

防音耳罩性能及舒適性整合測試機台之設計製作與可調
整濾波式防音耳罩之研發

-Proposal-

Presented by :

游景鈺 碩士生

指導教授：

徐業良 教授

2003-1-10

<http://designer.mech.yzu.edu.tw>

Optimal Design Lab.

最佳化設計實驗室



● 簡介

■ 噪音的影響

- ▶ 生理方面：長久在音量八十五分貝以上，會引起聽力障礙，其造成的聽力損失為不可逆之傷害。
- ▶ 心理方面：音量超過五十分貝以上，就可能造成睡眠影響、腦波變化或厭惡感。

■ 防治噪音的方式

- ▶ 噪音源的控制
- ▶ 噪音傳導途徑的控制
- ▶ 減少受音者對噪音的暴露

■ 在工業噪音的防制上，又以配戴防音防護具為最經濟的解決方式



Optimal Design Lab.

最佳化設計實驗室

● 簡介

■ 特殊防音技術簡介

▶ 振幅感度式防音技術 (*Amplitude sensitive technology*)

功能：依照不同的噪音音壓值改變其遮音效果。

▶ 主動式噪音控制 (*Active noise control technology*)

功能：改善傳統防音防護具對低頻噪音隔音較弱的缺點。

▶ 濾波式防音耳罩

功能：突顯人聲頻帶內的聲音。



Optimal Design Lab.

最佳化設計實驗室

● 簡介

■ 影響勞工佩戴防音防護具的因素

排序	選項	人數	百分比
1	不易與旁人對話	149	53.4
2	有壓迫感	110	39.4
3	發癢	94	33.7
4	髒污	83	29.7
5	有悶熱感	72	25.8
6	易滑動或脫落	66	23.7
7	有異物感	63	22.6
8	引起耳鳴	53	19.0
9	防音效果不佳	53	19.0
9	音質改變	36	12.9
10	影響工作活動	35	12.5

排序	選項	人數	百分比
11	影響工作活動	149	53.4
12	接觸部分太硬	110	39.4
13	易變形老化	94	33.7
14	會引起頭痛	83	29.7
15	無任何不舒適感覺	72	25.8
16	其他	66	23.7

[防音防護具舒適性能評估研究, 2001]



Optimal Design Lab.

最佳化設計實驗室

● 研究目的

■ 濾波式防音耳罩之設計製作：

解決佩戴防音防護具不易與人對話的缺點，提高勞工佩戴意願，防止聽力損失。

■ 防音耳罩防音性能及舒適性整合測試機台之設計製作

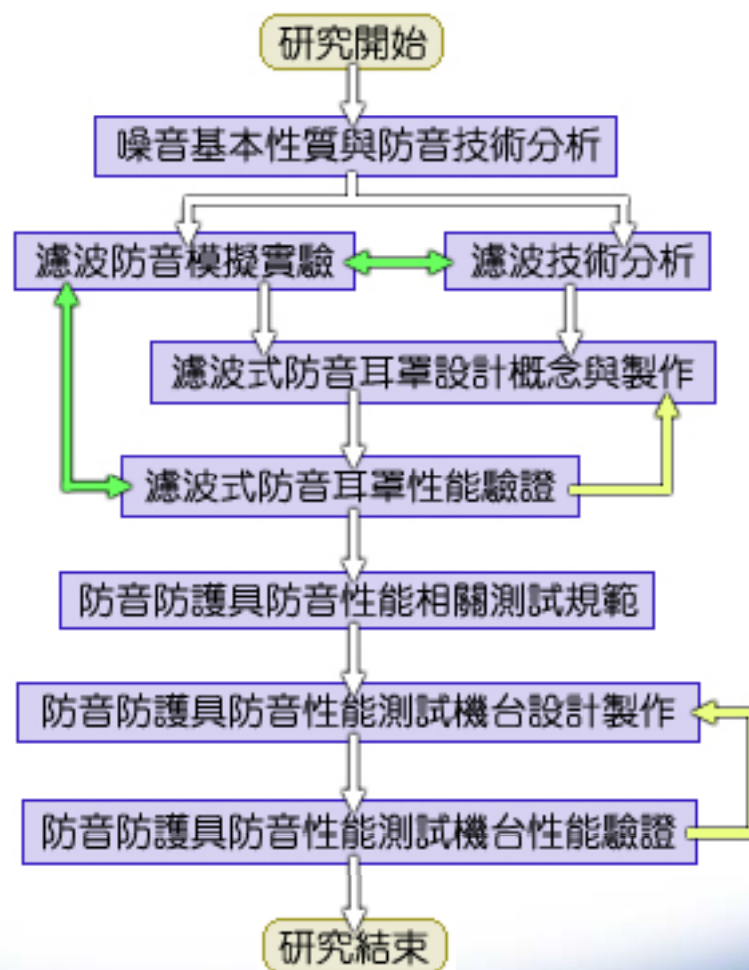
鑒於舒適性沒有客觀的標準，將設計製作一防音耳罩防音與舒適性測試機台，使廠商以及非專業測試人員得以簡便、快速的測試防音防護具，以利選購或更換防音能力衰減之防音防護具。



Optimal Design Lab.

最佳化設計實驗室

● 研究規劃

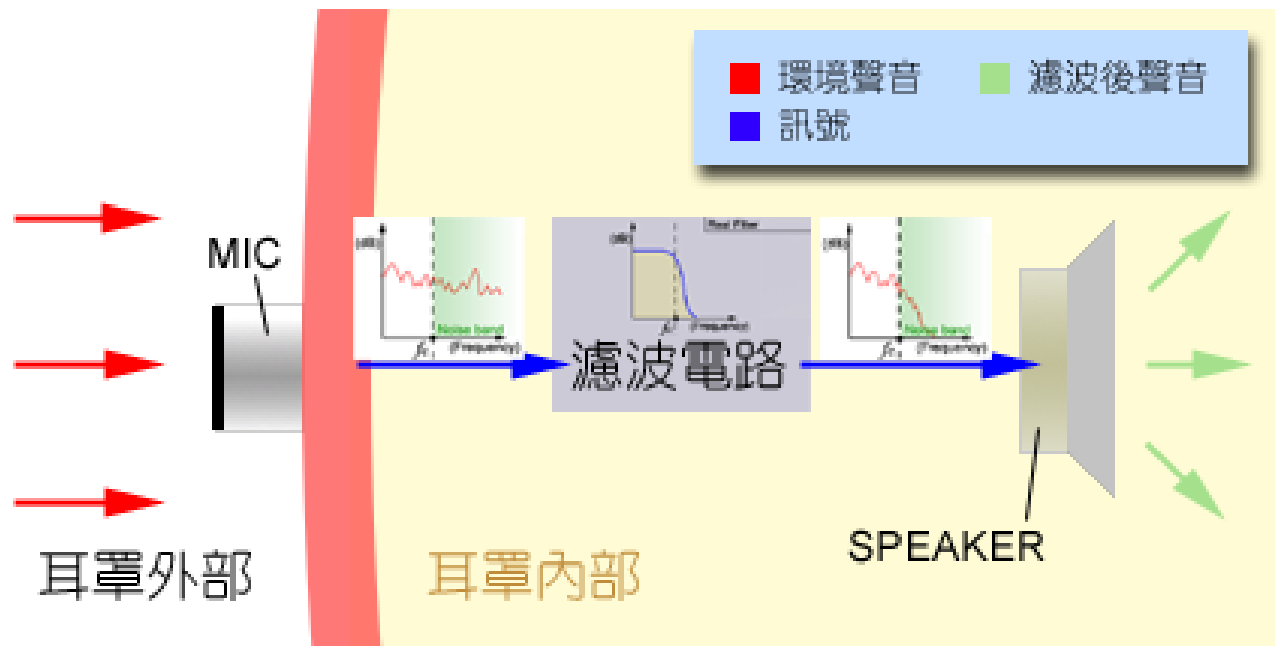


Optimal Design Lab.

最佳化設計實驗室

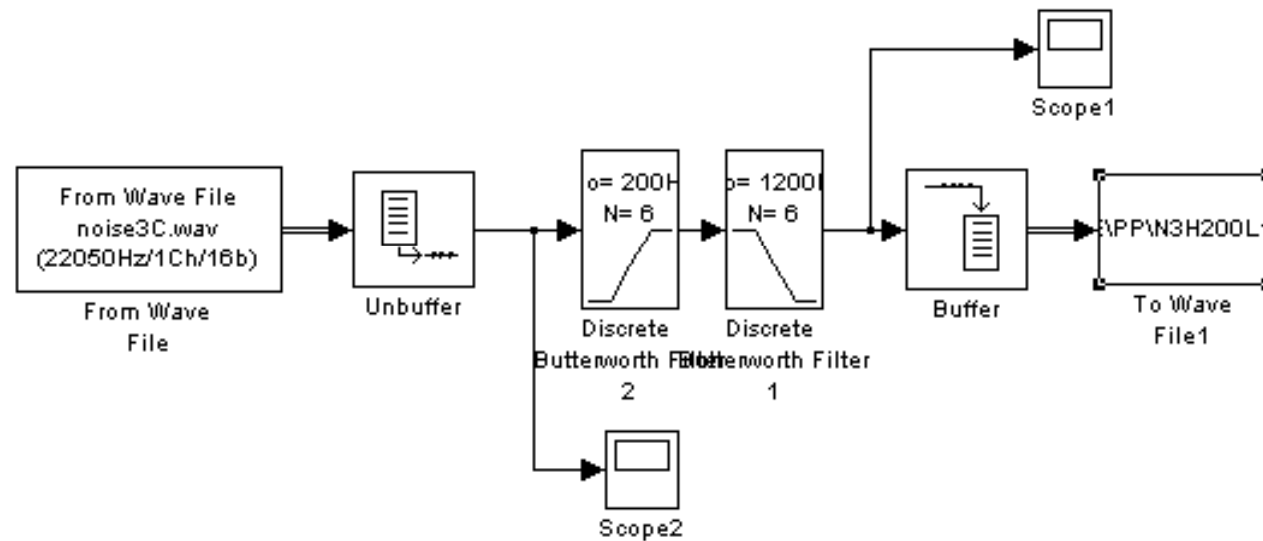
● 濾波式防音技術分析

■ 濾波式防音技術概念圖



● 濾波式防音技術分析

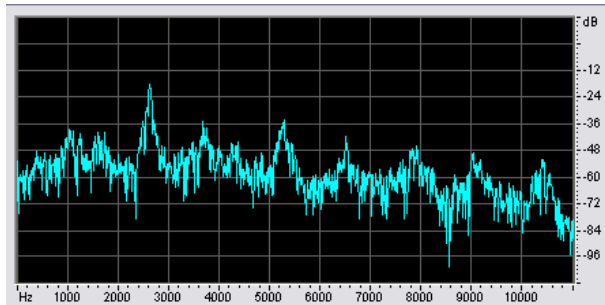
■ 濾波式防音技術模擬 (Matlab Simulink)



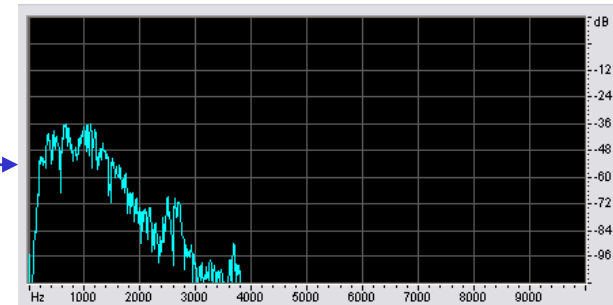
● 濾波式防音技術分析

■ 模擬結果(1)

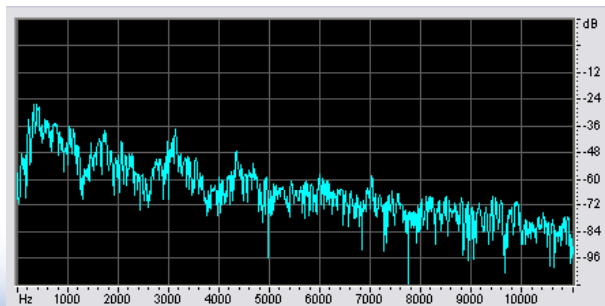
▶ 車床噪音樣本



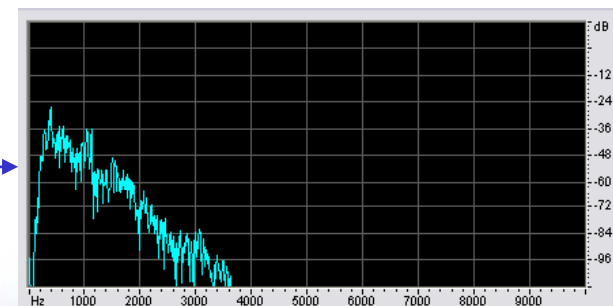
6th Order
Hfc=200
Lfc=1200Hz



▶ 鑽床噪音樣本



6th Order
Hfc=200
Lfc=1500Hz



● 濾波式防音技術分析

■ 模擬結果討論

▶ 濾波效果

經過以上實驗，濾波防音技術雖無法濾除人聲頻帶的噪音，達到濾除所有噪音、只保留人聲的效果，然而就突顯人聲、減低噪音而言，仍然有相當的效果，於噪音頻帶遠離人聲交談頻帶的噪音環境，其效果更為顯著，而濾波器的階數提高有助於濾波效果的提升。

▶ 截斷頻率的調整

實驗中截斷頻率初始的設定在高通500與低通2500Hz，然而實際上聆聽的結果發現這並不是最理想的濾波頻帶，截斷頻率應依各種噪音性質的不同、使用者聽力的強弱等因素來制定，因此截斷頻率應採可調整式設計，以符合各種噪音環境使用。



● 濾波技術分析

■ 類比濾波

▶ 被動式濾波

優點：不需電源、元件少、價格低廉

缺點：高階電路不易設計、截斷頻率無法獨立調整

▶ 主動式濾波

優點：具串接性，可由多個低階濾波器串接成高階濾波器、不需電感、具有增益，整合型IC可達成體積小之高階濾波器。

缺點：高階濾波之截斷頻率無法獨立調整、需電源、元件較多、高階電路需多個運算放大器。



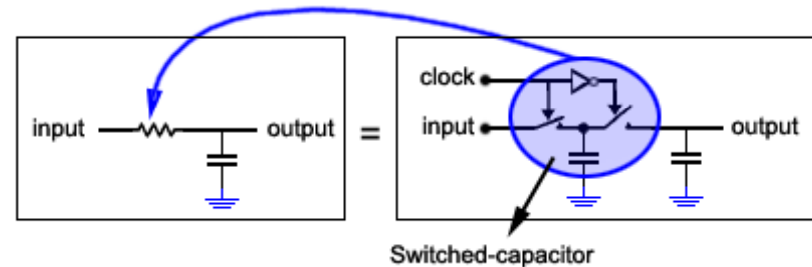
Optimal Design Lab.

最佳化設計實驗室

● 濾波技術分析

► Switched-Capacitor濾波器

原理：以一組電閘與一個電容組成，用以代替電阻，其等效組抗值可由其電閘速度決定，實際的Switched-capacitor濾波IC就是以Switched-Capacitor電路取代電阻，並與運算放大器組成積分器，達成各種高階濾波轉移函數。



優點：整合型高階濾波IC、體積小、截斷頻率獨立控制、具串接性、外部元件需求少、準確、應用廣泛。

缺點：需輸入一時脈控制截斷頻率、需電源。



● 濾波技術分析

■ 數位濾波



優點：準確、應用廣泛、性能較不受限、可程式化使其控制較為容易。

缺點：價格昂貴、處理複雜演算時可能造成延遲。



● 濾波式防音耳罩設計製作

■ 設計需求

- ▶ 舒適化設計
提高舒適性、增加勞工佩戴意願。
- ▶ 可調整之濾波頻率範圍
適應多種噪音場合
- ▶ 電子濾波式耳罩模組化設計
適合裝置於一般耳罩



Optimal Design Lab.

最佳化設計實驗室

● 濾波式防音耳罩設計製作

■ 所需功能模組

▶ 放大電路

需求為體積小、低雜訊、價格低廉、低耗電量之音訊專用放大器。

▶ 濾波電路

需求為體積小、價格低廉，與高階濾波的效能。

▶ 可調整截斷頻率(可調整式脈波產生器)

需求為高頻率50% duty cycle方波輸出(600kHz以上)、價格低廉、波形穩定。

▶ 輸入與輸出

需求為體積小、價格低廉。

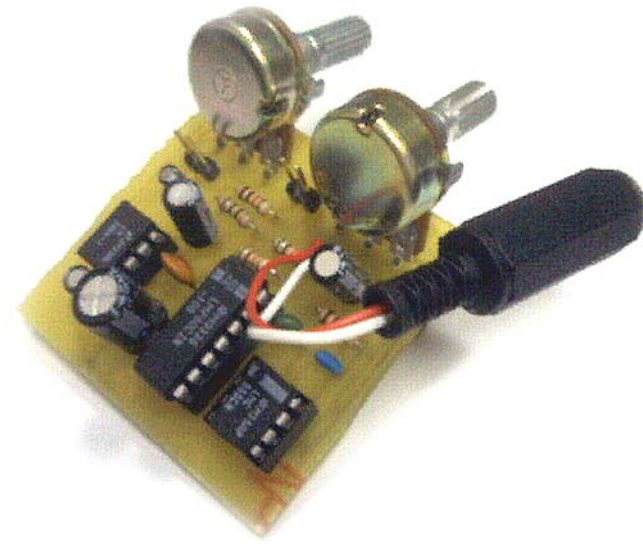
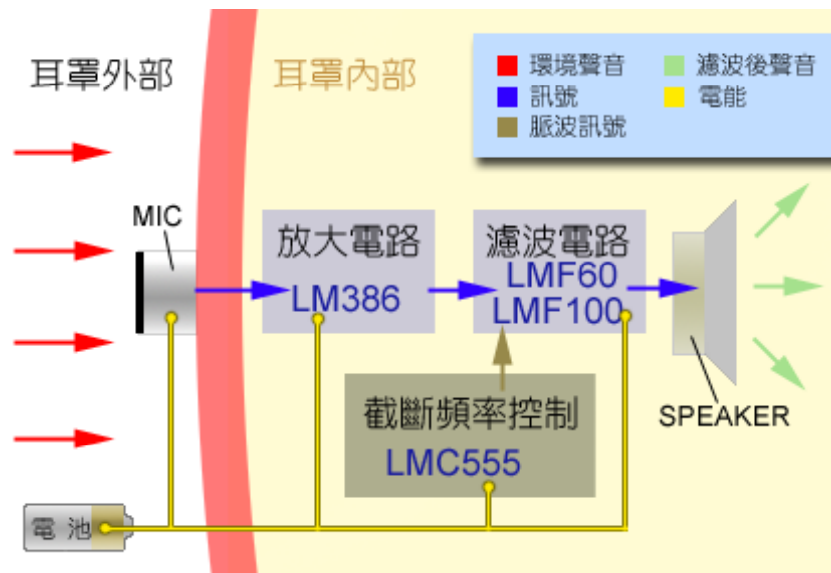


Optimal Design Lab.

最佳化設計實驗室

● 濾波式防音耳罩設計製作

■ 設計概念圖與製作完成圖



● 濾波式防音耳罩設計製作

■ 濾波式防音耳罩完成圖



● 防音防護具整合型測試機台設計

■ 防音防護具舒適性測試機

- ▶ 夾緊力測試
- ▶ 散熱性測試
- ▶ 密合度測試

■ 防音防護具防音性能測試機

- ▶ 插入損失測試

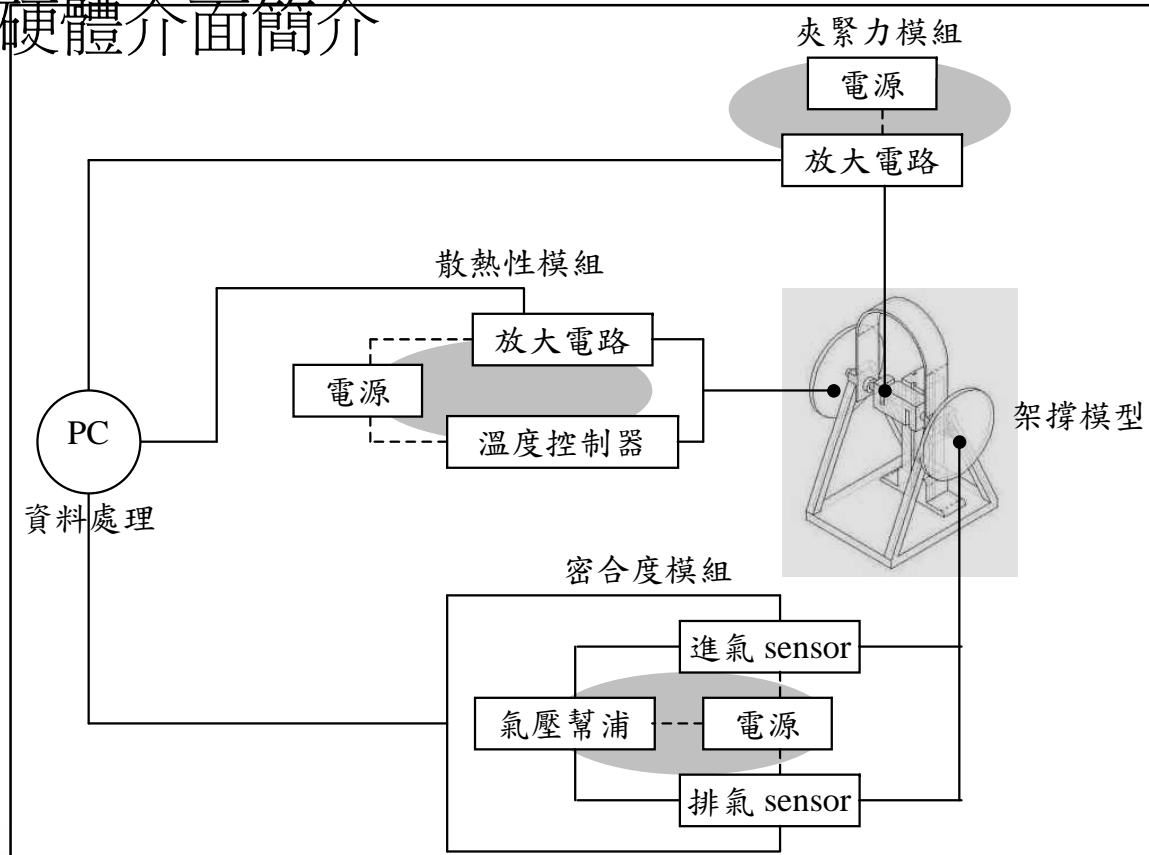


Optimal Design Lab.

最佳化設計實驗室

● 防音耳罩舒適性整合測試機台簡介

■ 硬體介面簡介



【參考資料：防音防護具舒適性能研究，2000】



Optimal Design Lab.

最佳化設計實驗室

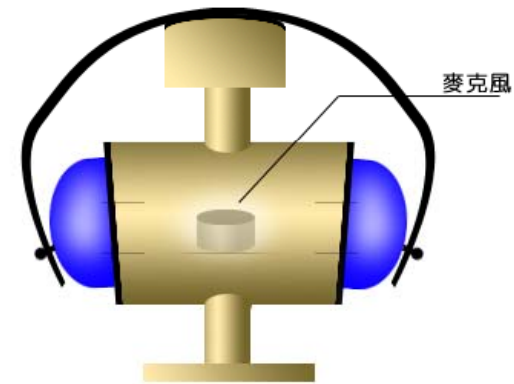
●防音防護具防音性能測試規範

■ 主觀測定法(Subject method)

- ▶ 測試訊號需為粉紅噪音經八音階濾波器濾波後播放
- ▶ 測試環境為擴散音場，迴響時間需小於1.6秒
- ▶ 以真人為測試媒介

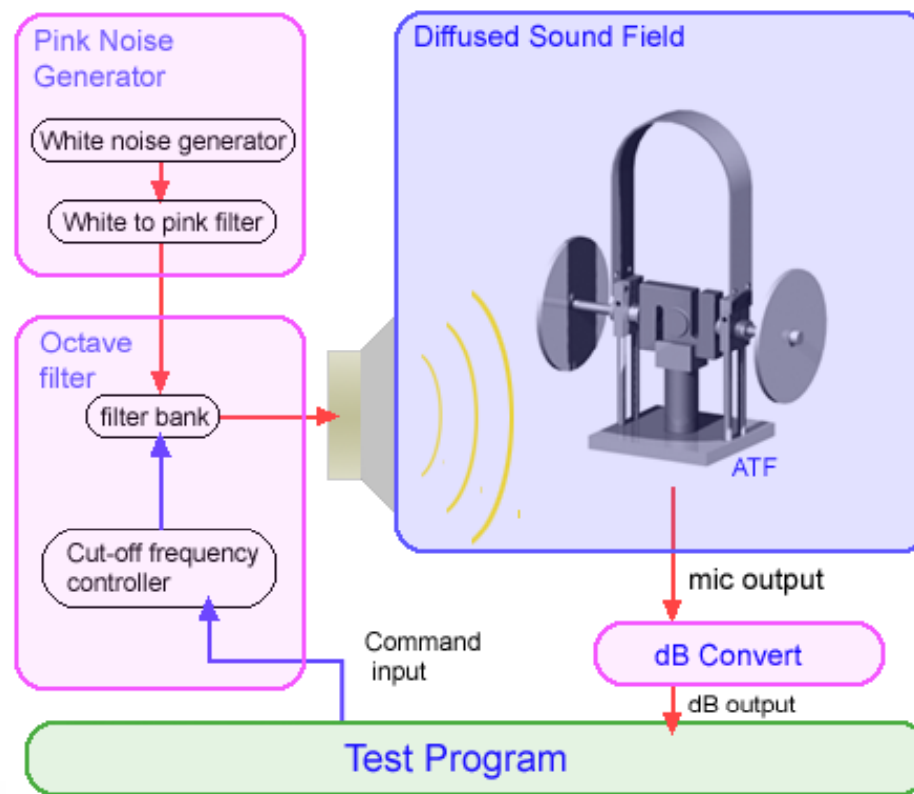
■ 客觀測定法(Object method)

- ▶ 測試訊號與主觀法相同
- ▶ 測試環境為擴散音場
- ▶ 以聲學試驗頭型(ATF ,acoustic test fixture)為測試媒介
測試速度較快、測試成本較低，但不可用於聽力保護計畫中，評估防音防護具的遮音能力，主要用於產品檢驗。



●防音耳罩性能測試機台之設計製作

■ 性防音耳罩性能測試模組設計概念



● 防音耳罩性能測試機台之設計製作

■ 聲學測試頭型

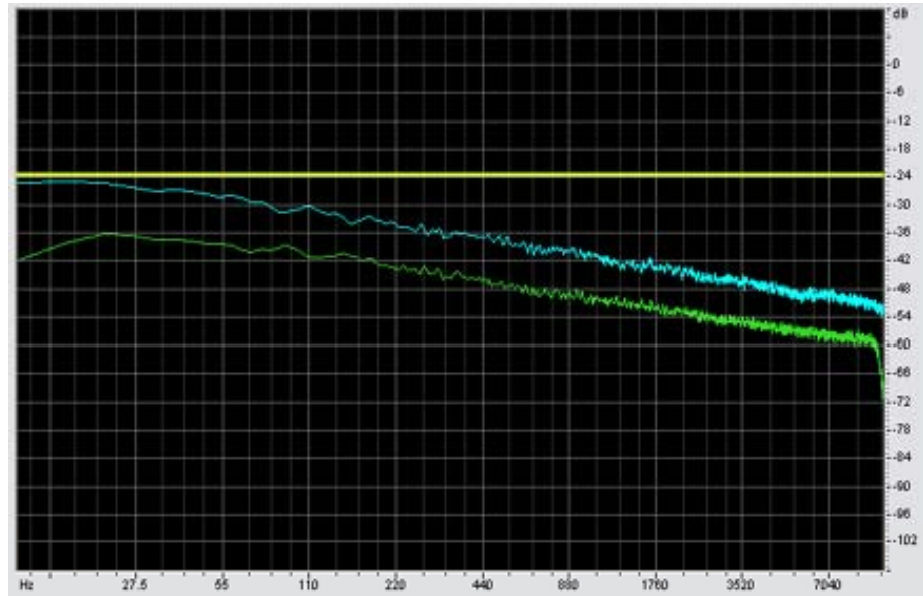
- ▶ 參考CNS之標準設計。
- ▶ 需與舒適性測試機台架撐模型整合



● 防音耳罩性能測試機台之設計製作

■ 粉紅噪音產生器

- ▶ 粉紅噪音係指一包含可聽範圍內所有頻率的混合噪音，而其訊號強度則隨頻率上升而降低，約每間隔一八音度頻帶降低3dB
- ▶ 實際之作法則以白色噪音通過一-3dB/octave 濾波器達成



Optimal Design Lab.

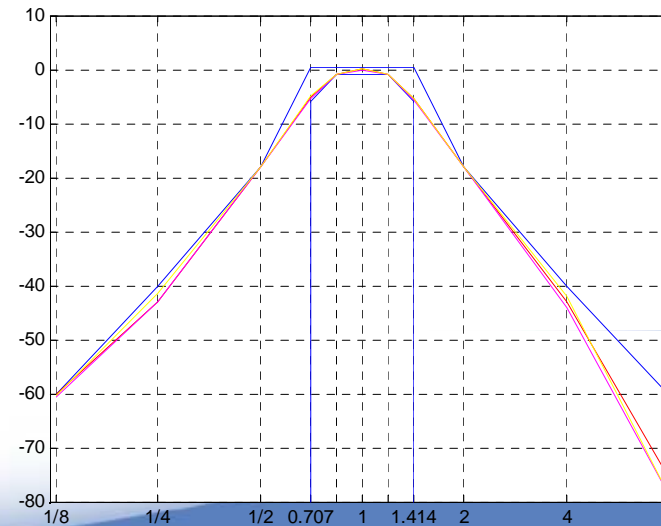
最佳化設計實驗室

● 防音耳罩性能測試機台之設計製作

■ 八音度頻帶濾波器

- ▶ 兩個相鄰頻帶之中心頻率比為2之頻帶稱為八音度頻帶，在插入損失測試中為中心頻率為63Hz、125Hz、250Hz、500Hz、1kHz、2kHz、4kHz、8kHz。
- ▶ 藉由濾波器設計軟體Filter CAD計算，實際所需為一八階帶通濾波器，實際以串接兩組市售濾波IC LMF100達成，下表與下圖為CNS制定規格與實際測試性能曲線。

頻率範圍		I 型衰減量	II 型衰減量
通過頻帶	$F_c/\sqrt[4]{2}$ 以上、 $\sqrt[4]{2}F_c$ 以下	-0.5~1dB 以內	
	$F_c/\sqrt{2}$ 以上、 $\sqrt{2}F_c$ 以下	-0.5~6dB 以內	
衰減頻帶	$F_c/2$ 、 $2F_c$	9dB	18dB
	$F_c/4$ 、 $4F_c$	-	40dB
	$F_c/5$ 、 $5F_c$	33dB	
	$F_c/8$ 、 $8F_c$	-	60dB
	$F_c/10$ 、 $10F_c$	45dB	



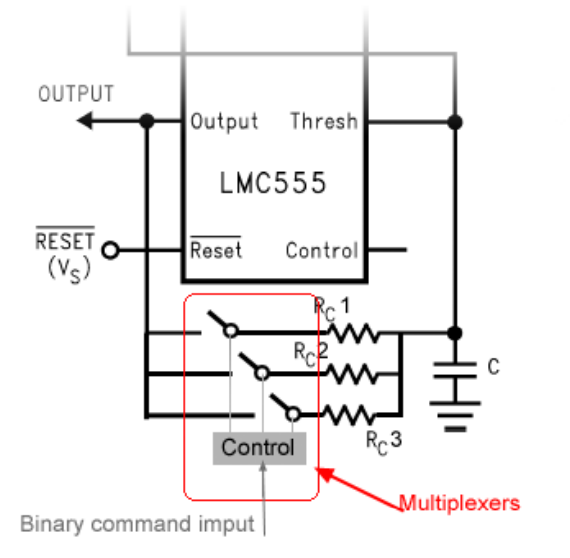
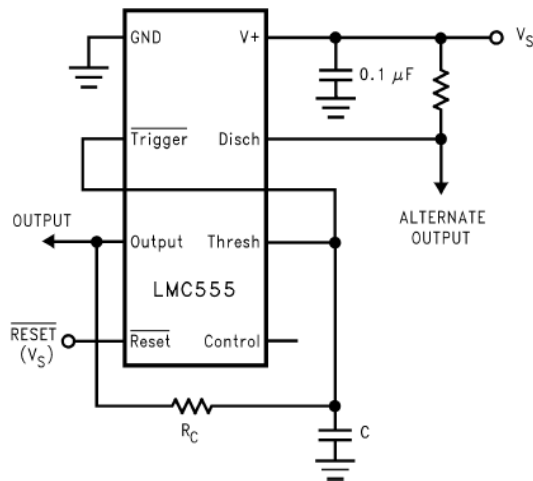
Optimal Design Lab.

最佳化設計實驗室

● 防音耳罩性能測試機台之設計製作

■ 頻帶控制模組

- ▶ 由程式輸入二進位控制碼，經多工器控制LMC555產生特定時脈、以控制濾波IC 產生各種特定之濾波中心頻率。



● 防音耳罩性能測試模組性能驗證

■ 實際成品與重複性測試結果

▶ 夾緊力

平均值	11.79
標準差	0.1853
變異係數	1.58%

▶ 散熱性

平均數	30.4
標準差	0.52
變異係數	1.71%

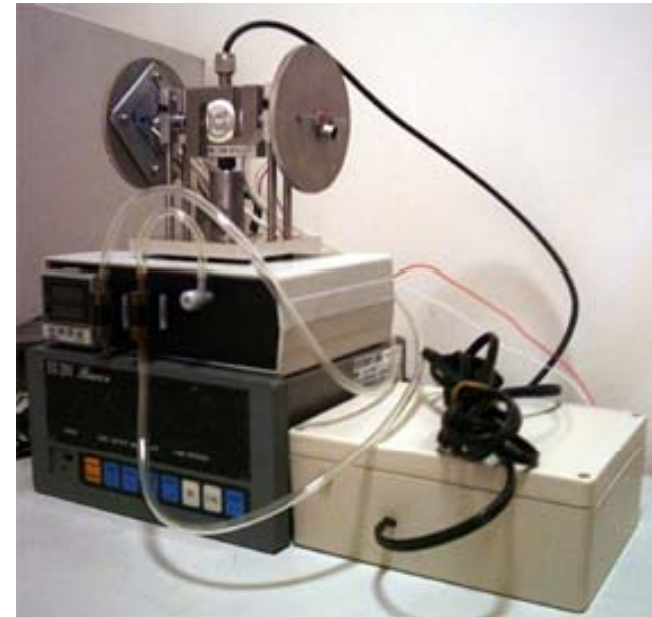
▶ 密合度

平均值	11.04
標準差	0.40
變異係數	3.63%

▶ 插入損失

背景噪音測試	56dB						
擴散音場性能測試 (1kHz-90dB)	上	下	左	右	前	後	中心
	90.5	91.7	89.6	91.0	90.2	92.1	90.2

頻帶(Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
平均值	11.53	11.89	12.84	29.63	30.83	31.38	32.76	26.70
標準差	1.14	0.93	1.16	0.97	1.76	0.98	0.66	1.34
變異係數	9.93%	7.81%	9.04%	3.26%	5.71%	3.11%	2.02%	5.01%

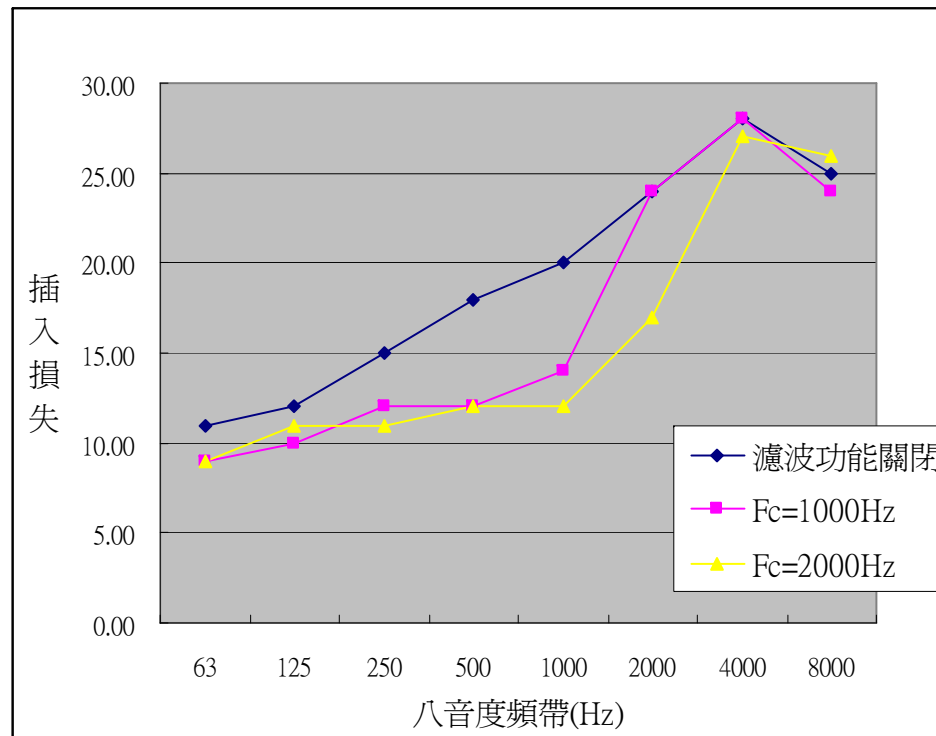


Optimal Design Lab.

最佳化設計實驗室

● 可調整濾波式防音耳罩性能驗證

▶ 插入損失測試

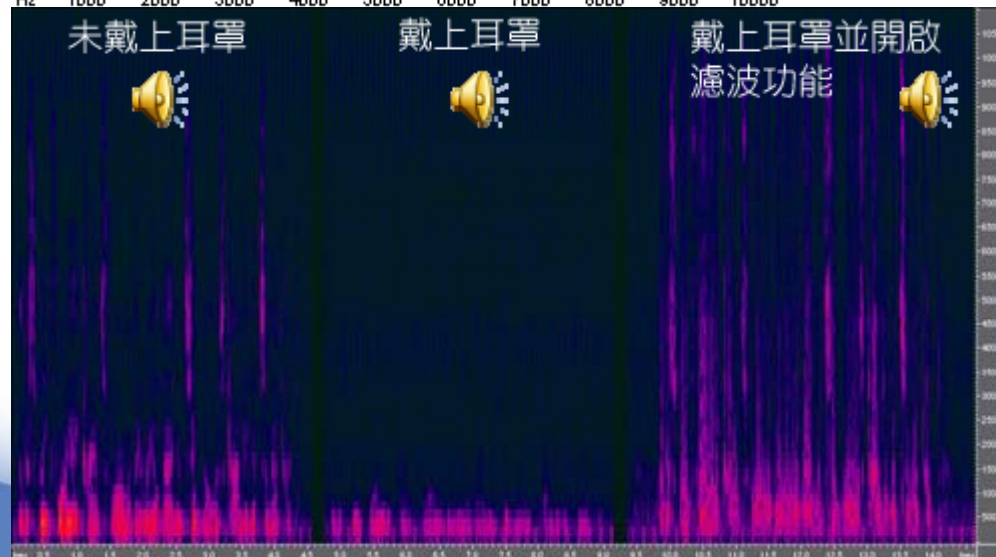
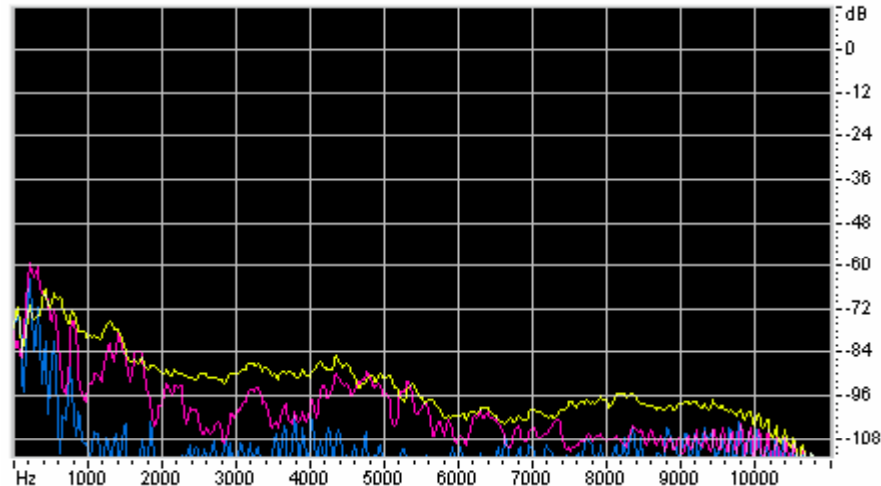


Optimal Design Lab.

最佳化設計實驗室

● 可調整濾波式防音耳罩性能驗證

- ▶ 實際濾波效果測試 – 僅人說話聲、無施加噪音

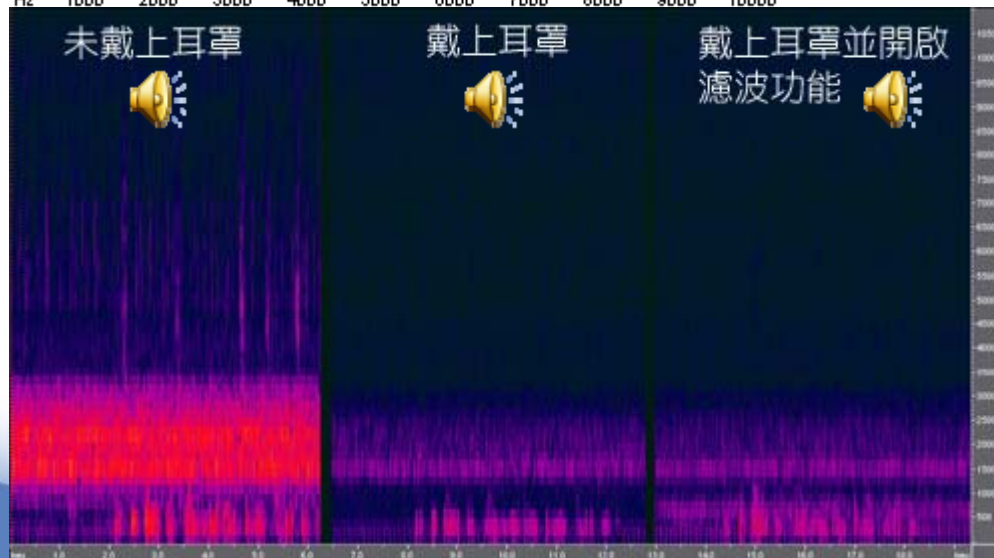
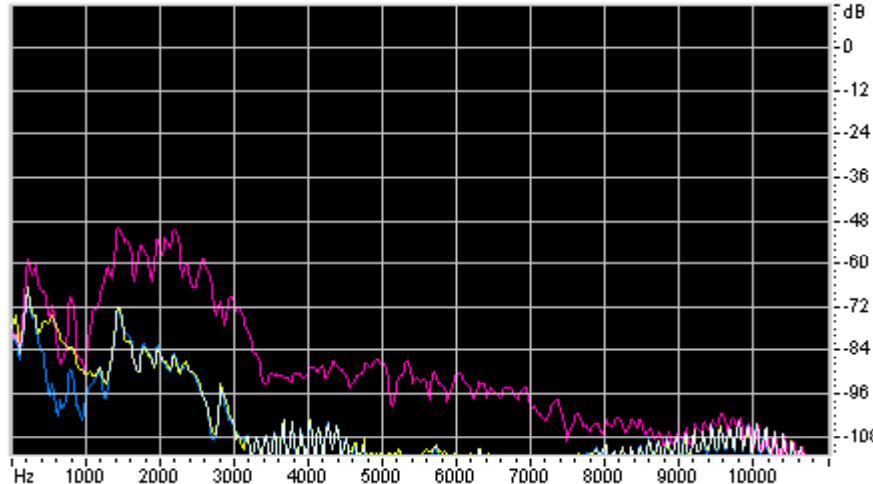


Optimal Design Lab.



● 可調整濾波式防音耳罩性能驗證

- ▶ 實際濾波效果測試 - 人說話聲且施加2kHz頻帶之粉紅噪音

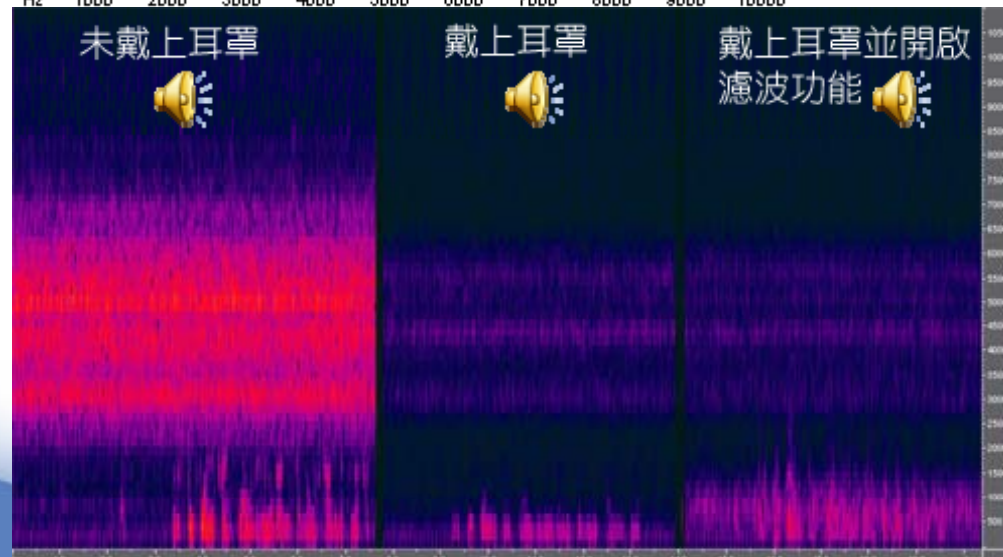
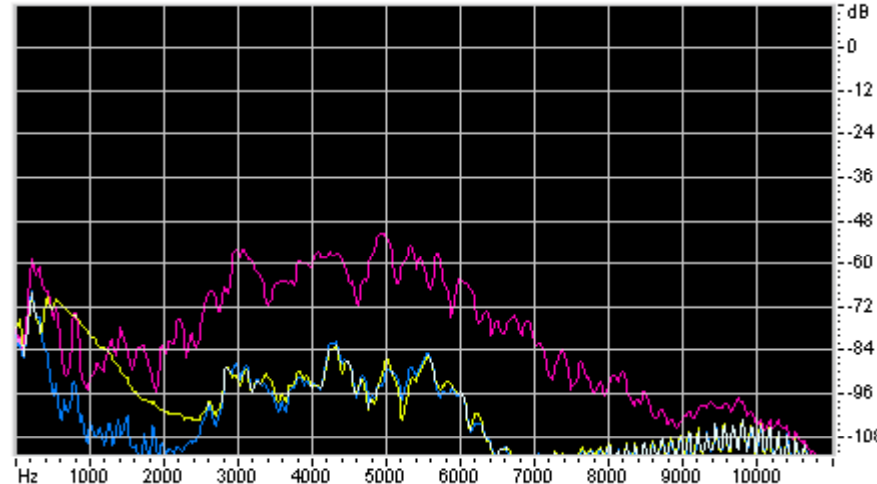


Optimal Design Lab.



● 可調整濾波式防音耳罩性能驗證

- ▶ 實際濾波效果測試 - 人說話聲且施加4kHz頻帶之粉紅噪音



Optimal Design Lab.



● 結論

- ▶ 可調整濾波式防音技術可改變防音耳罩之頻帶-聲衰減值曲線，在特定高頻率噪音環境下可達到減低噪音、突顯人聲的效果。
- ▶ 可調整式防音技術對於人聲頻帶內之噪音仍無法消除。
- ▶ 本研究對可調整濾波式防音技術之實驗結果雖不能代表實際且主觀之聽覺感受，但本研究按照客觀的實驗方法所提供之結論仍可作為相當可靠可信之客觀參考。
- ▶ 進行防音耳罩之插入損失試驗時應儘可能降低環境噪音，以獲得最準確之實驗結果



● 未來展望

- ▶ 濾波性能提升
- ▶ 可調整濾波式防音耳罩商品化設計
- ▶ 防音耳罩整合型測試機台自動化設計

