

# ΥΠΕΡΗΧΟΙ

## Απεικόνιση

- ✓ **Αναίμακτα**
- ✓ **Χωρίς ακτινική επιβάρυνση**
- ✓ **Χωρίς ιδιαίτερη προετοιμασία του εξεταζόμενου**

## Δίνοντας πληροφορίες

- ✓ **Για τη μορφολογία των οργάνων**
- ✓ **Για το χαρακτηρισμό των ιστών**
- ✓ **Για κινούμενα όργανα του εσωτερικού του σώματος**

- **Δυνατότητα επανάληψης**
- **Εφαρμογή κατά την κύηση ή σε νεογνά και νεαρές ηλικίες**



# ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΗΧΩΝ

## Ήχος: Μηχανικό διαμήκες κύμα

- Για τη διάδοση του ήχου χρειάζεται κάποιο **υλικό ελαστικό μέσο**.
- Διάδοση της **μεταβολής της πίεσης** στο μέσο.
- Χαρακτηριστικά κύματος:

περίοδος  $T$

συχνότητα  $f$

ένταση  $I$

μήκος κύματος  $\lambda$

ταχύτητα  $c$

- Χαρακτηριστικό του μέσου:

ακουστική αντίσταση  $Z$

**Υπέρηχοι: Ηχοι συχνότητας  $> 20\text{kHz}$**

**Διαγνωστικοί υπέρηχοι:  $1\text{MHz} - 20\text{MHz}$**

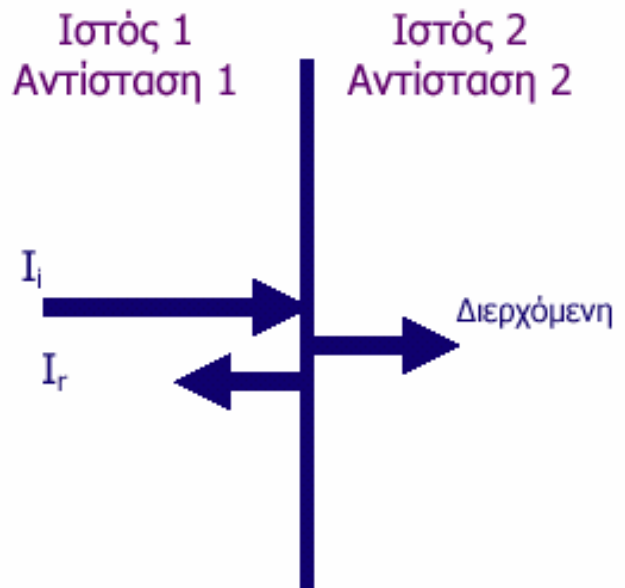
# ΑΝΑΚΛΑΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑΔΟΣΗ ΣΤΙΣ ΔΙΕΠΙΦΑΝΕΙΣ

- Κατά την πρόσπτωση υπερηχητικής δέσμης έντασης  $I_i$  στη διεπιφάνεια δύο ακουστικών μέσων διαφορετικής αντίστασης  $Z_1$  και  $Z_2$ , μέρος της ανακλάται με ένταση  $I_r$  και μέρος της διαδίδεται στο δεύτερο μέσο:

$$\frac{I_r}{I_i} = \left( \frac{Z_2 - Z_1}{Z_2 + Z_1} \right)^2$$

- ➔ Για  $Z_1 \approx Z_2$  τότε  $I_r \approx I_i$  (π.χ. ιστός → αέρας)
- ➔ Για  $Z_1 \ll Z_2$  τότε  $I_r \approx I_i$  (π.χ. ιστός → οστό)

| Ιστός     | Αντίσταση (rayls)   |
|-----------|---------------------|
| Αέρας     | $0,0004 \cdot 10^6$ |
| Πνεύμονες | $0,18 \cdot 10^6$   |
| Λίπος     | $1,34 \cdot 10^6$   |
| Νερό      | $1,48 \cdot 10^6$   |
| Ήπαρ      | $1,65 \cdot 10^6$   |
| Αίμα      | $1,65 \cdot 10^6$   |
| Νεφροί    | $1,63 \cdot 10^6$   |
| Μύες      | $1,71 \cdot 10^6$   |
| Οστό      | $7,8 \cdot 10^6$    |

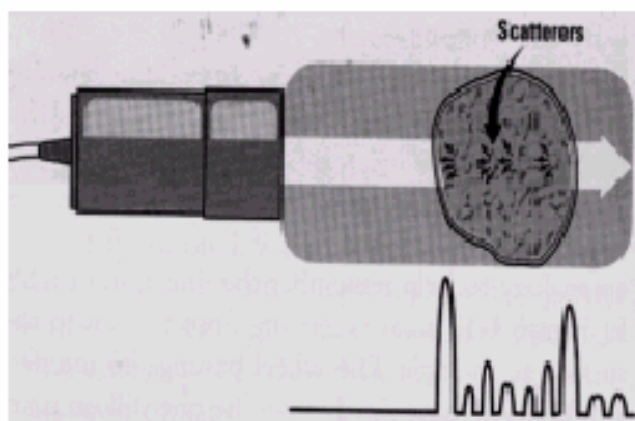




- Μικρά αντικείμενα μεγέθους της τάξεως του μήκους κύματος των υπερήχων ή μικρότερα προκαλούν **σκέδαση** της δέσμης.
- Ανίχνευση ασθενούς ήχου.
- Απεικόνιση του παρεγχύματος οργάνων.

Τα ηχητικά σήματα εξαρτώνται, για πολύ μικρούς σκεδαστές από:

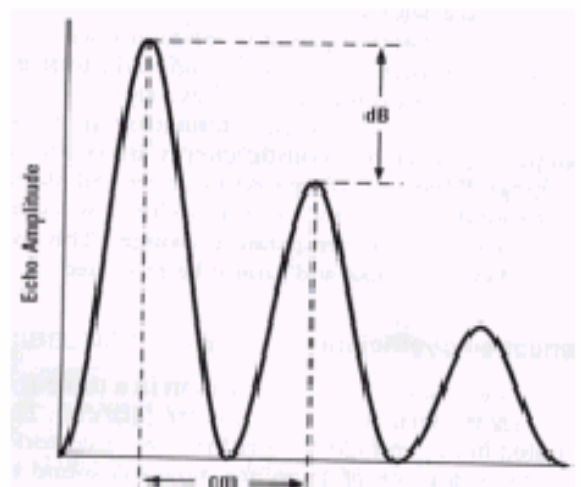
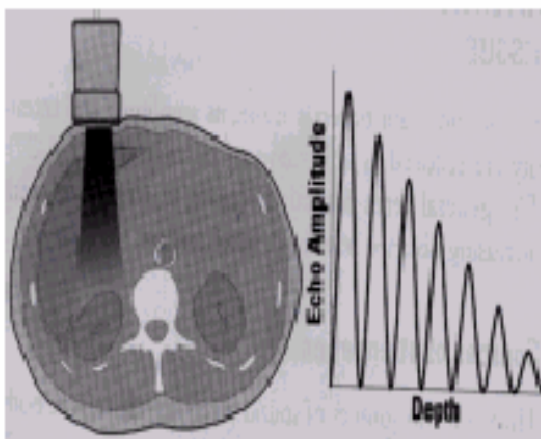
1. Τον αριθμό των σκεδαστών
2. Την ακουστικής αντίστασης
3. Το μέγεθος των σκεδαστών.
4. Τη συχνότητα των υπερήχων.



- Σχετικό επίπεδο έντασης (dB) =  $10\log(I_2/I_1)$
- Doppler

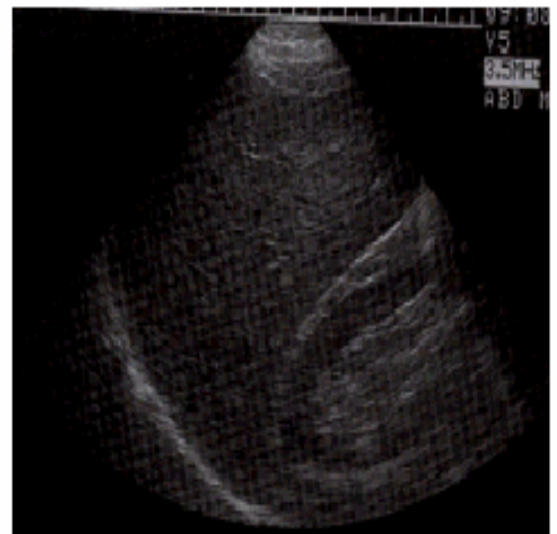
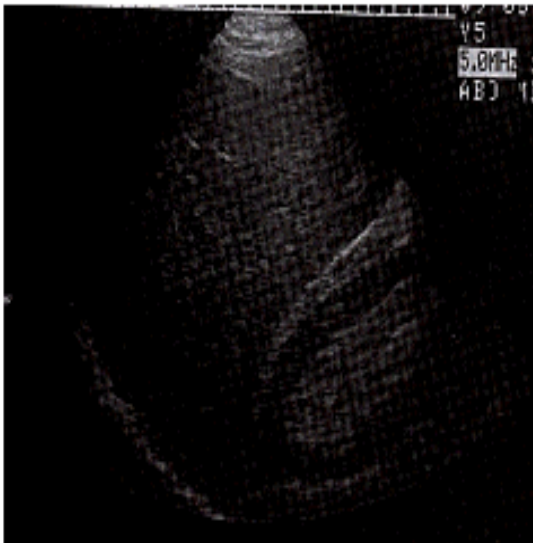
# ΕΞΑΣΘΕΝΗΣΗ ΣΤΟΝ ΙΣΤΟ

- Η υπερηχητική δέσμη κατά τη διάδοσή της εκτός από ανάκλαση και σκέδαση υφίσταται και απορρόφηση.
- Η υπερηχητική δέσμη εξασθενεί. Η ένταση της μειώνεται όσο απομακρύνεται από την πηγή.
- Ως συντελεστής εξασθένησης ορίζεται η μείωση του επιπέδου dB σε 1cm διαδρομής ΣΤΟΝ ΙΣΤΟ.



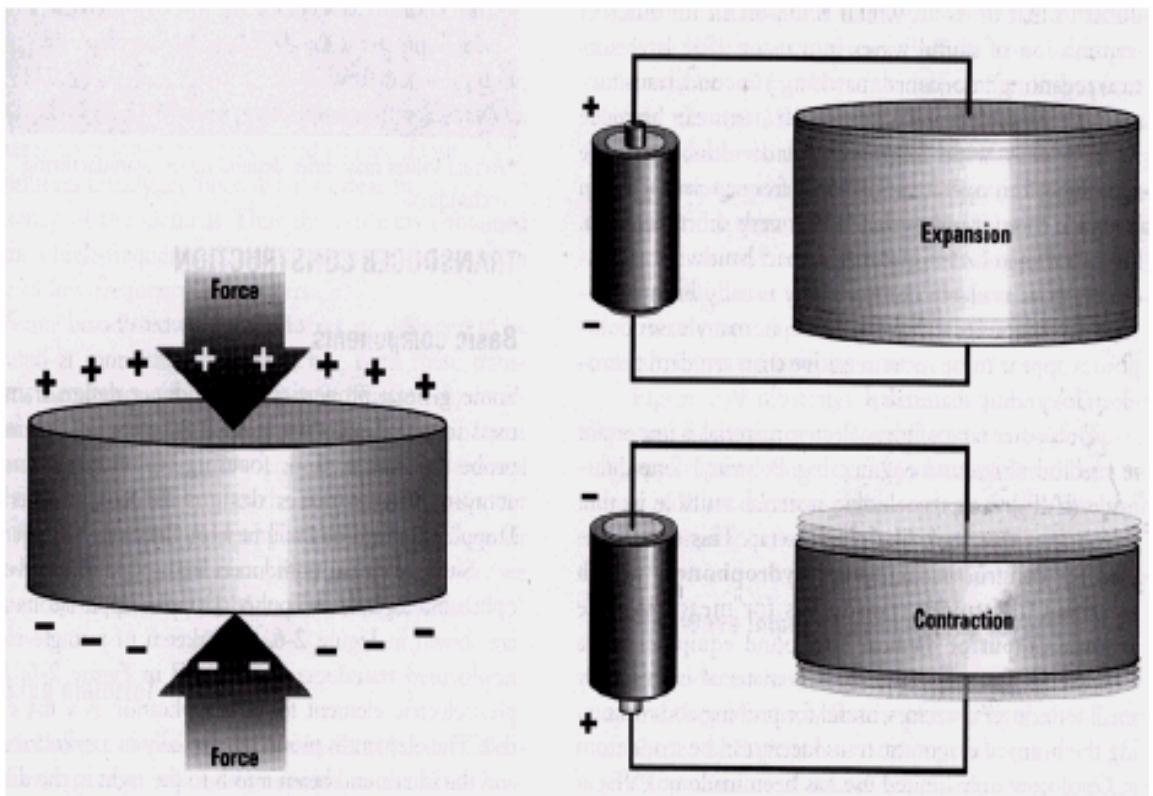
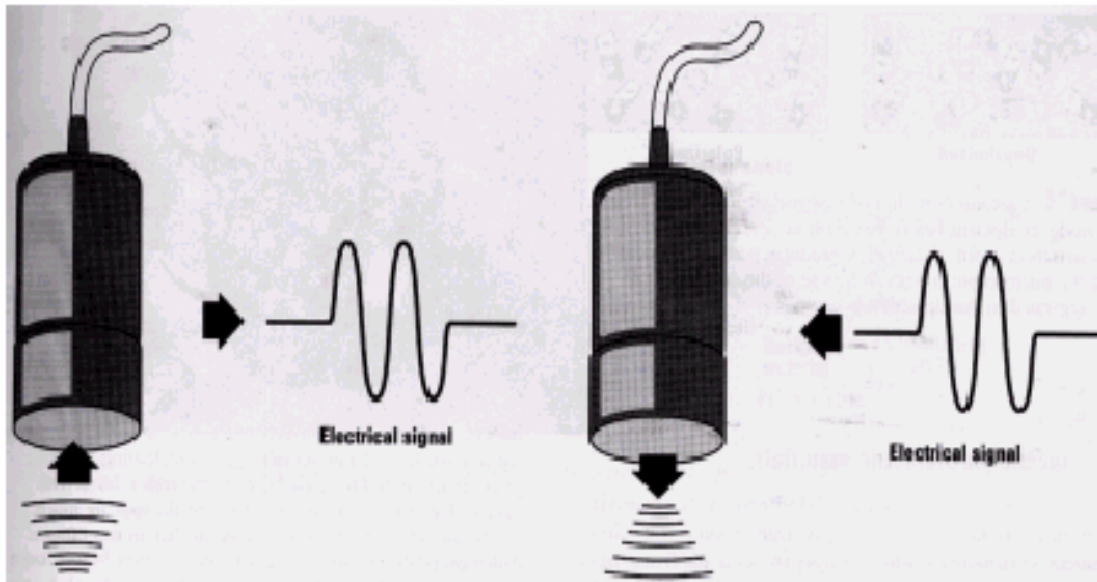
! Ο συντελεστής εξασθένησης είναι ανάλογος της συχνότητας των υπερήχων.

↘ Όσο μεγαλύτερο είναι το βάθος στο οποίο βρίσκεται το όργανο, τόσο μικρότερη συχνότητα πρέπει να χρησιμοποιηθεί.



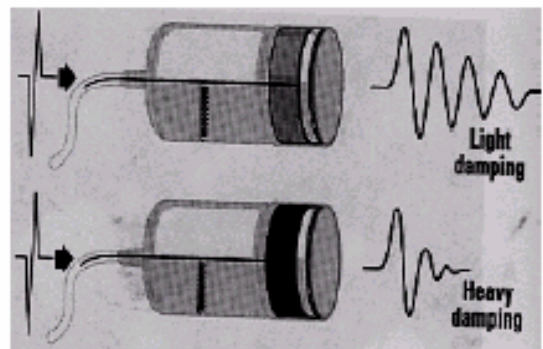
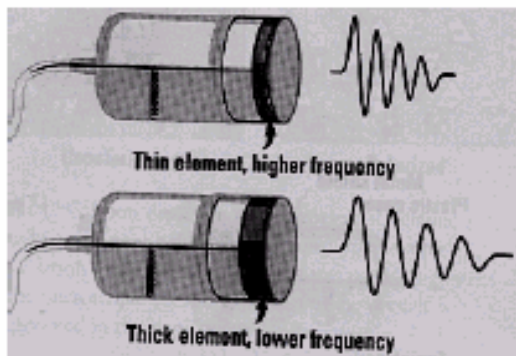
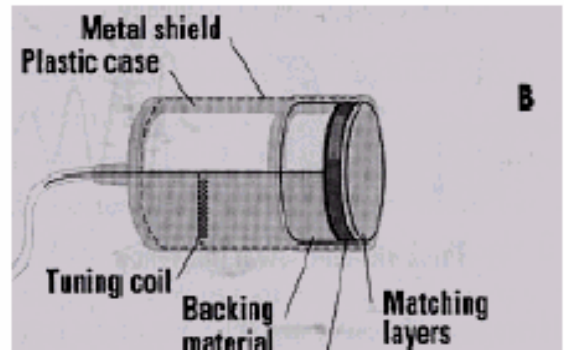
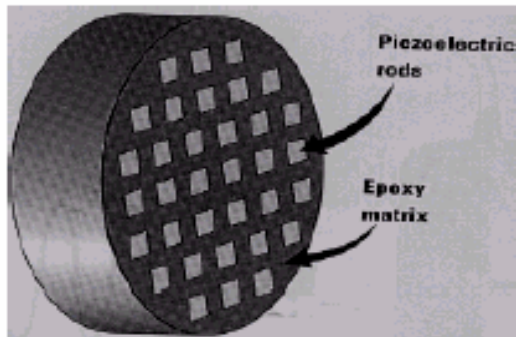
| Ιστός | Εξασθένηση σε 1MHz<br>(dB/cm) |
|-------|-------------------------------|
| Νερό  | 0.0002                        |
| Αίμα  | 0.18                          |
| Ήπαρ  | 0.5                           |
| Μύες  | 1.2                           |

# ΠΙΕΖΟΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ

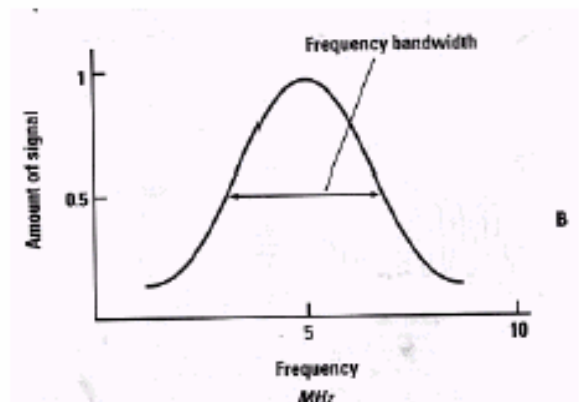
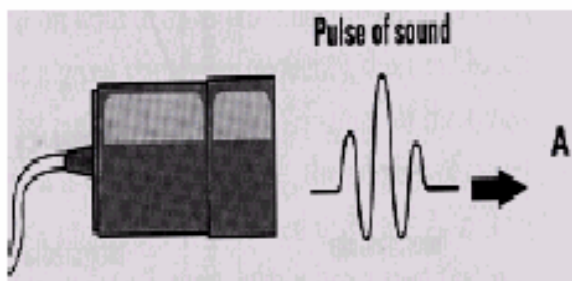




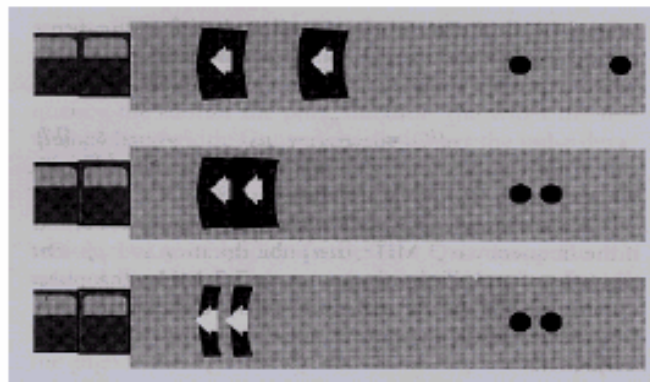
# ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΑΝΙΧΝΕΥΤΗ



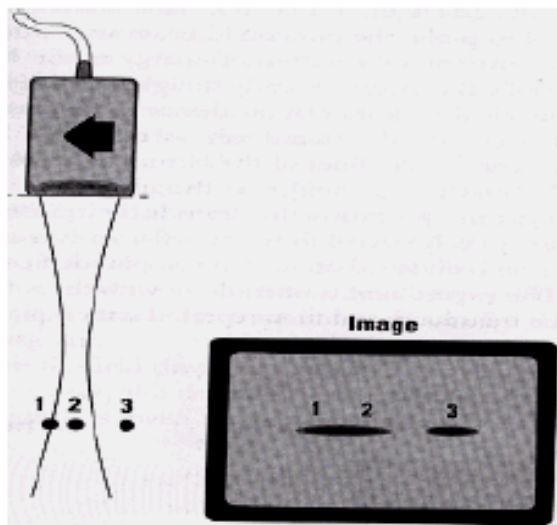
- Όταν ο ανιχνευτής παράγει **παλμούς**, αυτοί δεν χαρακτηρίζονται μόνο από μία συχνότητα αλλά από **φάσμα συχνοτήτων**.



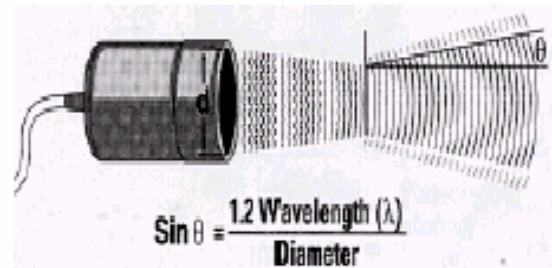
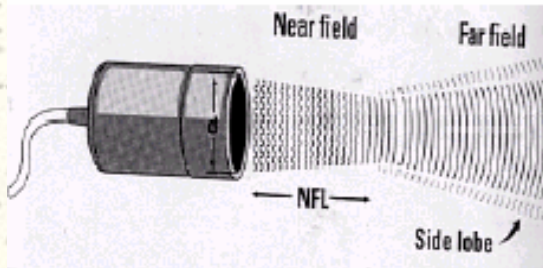
- Η **χωρική διακριτική ικανότητα** βελτιώνεται με την αύξηση της συχνότητας.
- Η **αξονική χωρική διακριτική ικανότητα** βελτιώνεται όσο μικραίνει η χρονική διάρκεια του παλμού.



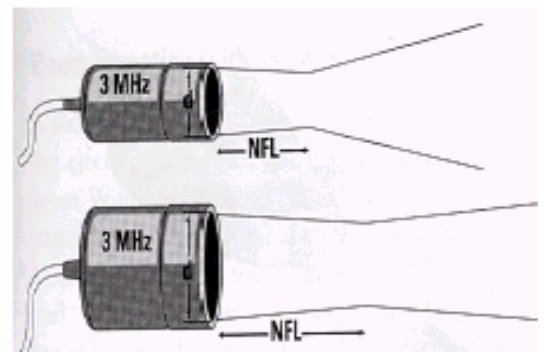
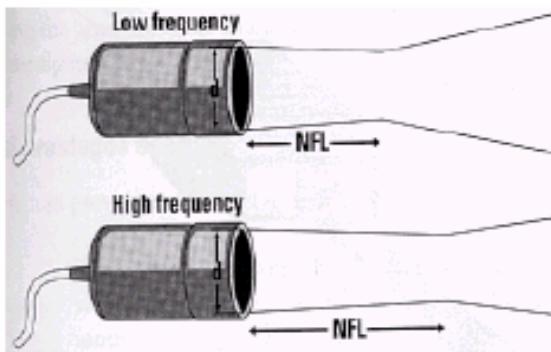
- Η **εγκάρσια χωρική διακριτική ικανότητα** βελτιώνεται όσο μικραίνει το εύρος της δέσμης.



# ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΗΣ ΔΕΣΜΗΣ



- 1η περιοχή: εγγύς πεδίο (near field) ή frensel zone  
παρουσιάζει διακυμάνσεις στην ένταση
  - **Μεγάλο μήκος NFL: μεγάλη διάμετρο**  
**μεγάλη συχνότητα**
- 2η περιοχή: απόμακρο πεδίο (far field) ή fraunhoffer zone  
με γωνία απόκλισης της δέσμης  $\theta$ 
  - **Μικρή  $\theta$ : μεγάλη διάμετρο**  
**μεγάλη συχνότητα**

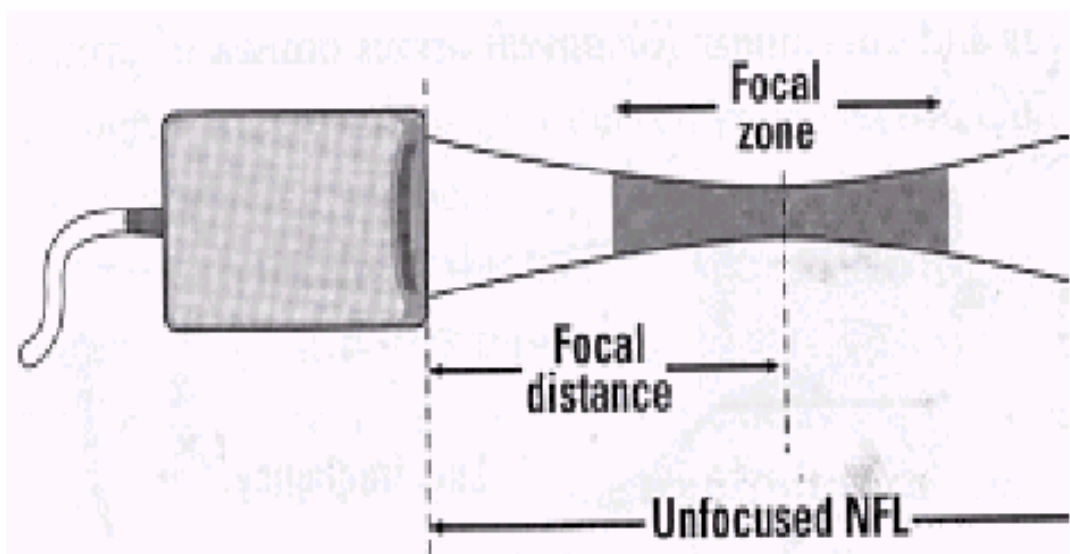


- Χρήση ακουστικού φακού ή κοίλου κρυστάλλου

- Πιο στενή δέσμη
- Ανακλώμενοι ήχοι μεγαλύτερης έντασης (όταν προέρχονται από ανακλαστές που βρίσκονται στην υπό ενδιαφέρον περιοχή)

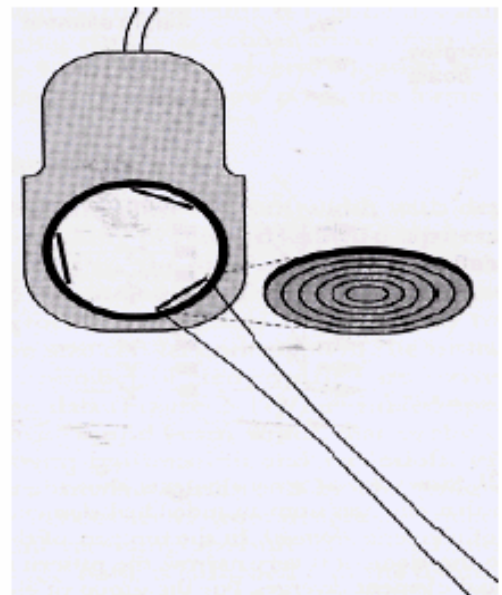
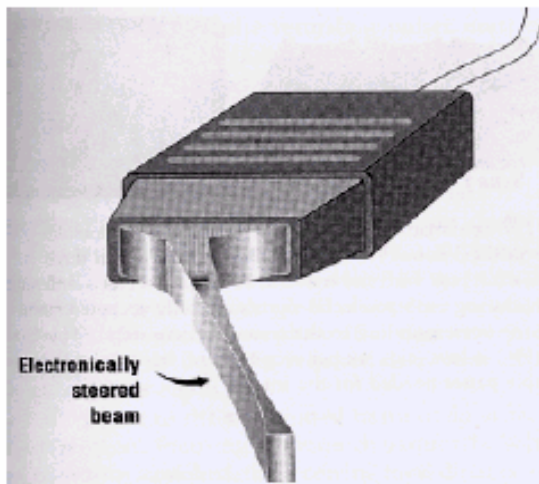
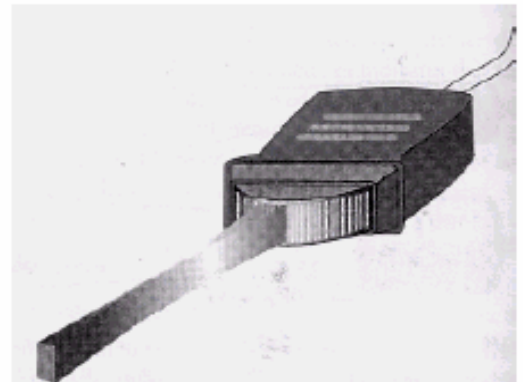
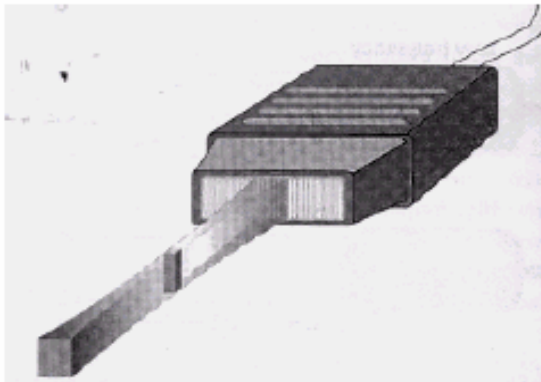
**εστιακή απόσταση:** απόσταση του στενότερου μέρους της δέσμης. Το εύρος στο σημείο αυτό είναι μικρότερο όταν η συχνότητα και το πάχος του κρυστάλλου μεγαλώνουν.

**ζώνη εστίασης:** περιοχή στην οποία το εύρος της δέσμης είναι μικρότερο από το διπλάσιο του εύρους της εστιακής απόστασης



# ΑΝΙΧΝΕΥΤΗΣ ΠΟΛΛΑΠΛΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

- Αποτελούνται από πολλά πιεζοηλεκτρικά στοιχεία (120-250) τοποθετημένα το ένα δίπλα στο άλλο σε γραμμική ή άλλη διάταξη.
- Τύποι ανιχνευτών

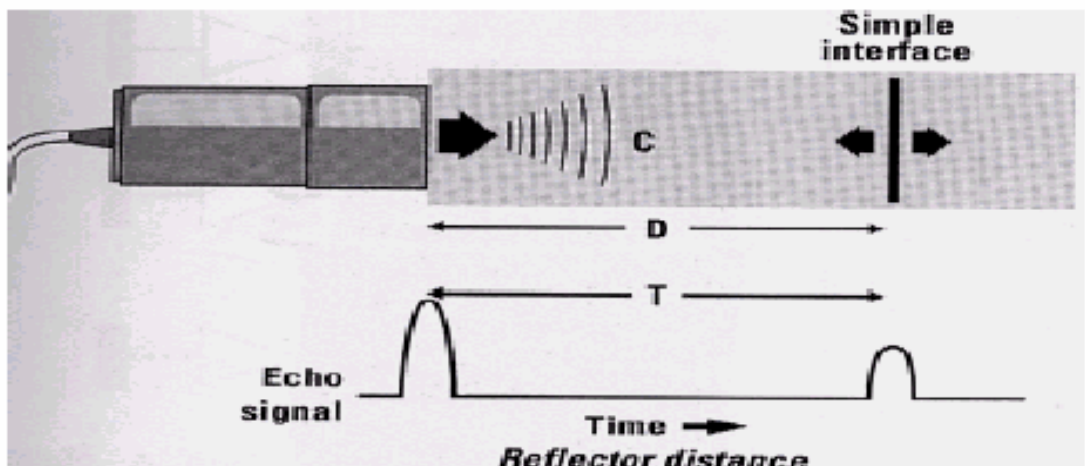


- Ηλεκτρονική σάρωση (εκτός του δακτυλίου)
- Ηλεκτρονική εστίαση

# ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ

- Αν  $c$  είναι η ταχύτητα του παλμού και  $D$  η απόστασή του από μια ανακλαστική επιφάνεια, τότε ο συνολικός χρόνος για να κινηθεί ως την επιφάνεια και να επιστρέψει στον ανιχνευτή είναι:

$$T = \frac{2D}{c}$$

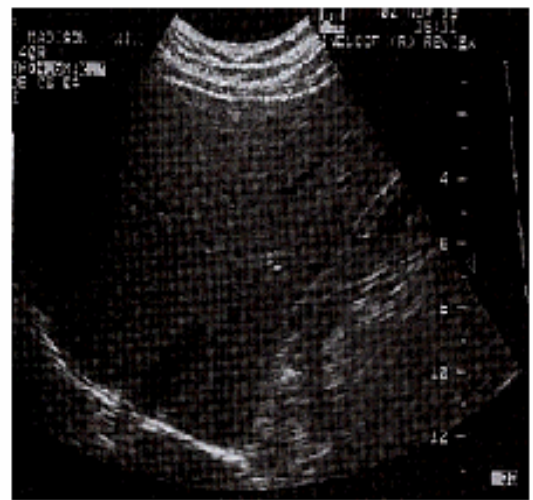
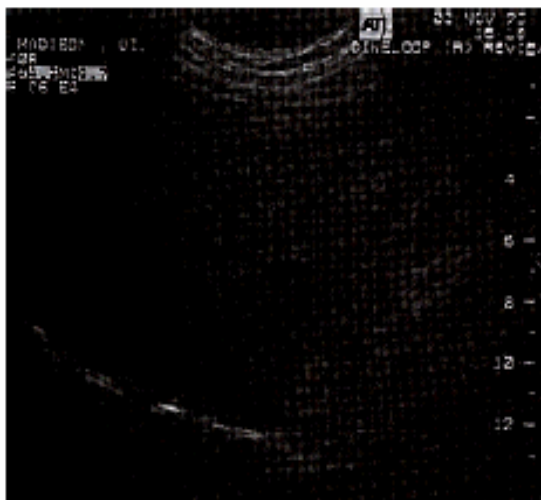


- **Παράγοντας λειτουργίας:** το μέρος του χρόνου της λειτουργίας που το σύστημα χρησιμοποιείται για να **παράγει παλμούς**.

➤ 1%

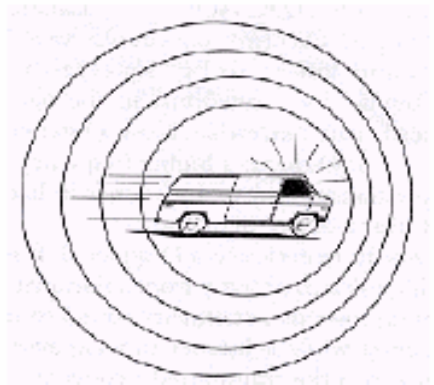
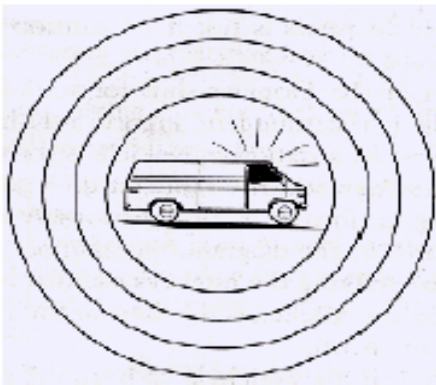
- Η διάρκεια του παλμού είναι μικρότερη από  $1\mu\text{s}$  και η διάρκεια ανίχνευσης πολύ μεγαλύτερη

- Η ενίσχυση γίνεται κατά την επιστροφή του ανακλώμενου παλμού.
- Οσο μεγαλύτερο το βάθος ανάκλασης ενός παλμού τόσο μικρότερη ένταση θα έχει ο ανακλώμενος, επιστρέφοντας στον ανιχνευτή.
- Ο ανακλώμενος παλμός ενισχύεται ανάλογα με το βάθος από το οποίο προέρχεται, ώστε όσοι παλμοί επιστρέφουν να έχουν την ίδια ένταση. Δηλαδή:  
Οσο μεγαλύτερος ο χρόνος για την επιστροφή του, τόσο μεγαλύτερη πρέπει να είναι η ενίσχυση.  
( χρονική εξισορρόπηση της ενίσχυσης ή time gain compensation)



# DOPPLER

- **Φαινόμενο Doppler:** Μεταβολή της συχνότητας του ήχου που ανιχνεύεται όταν υπάρχει **σχετική κίνηση** μεταξύ πηγής και ανιχνευτή.

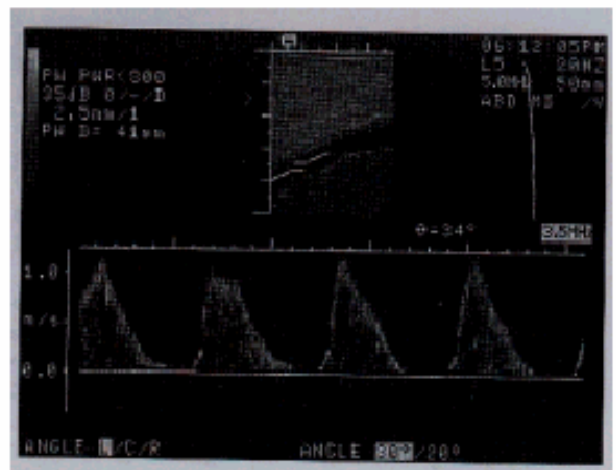
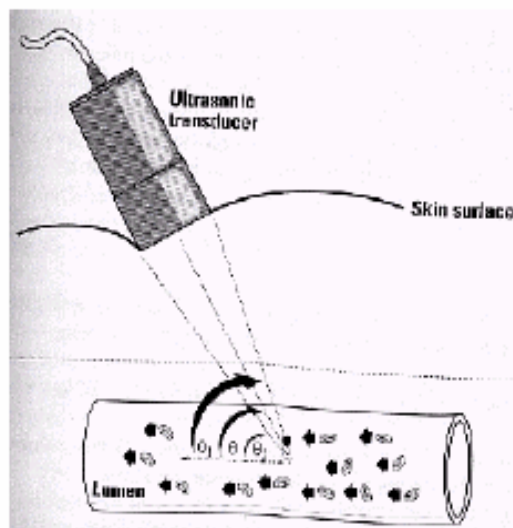
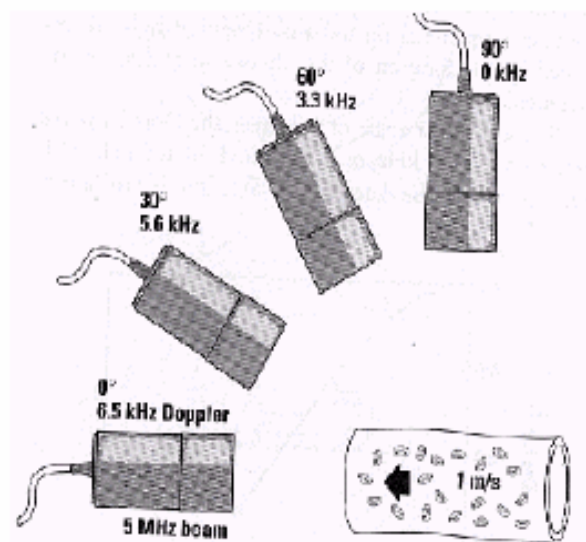
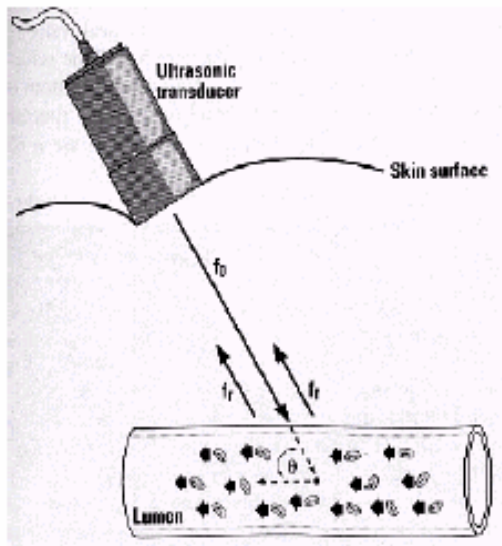
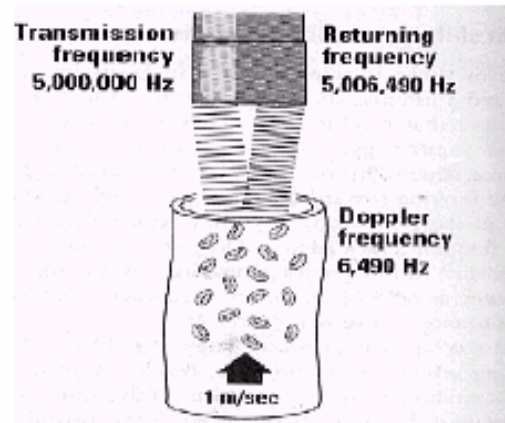
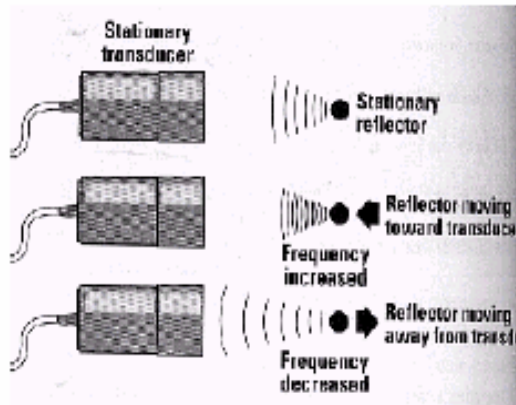


- **Συχνότητα Doppler:** Η διαφορά της συχνότητας των εισερχόμενων υπερήχων και του προς ανίχνευση παλμού.

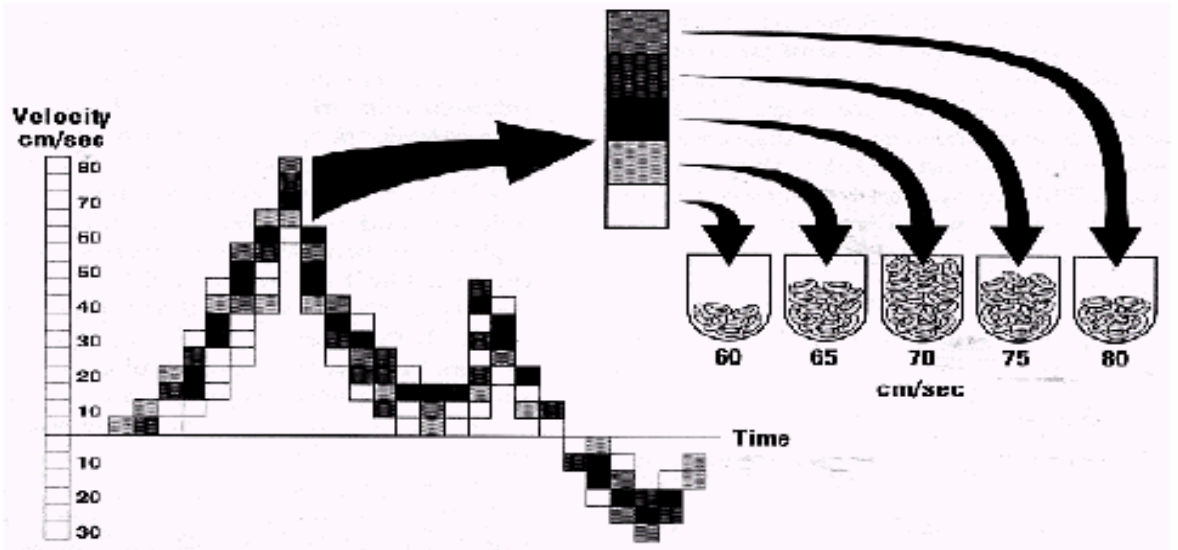
$$f_D = \frac{2 f_o v \cos \Theta}{c}$$

- Εξάρτηση της συχνότητας από την ταχύτητα του ανακλαστή
  - Μπορεί να μετρηθεί η ταχύτητα του ανακλαστή
- Εξάρτηση από τη γωνία  $\Theta$  (πρέπει να ορίζετε)

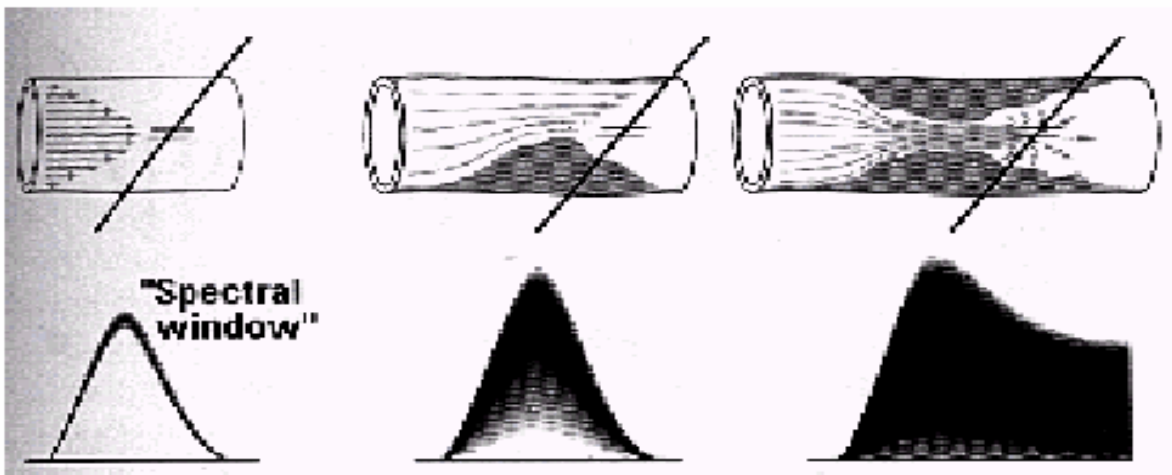




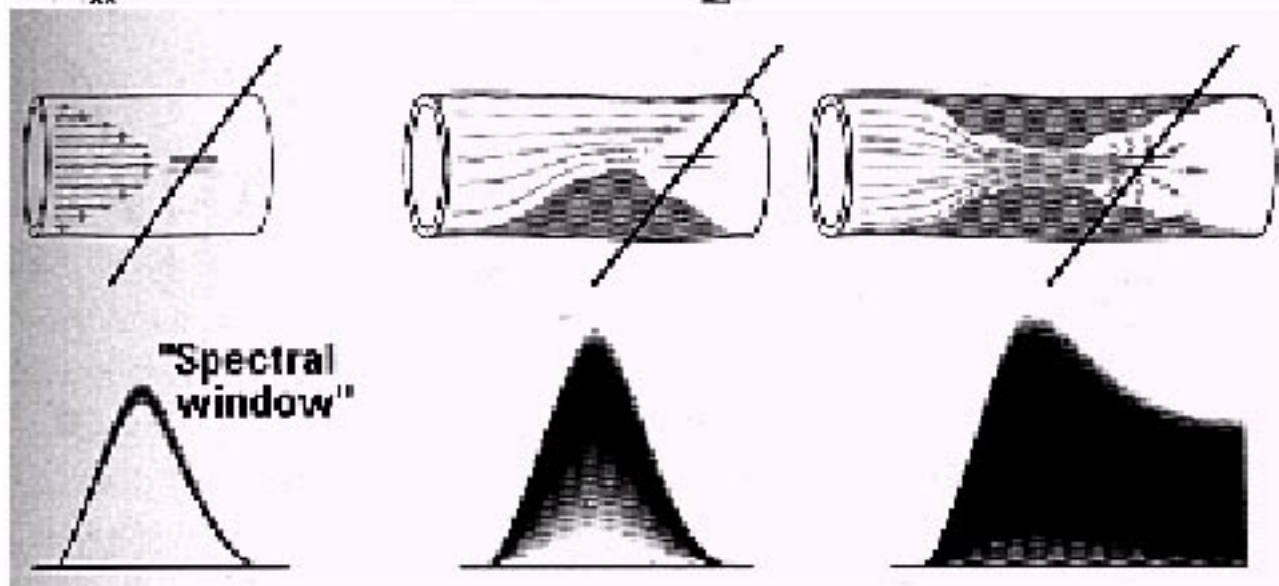
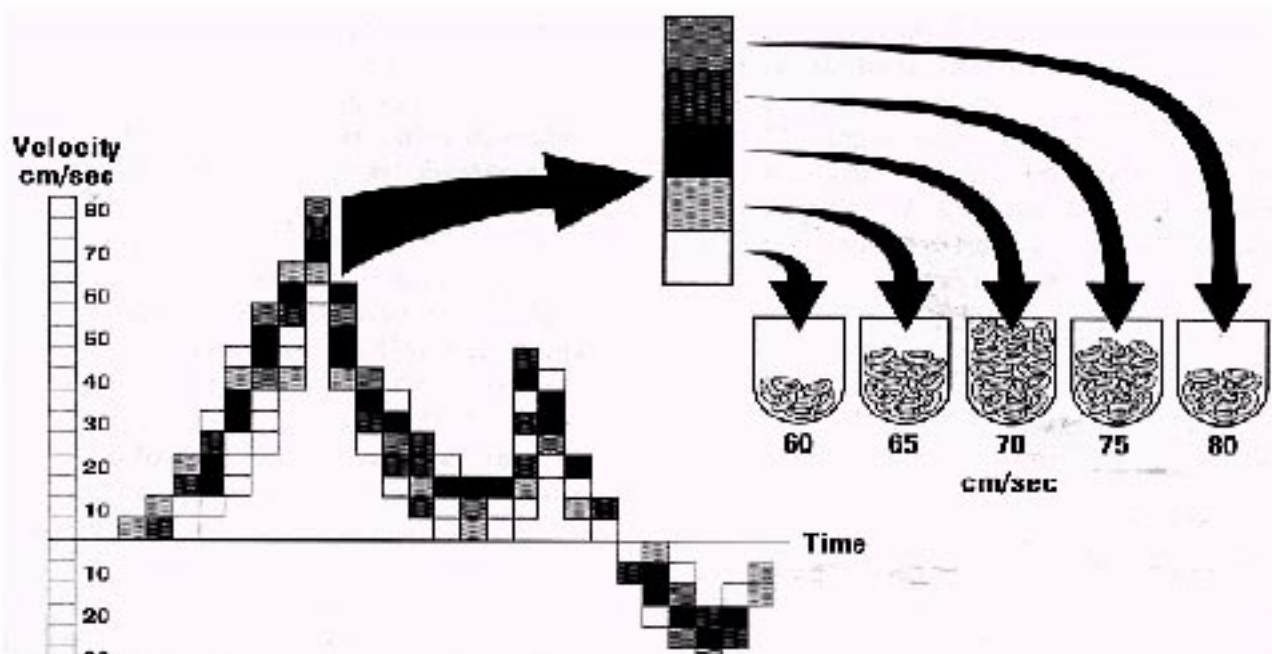
- Εάν το φάσμα συχνότητων αναλυθεί στις επιμέρους συχνότητες, είναι δυνατή η μέτρηση όλων των ταχυτήτων των ανακλαστών που ανιχνεύονται.



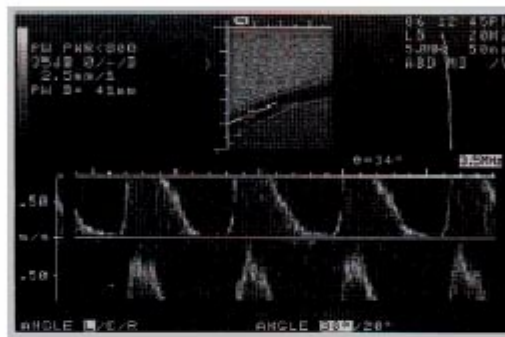
- **Συχνότητα Nyquist:** Η συχνότητα



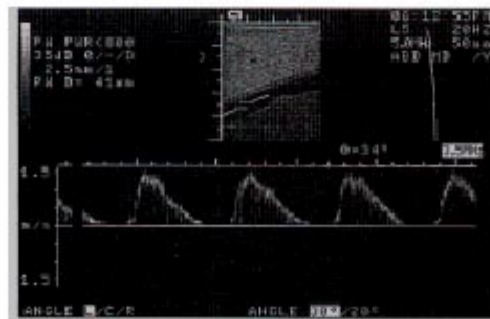
- Εάν το φάσμα συχνοτήτων αναλυθεί στις επιμέρους συχνότητες, είναι δυνατή η μέτρηση όλων των ταχυτήτων των ανακλαστών που ανιχνεύονται.



- **Συχνότητα Nyquist:** Η συχνότητα επανάληψης του παλμού πρέπει να είναι τουλάχιστον ίση με το διπλάσιο της μέγιστης συχνότητας Doppler
- Αν δε συμβαίνει αυτό παρατηρούνται ψευδείς χαμηλότερες συχνότητες. Το φαινόμενο αυτό λέγεται **ψευδής μετατόπιση (aliasing)**.



Διόρθωση από την κλίμακα της ταχύτητας ή της συχνότητας. Αν αυτές βρίσκονται στο μέγιστο τότε γίνεται μετακίνηση της βασικής γραμμής του φάσματος.



# ΕΓΧΡΩΜΟ DOPPLER

- Ανάγκη καθορισμού της διεύθυνσης ροής του αίματος στα αγγεία
- Αντιστοιχία της διεύθυνσης με ένα χρώμα
- Οι παλμοί πρέπει να έχουν μικρότερο εύρος συχνοτήτων και για το λόγο αυτό χρησιμοποιούνται παλμοί μεγαλύτερης διάρκειας
- Εκπομπή ομάδων διαδοχικών παλμών
- Υπολογισμός της απόκλισης της ταχύτητας για κάθε στοιχείο της εικόνας (pixel) → **ανίχνευση τυρβώδους ροής** αν είναι μεγάλη η απόκλιση

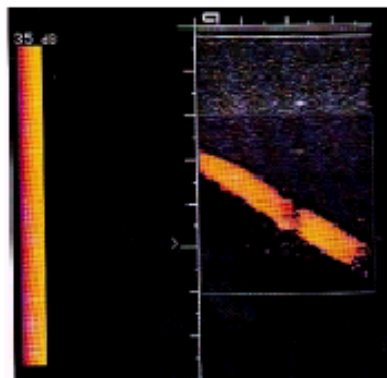
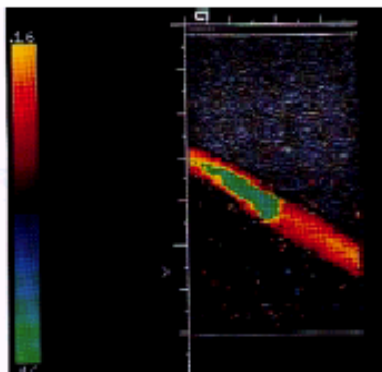
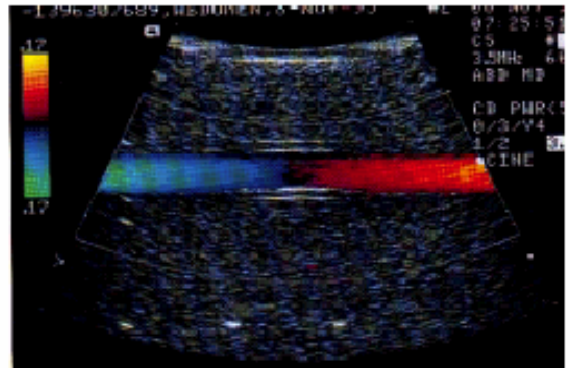
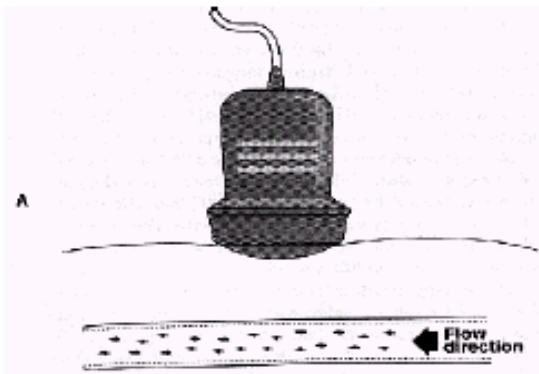
- **Χρώμα: διεύθυνση ροής**

π.χ. κατά σύμβαση κόκκινη η κίνηση προς τον ανιχνευτή.

- **Απόχρωση: Ρυθμός ροής**

π.χ. όσο πιο «καθαρό» είναι το χρώμα, δηλαδή όσο λιγότερες προσμίξεις έχει με το λευκό τόσο μικρότερος είναι ο ρυθμός ροής

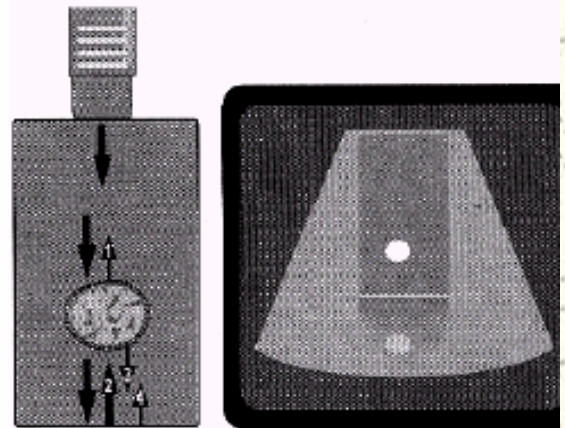
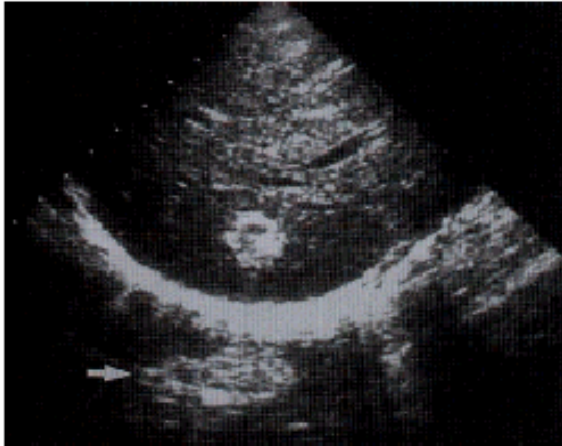
- **Ένταση: Αντιστοιχία με gray – scale**



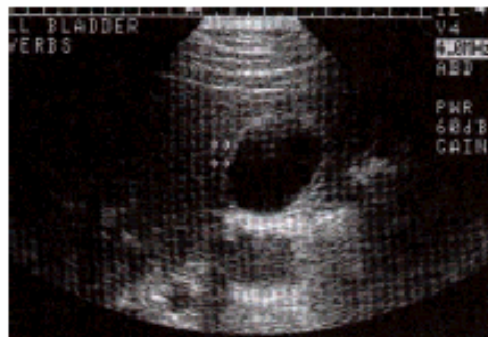
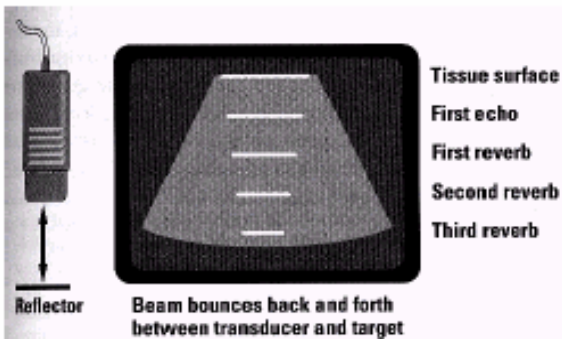
- **Power mode (συνολική ισχύ σήματος)**
- **Time domain mode (διαφορές στο χρόνο)**

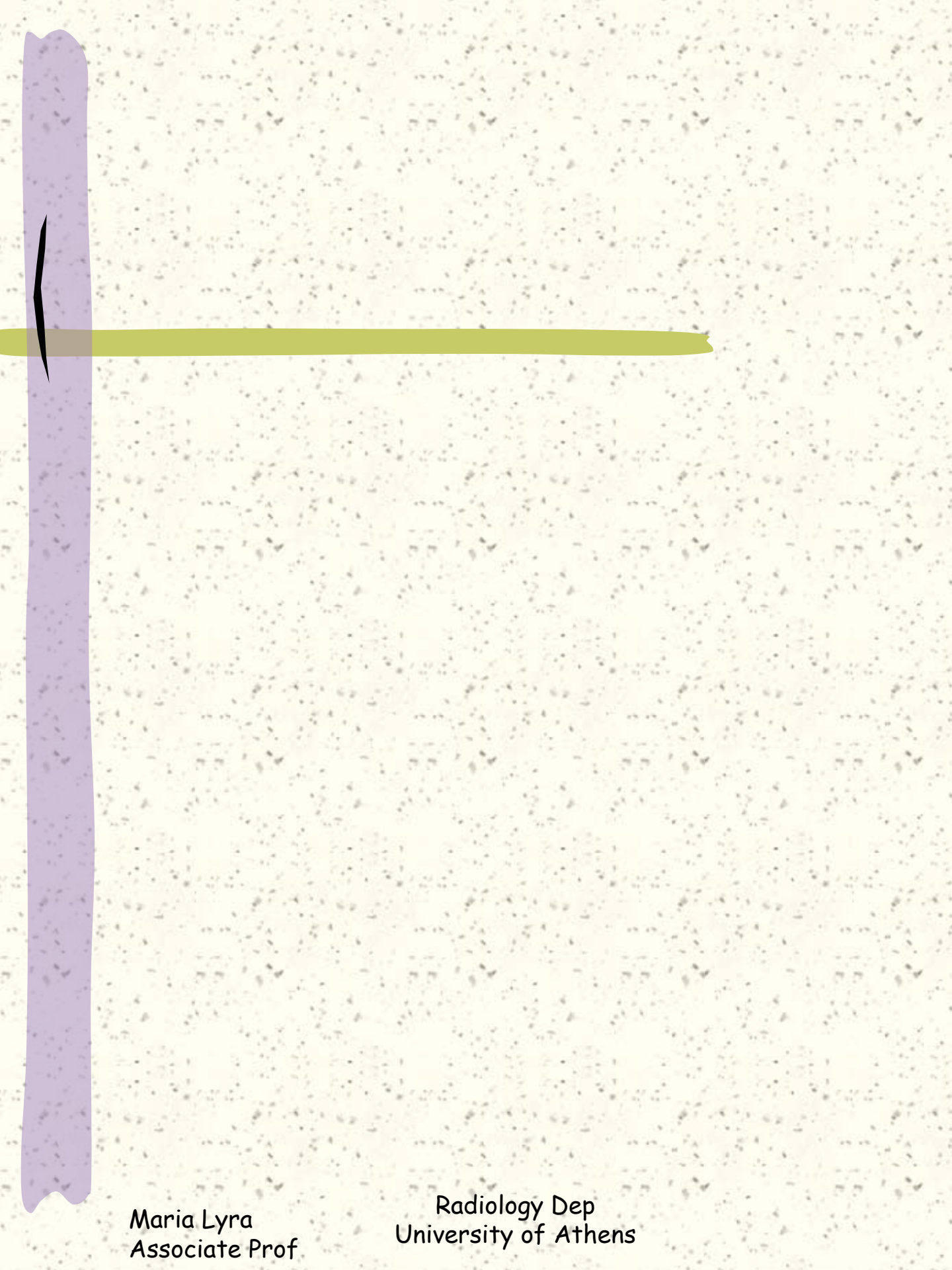
# ARTIFACTS - ΨΕΥΔΕΙΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ

- Mirror image artifact



- Reverberation artifacts





Maria Lyra  
Associate Prof

Radiology Dep  
University of Athens