건에서 Ch 1~5에 가속도 센서를 연결하고, Ch 1~4는 nozzle head, surface plate과 pad 및 sub-structure 상단부, Ch 5는 상부층의 인접 robot 지지대와 하부층의 진동펌프(vacuum pump)의 배관에서 수직방향(Z)으로 진동 측정을 수행하였으며, Fig. 11에 측정 위치 개념도를 나타내었다.

(2) 분석 및 결과

현장에서 2차로 진동측정/분석 결과를 정리하면 다음과 같다.

Table 5 The activating conditions for the adjacent robot while measuring the vibrations [Unit : %]

Case	With glass	Without glass
Case 1	100	100
Case 2	80	100
Case 3	80	80

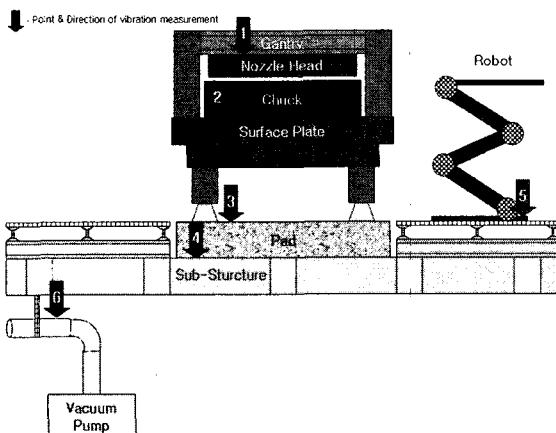


Fig. 11 Vibration measuring points II

① Case 1의 경우 : Nozzle head에서 발생하는 진동의 주파수 분석 결과 진동가속도 기준으로 탁월 주파수는 약 26 Hz에서 약 133 mm/s², 이는 1차 진동측정시 nozzle head 진동의 탁월주파수와 동일하다. (Fig. 12 참고)

② Case 2의 경우 : Nozzle head에서 발생하는 진동의 주파수 분석 결과 진동가속도 기준으로 탁월 주파수는 약 21 Hz에서 약 36 mm/s², 이는 1차 진동측정시 nozzle head 진동의 탁월주파수와 다르다. (Fig. 13 참고)

③ Case 3의 경우 : Nozzle head에서 발생하는 진동의 주파수 분석 결과 진동가속도 기준으로 탁월 주파수는 약 21 Hz에서 약 34 mm/s², 이는 1차 진동측정시 nozzle head 진동의 탁월주파수와 다르다. (Fig. 14 참고)

④ Vacuum pump 가동의 경우 : 배관에서 발생하는 진동은 약 83 Hz 성분이며, 이는 nozzle head에서 간혹 지속시간이 긴 진동을 간헐적으로 발생하는 진동의 탁월 주파수인 83 Hz와 동일하다.

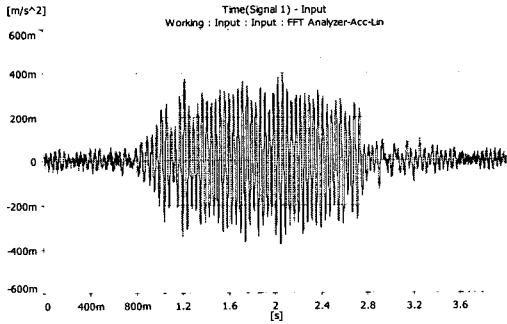
⑤ 종합결과 : Nozzle head에서의 진동이 'Case 1'의 경우가 'Case 2'와 'Case 3'의 경우에 비교하여 약 2~4배 높게 나타나고 있으며, 1차 진동측정시 제품에 불량을 일으키는 주된 진동특성으로 nozzle head에서 발생하는 26 Hz 성분은 인접 robot 운용조건이 모두의 경우에 100% 가동조건인 'Case 1'의 경우로 확인되었다.

Table 4 The results of secondary vibration measurement and analysis [Unit of Acc : mm/s²]

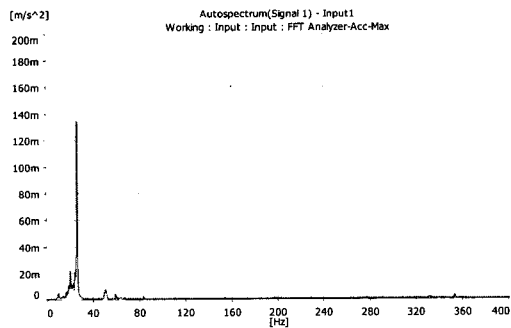
Condition of disturbance	Measurement point	Max. Acc of time domain	Frequency domain		
			Peak frequency	Peak Acc	
Robot working	Case 1	Nozzle head	400	26 Hz	133
	Case 2	Nozzle head	200	21 Hz	36
	Case 3	Nozzle head	120	21 Hz	34
Pump working	Pump pipe	20	83 Hz	250 Hz	765

* Peak frequency and peak Acc of frequency domain are basis of peak value at nozzle head.

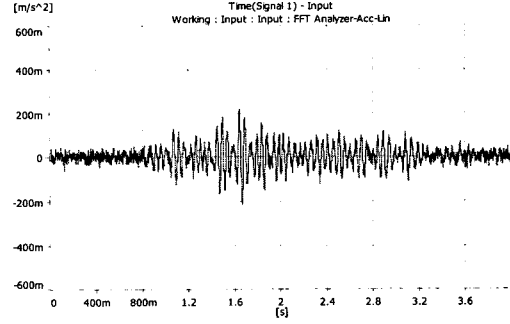
** Value of vibration is of the Z-direction.



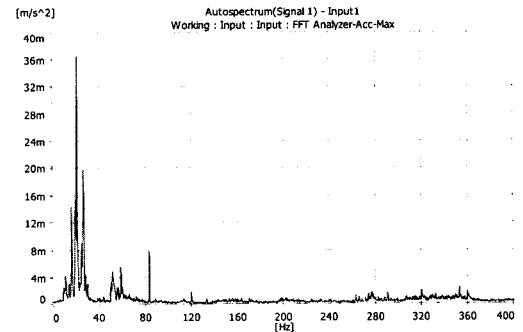
(a) Acc of nozzle head in time domain



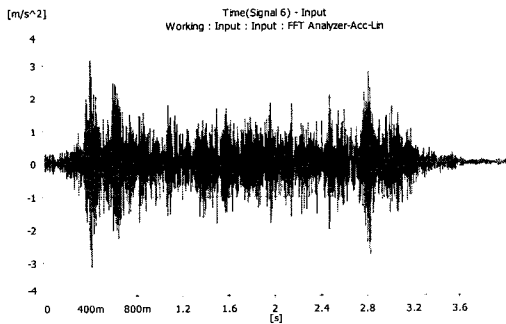
(b) Acc of nozzle head in frequency domain



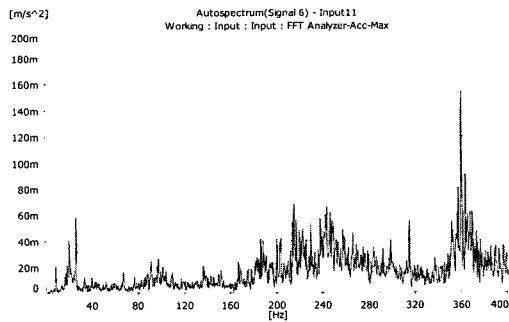
(a) Acc of nozzle head in time domain



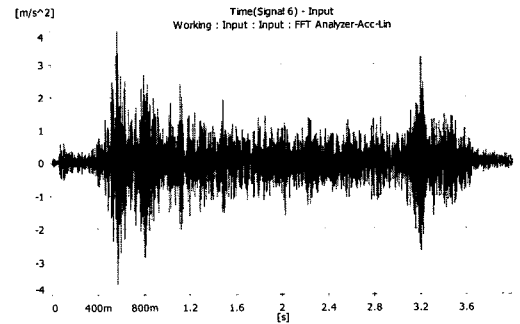
(b) Acc of nozzle head in frequency domain



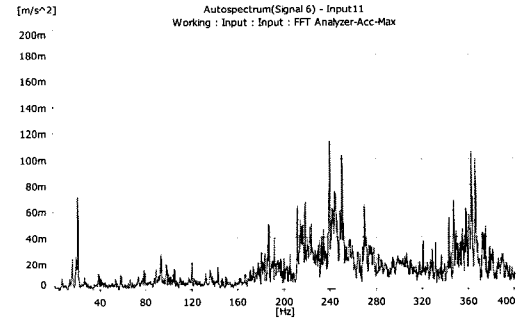
(c) Acc of robot support in time domain



(d) Acc of robot support in frequency domain



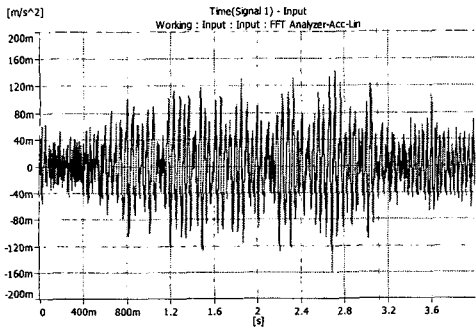
(c) Acc of robot support in time domain



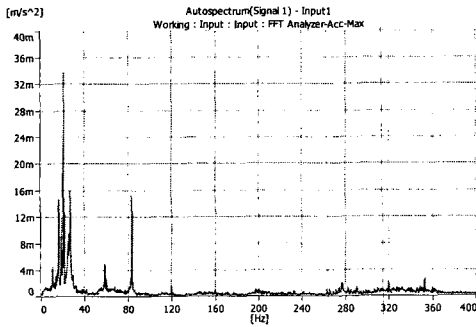
(d) Acc of robot support in frequency domain

Fig. 12 An exemplary vibration data of each point of support in the Z-direction when Case 1 is the operating condition for the adjacent robot

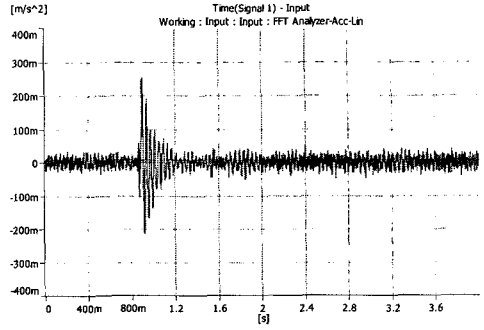
Fig. 13 An exemplary vibration data of each point of support in the Z-direction when Case 2 is the operating condition for the adjacent robot



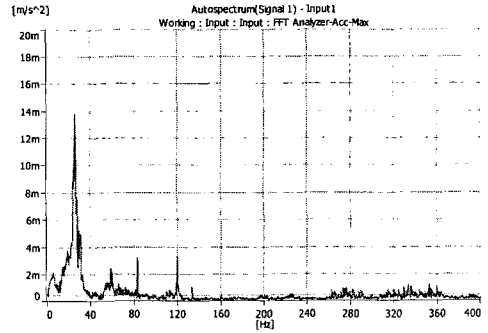
(a) Acc of nozzle head in time domain



(b) Acc of nozzle head in frequency domain

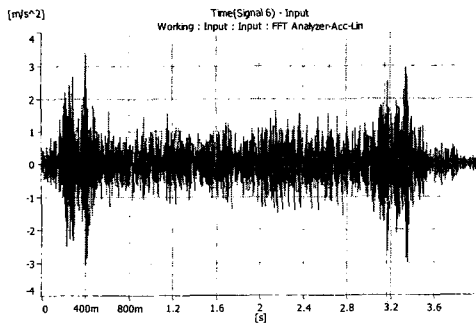


(a) Acc of nozzle head in time domain

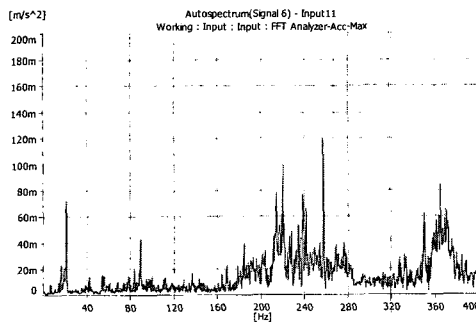


(b) Acc of nozzle head in frequency domain

Fig. 15 An exemplary vibration data of excitation in the z-direction after self-impact-vibration of the nozzle head (or gantry)



(c) Acc of time domain of robot support



(d) Acc of robot support in frequency domain

Fig. 14 An exemplary vibration data of each point of support in the Z-direction when Case 3 is the operating condition for the adjacent robot

4. 결 론

이 연구는 TFT-LCD 공장 내 clean room에서 간헐적으로 불량을 발생시키는 정밀장비(생산용)에 대하여 저감대책을 위한 기초자료를 확보하고자 현장에서 진동을 측정/분석하고, 제조사에서 제시하는 진동허용규제치와 비교/평가하고, 진동원인을 파악하였으며, 결론을 정리하면 다음과 같다.

- 1차 진동측정 시 nozzle head에서 제품에 불량을 일으키는 성분인 간헐적으로 발생하는 진동은 탁월주파수가 26 Hz 성분으로 확인되었다.
- 1차 진동측정 시 pad는 진동허용규제치를 만족하고 있으며, nozzle head의 주요 진동인 26 Hz 성분은 pad에 비교하여 크게 증폭되는 것으로 나타났다.
- Nozzle head의 여진에 대한 데이터인 Fig. 15에서 보듯이 nozzle head(or gantry)의 진동 증폭현상은 공진특성에 의한 것으로 사료된다.
- 제조사에서는 이러한 결과로 진동허용규제치에

대하여 재규명이 필요할 것으로 사료된다.

• 1차 진동측정 시 nozzle head의 주요 진동 성분인 26 Hz는 2차 진동 측정/분석 결과 인접 robot의 가동조건이 100%인 'Case 1'과 동일한 경우로 제품 불량을 발생시키는 진동의 지배적인 것으로 확인되었다.

참 고 문 헌

(1) Amick, H., 2005, "Semiconductor Manufacturing Handbook", Mcgraw-hill, United States of America, pp. 39.1~39.2

(2) Gendreau, M., 1999, "Environmental Noise

Control for Semiconductor Manufacturing Facilities", Proceedings of Internoise 99.

(3) Baek, J.-H., Park, H.-D., Im, J.-B. and Ryu, K.-H., 2006, "A Study on the of Influence to Precision Equipment by Utility Vibration of TFT-LCD Fab", Proceedings of the KSNVE Annual Spring Conference, pp. 886~892.

(4) Gordon, C. G., 1996, "Vibration Prediction and Control in Microelectronics Facilities", Proceedings of Internoise 96, pp. 149~154.

(5) B&k, Inc, "Pulse Manual", B&k, Inc, Korea.

(6) B&k, Inc, "Frequency Analysis(3rd edition)", B&k, Inc.