

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Copyright© by Chiang Mai University

All rights reserved

ผนวก ก.

การหาความหนาของฟิล์มโดยอาศัยการ เปลี่ยนความถี่ของผลึกควอทซ์

เมื่อตัดผลึกควอทซ์ให้เป็นแผ่นบาง ๆ แล้วใส่สนามไฟฟ้าเข้าไป ผลึกจะออก-
ซิเลตด้วยควมถี่ ไซแนสค่าหนึ่ง ซึ่งจะแปรผกผันกับความหนาของแผ่นผลึก d_q ความ
สมการ

$$f = \frac{C_t}{2d_q} \quad (ก-1)$$

เมื่อ

$$f = \text{ความถี่ ไซแนส}$$

$$C_t = \text{propagation Velocity of the elastic wave}$$

$$\text{in the direction of thickness}$$

$$= \left(\frac{C}{\rho_q}\right)^{1/2} \quad (ก-2)$$

โดยที่

$$C = \text{ค่า shear elastic constant}$$

$$\rho_q = \text{ความหนาแน่นของผลึกควอทซ์}$$

จากสมการ (ก-1) และ (ก-2) จะได้

$$f = \frac{1}{2d_q} \left(\frac{C}{\rho_q}\right)^{1/2}$$

พบว่า $\frac{1}{2} \left(\frac{C}{\rho_q}\right)^{1/2}$ มีค่า $1.670 \times 10^6 \text{ Hz} \cdot \text{mm}$

สมมติให้ค่าคงที่นี้คือ $N = 1.670 \times 10^6 \text{ Hz} \cdot \text{mm}$

ดังนั้นค่าความถี่ ไซแนสจะมีรูปแบบสมการ เป็น

$$f = \frac{N}{d_q} \quad (ก-3)$$

ถ้ามีมวลมาเกาะเพิ่มขึ้นน้อย ๆ Δm ความถี่ของผลึกจะเปลี่ยนไป จากสมการ (ก-3)

$$\Delta f = \frac{-N}{d_q} \Delta d_q \quad (\text{ก-4})$$

จากความสัมพันธ์ $\rho = \frac{m}{V}$, $V = d_q A$

พบว่า
$$\Delta d_q = \frac{\Delta m}{\rho_q A} \quad (\text{ก-5})$$

แทนค่าสมการ (ก-3) และ (ก-5) ลงในสมการ (ก-4) จะได้

$$\Delta f = \frac{-Kf^2 \Delta m}{N \rho_q A} \quad (\text{ก-6})$$

K ขึ้นอยู่กับการกระจายของสารที่มาเกาะ ปกติ $K = 1$

A เป็นพื้นที่ผิวทั้งหมดของแผ่นผลึก

ถ้าให้
$$C_f = \frac{f^2}{N \rho_q} = \frac{N}{\rho_q d_q^2} \quad (\text{ก-7})$$

โดยที่ C_f นี้เรียกว่า mass-determination sensitivity of the crystal

แทนค่าสมการ (ก-7) ลงใน (ก-6)

$$\Delta f = \frac{-KC_f \Delta m}{A} \quad (\text{ก-8})$$

สมการนี้แสดงให้เห็นว่า Δf แปรตาม Δm และเครื่องหมายลบ แสดงว่าความถี่ลดลง

เมื่อมวลเพิ่มขึ้น

เมื่อพิจารณาแผ่นฟิล์มหนา t ซึ่งมีมวล Δm ที่ค่า shear elastic constant เป็น

$$\Delta m = A t \rho_f \quad (\text{ก-9})$$

แทนใน (ก-8)

$$\Delta f = \frac{-KC_f t \rho_f}{A} \Delta m$$

ดังนั้นความหนาของฟิล์มมีความสัมพันธ์กับความถี่ที่เปลี่ยนไปดังนี้

$$t = \frac{\Delta f}{K C_f \rho_f} \quad (\text{ก-10})$$

เมื่อพิจารณาค่าคุณสมบัติต่าง ๆ ไปของผลึกควอทซ์ พบว่า จากสมการ (ก-3) ผลึกที่มีความถี่โซแนนซ์ 10 MHz จะมีความหนา $d_q = 0.167 \text{ mm}$.

ความหนาแน่นของผลึกควอทซ์มีค่าเป็น $\rho_q = 2.651 \times 10^6 \text{ g/m}^3$

เมื่อแทนค่า ρ_q และ d_q ลงในสมการ (ก-7) จะได้

$$C_f = 2.26 \times 10^4 \text{ Hz} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{g}^{-1}$$

แทนค่า C_f และ ρ_f สำหรับฟิล์มสังกะสีซัลไฟด์

$$\rho_f = 3.9 \times 10^6 \text{ g/m}^3$$

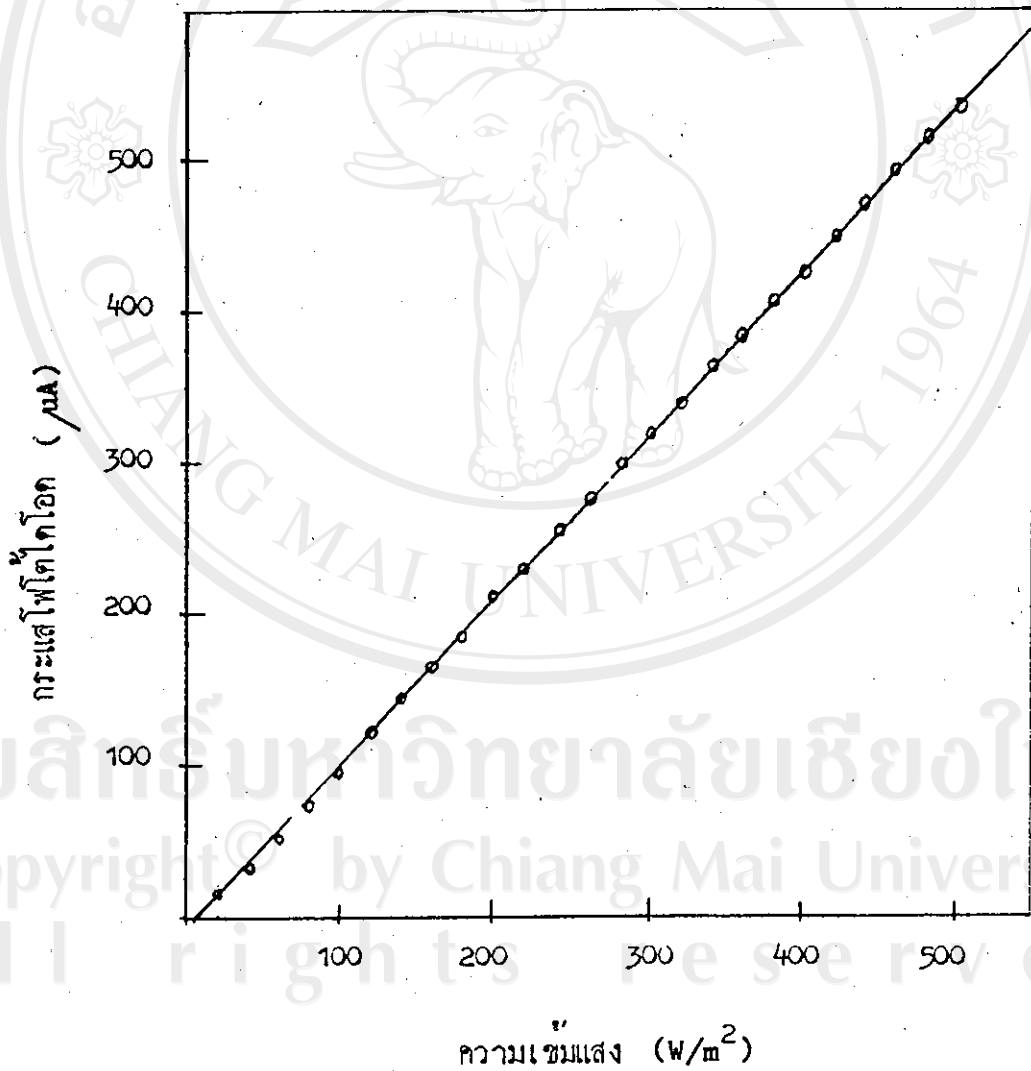
และค่า $K = 1$ ในสมการ (ก-10) จะได้

$$\begin{aligned} t &= \frac{\Delta f \text{ Hz.}}{2.26 \times 10^4 \text{ Hz} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{g}^{-1} \times 3.9 \times 10^6 \text{ g} \cdot \text{m}^{-3}} \\ &= \frac{\Delta f}{8.81 \times 10^{10}} \text{ m.} \\ t &= \frac{\Delta f}{8.81} \text{ \AA} \quad (\text{ก-11}) \end{aligned}$$

สมการ (ก-11) เป็นสมการที่จะใช้หาความหนาของฟิล์ม

แผนก ช.

ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงกับกระแสโฟโตไดโอด



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ผนวก ค.

การเปลี่ยนแปลงความถี่ของผลึกควอตซ์ตามความดันที่อุณหภูมิ 28° C

ความดัน (mb)	ความถี่ (Hz)
2×10^{-5}	9,926,938
3×10^{-5}	9,926,937
4×10^{-5}	9,926,937
5×10^{-5}	9,926,936
6×10^{-5}	9,926,936
7×10^{-5}	9,926,935
8×10^{-5}	9,926,935
9×10^{-5}	9,926,935
1×10^{-4}	9,926,934
2×10^{-4}	9,926,933
3×10^{-4}	9,926,932
4×10^{-4}	9,926,929
5×10^{-4}	9,926,925
6×10^{-4}	9,926,923
7×10^{-4}	9,926,921
8×10^{-4}	9,926,920
9×10^{-4}	9,926,919
1×10^{-3}	9,926,918

ขนาด ง.

การเปลี่ยนแปลงความถี่ของผลึกควอตซ์ตามอุณหภูมิที่ความดันบรรยากาศ

อุณหภูมิ (°C)	ความถี่ (Hz)
30	9,926,652
40	9,926,674
50	9,926,682
60	9,926,693
70	9,926,705
80	9,926,711
90	9,926,718
100	9,926,725
110	9,926,732
120	9,926,379
130	9,926,747
140	9,926,756
150	9,926,764
160	9,926,775
170	9,926,785
180	9,926,793
190	9,926,807
200	9,926,817

หมวด จ.

คุณสมบัติของ Mica dielectric condensers

(e) Mica dielectric condensers

Mica has very high electrical stability and very low a.c. loss. It also permits the manufacture of condensers with close tolerances in capacitance, and low leakage. It is used in the manufacture of condensers with capacitances from $5 \mu\mu\text{F}$ to $0.047 \mu\text{F}$ for radio receiver applications, with voltage ratings from 300 to 2500 V. The insulation resistance is in excess of 3000 for the cheaper grade (Class A) and 6000 megohms for other classes (American R.M.A. REC-115). The value of Q is over 1000 for a typical capacitance of $200 \mu\mu\text{F}$ at a frequency of 1 Mc/s; the maximum value of Q occurs at frequencies about 100 Kc/s.

Mica condensers are available in metal, moulded and ceramic casings [see Chapter 38 Sect. 3(v)].

"Silvered mica" condensers are used when very high precision is required. Such a condenser with a capacitance of $1000 \mu\mu\text{F}$ exhibits a capacitance change of less than 0.1% over a frequency range from low frequencies to 2 Mc/s. The effect of temperature on capacitance is a change of less than 60 parts in a million for 1°C temperature change (RIC/137).

A typical 0.001 microfarad silvered mica condenser has the following characteristics:

Frequency	1000 c/s	10 000 c/s	100	500	Kc/s
Resistance (effective)	0.024	0.024	0.024	0.024	ohm
Q	3400	5500	7000	5800	
Power factor	0.00029	0.00018	0.00014	0.00017	
Percentage power factor	0.029	0.018	0.014	0.017	%

Silvered mica condensers are normally available with capacitances from 5 to 20 000 $\mu\mu\text{F}$ with tolerances $\pm 1\%$, $\pm 2\%$, $\pm 5\%$, $\pm 10\%$ and $\pm 20\%$ (subject to minimum tolerance $\pm 1 \mu\mu\text{F}$) (RIC/137). The average temperature coefficient is $+25 \times 10^{-4}$ per $^\circ\text{C}$, with limits from $+5 \times 10^{-4}$ to $+50 \times 10^{-4}$ per $^\circ\text{C}$ (U.I.C.).

Standard Specifications—Chapter 38 Sect. 3(v).

ผนวก ฉ.

คุณสมบัติของ Semi Conductors บางชนิด

PROPERTIES OF IMPORTANT SEMICONDUCTORS

Element	Semiconductor	Band Gap (eV)		Mobility at 300°K (cm ² /volt sec) [†]		Band Structure‡	Effective Mass§ m*/m ₀		Dielectric Constant
		300°K	0°K	Electrons	Holes		Electrons	Holes	
Element	C (Diamond II)	5.47	5.51	1800	1600	Si	0.2	0.25	5.5
	Ge	0.66	0.75	3900	1900	Ge	m _l [*] = 1.6 m _t [*] = 0.082	m _{lh} [*] = 0.04 m _{hh} [*] = 0.3	16
	Si	1.12	1.16	1500	600	Si	m _l [*] = 0.97 m _t [*] = 0.19	m _{lh} [*] = 0.16 m _{hh} [*] = 0.5	11.8
	Grey Tin		~0.08			GaAs			
IV-IV	α-SiC	3	3.1	400	50	Si	0.6	1.0	10
III-V	AlSb	1.63	1.75	200	429	GaAs	0.3	0.4	11
	BN (Zincblende)	~7.5				Si			
	BP	6							
	GaN	3.5							
	GaSb	0.67	0.80	4000	1400	GaAs	0.047	0.5	15
	GaAs	1.43	1.52	8500	400	GaAs	0.068	0.5	10.9
	GaP	2.24	2.40	110	75	Si	0.5	0.5	10
	InSb	0.16	0.1	78000	750	GaAs	0.013	0.6	17
	InAs	0.33	0.46	33000	460	GaAs	0.02	0.41	14.5
InP	1.29	1.34	4600	150	GaAs	0.07	0.4	14	
II-VI	CdS (Wurtzite)	2.42	2.56	300	50	GaAs	0.17	0.6	10
	CdSe	1.7	1.85	800		GaAs	0.13	0.45	10
	ZnO	3.2		200		GaAs	0.27		9
	ZnS	3.6	3.7	165		GaAs	1.1		8
IV-VI	PbS	0.41	0.34	600	700	Ge	0.66	0.5	17
	PbTe	0.32	0.24	6000	4000	Ge	0.22	0.29	30

† The values are for drift mobilities obtained in the purest and most perfect materials available to date.

‡ Ge, Si, and GaAs designate Ge-like, Si-like, and GaAs-like band structure respectively.

§ m_l^{*} = longitudinal effective mass; m_t^{*} = transverse effective mass; m_{lh}^{*} = light hole effective mass; m_{hh}^{*} = heavy hole effective mass.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved