

## ภาคผนวก ก

การคำนวณส่วนประกอบของ Apatite Wollastonite ( AW ) glass ceramic 15 กรัม

Compounds	SiO <sub>2</sub>	CaO	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	MgO	CaF <sub>2</sub>
Composition (wt%)	34.2	44.9	16.3	4.6	0.5
Composition (mol%)	35.4579	49.8816	7.1526	7.1090	0.3987

ถ้าต้องการ AW จำนวน 15 g จะต้องมีส่วนประกอบ ดังนี้

Compounds	น้ำหนัก (g)	
	Batch AW 10 g	Batch AW 15 g
SiO <sub>2</sub>	3.4029	5.1044
CaO	4.4677	6.7012
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	1.6218	2.4327
MgO	0.4577	0.6866
CaF <sub>2</sub>	0.0498	0.0747

1. วิธีคำนวณหา SiO<sub>2</sub>



ซึ่งส่วนประกอบมี ค่า MW ดังนี้

Compounds	MW ( g/mol )
Si(OC <sub>2</sub> H <sub>5</sub> ) <sub>4</sub>	208.30
2H <sub>2</sub> O	36.00
SiO <sub>2</sub>	60.09
4C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> OH	184.28

จาก SiO<sub>2</sub> 60.09 g มี TEOS อยู่ 208.33 g

ถ้า SiO<sub>2</sub> 5.1044 g จะมี TEOS เป็น  $\frac{208.33 \times 5.1044}{60.09} \text{ g} = 17.6978 \text{ g}$

จาก  $D = \frac{M}{V}$  เมื่อ TEOS มีค่า ความหนาแน่น (D) = 0.933 g/ml และมี 98 % w/w

$$\begin{aligned} \text{ดังนั้น ปริมาณ(V) ของ TEOS} &= \frac{M}{D} \\ &= \frac{17.6978}{0.933} = 18.9676 \text{ ml} \end{aligned}$$

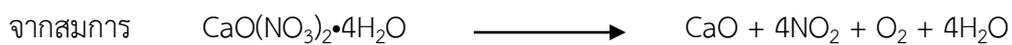
ถ้าต้องการ TEOS จำนวน 18.9676 ml

จาก TEOS 98 ml ในสารละลาย 100 ml

จะได้ TEOS 18.9676 ml ในสารละลายเป็น  $\frac{100 \times 18.9676}{98} = 19.3558 \text{ ml}$

∴ ต้องใช้ TEOS เป็นจำนวน 19.3558 ml .....#

## 2. วิธีคำนวณหา CaO



ซึ่งส่วนประกอบมี ค่า MW ดังนี้

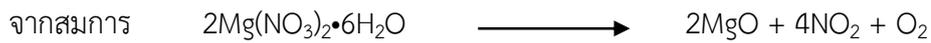
Compounds	MW ( g/mol )
$\text{CaO}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	236.150
$4\text{H}_2\text{O}$	72.000
$\text{CaO}$	56.077
$4\text{NO}_2$	76.073
$\text{O}_2$	32.000

จาก  $\text{CaO}$  56.077 g มี  $\text{CaO}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  อยู่ 236.15 g

ถ้า  $\text{CaO}$  6.7016 g จะมี  $\text{CaO}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  เป็น  $\frac{236.15 \times 6.7016}{56.077} = 28.2216 \text{ g}$

∴ ต้องใช้  $\text{CaO}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  เป็นจำนวน 28.2216 g .....#

### 3. วิธีคำนวณหา $\text{MgO}$



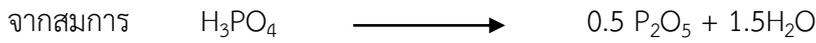
ซึ่งส่วนประกอบมี ค่า MW ดังนี้

Compounds	MW ( g/mol )
$2\text{Mg}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	256.3000
$2\text{MgO}$	49.3044
$4\text{NO}_2$	76.0730
$\text{O}_2$	32.0000

จาก  $\text{MgO}$  49.3044 g มี  $2\text{Mg}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  อยู่ 256.30 g

ถ้า  $\text{MgO}$  0.6866 g จะมี  $2\text{Mg}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  เป็น  $\frac{256.30 \times 0.6866}{49.3044} = 4.3680 \text{ g}$

∴ ต้องใช้  $2\text{Mg}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  เป็นจำนวน 4.3680 g .....#

4. วิธีคำนวณหา P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>เตรียม P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 16.3 % จาก H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>

ซึ่งส่วนประกอบมี ค่า MW ดังนี้

Compounds	MW ( g/mol )
H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	98.00000
0.5 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	70.97225
1.5H <sub>2</sub> O	27.00000

จาก P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 70.97225 g มี H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> อยู่ 98.00 gถ้า P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 2.4327 g จะมี H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> เป็น  $\frac{98.00 \times 2.4327}{70.9722} = 3.3591 \text{ g}$ เมื่อ H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> มีค่า ความหนาแน่น (D) = 1.69 g/ml และมี 85 % w/wดังนั้น H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> 85 g ในสารละลาย 100 gถ้า H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> 3.3591 g ดังนั้น จึงมีสารละลายเป็น  $\frac{100 \times 3.3591}{85} = 3.9519 \text{ g}$ จาก  $D = \frac{M}{V}$  ใช้หาปริมาตรของสารจะได้ว่า  $V = \frac{M}{D}$ ดังนั้น ปริมาตร(V)ของ H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> =  $\frac{3.9519}{1.69} = 2.34 \text{ ml}$ ∴ ต้องใช้ H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> เป็นจำนวน 2.34 ml .....#

## 5. วิธีคำนวณหา Methanol

จาก TEOS 32.39 ml ใช้ Methanol 15 ml

ถ้า TEOS 19.347 ml จะต้องใช้ Methanol เป็น  $\frac{15 \times 19.347}{32.39} = 8.9597 \text{ ml} \approx 9 \text{ ml}$

∴ ต้องใช้ Methanol จำนวน 9 ml .....#

6. วิธีคำนวณหา น้ำ DI

จาก  $\text{CaO}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  48.3 g ใช้ น้ำ DI 32 ml

ถ้า  $\text{CaO}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  28.347 ml ต้องใช้ น้ำ DI เป็น  $\frac{32 \times 28.347}{48.3} = 18.78 \text{ ml}$

∴ ต้องใช้ น้ำ DI จำนวน 18.8 ml .....#

7. วิธีคำนวณหา น้ำ DI

จาก  $2\text{Mg}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  7.39 g น้ำ DI 7 ml

ถ้า  $2\text{Mg}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  4.3677 g ต้องใช้ น้ำ DI เป็น  $\frac{7 \times 4.3677}{7.39} = 4.1372 \text{ ml}$

∴ ต้องใช้ น้ำ DI จำนวน 4.1 ml .....#

8. วิธีคำนวณหา HCl

จาก AW glass 25 g ใช้ HCl 5 ml

ถ้า AW glass 15 g ต้องใช้ HCl เป็น  $\frac{5 \times 15}{25} = 3 \text{ ml}$

∴ ต้องใช้ HCl จำนวน 3 ml .....#

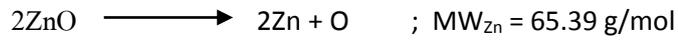
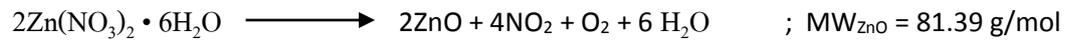
การคำนวณปริมาณ 1 mole% และ 5 mole% ของซิงค์ (Zn) ที่ใช้เจือใน AW 15 กรัม

Composition of AW glass ceramic

Compounds	SiO <sub>2</sub>	CaO	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	MgO	CaF <sub>2</sub>
Composition (wt%)	34.2	44.9	16.3	4.6	0.5
Composition (mol%)	35.4579	49.8816	7.1526	7.1090	0.3987

## AW Doped Zn 1 mole%

จาก Zinc Nitrate ( $2\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) ซึ่งมี MW = 297.47 g/mol



Zn 1 mole% = 0.01 mole

$m$  (มวลเป็นกรัม) =  $n$  (จำนวนโมล)  $\times$  MW (มวลโมเลกุล)

$$= 0.01 \text{ mole} \times 65.39 \text{ g/mol}$$

$$= 0.6539 \text{ g}$$

ถ้า AW 100.5 g มี Zn 0.6539 g

ดังนั้น AW 15 g มี Zn  $\frac{0.6539\text{g} \times 15\text{g}}{100.5\text{g}} = 0.0976 \text{ g}$

ถ้า Zn 65.39 g มี ZnO 81.39 g

ดังนั้น Zn 0.0976 g มี ZnO  $\frac{81.39\text{g} \times 0.0976\text{g}}{65.39\text{g}} = 0.1215 \text{ g}$

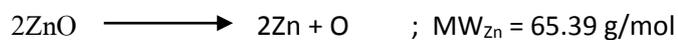
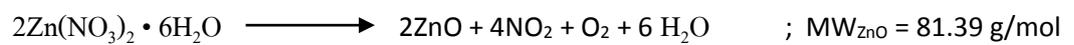
ถ้า ZnO 81.39 g มี  $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  297.47 g

ดังนั้น ZnO 0.1215 g มี  $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$   $\frac{297.47\text{g} \times 0.1215\text{g}}{81.39\text{g}} = 0.4441 \text{ g}$

ดังนั้น การ Dope Zn 1 mole% ต้องใช้ Zinc Nitrate ( $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) เท่ากับ 0.4441 กรัม

## AW Doped Zn 5 mole%

จาก Zinc Nitrate ( $2\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) ซึ่งมี MW = 297.47 g/mol



$$\text{Zn 5 mole\%} = 0.05 \text{ mole}$$

$$m \text{ (มวลเป็นกรัม)} = n \text{ (จำนวนโมล)} \times MW \text{ (มวลโมเลกุล)}$$

$$= 0.05 \text{ mole} \times 65.39 \text{ g/mol}$$

$$= 3.2695 \text{ g}$$

ถ้า	AW	100.5 g	มี	Zn	3.2695 g
-----	----	---------	----	----	----------

ดังนั้น	AW	15 g	มี	Zn	$\frac{3.2695\text{g} \times 15\text{g}}{100.5\text{g}}$	=	0.4879 g
---------	----	------	----	----	--	---	----------

ถ้า	Zn	65.39 g	มี	ZnO	81.39 g
-----	----	---------	----	-----	---------

ดังนั้น	Zn	0.4879 g	มี	ZnO	$\frac{81.39\text{g} \times 0.4879\text{g}}{65.39\text{g}}$	=	0.6073 g
---------	----	----------	----	-----	---	---	----------

ถ้า	ZnO	81.39 g	มี	Zn(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> • 6H <sub>2</sub> O	297.47 g
-----	-----	---------	----	---	----------

ดังนั้น	ZnO	0.6073 g	มี	2Zn(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> • 6H <sub>2</sub> O	$\frac{297.47\text{g} \times 0.6073\text{g}}{81.39\text{g}}$	=	2.2199 g
---------	-----	----------	----	--	--	---	----------

ดังนั้น การ Dope Zn 5 mole% ต้องใช้ Zinc Nitrate (2Zn(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> • 6H<sub>2</sub>O) เท่ากับ 2.2199 กรัม

**ภาคผนวก ข****บทความที่ตีพิมพ์เผยแพร่**

1. Sirirat T. Rattanachan, Nuan La-ong Srakaew, Ratiya Pethnin and Nitinat Suppakarn, Effect of Zn Addition on Sol-gel Derived Apatite/Wollastonite Glass-Ceramics Scaffolds, J. Metals, Materials and Minerals (2012), Vol. 22(2), pp. 61-65.