

超音波成像的基本原理

音波基本物理量與音波物理現象

- 在波的形狀及分子振動的方式，聲波和其它的電磁波不同。
- 聲波是屬於一種力學波，藉由介質分子來傳遞能量。
- 在傳送的過程中，聲波受壓力、密度、溫度及介質運動的影響，而會有改變波速、反射、繞射等現象發生。
- 波在前進的時候，介質分子會有疏密的分佈，故稱之為疏密波；也因傳播分子的運動方向和波前進的方向相同，因此稱為縱波。

音波基本物理量與音波物理現象

- 超音波之所以稱之為超音波，乃因一般人可以聽到的聲波，大約在兩萬Hz以下，大於兩萬Hz人耳就不太可能聽到了，這種超越可聽音波頻率的音波，我們稱之為超音波。
- 超音波的頻率,在醫學上的使用，依據其使用的功能，而有不同的頻率。一般在醫學上所使用的頻率大約為1到10MHz之間，主要的用途為診斷、熱療、震波碎石、以及洗牙等功用。

音波基本物理量與音波物理現象

在組織中超音波的波長與週期 假設傳播速度為1540m/s

Frequency (MHz)	Period (us)	WaveLength (mm)
1.00	1.00	1.54
2.25	0.44	0.68
3.50	0.29	0.44
5.50	0.20	0.31
7.50	0.13	0.21
10.00	0.10	0.15

音波基本物理量與音波物理現象

- 音波有幾個基本的物理量，和造影有密切的關係

頻率：即每秒傳遞的波數；

振幅：是音波的強度

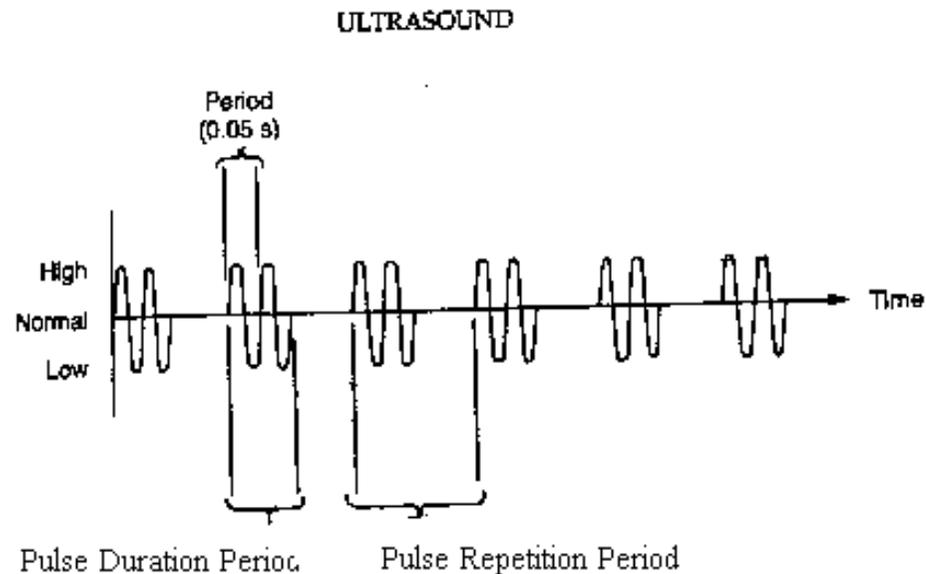
週期

波速：音波前進的速度，(和超音波的成像原理最有關)

- 音波其受不同傳播介質的影響，在不同的媒介，有不同的傳播速度，在人體的軟組織當中，因為其組成份相近，所以傳播的速度大約是1540mm/sec，只有在肺泡中因空氣的成份較多，和在骨組織中，傳播的速度不同，而造成相當的偏差，所以超音波掃描並不適用這兩種組織。

音波基本物理量與音波物理現象

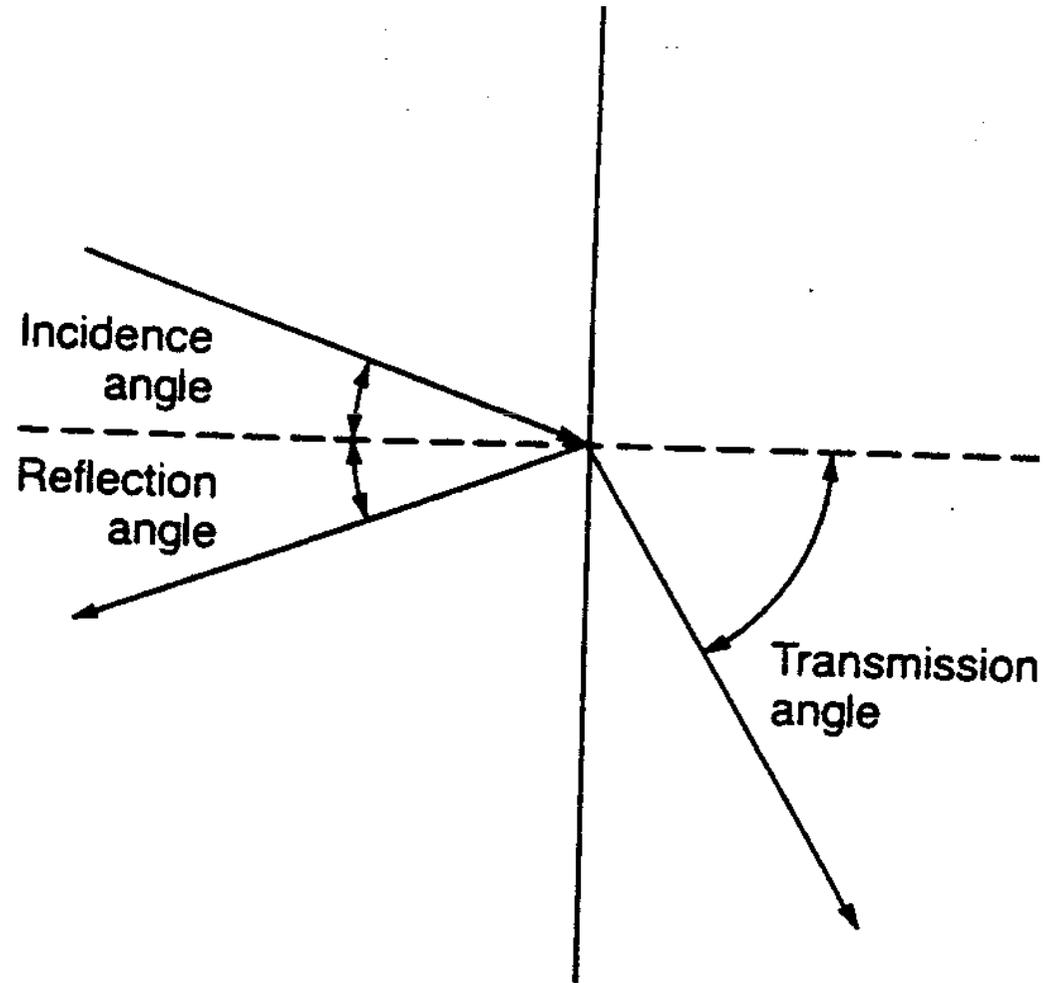
- 超音波在從探頭發出的聲波，並不像我們一般的聲波那樣具有連續性(Continuous Wave, CW)，相對的，超音波是利用電子的脈衝產生一些脈衝聲波(Pulse Wave, PW)



脈波聲波的時間與振幅關係

- 脈波期間週期(Pulse Duration Period)，代表脈波運作當中的時間
- 脈波重覆週期(Pulse Repetition Period)，代表一個脈波區和另一脈波區の間隔時間。

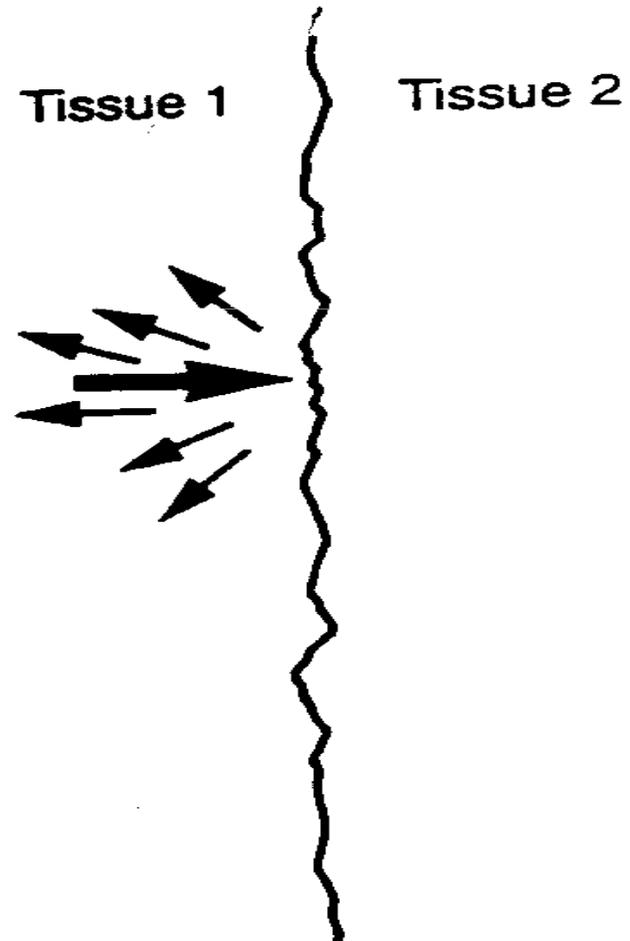
聲波的反射與穿透



軟組織中的傳播速度

Tissue	Propagation Speed(mm/us)
Fat	1.44
Brain	1.51
Liver	1.56
Kidney	1.56
Soft Tissue average	1.54
Muscle	1.57

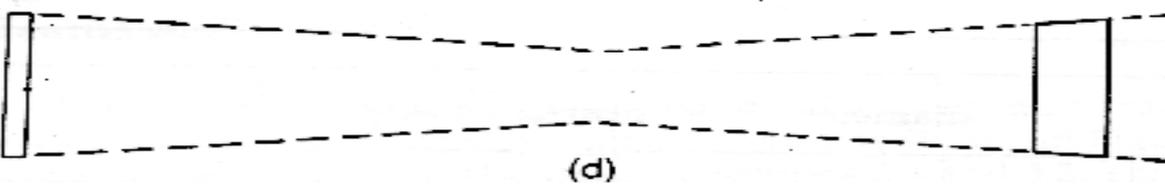
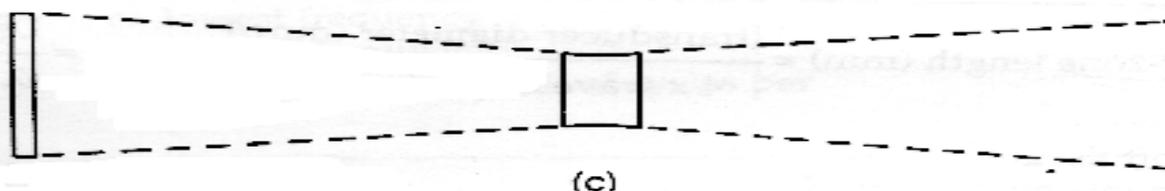
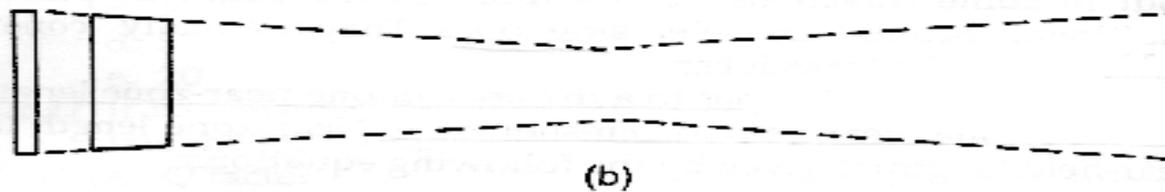
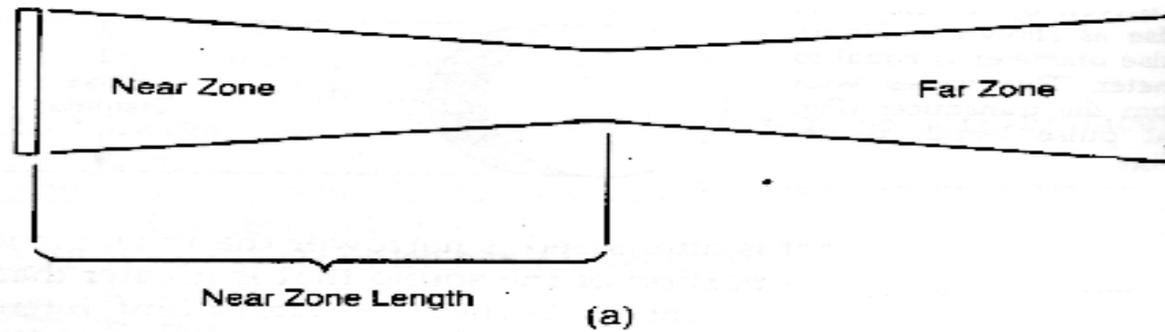
音波的散射



超音波的探頭

- 超音波換能的方式是自西元1880年所發現的**壓電效應(piezoelectric effect)**
- 現今超音波所用的壓電材料是用**PZT(Lead Zirconate Titanated)**為主，而傳統的石英材料並不是天然的壓電材料，必須先在高壓及高電場之下處理才可以成爲壓電材料。

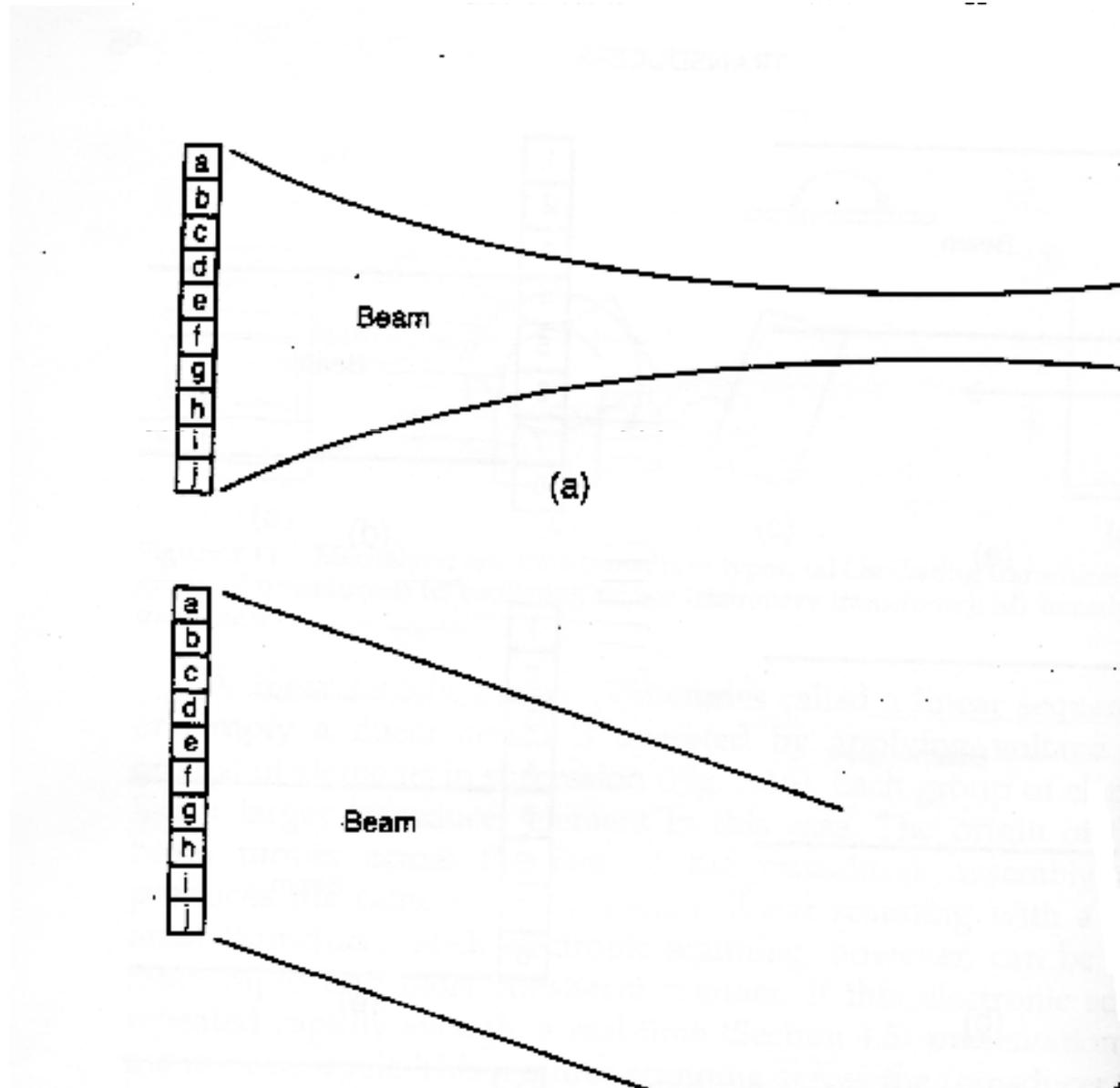
單一壓電晶體發射波的遠區與近區



超音波的掃描方式

- 機械式是藉由伺服馬達(Servo motor)的選轉來掃描人體的
- 電子式的是用陣列的方式來掃描的
- 陣列的排列又分成線性與環狀兩種，線性的陣列是將壓電晶體以直線方式排列；而環狀的振列是將壓電晶體以環狀方式排列

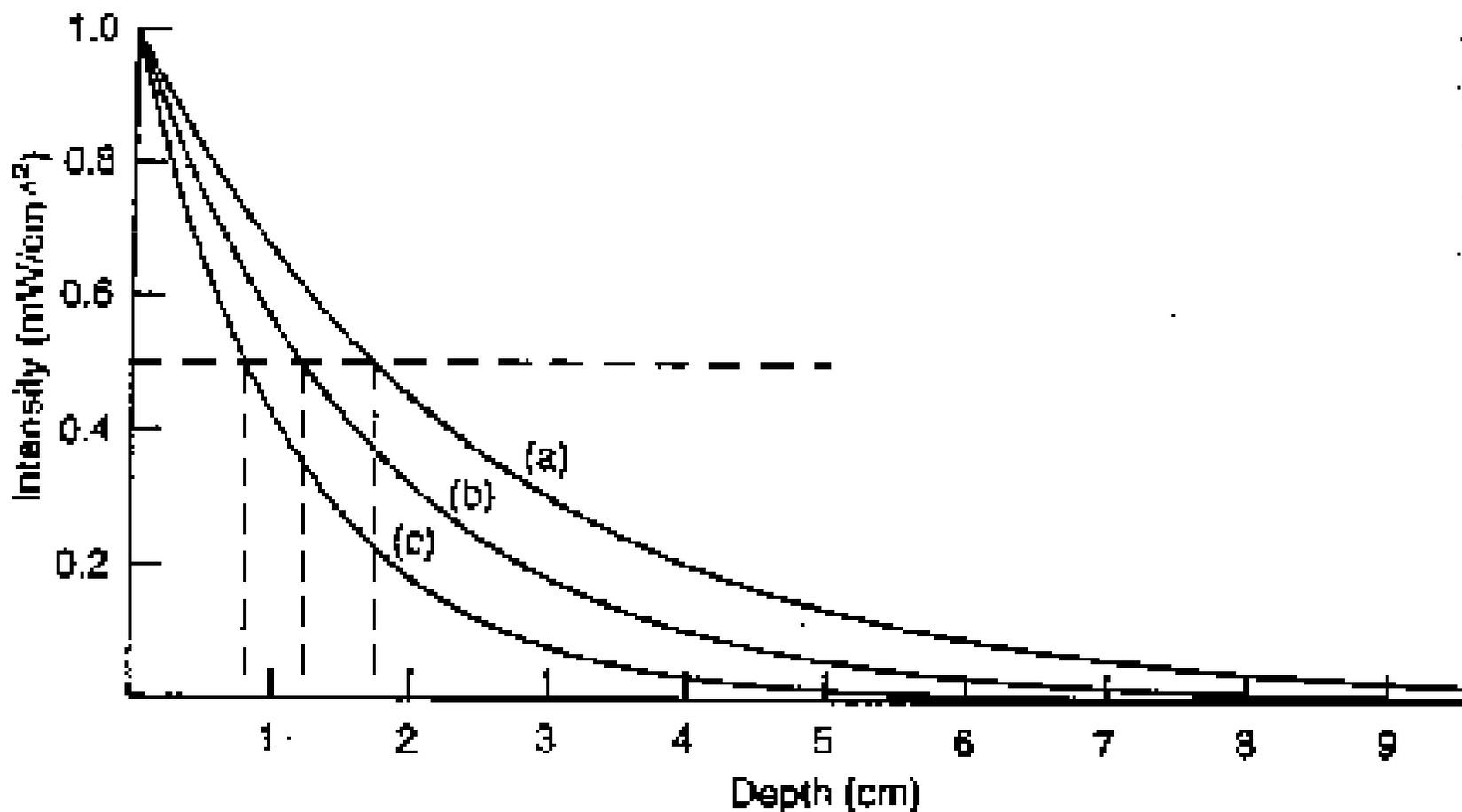
線性切換陣列



頻率和衰減之間的關係

36

ULTRASOUND



換能器單元厚度和不同的頻率

Frequency (MHz)	Thickness(mm)
2.0	1.0
3.5	0.6
5.0	0.4
7.5	0.3
10.0	0.2

超音波的顯像模式

- 利用超音波反射的原理建立的影像，可以用三種模式來加以顯像，即A模式、B模式以及M模式
- **Real Time**超音波以及**Duplux**超音波，其原理和上述三種模式相同，只是加以變化組合

超音波的雜訊

- 主要所發生的一些問題是失真，一些生理資訊的遺失、不正確或不適當的定位、不適當的亮度，不適當的形狀、以及不適當的大小，以致讓醫師在實際診斷時，不能提供有效及正確的相關資訊。

解析度相關的問題

- 主要是**橫向(Lateral Resolution)**以及**縱向(Axial Resolution)**解析度的問題、**雜點(Speckle)**、**區段厚度(Section thickness)**

橫向與縱向解析度

- 主要是不能夠判定兩個相鄰的東西，以及東西實際的大小，在前面有提到過，超音波的解析能力和波束的大小，以及脈波的長度有關，這兩個因子決定了橫向及縱向的解析度，所以如果要掃描的東西橫向小於波束的直徑，這物體便不能夠解析
- 如果要掃描的東西縱向小於空間脈波長度的一半，這樣東西也不能被解析，東西如果大小於這些數字，所測得的東西會比實際的要大。

斑點效應及區段厚度

- 是因爲在組織中的不正常的散射(Scattering) ，而這些散射的訊號因爲解析的關係而變得比較大，對產生的影像影響較大。
- 區段厚度的原因是因爲所掃描到的波束通過物體並不是在波束的中心，所以強度並沒有那麼強，原來該掃到的東西變得比較薄化了。

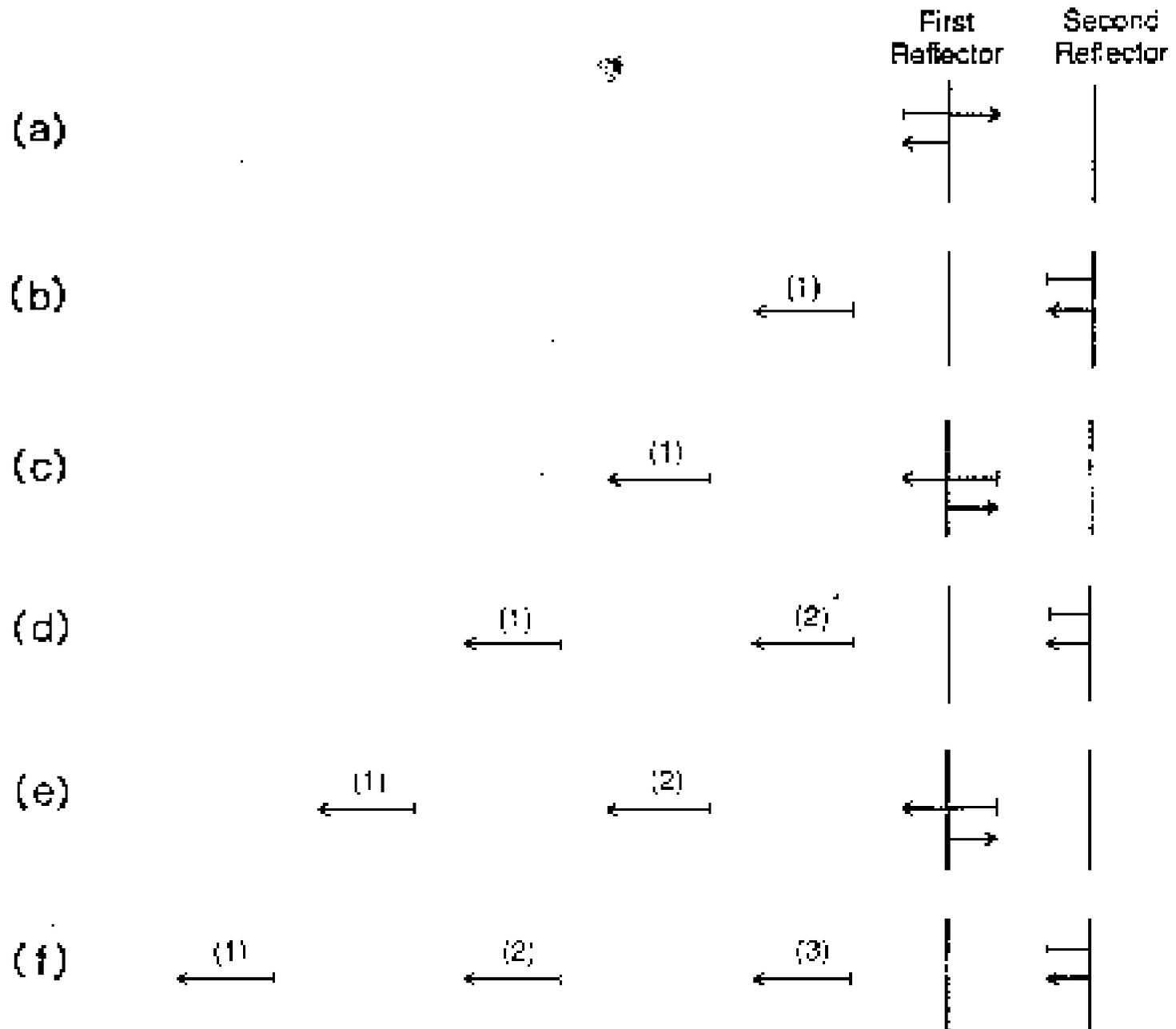
傳播上所造成的失真

- 反射雜訊(Reverberation)
- 多路徑(Multipath)
- 鏡影像(Mirror image)
- 邊溢波(Side lobe)
- 閘溢波(Grating lobe)
- 繞射(Refraction)

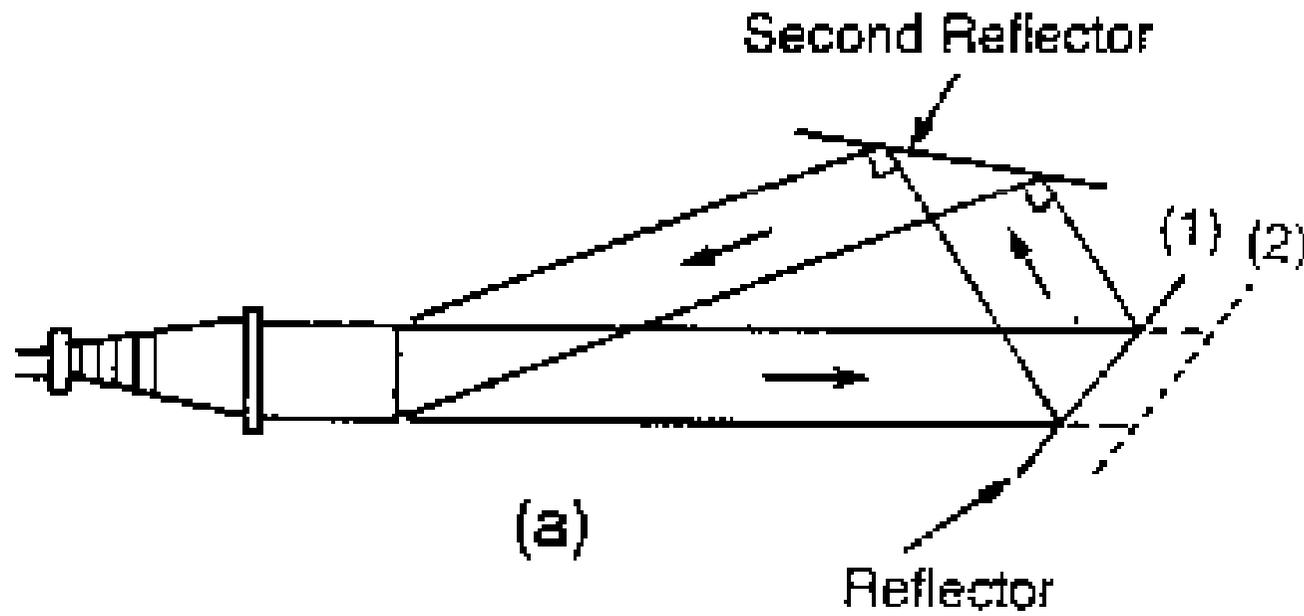
邊溢波或是閘溢波是因為聲波的旁邊溢波反射產生影像，這樣會造成在定位上的不正確

繞射的原因也和邊溢波相近，同樣會造成影像的不正常定位。

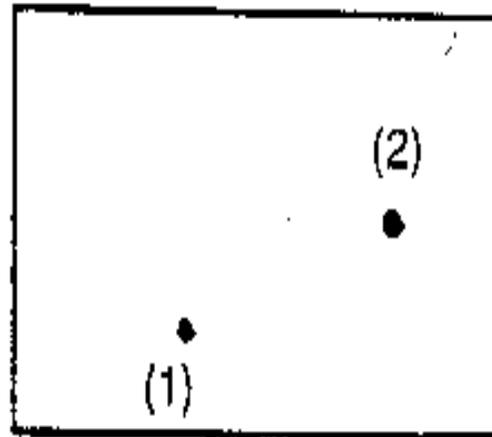
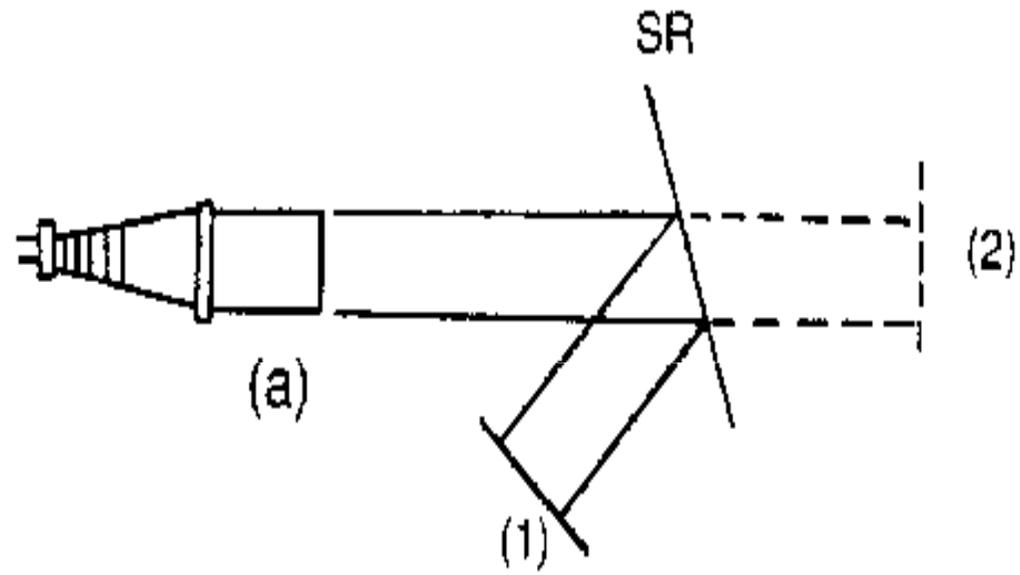
反射雜訊



多路徑



鏡影像



衰減所造成的失真

- 主要有複影(Shadowing)、增強(Enhancement)、折射複影(Refraction Shadowing)以及焦點增強(Focal Enhancement)。
- 這些現象是因爲強度變大變小，我們知道強度變化量大的地方在介面的地方，而強度的大小與在物體中的傳播速度有關，成一定的比值，所以複影的原因是因爲入射面的傳播速度和另一面的傳播速度差距很大，所以一邊造成衰減，增強的原理則和複影的原因相反，是一種負衰減的作用。
- 折射複影和焦點增強兩者和增強及複影一樣，是相反的效應，主要是因爲波束遇到物質產生折射，以及波束遇到物質產生聚焦，兩者都是折射的作用，只是一個是聚焦的作用，一個是散焦的作用。

其它的超音波雜訊

- 彗星尾(Comet tail)
- 下環(Ring down)
- 速度誤差(speed error)
- 範圍失真(range ambiguity) ◦

超音波使用的安全性

- AIUM(American Institute of Ultrasound Medicine) 美國超音波醫學會
- 1987年的時候，AIUM對超音波診斷儀有一個較定量的說法，那就是在非聚焦的狀態下小於 $100\text{mW}/\text{cm}^2$ 以及聚焦狀態在 $1\text{W}/\text{cm}^2$ 下，0.5到10MHz的超音波並沒有證據對人體產生任何的生物效應。
- AIUM也同時對熱效應、腔室效應(Cavitation)的定義及建議值做相關的說明。