

รายการอ้างอิง

1. Verimir, M. R. Principles of acoustic devices. New York: John Wiley & Sons, 1983.
2. Pollard, H. F. Sound waves in solids. London: Pion Limited, 1977.
3. Igor, A. V. Rayleigh and Lamb waves. New York: Plenum Press, 1967.
4. Kushibiki, J.; and Chunbachi, N. Material characterization by line-focus-beam acoustic microscope. IEEE Trans. Sons. Ultrason. 32 (1985): 189-212.
5. Xiang, D.; Hsu, N. N.; and Blessing, G. V. The design, construction and application of a large aperture lens-less line-focus transducer. Ultrasonics 34 (1996): 641-647.
6. Krautkramer, J.; and Krautkramer, H. Ultrasonic testing of materials. New York: Springer-Verlag, 1969.
7. Wang, T. T.; Herbert, J. M.; and Glass, A. M. The applications of ferroelectric polymer. Glasgow: Blackie and Son, 1988.
8. Haifeng, W.; Tim, R.; Wenwu, C.; and Kirk, S. High frequency properties passive materials for ultrasonic transducers. IEEE Trans. Ultrason. Ferroelect. Freq. Contr. 48 (2001): 78-84.
9. Ramos, F.; Sanz, S.; and Montero, F. R. Broad-band driving of echographic arrays using 10ns-500V efficient pulse generators. Ultrasonics 25 (1987): 221-228.
10. Geoff, R. L.; John, W. H.; and Stuart, F. The design of protection circuitry for high-Frequency ultrasound imaging systems. IEEE Trans. Ultrason. Ferroelect. Freq. Contr. 38 (1991): 48-55.
11. Koichiro, K.; Ikuya, F.; Naoki, T.; and Yasushi, I. Time-domain measurement of velocities and attenuation with low frequency acoustic microscope. IEEE Ultrasonics Symposium (1998): 1313-1316.
12. Briggs, A. Acoustic microscopy. Oxford: Clarendon Press, 1992.



ภาคผนวก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก

สมบัติของฟิล์ม PVDF

ฟิล์ม PVDF ที่ใช้ในวิทยานิพนธ์นี้มีสมบัติดังแสดงในไว้ในตารางที่ ก1

ตาราง ก1 แสดงสมบัติของฟิล์ม PVDF

Symbol	Parameter	PVDF	Copolymer	Units
t	Thickness	9, 28, 52, 110	<1 to 1200	μm (micron, 10^{-6})
d_{31}	Piezo Strain Constant	23	11	$10^{-12} \frac{\text{m/m}}{\text{V/m}}$ or $\frac{\text{C/m}^2}{\text{N/m}^2}$
d_{33}		-33	-38	
g_{31}	Piezo Stress constant	216	162	$10^{-3} \frac{\text{V/m}}{\text{N/m}^2}$ or $\frac{\text{m/m}}{\text{C/m}^2}$
g_{33}		-330	-542	
k_{31}	Electromechanical Coupling Factor	12%	20%	
k_t		14%	25-29%	
C	Capacitance	380 for 28 μm	68 for 100 μm	pF/cm ² @ 1KHz
Y	Young's Modulus	2-4	3-5	10^9 N/m^2
V_o	Speed of Sound	stretch:	1.5	2.3
		thickness:	2.2	2.4
				10^3 m/s
p	Pyroelectric Coefficient	30	40	$10^{-6} \text{ C/m}^2 \text{ } ^\circ\text{K}$
ϵ	Permittivity	106-113	65-75	10^{-12} F/m
ϵ/ϵ_o	Relative Permittivity	12-13	7-8	
ρ_m	Mass Density	1.78	1.82	10^3 kg/m
ρ_e	Volume Resistivity	$>10^{13}$	$>10^{14}$	Ohm meters
R_{\square}	Surface Metallization Resistivity	<3.0	<3.0	Ohms/square for NiAl
R_{\square}		0.1	0.1	Ohms/square for Ag Ink
$\tan \delta_e$	Loss Tangent	0.02	0.015	@ 1KHz
	Yield Strength	45-55	20-30	10^6 N/m^2 (stretch axis)
	Temperature Range	-40 to 80...100	-40 to 115...145	$^\circ\text{C}$
	Water Absorption	<0.02	<0.02	% H ₂ O
	Maximum Operating Voltage	750 (30)	750 (30)	V/mil(V/ μm), DC, @ 25 $^\circ\text{C}$
	Breakdown Voltage	2000 (80)	2000 (80)	V/mil(V/ μm), DC, @ 25 $^\circ\text{C}$

ภาคผนวก ข

ตาราง ข1 ผลการวัดค่าความหนาแน่นและอัตราเร็วเสียงในวัสดุผสมกาวอีพ็อกซีและถังสแตน

สัดส่วนปริมาตร ของถังสแตน (%)	วัดครั้งที่	อัตราเร็วเสียง (m/s)	ความหนาแน่น (kg/m ³)	อิมพีแดนซ์ อะคูสติก(Rayl)
0	1	2444	1167	2853500
	2	2438	1077	2626397
	3	2444	1077	2633963
	4	2438	1122	2736334
	5	2438	1035	2525847
5.5	1	1841	2122	3908641
	2	1833	2123	3892208
	3	1833	2123	3892208
	4	1833	2211	4054389
	5	1833	2123	3891841
11	1	1573	3258	5126562
	2	1548	3025	4686014
	3	1573	3138	4936970
	4	1548	3026	4686572
	5	1604	3138	5036229
16.5	1	1479	4253	6294115
	2	1474	4106	6055473
	3	1474	4253	6271745
	4	1474	4106	6055724
	5	1469	4106	6033952
22	1	1418	4998	7089267
	2	1408	5183	7302284
	3	1418	4998	7089522
	4	1408	4998	7041482
	5	1413	4998	7065274

ภาคผนวก ก

ผลการคำนวณค่าอัตราเร็วของคลื่นตามขวางและความหนาแน่นของวัสดุ

ผลการคำนวณค่า V_T และ ρ ของกระจกโซคาไลม์ อลูมินา อลูมิเนียม เหล็กและสแตนเลสสตีล จากสมการที่ (2.61) โดยให้ส่วนจริงและส่วนจินตภาพของสมการเท่ากับศูนย์ดังนี้

$$\operatorname{Re}[4k^2qs - (k^2 + s^2)^2] = i \frac{\rho_l}{\rho} \cdot \frac{qk_T^4}{q_w} = 0 \quad (ค1)$$

$$\operatorname{Im}[4k^2qs - (k^2 + s^2)^2] = i \frac{\rho_l}{\rho} \cdot \frac{qk_T^4}{q_w} = 0 \quad (ค2)$$

เมื่อ $\operatorname{Re}[]$ คือ ฟังก์ชันที่ใช้หาค่าส่วนจริงของจำนวนเชิงซ้อน

$\operatorname{Im}[]$ คือ ฟังก์ชันที่ใช้หาค่าส่วนจินตภาพของจำนวนเชิงซ้อน

จากนั้นใช้โปรแกรม mathematica หาคำตอบจากสมการ (ค1) และ (ค2) โดยแทนค่า V_L V_R และ α_R ของวัสดุทั้ง 5 ชนิด

1 กระจกโซคาไลม์ แทนค่า $V_L = 5.93 \times 10^3 \text{ m/s}$ $V_R = 3.14 \times 10^3 \text{ m/s}$ และ $\alpha_R = 4.11 \times 10^2 \text{ Np/m}$ ลงในสมการที่ (ค1) และ (ค2) จะได้คำตอบของสมการทั้งหมด 6 คำตอบดังนี้

$$\{\rho \rightarrow 520.179 - 56.067i, V_T \rightarrow -2250.8 - 147.551i\},$$

$$\{\rho \rightarrow 520.179 - 56.067i, V_T \rightarrow 2250.8 + 147.551i\},$$

$$\{\rho \rightarrow 520.179 + 56.067i, V_T \rightarrow -2250.8 + 147.551i\},$$

$$\{\rho \rightarrow -683.649, V_T \rightarrow -2023.85\},$$

$$\{\rho \rightarrow 2383.22, V_T \rightarrow -3392.73\},$$

$$\{\rho \rightarrow 2383.22, V_T \rightarrow 3392.73\}$$

เลือกคำตอบที่ค่า ρ และ V_T เป็นค่าจริงและเป็นบวกก็คือ $\rho = 2.38 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ และ $V_T = 3.39 \times 10^3 \text{ m/s}$

2 อลูมินา แทนค่า $V_L = 1.13 \times 10^4 \text{ m/s}$ $V_R = 5.63 \times 10^3 \text{ m/s}$ และ $\alpha_R = 74.0 \text{ Np/m}$ ลงในสมการที่ (ค1) และ (ค2) จะได้คำตอบของสมการทั้งหมด 6 คำตอบดังนี้

$$\begin{aligned} & \{\rho \rightarrow 271.973 - 24.0564i, V_T \rightarrow -3989.49 - 186.682i\}, \\ & \{\rho \rightarrow 271.973 - 24.0564i, V_T \rightarrow 3989.49 + 186.682i\}, \\ & \{\rho \rightarrow 271.973 + 24.0564i, V_T \rightarrow -3989.49 + 186.682i\}, \\ & \{\rho \rightarrow -311.195, V_T \rightarrow -3768.45\}, \\ & \{\rho \rightarrow 3523.61, V_T \rightarrow -6058.15\}, \\ & \{\rho \rightarrow 3523.61, V_T \rightarrow 6058.15\} \end{aligned}$$

เลือกคำตอบที่ค่า ρ และ V_T เป็นค่าจริงและเป็นบวกก็คือ $\rho = 3.52 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ และ $V_T = 6.06 \times 10^3 \text{ m/s}$

3 อลูมิเนียม แทนค่า $V_L = 6.47 \times 10^3 \text{ m/s}$ $V_R = 2.87 \times 10^3 \text{ m/s}$ และ $\alpha_R = 3.96 \times 10^2 \text{ Np/m}$ ลงในสมการที่ (ค1) และ (ค2) จะได้คำตอบของสมการทั้งหมด 6 คำตอบดังนี้

$$\begin{aligned} & \{\rho \rightarrow 588.687 - 59.4777i, V_T \rightarrow -2055.9 - 122.539i\}, \\ & \{\rho \rightarrow 588.687 - 59.4777i, V_T \rightarrow 2055.9 + 122.539i\}, \\ & \{\rho \rightarrow 588.687 + 59.4777i, V_T \rightarrow -2055.9 + 122.539i\}, \\ & \{\rho \rightarrow -750.4827, V_T \rightarrow -1865.46\}, \\ & \{\rho \rightarrow 2578.35, V_T \rightarrow -3050.5\}, \\ & \{\rho \rightarrow 2578.35, V_T \rightarrow 3050.5\} \end{aligned}$$

เลือกคำตอบที่ค่า ρ และ V_T เป็นค่าจริงและเป็นบวกก็คือ $\rho = 2.58 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ และ $V_T = 3.05 \times 10^3 \text{ m/s}$

4 เหล็ก แทนค่า $V_L = 5.99 \times 10^3 \text{ m/s}$ $V_R = 2.90 \times 10^3 \text{ m/s}$ และ $\alpha_R = 1.47 \times 10^2 \text{ Np/m}$ ลงในสมการที่ (ค1) และ (ค2) จะได้คำตอบของสมการทั้งหมด 6 คำตอบดังนี้

$$\begin{aligned} & \{\rho \rightarrow 594.86 - 43.4424i, V_T \rightarrow -2059.69 - 79.8637i\}, \\ & \{\rho \rightarrow 594.86 - 43.4424i, V_T \rightarrow 2059.69 + 79.8637i\}, \\ & \{\rho \rightarrow 594.86 + 43.4424i, V_T \rightarrow -2059.69 + 79.8637i\}, \\ & \{\rho \rightarrow -668.797, V_T \rightarrow -1957.7\}, \\ & \{\rho \rightarrow 7306.26, V_T \rightarrow -3118.48\}, \\ & \{\rho \rightarrow 7306.263, V_T \rightarrow 3118.48\} \end{aligned}$$

เลือกคำตอบที่ค่า ρ และ V_T เป็นค่าจริงและเป็นบวกก็คือ $\rho = 7.31 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ และ $V_T = 3.12 \times 10^3 \text{ m/s}$

5 สเตนเลสตีล แทนค่า $V_L = 5.82 \times 10^3 \text{ m/s}$ $V_R = 2.78 \times 10^3 \text{ m/s}$ และ $\alpha_R = 1.51 \times 10^2 \text{ Np/m}$ ลงในสมการที่ (ค1) และ (ค2) จะได้คำตอบของสมการทั้งหมด 6 คำตอบ ดังนี้

$$\begin{aligned} & \{\rho \rightarrow 631.211 - 43.9647i, V_T \rightarrow -1974.42 - 72.9256i\}, \\ & \{\rho \rightarrow 631.211 - 43.9647i, V_T \rightarrow 1974.42 + 72.9256i\}, \\ & \{\rho \rightarrow 631.211 + 43.9647i, V_T \rightarrow -1974.42 + 72.9256i\}, \\ & \{\rho \rightarrow -706.188, V_T \rightarrow -1880.1\}, \\ & \{\rho \rightarrow 7786.9, V_T \rightarrow -2984.52\}, \\ & \{\rho \rightarrow 7786.9, V_T \rightarrow 2984.52\} \end{aligned}$$

เลือกคำตอบที่ค่า ρ และ V_T เป็นค่าจริงและเป็นบวกก็คือ $\rho = 7.79 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ และ $V_T = 2.98 \times 10^3 \text{ m/s}$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

ชื่อ	นายปกรณ์ ปรินาบุรณะ
วัน เดือน ปีเกิด	25 กุมภาพันธ์ 2522
ประวัติการศึกษา	สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ เมื่อปีการศึกษา 2543
ทุนการศึกษา	ทุน โครงการพัฒนาอาจารย์สาขาขาดแคลน ของทบวงมหาวิทยาลัย พ.ศ.2544-2545 ทุนอุดหนุนงานวิจัยจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย พ.ศ. 2546

ศูนย์วิทยพัทยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย