

高科技廠房震動量測案例分享

三聯科技股份有限公司 / 陳明笙

高科技廠於廠房中的環境、設備與管線 .. 等等，均安裝各式的監測系統來確保科技廠房的環境安全與生產線運作正常。簡單的監控系統如：溫度、溼度、空氣中的 Particle、管線壓力與流速等等。微振動是影響科技廠房環境的重要因素之一，卻一直無法列入長期監控的項目，其原因為微振資料過於龐大與資料處理的複雜性等問題，導致廠務或監控人員難以入手與熟悉。

振動有大小不同之分別，人無法感受的微振動只有靠精密量測儀器才可以測得到。高科技產業對於微振動的要求高於平常的環境標準，例如在半導體的製程 40 奈米 (nm) 進展時，日本已訂出在頻率 5~60Hz 的精密裝置其位移須小於 0.1 μm 、加速度須小於 0.1gal 與一般裝置位移須小於 0.5 μm 、加速度須小於 0.5gal 之嚴格微振規範。為了增加晶圓片上產品的精度、密度與良率，這種嚴格的振動規格制定有其必要。

微振動量測屬精密動態量測的範圍，對於量測設備的要求高於一般環境振動量測設備的需求。資料記錄器與感應器之動態範圍選擇與頻率範圍選擇直接影響量測結果，量測參數設定如：取樣率、解析範圍、放大倍率、濾波設定...等等亦影響量測結果，這些量測設備的選擇與設定需靠專業的精密儀器與經驗豐富的測試工程師才能完成任務與收集正確資料。

只有在正確的參數設定與儀器設備選用，

才能測得準確的結果。否則不正確的資料將導致錯誤的判斷，造成時間與金錢的損失，部分科技公司會在廠房運轉後因生產設備升級需求，做局部的廠房改建工程。當改建施工進行時，常常會產生額外的施工震動問題。監控施工振動與設定警報值來管理，有助於施工品質的控管與確保產品良率不受影響。

科技廠的精密設備在檢測與製程過程中有時候會有振動干擾的問題，但常常因為產品產能高時不能處理停機處理或被忽略，正確的找到設備振動問題並解決，可以提高精密設備製程的良率或檢測的精度，面對下一次產能提高時即可全力衝刺。

半導體等科技產業由於大多使用精密的設備或儀器，對於環境的振動勢必要求較高，使用者雖感受不到環境的微小振動，但卻會反應在產線機台或產品品質上。在裝機若能確認裝機環境是否適宜，便能減少安裝時間及後續避震問題狀況排除。

一、案例分享

客戶需求

此次客戶為晶圓廠，因廠商將機台移至新的機房中，當機台運作時會造成很大的震動，會影響機台的生產。

(一)、測試設備：震動感測器 VMS

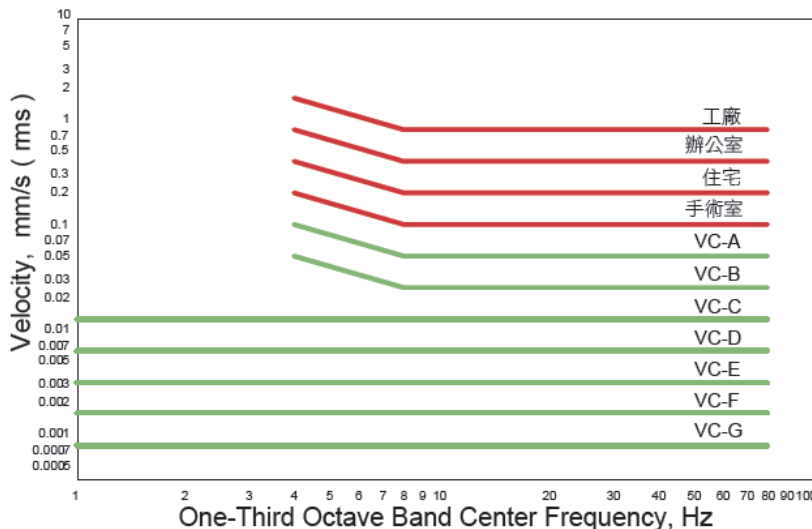
(二)、監測方式：

現場為高架地板，感測器 VMS 放置位置

位置	設備序號
機台上	715
高架地板上	704
實地版上	695

(三)、測試規範：

現今所有的高精密製程或量測設備為了因應環境的影響，針對「振動」訂定環境規範 (Specification) 要求，而針對不同設備的需求，提出一個比較廣泛的振動等級圖表 (VC Specification)。以下為振動等級圖表 (VC Specification)：



振動規範	最大振動量	製程尺寸
	$\mu\text{m/s}$	μm
工廠	800	N/A
辦公室	400	N/A
住宅	200	75
手術室	100	25
VC-A	50	8
VC-B	25	3
VC-C	12.5	1-3
VC-D	6	0.1-1
VC-E	3	<0.1
VC-F	1.6	30nm
VC-G	0.78	10nm

1/3 OCTAVE BANDS (RMS)

圖 1. 震動等級圖表

「三分之一八音頻帶」(one third octave band)，是量測得到振動及噪音信號，在頻譜分析時，重要的後續信號處理之頻率區段指標，以「三分之一八音頻帶」取得的頻譜，稱之為「三分之一八音頻帶頻譜」(one third octave band spectrum)。

(四)、測試結果：

表 1. 測試清單

Test No.	Time	RC Floor	Elevated Floor	Machine
S01	12:10~13:10	V695	V715	
S02	14:36~14:48	V695	V715	
S03	15:36~15:41	V695	V704	V715
D03	15:43~15:49	V695	V704	V715
S04	16:51~16:57	V695	V704	V715
D04	17:04~17:08	V695	V704	V715
S05	17:30~17:35	V695	V704	V715
D05-1	17:56~18:01	V695	V704	V715
D05-2	18:01~18:02	V695	V704	V715
S06	16:18~16:23	V695	V704	V715
D06-1	18:44~18:48	V695		V715
D06-2	18:51~18:55		V695	V715

註：

S：記錄靜止狀態下

D：記錄機台運作狀態下

D05-1：測試時旁邊有人

D05-2：測試時人員離開

D06-1：測試時僅 RC 地板及機台上有 sensor 量測

D06-2：測試時僅高架地板及機台上有 sensor 量測

Test Setup:

Sampling Rate = 500 Hz

Duration >= 5 min

Analysis Setup:

No. For FFT = 16384

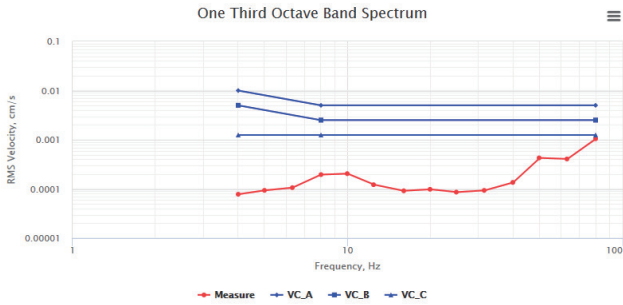
75% Moving Window Average

Bandpass Filter for Transmissibility Spectrum: 1 ~ 100 Hz

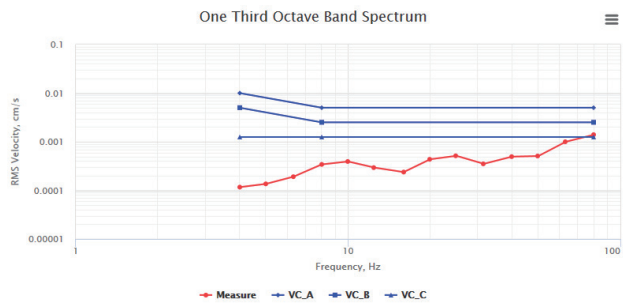
One Third Octave Band Spectrum: 4~80 Hz

本次分享以 S03(設備未啟動) 及 D03(設備啟動) 測試結果為例，以下為其測試結果：

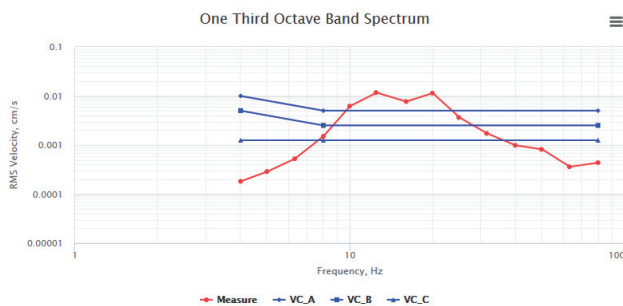
1. 測試號碼：S03, X 軸：



One Third Octave Band of RC floor(V695)

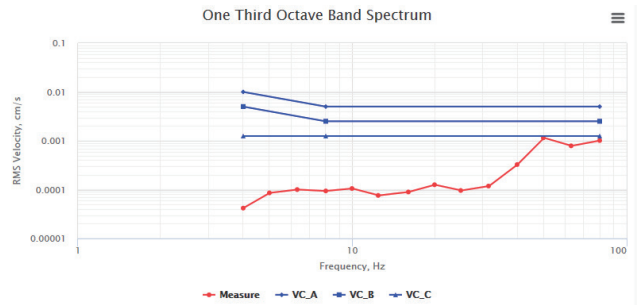


One Third Octave Band of Elevated floor(V704)

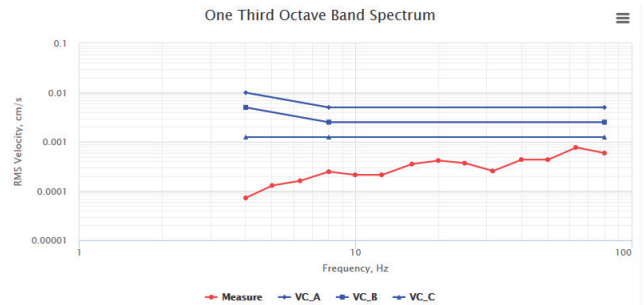


One Third Octave Band of Machine(V715)

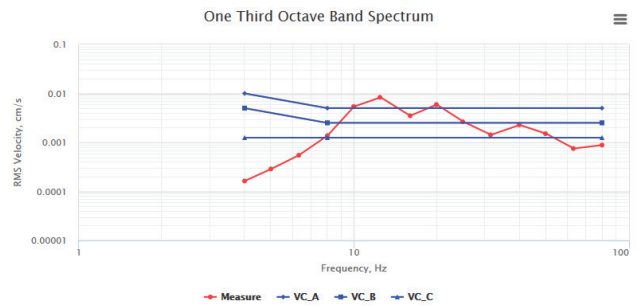
2. 測試號碼：S03, Y 軸：



One Third Octave Band of RC floor(V695)



One Third Octave Band of Elevated floor(V704)

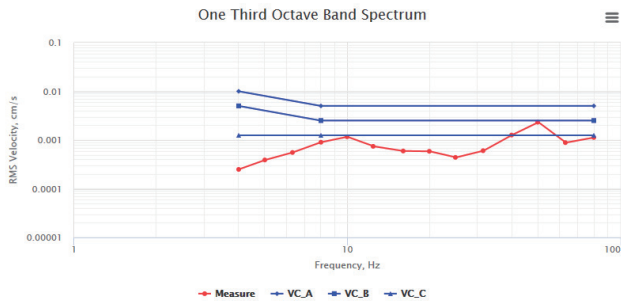


One Third Octave Band of Machine(V715)

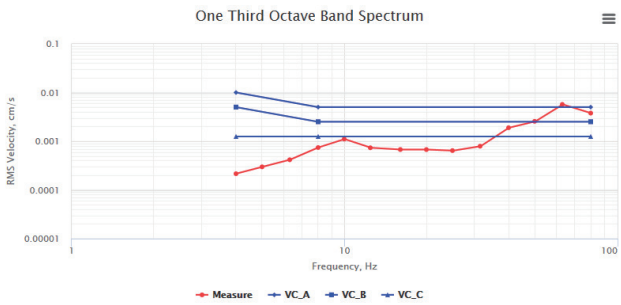
由上面測量結果可得到：在 X 軸方向，於 RC 地板及高架地板在機器未啟動前所測數值皆小於規範 VC_B，但於設備上測量到頻率 9~25Hz 的數值已超出 VC_B 的規範。

由上面測量結果可得到：在 Y 軸方向，於 RC 地板及高架地板在機器未啟動前所測數值皆小於規範 VC_B，但於設備上測量到頻率 10~25Hz 的數值已超出 VC_B 的規範。

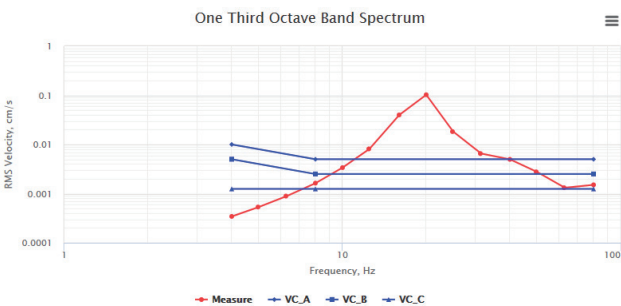
3. 測試號碼：S03, Z 軸：



One Third Octave Band of RC floor(V695)



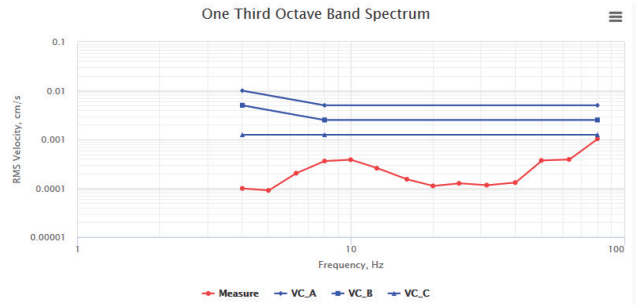
One Third Octave Band of Elevated floor(V704)



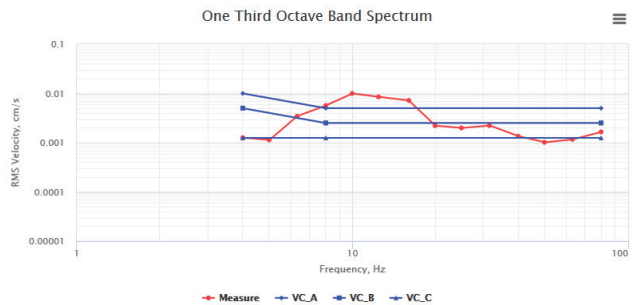
One Third Octave Band of Machine(V715)

由上面測量結果可得到：在 Z 軸方向，於 RC 地板在機器未啟動前所測數值小於規範 VC_B，但於高架地板上測量到頻率 55~80Hz 的數值及設備上測量到頻率 10~50Hz 的數值已超出 VC_B 的規範。

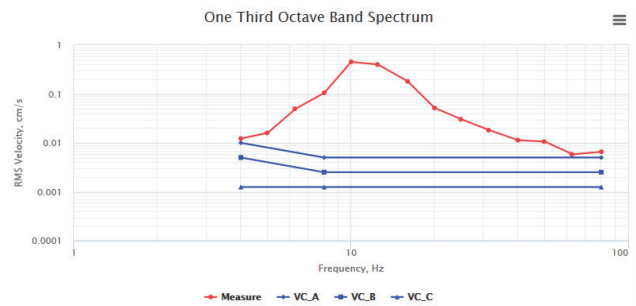
4. 測試號碼：D03, X 軸：



One Third Octave Band of RC floor(V695)



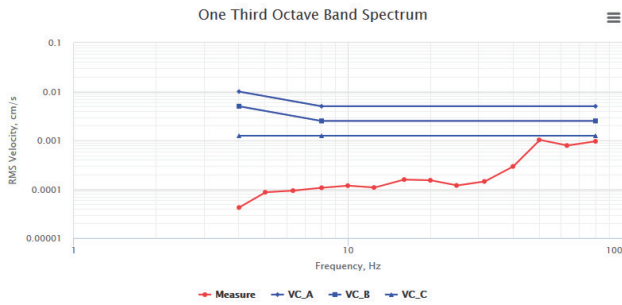
One Third Octave Band of Elevated floor(V704)



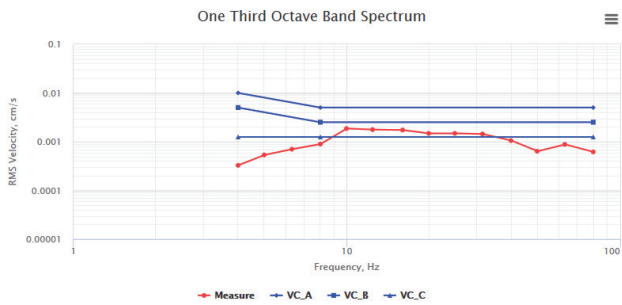
One Third Octave Band of Machine(V715)

由上面測量結果可得到：在 X 軸方向，於 RC 地板在機器啟動後所測數值小於規範 VC_B，但於高架地板上測量到頻率 6.2~18Hz 的數值及設備上可量測到的所有頻率數值已超出 VC_B 的規範。

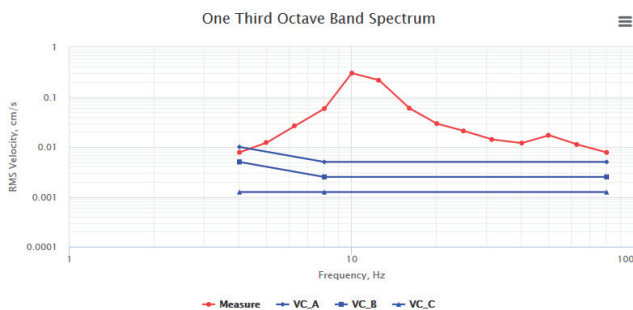
5. 測試號碼：D03, Y 軸：



One Third Octave Band of RC floor(V695)



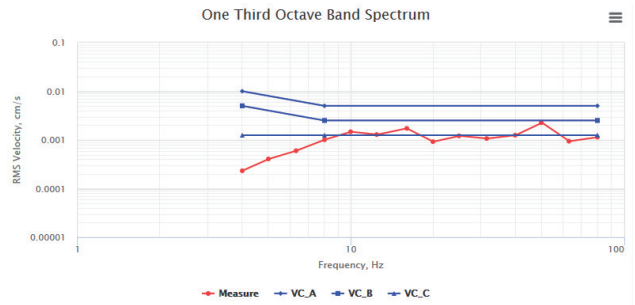
One Third Octave Band of Elevated floor(V704)



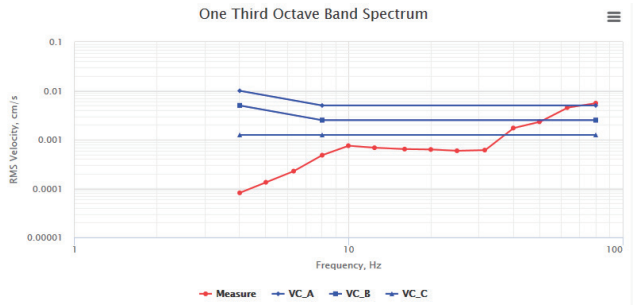
One Third Octave Band of Machine(V715)

由上面測量結果可得到：在 Y 軸方向，於 RC 地板及高架地板上測量到頻率在機器啟動後所測數值小於規範 VC_B，但設備上可量測到的所有頻率數值已超出 VC_B 的規範。

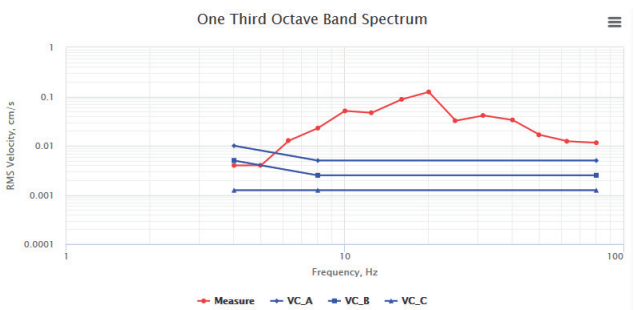
6. 測試號碼：D03, Z 軸：



One Third Octave Band of RC floor(V695)



One Third Octave Band of Elevated floor(V704)



One Third Octave Band of Machine(V715)

由上面測量結果可得到：在 Z 軸方向，於 RC 地板在機器啟動後所測數值小於規範 VC_B，但於高架地板上測量到頻率 55~80Hz 的數值及設備上可量測到頻率 5.5~80Hz 的數值已超出 VC_B 的規範。

表 2. 統計表

VC_B Curve	RC Floor			Elevated Floor			Machine		
Machine Off	x	y	z	x	y	z	x	y	z
S01	O	O	O	O	O	O			
S02	O	O	O	O	O	N 註二			
S03	O	O	O	O	O	N 註二	N	N	N
S04	O	O	O	O	O	O	N	N	N
S05	O	O	O	O	O	N 註二	N	O	N
S06	O	O	O	O	O	O	N	N	N
VC_B Curve	RC Floor			Elevated Floor			Machine		
Machine On	x	y	z	x	y	z	x	y	z
D03	O	O	O	N 註四	O	N 註六	N	N	N
D04	O	O	N 註三	N 註四	N 註五	N 註六	N	N	N
D05-1 註一	O	O	N 註三	N 註四	O	N 註六	N	N	N
D05-2 註一	O	O	O	N 註四	O	N 註六	N	N	N
D06-1 註一	O	O	N 註三				N	N	N
D06-2 註一				N 註四	N 註五	N 註六	N	N	N

註釋：‘O’ 表示 OK，‘N’ 表示不 OK; x,y,z 為軸向

註一：

D05-1：測試時旁邊有人

D05-2：測試時人員離開

D06-1：測試時僅 RC 地板及機台上有 sensor 量測

D06-2：測試時僅高架地板及機台上有 sensor 量測

註二：

S02：振動頻率於 60~80Hz 區間超出標準

S03：振動頻率於 55~80Hz 區間超出標準

S05：振動頻率於 40~60Hz 區間超出標準

註三：

D04：振動頻率於 8Hz 超出標準

D05-1：振動頻率於 40~58Hz 區間超出標準

D06-1：振動頻率於 9~13Hz 區間超出標準

註四：

D03：振動頻率於 6.2~18Hz 區間超出標準

D04：振動頻率於 6.5~18Hz 區間超出標準

D05-1：振動頻率於 8~15Hz 區間超出標準

D05-2：振動頻率於 8~15Hz 區間超出標準

D06-2：振動頻率於 4.6~22Hz 區間超出標準

註五：

D04：振動頻率於 8~17Hz 區間超出標準

D06-2：振動頻率於 6.2~17Hz 區間超出標準

註六：

D03：振動頻率於 55~80Hz 區間超出標準

D04：振動頻率於 5.5~19Hz 區間超出標準

D05-1：振動頻率於 40~75Hz 區間超出標準

D05-2：振動頻率於 40~79Hz 區間超出標準

D06-2：振動頻率於 4~80Hz 區間超出標準

二、結語

根據以上測試結果，在機器未啟動前，於 RC 地板及高架地板的 X 軸、Y 軸及 Z 軸的頻率皆於標準內，某些測試於高架地板上時 Z 軸頻率超出標準值，而在設備上量測到的值，大多數三軸皆超出標準值；於設備啟動時，RC 地板上 X 與 Y 軸的頻率皆於標準內，Z 軸頻率大多超出標準值，於高架地板上 X 軸、Y 軸及 Z 軸大多超出標準值，於設備上量測到的值，三軸皆超出標準值。

參考資料

- [1] <http://www.vibtech.com.tw/serves5.htm> 捷創科技顧問有限公司
- [2] <https://www.goodtechnology.com.tw/environmental-micro-vibration.html> 固德科技
- [3] <https://aitanvh.blogspot.com/2019/04/one-third-octave-band.html> 振動噪音產學技術聯盟
- [4] <http://www.jsc.com.tw/data/catalog/file/SD-V1.pdf>