

단결정성장기 장비구조진동 영향성 평가 및 대책

The Influence Evaluation for Structural Vibration of Growing Machine

장성호† · 김강부* · 박해동* · 최원석*

Jang Sung-Ho, Kim Kang-Boo, Park Hea-Dong and Choi Won-Suk

1. 서 론

반도체 웨이퍼 및 태양전지의 기초소재를 생산하는 단결정성장기는 설비에 있어서 엄격한 진동관리기준이 요구되며, 주로 장비의 설치바닥 관점에서 진동검토가 이루어지고 있다. 그러나, Ingot crack 등의 불량현상은 장비 가동중 빈번히 발생하고 있다. 따라서, 본 내용에서는 단결정성장기 가동시 발생하는 장비 구조진동관점에서 제품불량원인을 분석하고, 개선 안을 제시한 사례이다.

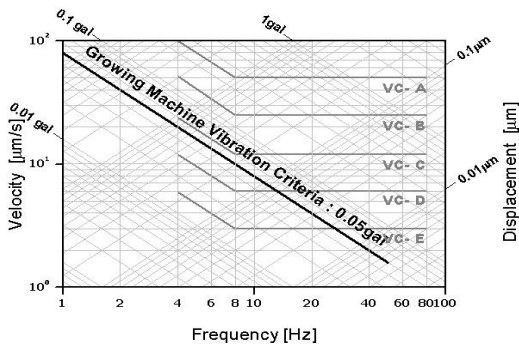
2. 진동 발생 현황

2.1 Growing Machine 진동관리기준

국내외에서 적용되는 실리콘 단결정성장기의 진동관리 기준은 <표 1.1>과 같으며 이를 <그림.1>에서 그래프로 표시하였다.

<표 2.1> Growing Machine 진동관리기준

Vibration Criteria	Floor Natural Frequency
0.05gal (cm/s^2)	1~50Hz



<그림. 1> vibration criteria of Growing Machine

인접 장비 및 유틸리티는 가동중에 Growing Machine 정지시 암진동상태를 확인하면 장비 기초에서 최대진동이

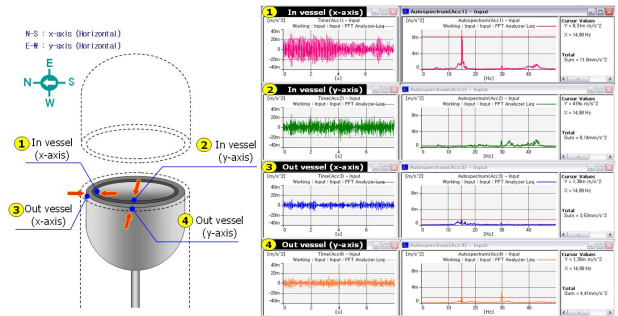
† 교신저자; (주)브이원

E-mail : jangsh@v1.co.kr

Tel : (041) 553-8805, Fax : (041) 553-8807

* (주)브이원

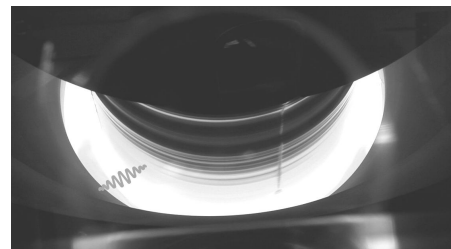
약 $0.05\text{cm/s}^2(29.75\text{Hz})$, 장비 Frame 상부에서는 $0.08\text{cm/s}^2(15\text{Hz})$ 로 나타났으며, 장비 진동관리 기준은 만족하고 있는 것으로 확인하였다. 또한, Melting vessel 암진동은 내부 Crucible 수평방향으로 가장 높은 진동이 나타났다.



<그림. 2> Melting vessel 암진동 발생현황

2.2 장비 진동발생 현황

단결정성장기 가동시 일정시간 경과 후 Melting 진동 증폭이 발생하고 있으며, 이로 인하여 불완전한 단결정 형성, Ingot crack 발생 등의 불량을 초래하고 있었다. 장비 가동중 진동 증폭 발생시의 주요 주파수 대역을 확인 하기 위해 카메라 촬영과 동시에 진동측정을 통한 분석을 실시하였다. 진동증폭 발생시 진동분석 결과, growing과정에서 Melting 질량이 감소하면서 Melting 진동 증폭이 9~15Hz 대역 사이에서 나타나는 것으로 확인하였다.



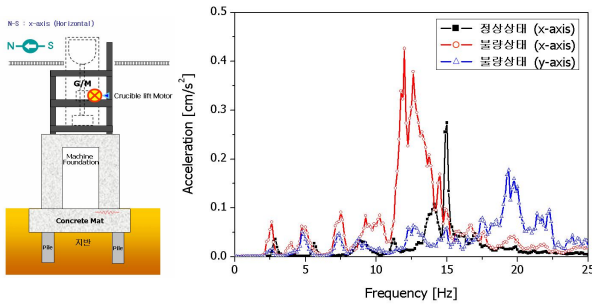
<그림. 3> 단결정성장기 가동시 Melting 전경

정상상태와 불량상태의 진동을 비교하면, Crucible Lift Assembly 위치에서 상대적으로 높은 진동이 발생하는 것으로 나타났다. 특히, Melting 진동 발생시 Crucible Lift

Assembly 위치에서 수평 진동이 y-axis 방향 보다 x-axis 방향이 높게 발생하는 것으로 확인하였다.

<표 2.2> Grower 장비 위치별 진동측정 결과 비교

구분	정상 상태	불량 상태
장비 Upper Frame	0.12mm/s ² (12Hz)	0.11mm/s ² (12Hz)
Crucible lift Motor	0.13mm/s ² (12Hz)	3.27mm/s ² (12Hz)
장비 Base Frame	0.02mm/s ² (12Hz)	0.10mm/s ² (12Hz)
장비 기초, Pedestal	0.02mm/s ² (12Hz)	0.03mm/s ² (12Hz)

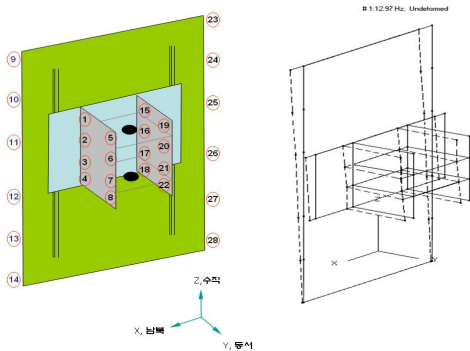


<그림 4> Crucible Lift Assembly 진동상태별 비교 그래프

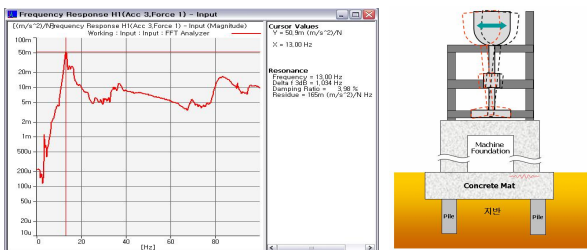
3. 진동원 분석 및 대책

3.1 진동원 검토

Grower Machine의 위치별 측정결과, 불량상태 진동이 가장 높게 발생하는 위치는 Crucible lift assembly 이며, Crucible lift assembly에 대한 구조 진동특성을 확인하기 위하여 아래와 같이 국부적인 위치를 선정하여 Modal Test를 실시하였다.



<그림 5> Crucible lift assembly 측정위치 및 진동모드

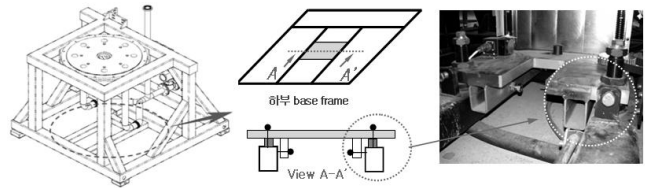


<그림 6> Grower Machine 진동특성 및 거동형상

Crucible lift assembly 진동특성 확인 결과, 1차 진동 모드는 12.97Hz에서 나타났으며, <그림. 5>과 같이 Growing Machine 외곽부 및 Frame과 별도로 Crucible lift assembly Frame, Melting 용기(Crucible) 등 Grower 내부 장비 전체가 1차 진동모드 12.97Hz로 거동하는 것으로 확인하였다. 따라서, Melting 진동(9~15Hz)이 증가하는 불량상태는 Crucible Lift Assembly Frame의 공진현상인 것으로 판단되며, 불량상태 진동을 줄이기 위해서는 Crucible Lift Assembly Frame에 대한 강성보강이 요구된다.

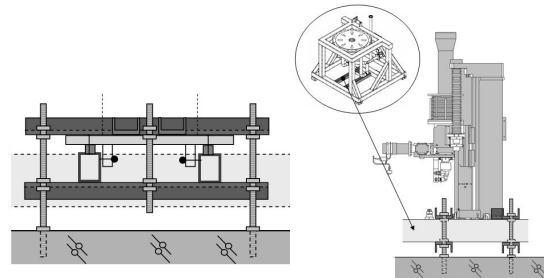
3.2 진동 저감 대책

Grower Machine과 베이스 프레임의 연결상태를 현장 확인한 결과, Growing Machine의 수평레벨을 조정하기 위한 설치형태로 Growing Machine과 하부 프레임의 연결부의 경계 조건이 고정체결 형태가 아닌 것으로 확인하였다.



<그림. 7> Growing Machine 장비와 Base Frame 연결부 형태

따라서, Growing Machine과 베이스 프레임을 일체화하는 체결조건으로 Growing Machine 지지점에 대한 강성을 증가시키는 방안을 제안하였다.



<그림. 8> Growing Machine 지지점 진동 개선안

4. 결 론

단결정성장기 가동시 발생하는 구조진동에 대한 원인을 파악하고 진동저감을 위한 개선 안을 제시하였다.

국내외의 단결정성장기에 대한 진동관리는 장비 설치전 주변 유틸리티 진동에 의한 장비 바닥에 대한 진동관리기 준관점에서만 주로 이루어지고 있다. 장비 개선으로 불량을 줄이기 위해서는 장비 운용시 발생하는 장비내 구조진동 관점에서 더 많은 검토가 필요할 것으로 판단된다.