

## 공진법에 의한 박막 및 기판의 영율 측정

전북대학교           이용호, 신용돌\*  
숙명여자대학교       이장로

### Young's Modulus Measurement for Substrate and Thin Film with Mechanical Resonance Method

Jeonbuk National University       Y.H.Lee, Y.D.Shin  
Sookmyong Women's University   J.R.Rhee

1. 목적 : 기판위에 박막을 증착한 시료를 제작하여 기판과 박막의 각각의 Young 율을 측정하는 방법의 연구, 외팔보의 flexural mode의 고유진동수의 이론적 계산 및 실험치에 의하여 Young 율을 계산한다.

2. 측정기의 구성 : Fig.1 참조 (S:기판, F:박막, C,L:소형전자석, A:발전기, M :연철편, E:미이크, G:중폭기, D:표시기)

3. Cantilever의 flexural mode의 고유진동수 계산 (Fig.2참조)

• 운동방정식 :  $El \frac{\partial^4 y}{\partial x^4} + \rho ab \frac{\partial^2 y}{\partial t^2} = 0$

• 규준좌표변환  $y = Xq = X (A \cos \omega t + B \sin \omega t)$

• 변환된 운동의 식  $\ddot{X} - \beta^4 X = 0 \quad (\beta^4 = \omega^2 \rho ab/El)$

• 일반해 :  $X = C_1 \cosh \beta x + C_2 \sinh \beta x + C_3 \cos \beta x + C_4 \sin \beta x$

• 균일외팔보끝에 질량 m가 부착된 경우  $\mu = m/m_s$

경계조건 [ $x=0$ 에서  $\dot{X}=0, \ddot{X}=0, x=l$ 에서  $\dot{X}=0, E I \ddot{X} = -m\omega^2 X$ ]

진동방정식  $1 + \cosh \beta l - \mu \beta l (\cosh \beta l \sin \beta l - \sinh \beta l \cos \beta l) = 0$

$E_s = 12 \left[ \frac{\omega_s}{R_s^2} \right]^2 \left[ \frac{m_s}{b} \right] \left[ \frac{l}{a_s} \right]^3 \quad (R_s \text{는 위 방정식의 근})$

• 기판위에 박막이 증착된 경우

$El = 1/12(1+3uv)a_s^3 b E_s, u = a_f/a_s \ll 1, v = E_f/E_s$

$E_f = \frac{a_s}{3a_f} \left[ 12 \left[ \frac{\omega_c}{R_c^2} \right]^2 \left[ \frac{m_c}{b} \right] \left[ \frac{l}{a_s} \right]^3 - E_s \right]$

4. 실험결과

0.7 $\mu$ m 두께 Ni film의 박막 부착 전,후의 공진곡선을 측정한 결과는 Fig.3이며 1 $\mu$ m 두께 53 NiFe film의 공진곡선을 측정한 결과는 Fig.4이고 공진주파수로부터 기판과 박막의 영율을 계산하였으며 그 결과는 table 1과 같다.

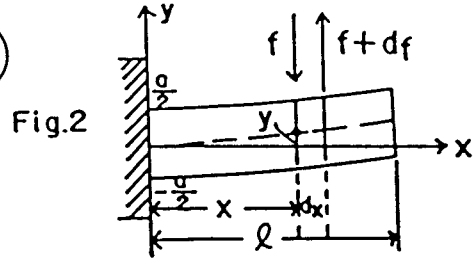
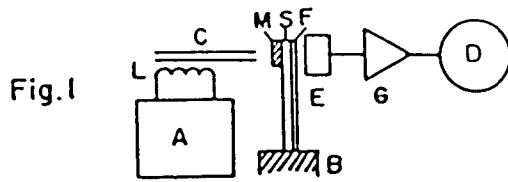


Fig. 3

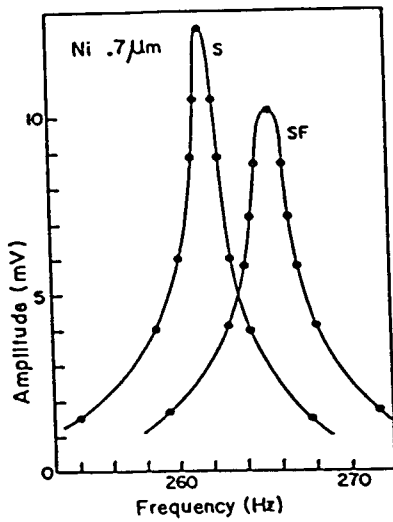


Fig. 4

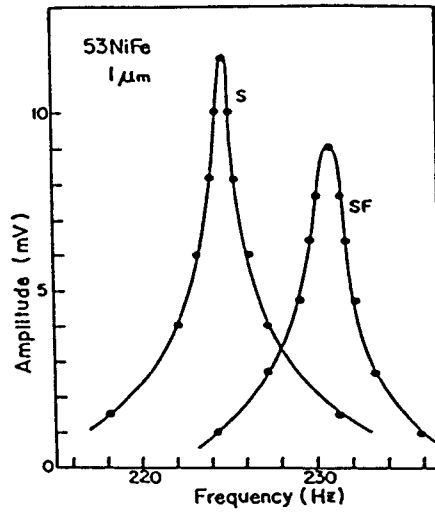


Table 1. Young's Moduli and the other properties of the samples.

	$m/m_s$	$m/m_c$	$R_s$	$R_c$	$f_s$	$f_c$	$Q_s$	$Q_c$	$E_s$	$E_r$
unit	-	-	-	-	Hz	Hz	-	-	$10^{10}$ Pa	$10^{10}$ Pa
Ni	.43470	.42770	1.45312	1.45692	261.6	265.5	163.5	115	7.1	19.2
53NiFe	.55521	.54286	1.39467	1.40012	224.9	230.8	173	121	7.0	21.3