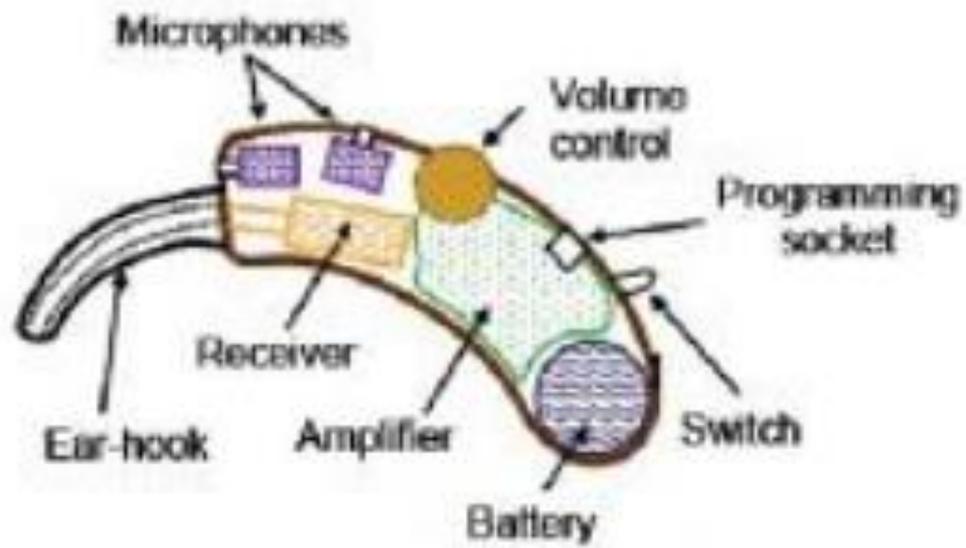
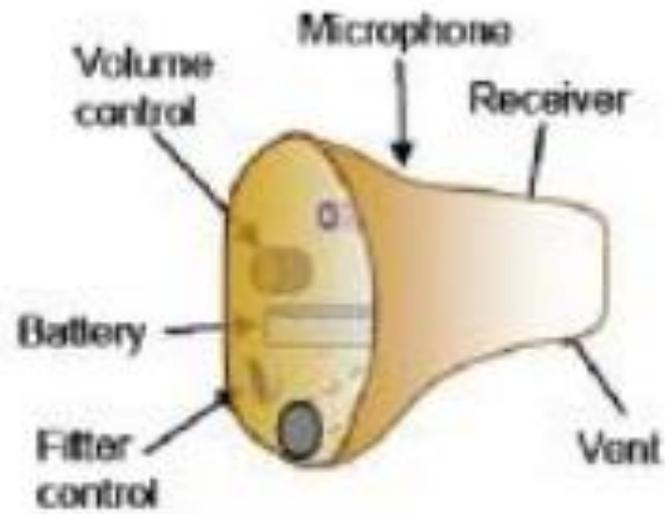


從助聽器的頻率反應看助聽器 的組成

江源泉 Ph. D., CCC-A

8/10/2013



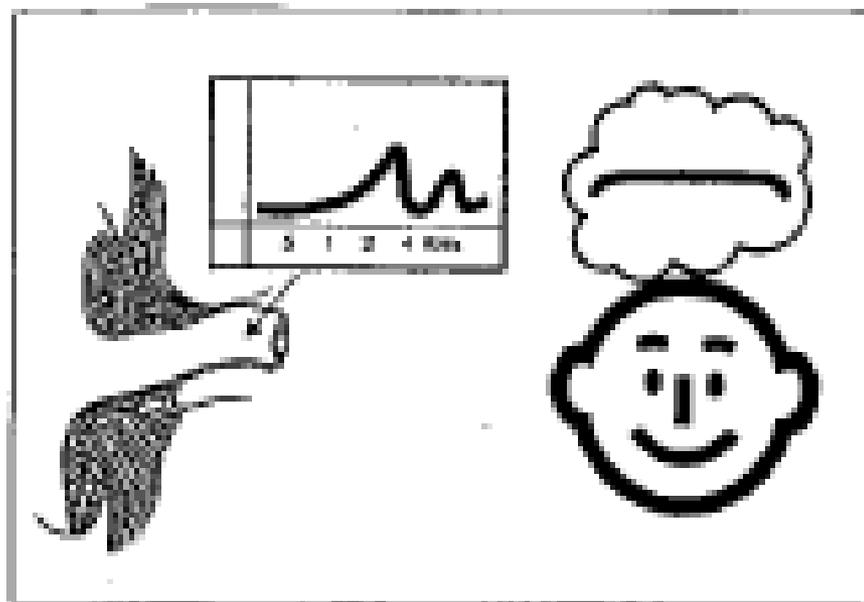


Figure 12-16. The peaks caused by ear canal resonances are not "heard."

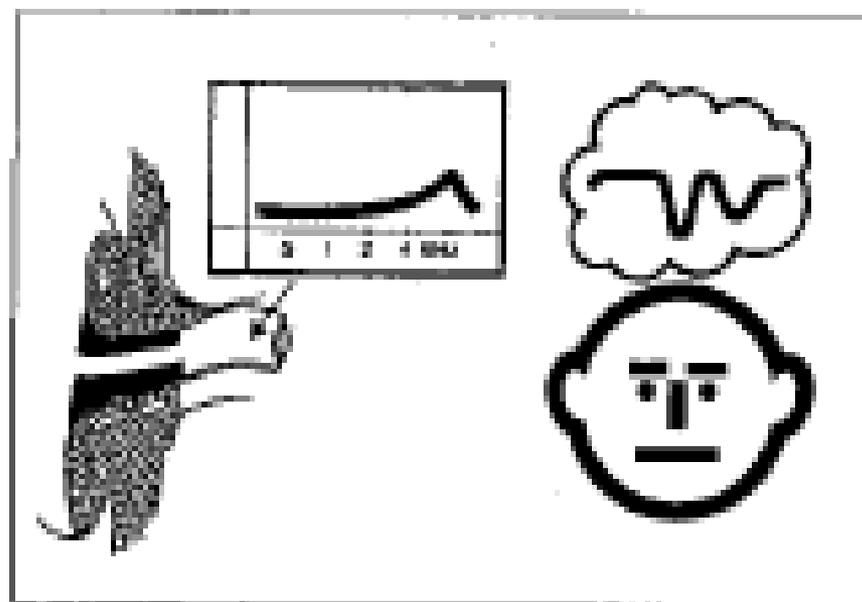


Figure 12-17. Removing the ear canal resonances by inserting an earmold in the canal is experienced as dips in the frequency response.

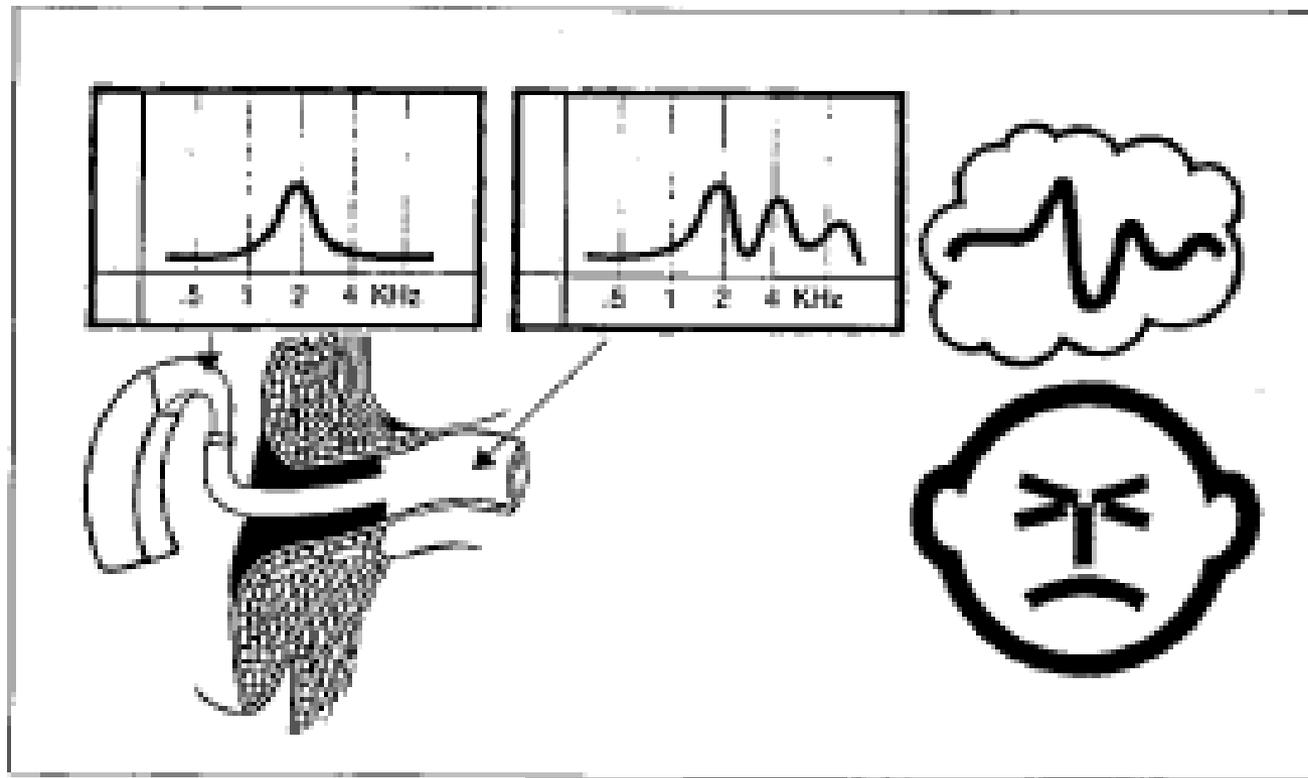
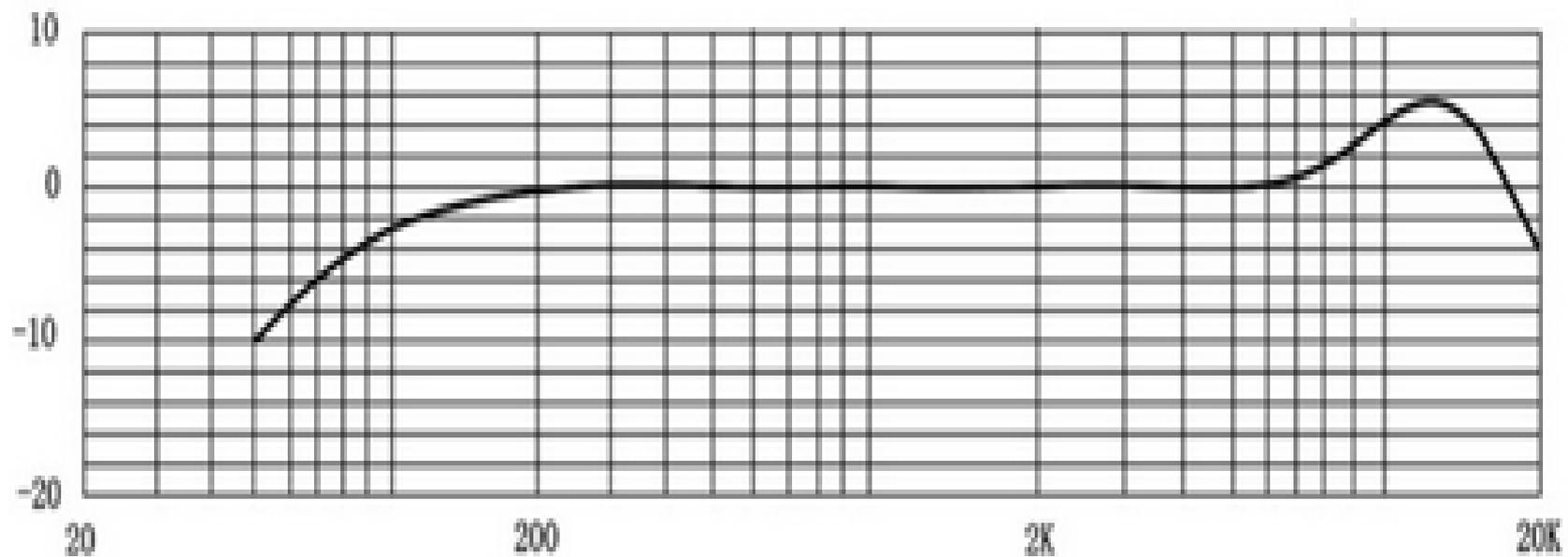


Figure 12-18. Adding a hearing aid system with peaks at frequencies other than the natural ear canal resonances can result in insertion gains with pronounced peaks and valleys.

麥克風

- 功用: 將聲音轉換為電
- 採線性運作
- 低頻的衰減目的是降低對環境噪音的敏感度
- 輸出電壓和輸入音壓間的關係稱為麥克風的敏感度(**sensitivity**)



麥克風的不完美處

- 禁不起汗水曝露,而引起化學反應
- 所有的組件都會產生random electric noise
- 噪音主要來自空氣分子的任意活動的摩擦風切阻斷裝置 (diaphragm)或內部的電的活動

方向性麥克風系統

- BTE, ITE都有, CIC除外, BTE最多
- 設計原理: 把噪音和speech 在空間位置上分開
- 仍然仰賴使用者主動調整位置, 將信號置於前方, 噪音於旁或後
- 當聽環境反響(reverberation)增強, 信噪比的改善效果減弱

兩種達成方向性的方法

- 1) 單一麥克風法—一個方向性麥克風
- 2) 雙麥克風法---兩個全方位麥克風

方向性麥克風

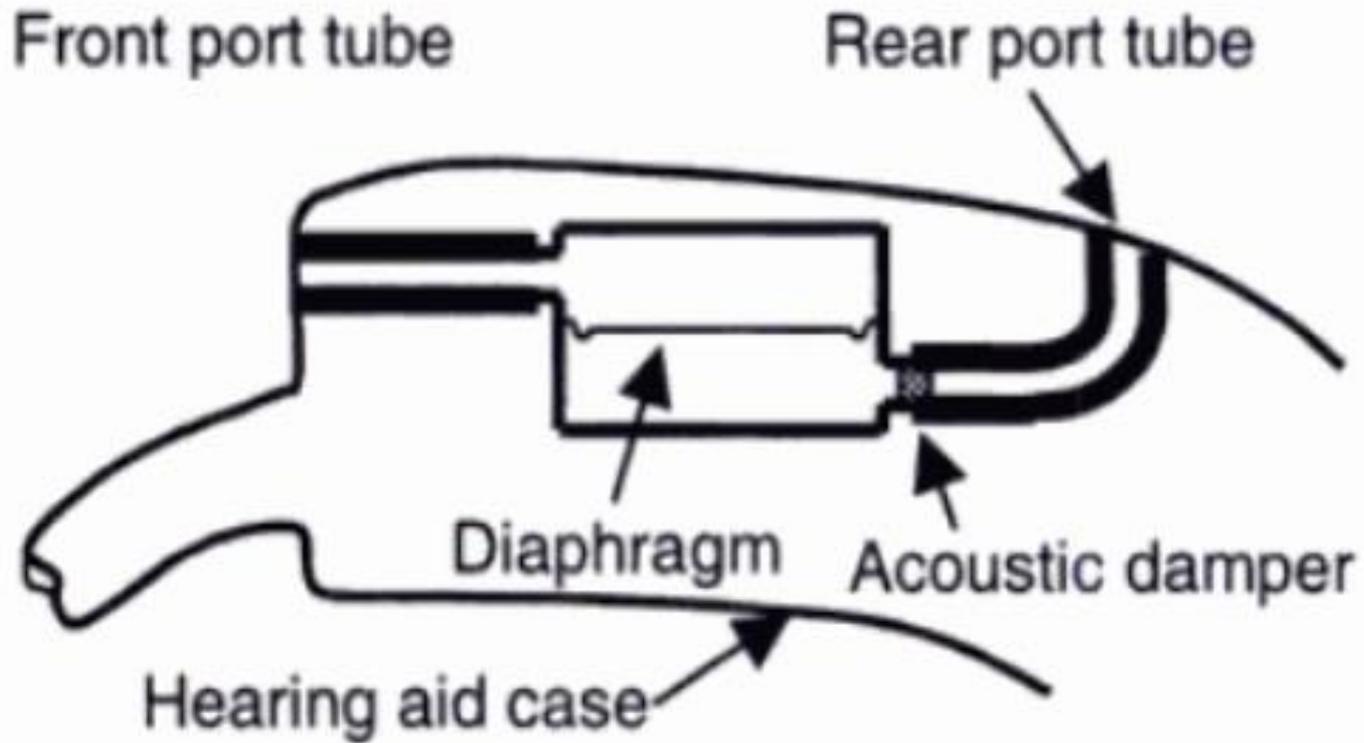


Figure 2.6 Diagram showing the sound paths in a directional microphone.

單一麥克風法: 方向性麥克風

- 只用一個麥克風, 但有前後兩個inlet ports, 後方port利用damping材料, 對由此進的信號製造物理性的“acoustic delay”, -- “內在delay”
- 另有“外在delay”– 同信號經HA外側, 從後port到前port進入所花的時間
- “內-” “外-”delay若相同...麥克風對後方來的信號無反應(diaphragm 前後受力抵銷), 而只理會來自前方的信號

雙(dual)麥克風法-

- 目前使用最多的方法
- 使用兩個全方向性(omnidirectional)麥克風
- 執行下列信號處理步驟:
 - (1)前麥克風output – 後麥克風output
 - (2)後麥克風output + electronic delay
- 效果- 改善信噪比
- 前後兩麥克風ports間隔距離越大, 方向性越佳 (BTE= 12-16mm, custom = 4-10 mm)

方向性

- 方向性指數DI (directivity index)
 - = 正前方聲音的敏感度: 其餘方向聲音的平均敏感度 (dB)
- DI 受頻率影響
- 好的方向性麥克風應對正前方聲音最敏感, 而其他方向聲音平均敏感度越低越好

DI – polar plots

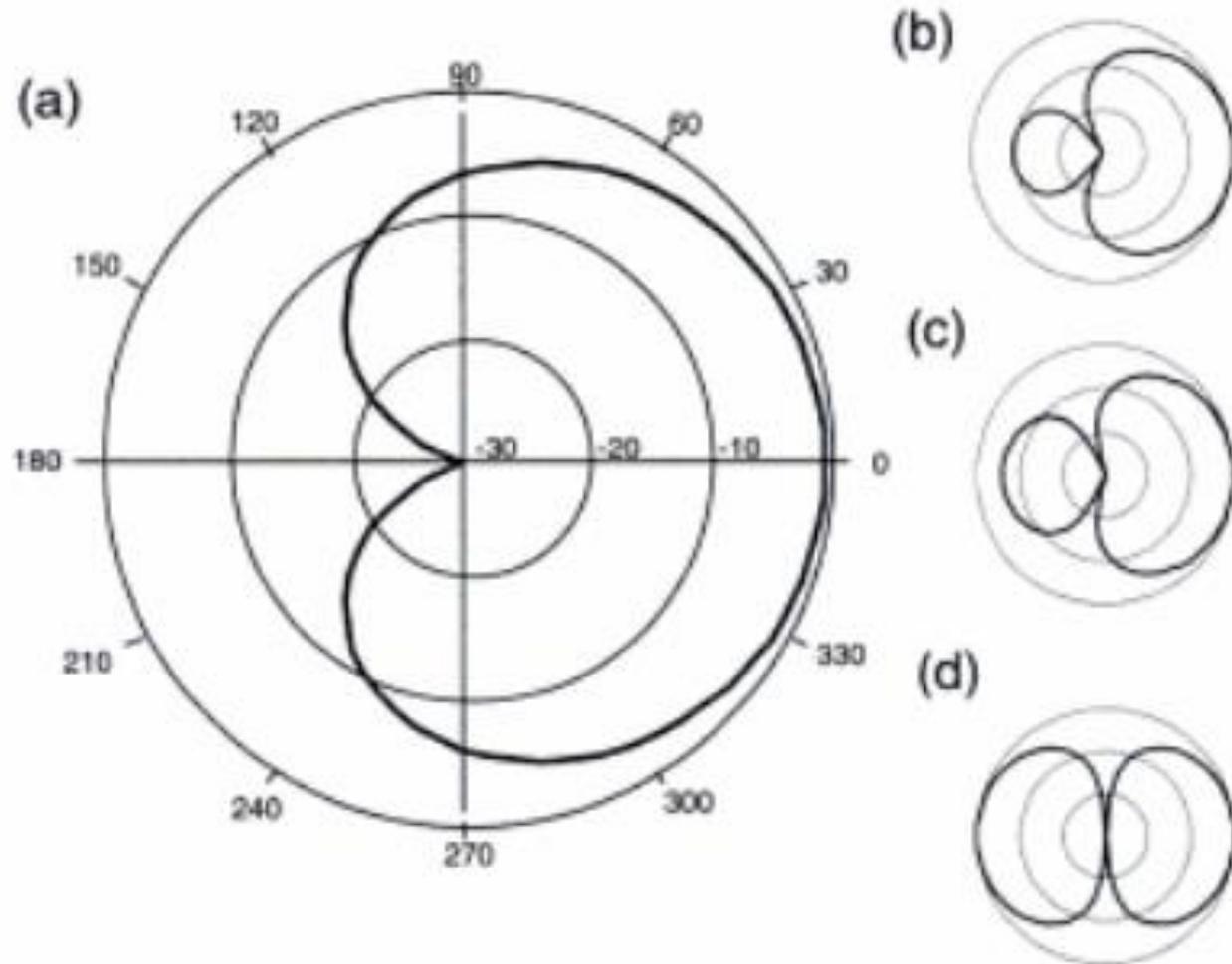


Figure 2.7 Directional sensitivity (in dB) of a microphone with (a) a cardioid response, (b) a super-cardioid response, (c) a hypercardioid response, and (d) a figure-8 response, all measured in an unobstructed sound field.

放大器

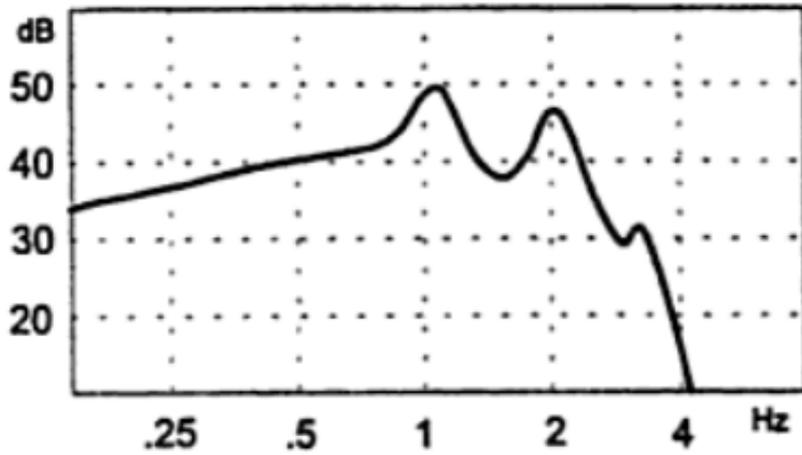


Figure 13-2. Frequency response curve for class A hearing aid.

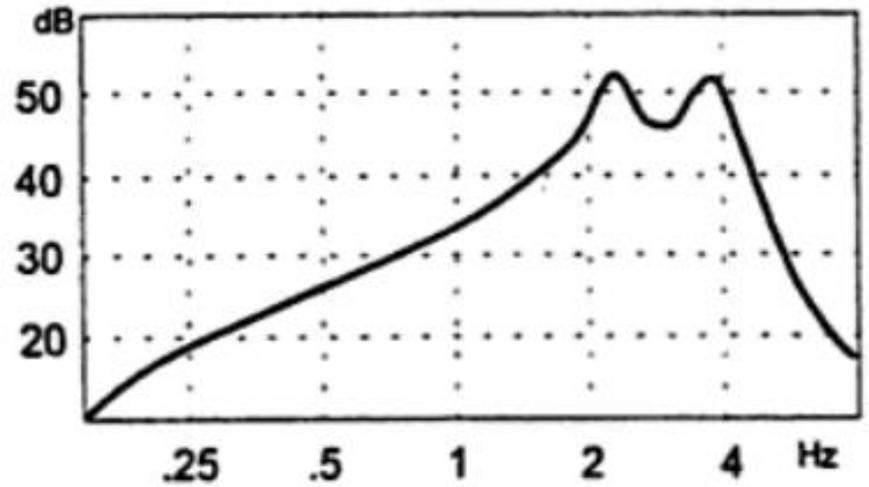


Figure 13-3. Frequency response for class D hearing aid.

放大器(amplifier)

- 有Class A, B, C, D, H 五級, 最有效的是 D級
- 當放大音量過大時, 都會扭曲信號(peak-clipping)
- 過度扭曲會減低聲音的品質和清晰度
- 為避免扭曲, 許多HA採用壓縮放大器 (compression amplifier)

壓縮(放大)器

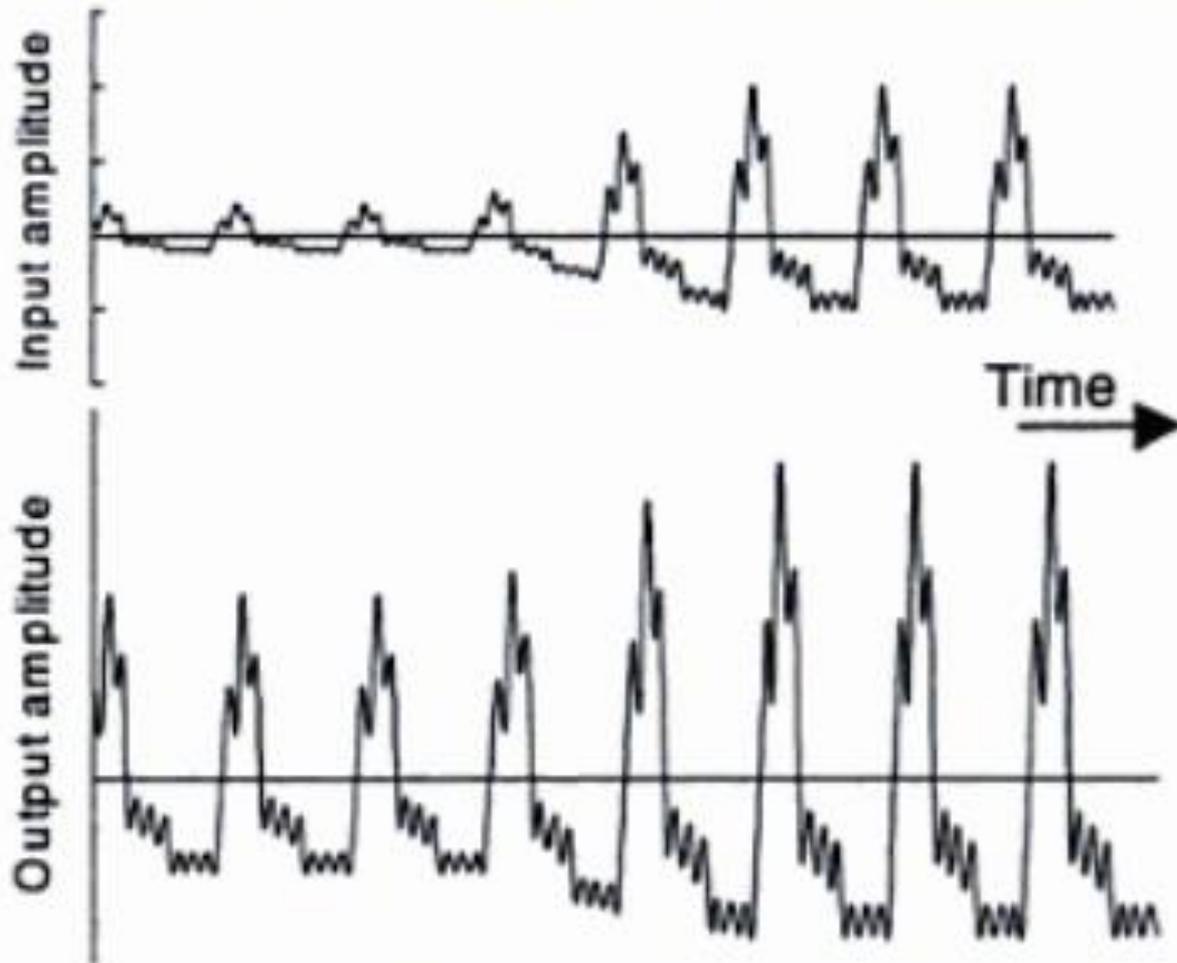


Figure 2.15 Effect of a compressor on a waveform varying in level.

壓縮器

- 隨輸入信號音量增加, 減少放大的量(gain)

各類filters(濾過器)

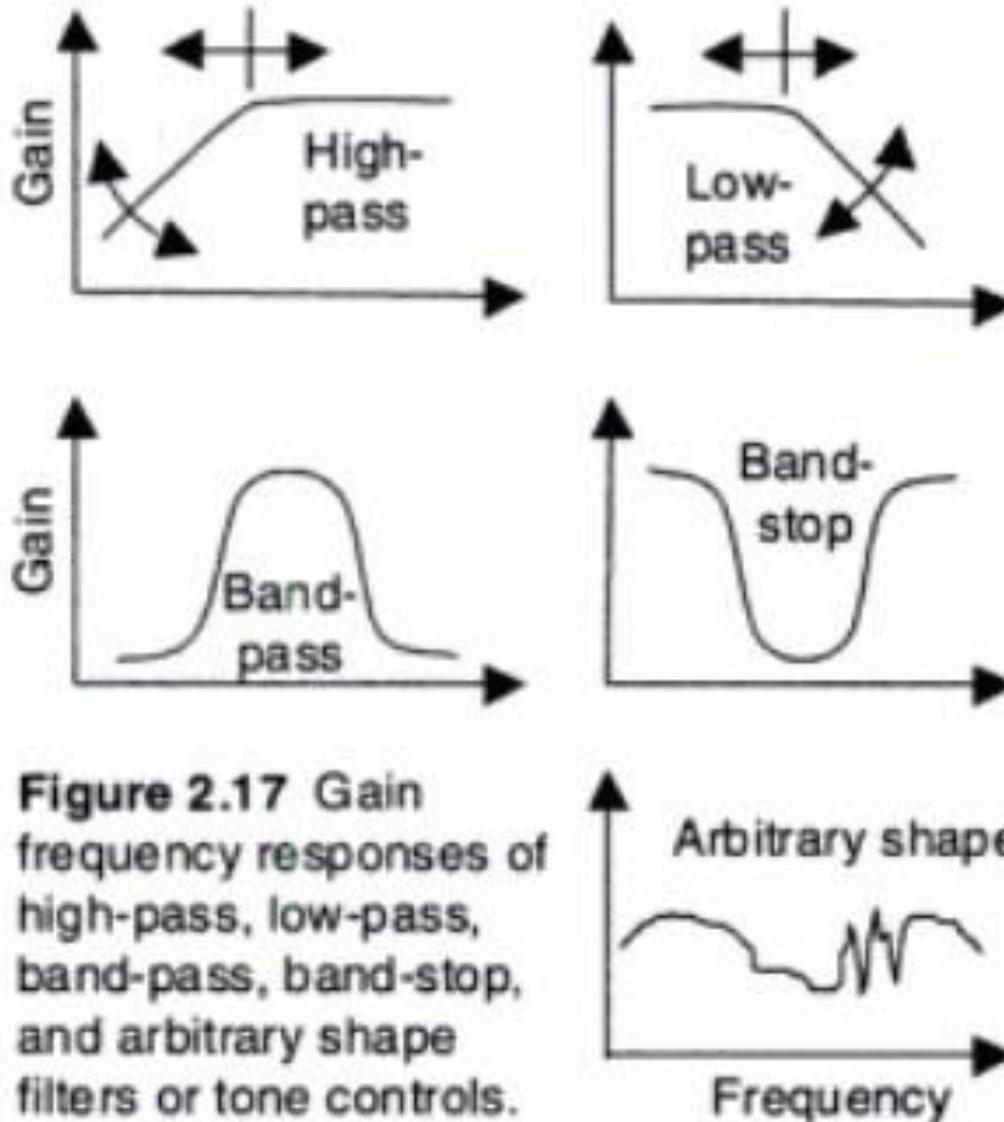


Figure 2.17 Gain frequency responses of high-pass, low-pass, band-pass, band-stop, and arbitrary shape filters or tone controls.

濾過器

- 濾過—是HA常用的修改信號方式
- 可用來改變信號中低、中、高頻成分之間的相對振幅
- 當製作成可變化、可控制的特性時,就成了**tone control**,由使用者或驗配人員操控
- 可將信號切割成不同頻率區,可隨使用者的聽損需求,提供不同的放大

單一頻道HA的基本頻率反應

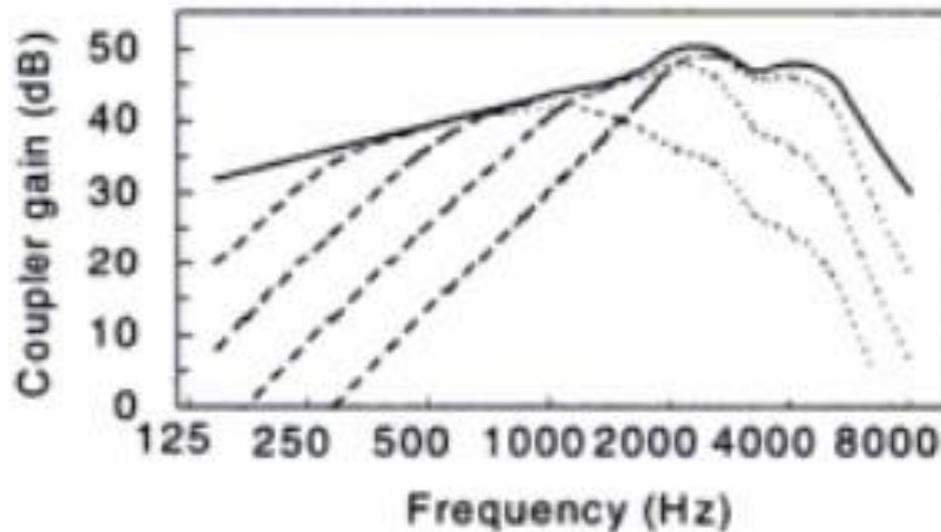


Figure 2.18 Block diagram of a serial structure, single-band hearing aid, and a range of low cut (dashed curves) and high cut (dotted curves) variations that might be made to the basic response (solid line).

Tone controls與 High-pass (高通)反應

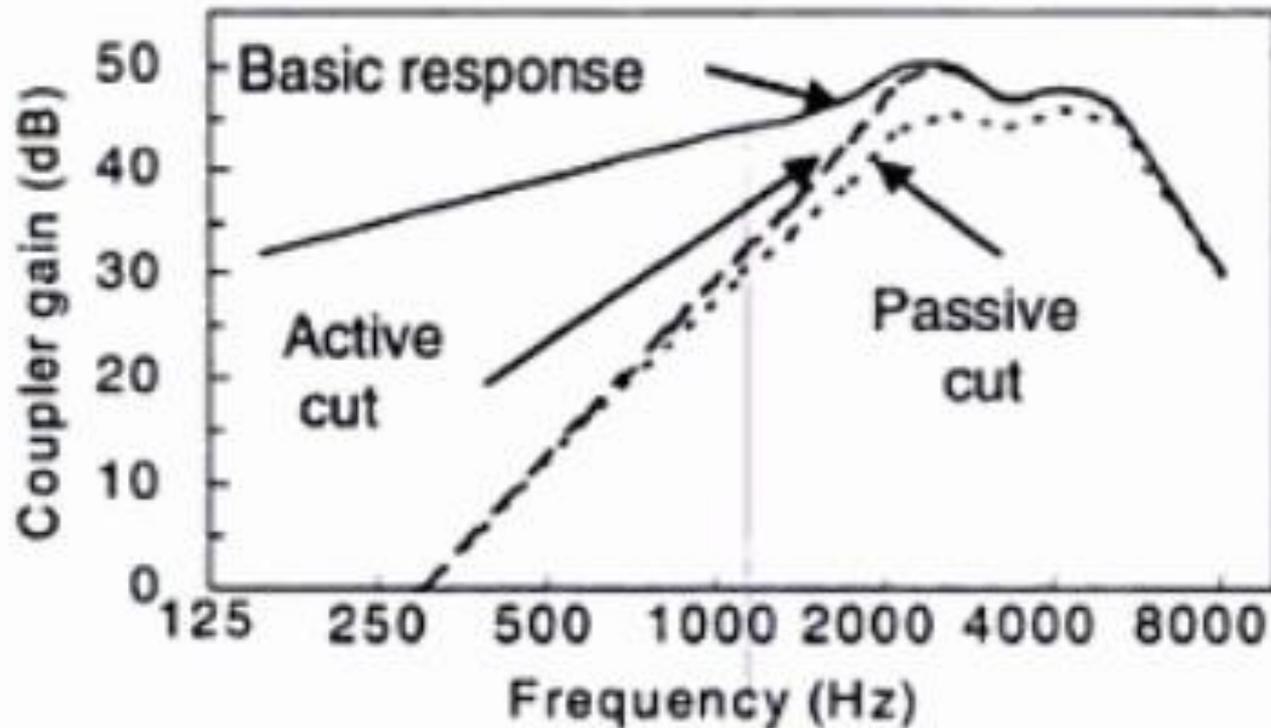
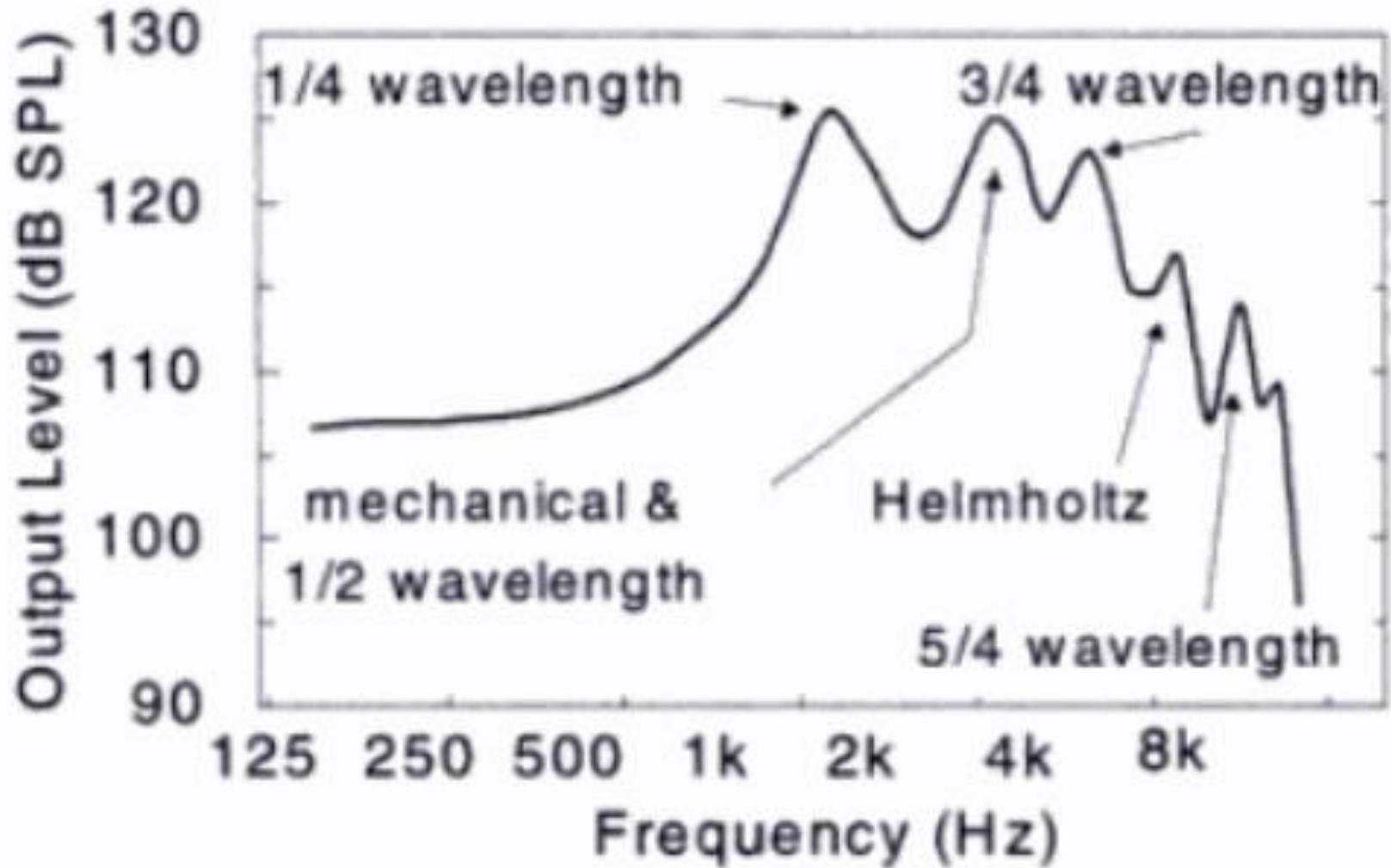


Figure 2.19 High pass responses achievable with passive and active tone controls, both having a cut of 12 dB per octave for the lowest frequencies.

Receiver

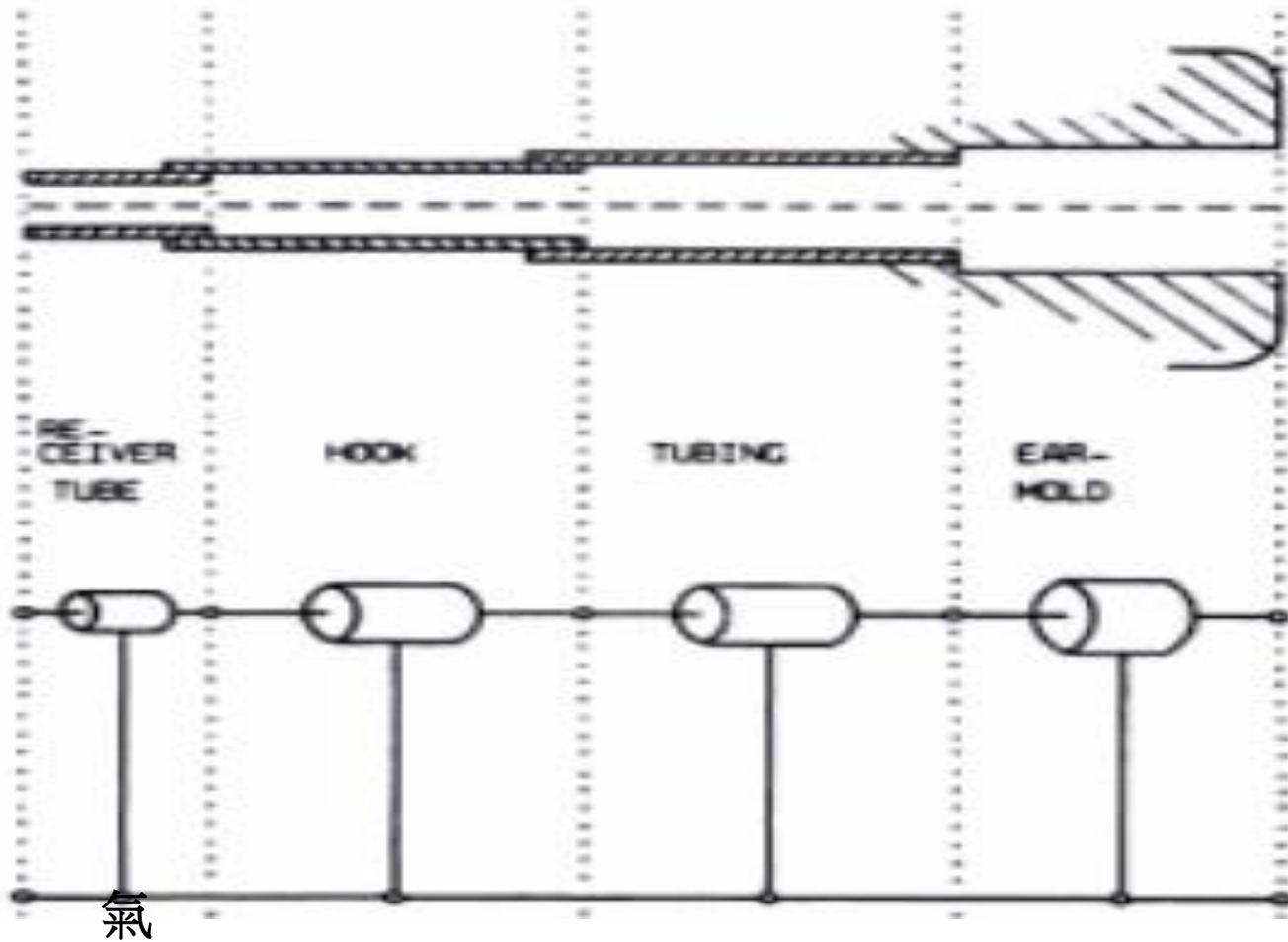
- 是迷你耳機, 將經過放大、修改的電的信號轉換回聲音
- 頻率反應的特徵是曲線上出現許多突起 (peaks)...

1. BTE內Receiver的頻率反應



上圖的眾多peaks何來?

- 除了第二個(2K Hz附近) 是來自receiver 本身的機械共振外，其餘都反映tubing 的共振頻率。



$$8\text{mm} + 27\text{mm} + 25\text{mm} + 18\text{mm} = 78\text{mm}$$

The Tubing System

計算tubing 系統的共振頻率

人耳道 $L = 78 \text{ mm}$, 音速 $C = 340 \text{ m/s}$;

$$C = \text{頻率 } f \times \text{波長 } \lambda; f = C / \lambda$$

$$\lambda = 4 L = 4 \times 0.078 \text{ m} = 0.312 \text{ m} \text{ (1/4 波長)}$$

$$f = C / \lambda = 340 \text{ m/s} / 0.312 \text{ m}$$

$$= \underline{1090 \text{ Hz}} \text{-----1/4 wavelength}$$

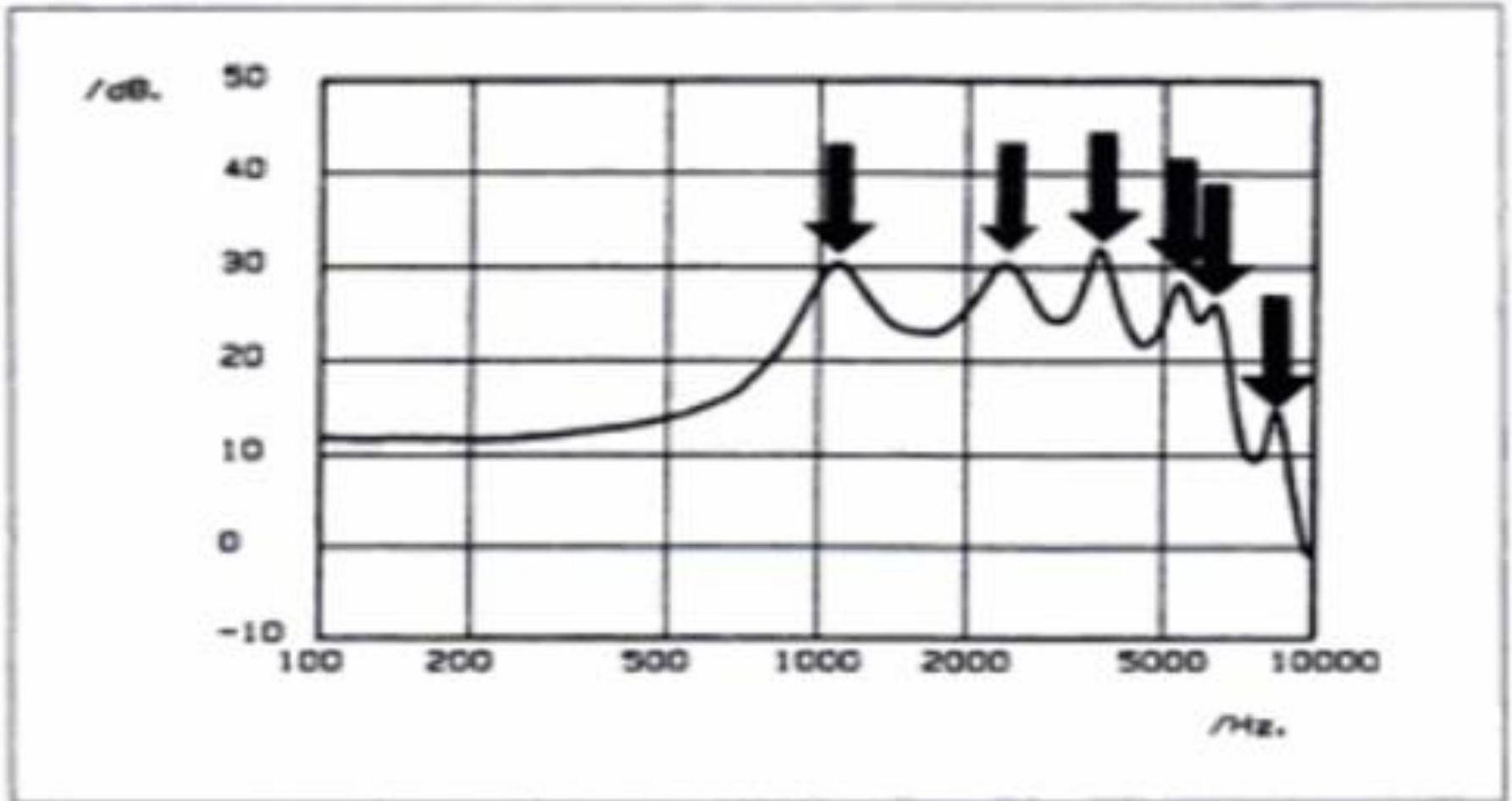
其他共振出現在奇數倍 $3f, 5f, 7f \dots$

$$3f = 3 \times 1090 = \underline{3270} \text{ ----- 3/4 wavelength}$$

$$5f = 5 \times 1090 = \underline{5450} \text{ ---- 5/4 wavelength}$$

$$7f = 7 \times 1090 = \underline{7630} \text{ ---- 7/4 wavelength}$$

BTE的gain



2. ITE/ITC內Receiver頻率反應

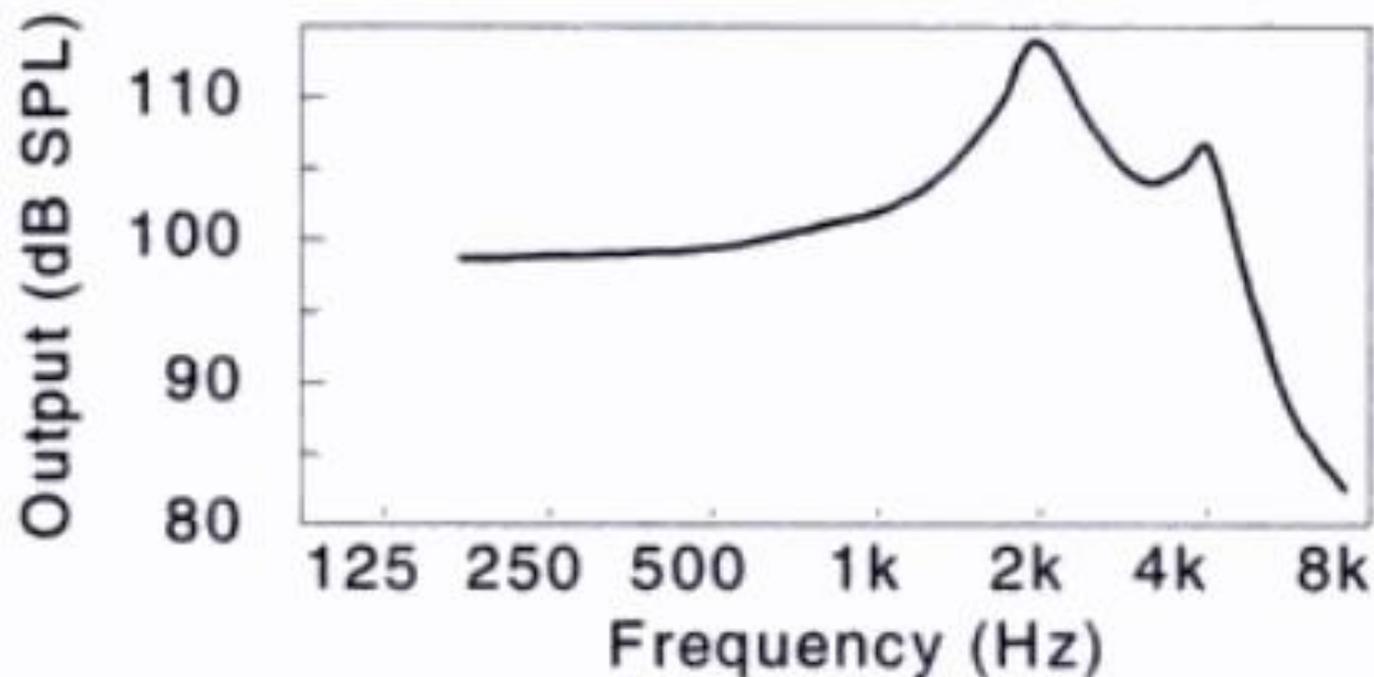
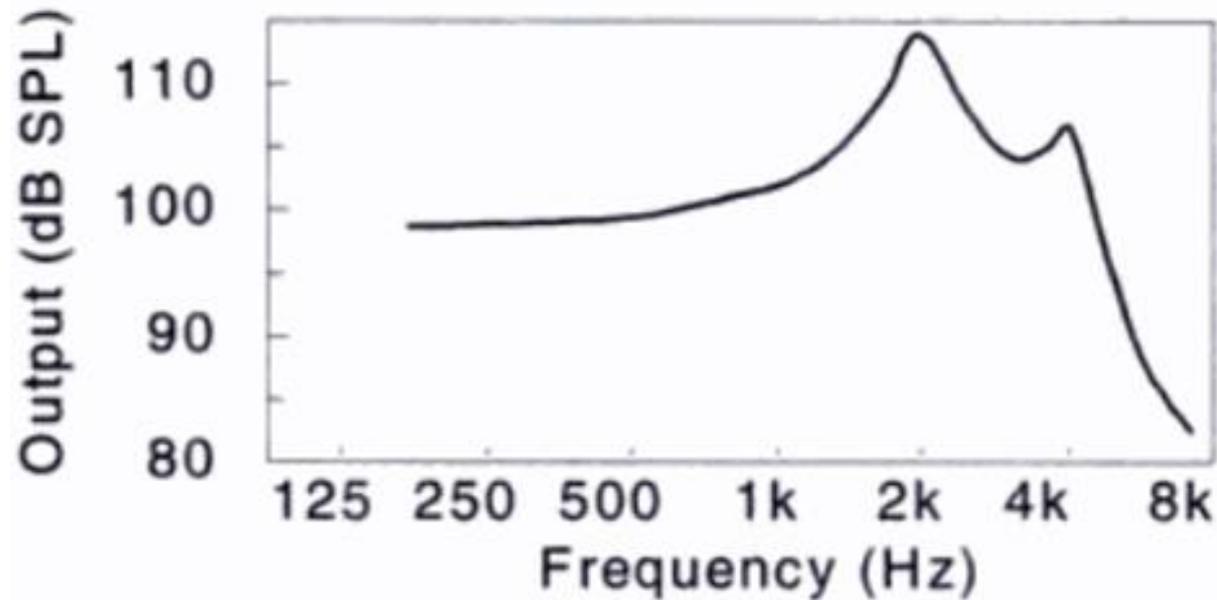


Figure 2.22 Frequency response of a receiver in an ITE or ITC hearing aid, connected to a 2 cc coupler via a tube 10 mm long and 1 mm in inner diameter.

第一個peak是receiver的機械共振, 頻率在2.2- 3K Hz, 高於BTE. 理想頻率帶.

第二個是1/4波長共振造成.

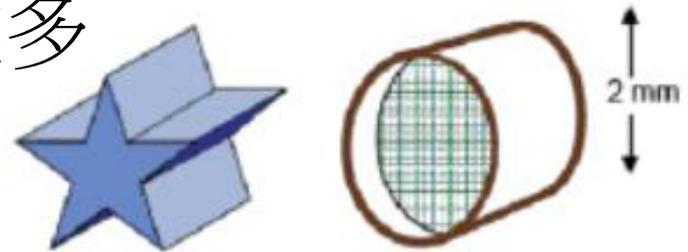


這些peaks要緊嗎？

- 降低語音清晰度和放大音的品質
- 將落在該共振頻率帶的每一個聲音都給與一個peak, 不但引發過度放大, 也可改變聲音
- 可被容忍的上限是超出平順的反應6 dB
- 頻率間隔約一音程的peaks 最影響聲音品質
- peaks不但影響+ gain-frequency response形狀, 也影maximum output curve, 很難讓音量不失控
- 用適當的tubing和 dampers消除

Acoustic dampers (resistors)

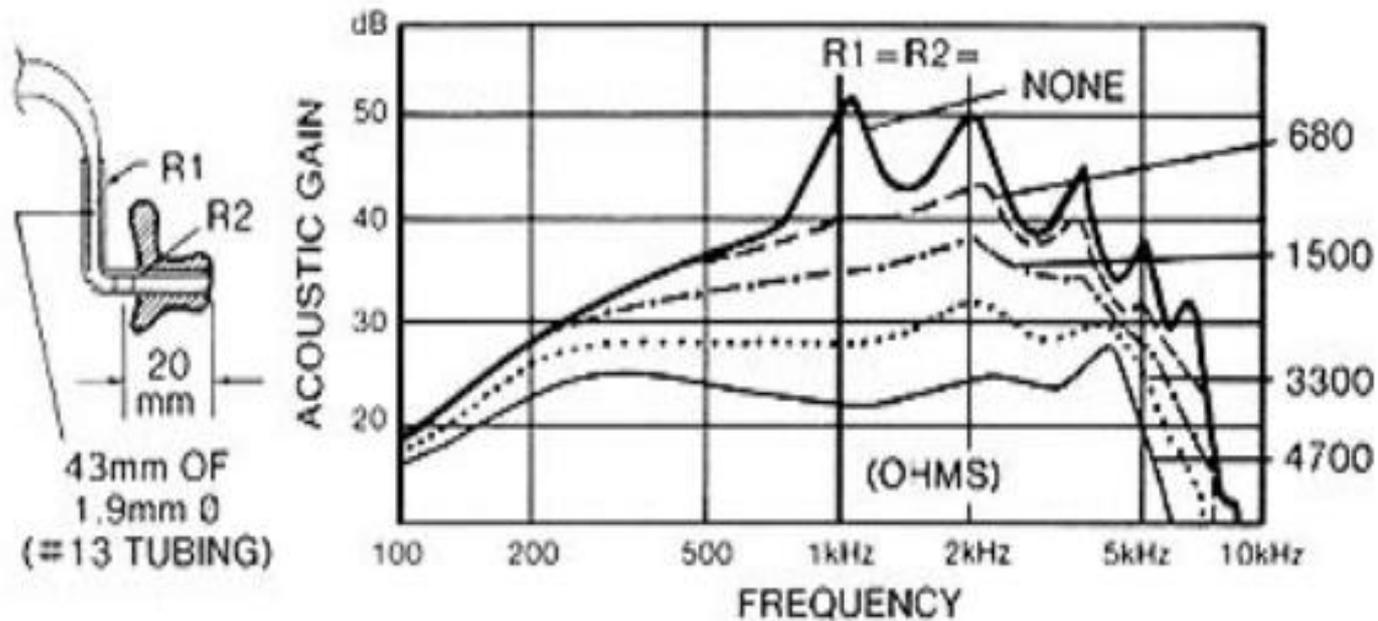
- 了解peaks (最大輸出) 的成因, 才能找出降低的方法
- 在tubing中放置dampers 可以降低
- 原理: 管內空氣分子流動時受阻礙, 需改變路徑, 而喪失能量
- 流動越快處, 能量喪失越多
damping 效果越好



空氣分子流動速度和Dampers位置

- 流動最快時間和位置
 1. 在共振頻率時
 2. Tube 的開口端
 3. 離開開口端 $1/2$ 波長的任何一點
- 最慢的位置—Tube 和receiver 連接處

不同Dampers 效果(gain, output)



回到BTE receiver的gain

- 如何修改中頻的response?
 1. 欲儘量降低1K Hz 且稍微降低2K Hz附近的peaks, damper 該放在...?
 2. 欲儘量降低2K Hz 附近的peak, 且稍微降低1K Hz附近的peaks, damper該放在...?

