



آزمون فراصوتی Ultrasonic Testing (UT)

پروبه‌های فراصوتی

مدرس: دکتر فرهنگ هنرور
گروه ساخت و تولید
دانشکده مهندسی مکانیک
دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

تراگذار یا پروب!

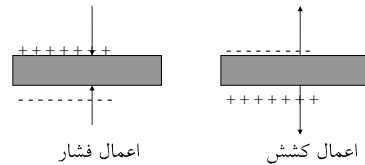
- تراگذار (transducer): یک نوع از انرژی را به نوع دیگری از انرژی تبدیل مینماید.
- پروب (probe): غلافی که تراگذار در آن قرار میگیرد.
- معمولاً در NDT دو واژه به صورت مترادف به کار میروند.

پروبه‌های فراصوتی

- انواع پروبه‌های فراصوتی
 - پیزوالکتریک (Piezoelectric)
 - خازنی (Capacitive)
 - الکترومغناطیس-آکوستیک (EMAT)
 - لیزر (Laser)
 - مگنتوستریکشن (Magnetostriction)
 - آرایه های فازی (Phased Arrays)

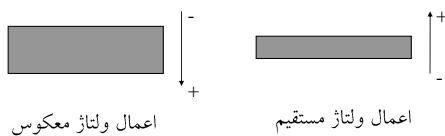
اثر مستقیم پیزوالکتریک

- اگر مواد پیزوالکتریک تحت تنش مکانیکی قرار گیرند، یک ولتاژ الکتریکی در دو سوی آنها القا می‌شود (پیزو به معنای فشردن است).
- این اثر توسط برادران کوری (Jacque and Pierre Curie) در سال 1880 شناسایی شد.



اثر معکوس پیزوالکتریک

- ایجاد تغییر شکل مکانیکی در ماده پیزوالکتریک هنگامی که یک پتانسیل الکتریکی به این ماده اعمال می‌شود.
- این اثر در سال 1880 توسط لیپمن (Lippman) شناسایی شد.



انواع مواد پیزوالکتریک

- مواد تک بلوره (single crystals)
- پیزوسرامیک‌ها (سرامیک‌های قطبی شده) (piezoceramics)
- مواد پلیمری (polymers)
- مواد مرکب (piezocomposites)

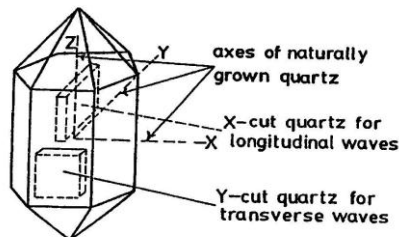


مواد تک بلوره

- مواد تک بلوره طبیعی مانند:
 - کوارتز (SiO_2)
 - تورمالین
 - نمک روشل ($\text{NaKC}_4\text{H}_4\text{O}_8 \cdot \text{H}_2\text{O}$)
- مواد تک بلوره که به صورت مصنوعی ساخته شده اند مانند:
 - فسفات دی هیدروژن آمونیوم
 - فسفات دی هیدروژن پتاسیم
 - سولفات لیتیم ($\text{Li}_2\text{SO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$)



بلوره کوارتز



بلوره های برش X و برش Y

	CAUSE	SCHEDULE	EFFECT
direct piezo-electric effect	crystal being compressed		positive voltage on faces
	crystal being expanded		negative voltage on faces
inverse piezo-electric effect	positive voltage on faces		expansion of crystal
	negative voltage on faces		contraction of crystal

بلوره برش X

	CAUSE	SCHEDULE	EFFECT
direct piezo-electric effect	shearing strain (deforms crystal to the left)		positive voltage on faces
	shearing strain (deforms crystal to the right)		negative voltage on faces
inverse piezo-electric effect	positive voltage on faces		shearing motion of crystal to the right (deforms crystal to the right)
	negative voltage on faces		shearing motion of crystal to the left (deforms crystal to the left)

بلوره برش Y



مزایا و محدودیت‌های کوارتز

مزایا:

- (1) مقاومت زیاد به سایش.
- (2) غیر قابل حل در بسیاری از مایعات (از جمله آب).
- (3) پایداری الکتریکی و مکانیکی زیاد.
- (4) امکان به کارگیری در درجه حرارت‌های بالا.

محدودیت‌ها:

- (1) نسبتاً گران است.
- (2) به عنوان تولید کننده انرژی فراصوتی، بازدهی کمی را داراست.
- (3) تغییر حالت موج در آن بوجود می‌آید. یک بلوره برش X کوارتز علاوه بر تولید موج طولی، موج عرضی نیز در ماده ایجاد می‌کند. علت ایجاد امواج عرضی آن است که با فشرده شدن بلوره در جهت X بلوره در جهت Y نیز ازدیاد طول یافته و موج عرضی تولید می‌کند. ایجاد موج عرضی موجب ظاهر شدن سیگنال‌های اضافی می‌گردد.
- (4) نیاز به ولتاژ ورودی بالایی دارد و یا به عبارتی بازده تبدیل الکترومکانیکی آن کم است.



مزایا و محدودیت‌های سولفات لیتیم

مزایا:

- (1) توانا ترین گیرنده انرژی فراصوتی است.
- (2) به لحاظ داشتن امپدانس صوتی کم میرا کردن امواج تولید شده توسط آن آسان است.
- (3) با گذشت زمان خواص آن تغییر نمی‌کند.
- (4) تغییر حالت موج در آن بسیار کم است.

محدودیت‌ها:

- (1) بسیار شکننده است.
- (2) در آب حل میشود.
- (3) تنها در درجه حرارت‌های پایین (زیر 75 درجه) قابل استفاده است.



پیزوسرامیکها

- پیزوسرامیکها تقریباً به طور کامل جایگزین کوارتز گشته‌اند و در حال جایگزینی بلوره‌های ساخته دست انسان (نظیر سولفات لیتیم) نیز هستند.
- مواد پیزوسرامیک دارای خاصیت فروالکتریک هستند .





مقایسه خواص مواد پیزوالکتریک

	Lead zirconate titanate	Barium titanate	Lead metaniobate	Lithium sulphate	Quartz	Lithium niobate
Sound velocity 'v' m/s	4000	5100	3300	5460	5740	7320
Acoustic impedance 'Z' 10 ⁶ kg/m ² s	30	27	20.5	11.2	15.2	34
Electromechanical coupling factor 'K'	0.6 - 0.7	0.45	0.4	0.38	0.1	0.2
Piezoelectric modulus 'd'	150 - 591	125 - 190	85	15	2.3	6
Piezoelectric deformation constant 'H'	1.8 - 4.6	1.1 - 1.6	1.9	8.2	4.9	6.7
Coupling factor for radial oscillations 'K _r '	0.5 - 0.6	0.8	0.07	0	0.1	-



مواد پلیمری پیزوالکتریک

■ شماری از مواد آلی نیز دارای خاصیت پیزوالکتریک هستند که از آن جمله، چوب، استخوان، ابریشم، پشم و ... را می توان نام برد.
 ■ مواد پلیمری پیزوالکتریک شامل:

- پلی وینی دی لین فلور (PVDF) ، Polyvinylidene Fluoride
- پلی وینیل فلور Poly Vinyl Fluoride
- پلی اکریلونیترات Polyacrylonitrile
- پلی متیل متاکریلات Poly-methyl-methacrylate



مقایسه خواص مواد پیزوالکتریک

S. No.	Material	Density kg/m ³	Sound Velocity* m/s	Acoustic Impedance 10 ⁶ kg/(m ² s)
1.	Quartz	2650	5700	15.1
2.	Lithium Sulphate	2060	5470	11.2
3.	Barium Titanate	5700	5480	31.2
4.	Lead Zirconate Titanate	7750	4360	33.8
5.	Lead Metaniobate	6000	4800	28.8
6.	Polyvinylidene Fluoride (PVDF)	1790	2300	4.1
7.	Aluminium	2710	6350	17.2
8.	Steel	7800	5850	45.6
9.	Perspex	1200	2670	3.2
10.	Water	1000	1500	1.5

* Longitudinal Velocity.



مواد پیزوالکتریک کامپوزیتی

■ مواد پیزوالکتریک کامپوزیتی مخلوطی از پیزوسرامیک ها و مواد پلیمری (غیر پیزوالکتریک) هستند.

