Ceramics

เป็นวัสดุอนินทรีย์ (Inorganic) และอโลหะ (nonmetallic) ซึ่งประกอบด้วยธาตุที่เป็นโลหะ + อโลหะมาเกิดพันธะกัน (พันธะ ionic และ / หรือ covalent)

คุณสมบัติโดยทั่วไปของเซรามิกส์

- แข็ง
- เปราะ
- good electrical + thermal resistance (ยกเว้น SiC, AIN $\longrightarrow$ นำความร้อนได้ดี FeO , ZnO $\longrightarrow$ Semi – conductor)

Simple Ceramic Crystal Structure

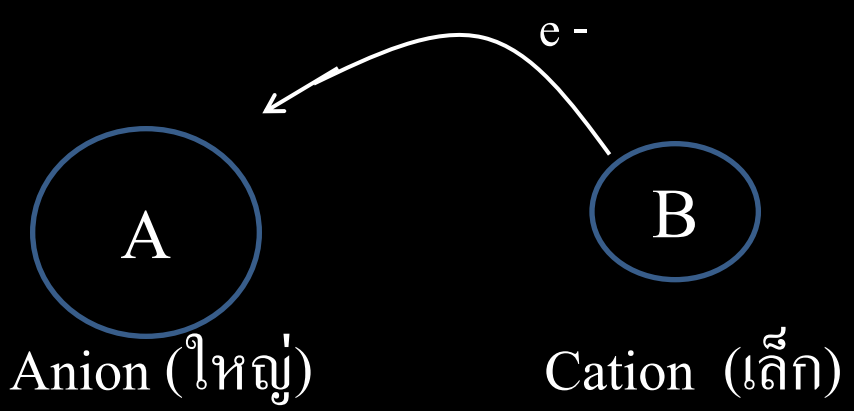
มีความเป็น ionic และ covalent อยู่ในตัวเดียวกัน

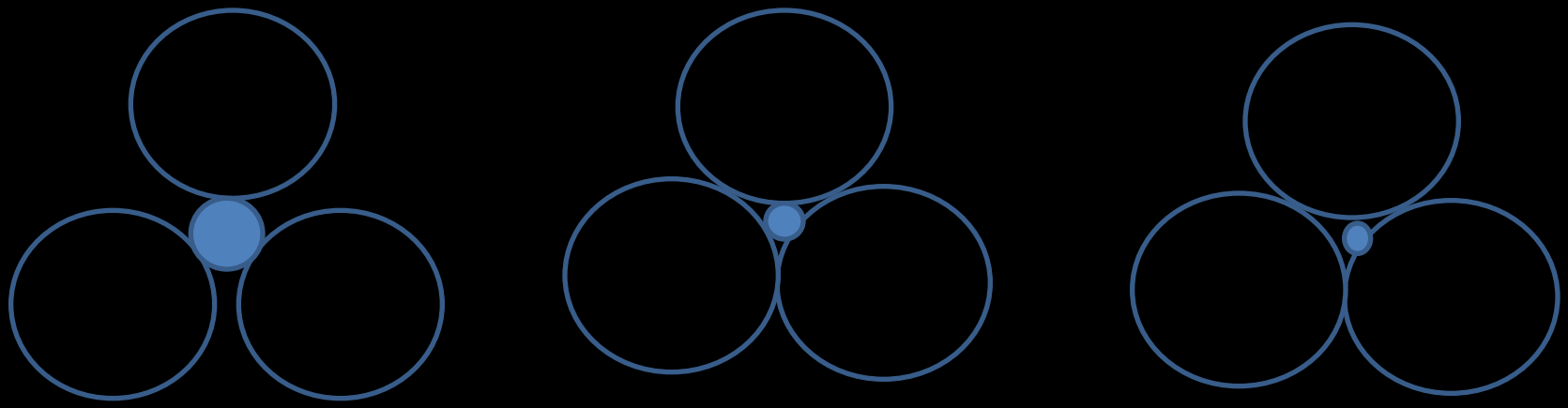
Pauling ′s Equation :

$$\% \text{ ionic} = \{ 1 - e^{-\frac{1}{4}(X_A - X_B)^2} \} \times 100\ \%$$

$X_A \equiv$ ค่า EN. ของ A

$X_B \equiv$ ค่า EN. ของ B





Critical radius ratio

CN = 3 $\frac{r}{R} \sim 0.15$

CN = 4 $\frac{r}{R} \sim 0.225$

Radius ratio

$$\frac{R_{cation}}{R_{anion}} \quad \text{หรือ} \quad \frac{r}{R}$$

ปกติ cation จะมี anion ตั้งแต่ 1 ตัวขึ้นไปมาล้อมรอบจำนวนของ anion ที่มาล้อมรอบ cation เรียกว่า “coordination number” (CN)

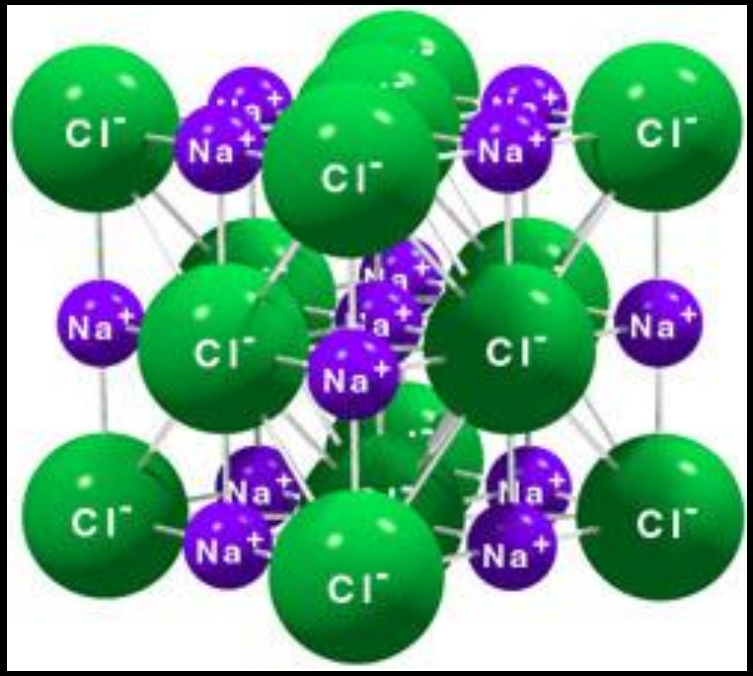
Critical radius ratio : ค่า $\frac{r}{R}$ ที่ต่ำที่สุดที่โมเลกุลของ ceramics นั้นยังสามารถ stable อยู่ได้

ตัวอย่าง จงทำนายค่า CN ของวัสดุต่อไปนี้ CsCl และ NaCl ,

รัศมี atom ของ Cs+ = 0.170 nm

รัศมี atom ของ Na+ = 0.102 nm

รัศมี atom ของ Cl- = 0.181 nm


Cl⁻
Na⁺

Perovskite Structure

$BaTiO_3$ - barium titanate

$SrTiO_3$ - strontium titanate

ใช้เป็นอุปกรณ์ piezoelectric เช่น transducer

Corundum Structure (HCP)

Al_2O_3 , Cr_2O_3 , Fe_2O_3

มีความแข็งสูงมาก เช่น หินขัด Al_2O_3 + Fe_2O_3

Spinel Structure

AB_2O_4 ≡ A ธาตุหมู่ 2
B ธาตุหมู่ 3
O = Oxygen

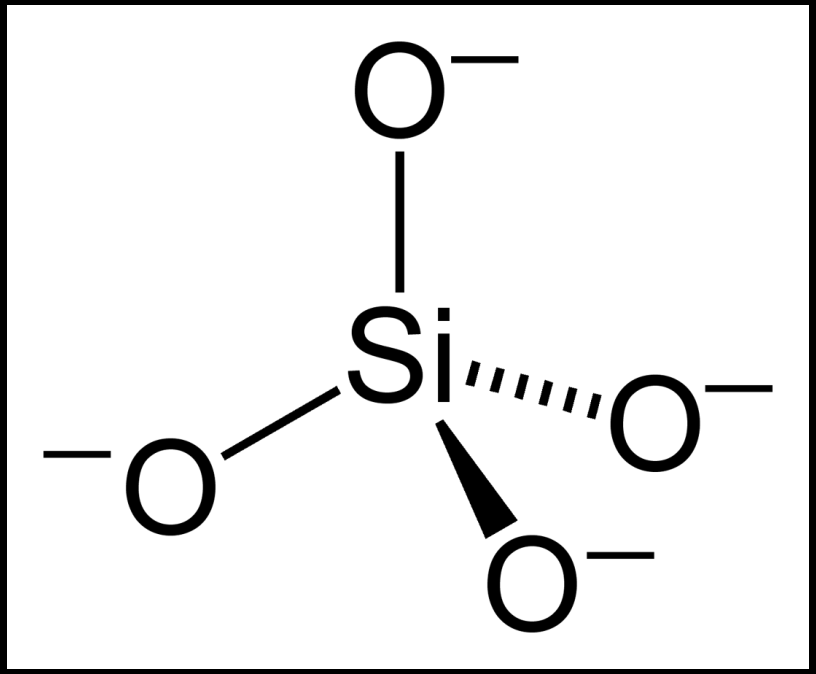
interstitial site

เช่น $MgAl_3O_4$

มีคุณสมบัติเป็น magnetic ceramis

Silicate Structure

โครงสร้างพื้นฐานของ silicate ประกอบด้วยธาตุ Si และ O (SiO_4^{4-})



Silicate Structure

Island silicate

เป็น silicate ที่อยู่อย่างอิสระในแต่ละโมเลกุลของมันเอง เช่น Mg_2SiO_4

Chain or Ring structure

เป็น silicate ที่ Oxygen 2 atoms ในระนาบเดียวกันถูกใช้ร่วมกัน จึงทำให้เกิดการจับต่อกันไปเป็นโซ่ยาว หรือ ถ้า silicate โมเลกุลสุดท้ายมาจับกับโมเลกุลแรกก็จะเกิดโครงสร้างเป็นแบบวงแหวน

Sheet structure ⟶ “Clay”

เป็น silicate ที่ Oxygen 3 atoms ในระนาบเดียวกันถูกใช้ร่วมกัน จึงทำให้มีโครงสร้างเหมือนกับเป็นแผ่น silicate ที่ผิวด้านหนึ่งเต็มไปด้วย ประจุ - ที่เกิดจากประจุ - บน Oxygen ที่เหลืออยู่อีก 1 โมเลกุล

Network structure ⟶ “Silica”

เป็น silicate ที่ Oxygen ทั้ง 4 atoms ถูกใช้ร่วมกันกับ silicate โมเลกุลอื่น จึงทำให้มีโครงสร้างเป็นเหมือนกับโครงร่างตาข่าย 3 มิติ

Processing of Ceramics

1. Materials Preparation :

raw materials ก็คือ Particles หรือ powder ของ ceramics และอาจจะมีการเติม Processing aid เช่น lubricants , flux (binder) ลงไปด้วย

วิธีการเตรียม

- Dry method : powder + processing aid
- Wet method : powder + processing aid + น้ำ ⟶ “paste”

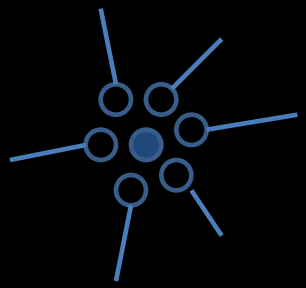
2. Forming (การขึ้นรูป)

- Pressing : hot or cold pressing
- Isostatic Pressing : ให้ pressure เท่ากันในทุกๆ จุด
- Slip Casting : มีการใช้ stabilizer ช่วยให้ ceramic powder กระจายตัวใน media ได้

hydrophobic head

hydrophilic tail

Stabilizer



Ceramic powder (hydrophobic)

Micelle (Slip)

เท slip ที่เตรียมได้ลงในแบบพิมพ์ที่มีรูพรุน ซึ่งมักจะใช้ปูนพลาสเตอร์ เพราะดูดซึมน้ำออกจาก slip ได้ดีทำให้ ceramic powder เกิดการเกาะตัวขึ้นที่ผนังของแบบพิมพ์ โดยอาจจะหล่อเป็นแบบ solid cast หรือ Drain cast ก็ได้

- Extrusion (ดัน, อัดรีด)

จะใช้กับ raw materials ที่ผ่านการเตรียมแบบ wet method โดยจะนำ paste ใส่ลงใน extruder ลักษณะของชิ้นงานก็จะขึ้นอยู่กับ Profile ของหัว Die

Thermal Treatment

1. Drying : ใช้ T. < 100 °c เพื่อ remove เอาน้ำออก ทำให้อนุภาคเกิดการ pack กันดียิ่งขึ้น

2. Sintering : ใช้ความร้อนเพื่อให้เกิด solid state diffusion ดังนั้น Temp. ที่ใช้จะต้องไม่สูงจนเกิน melting แต่ต้องสูงพอที่จะเกิด diffusion ได้ และเวลาที่ใช้ sintering จะต้องเพียงพอที่จะได้ diffusion เกิดขึ้นได้ถึงปริมาณที่เหมาะสม

3. Vitrification : กรณีมีการเติม flux ลงไป ซึ่ง flux จะสะลายตัวได้ง่าย ทำให้เกิดเป็นช่องว่าง (void) ในเนื้อของเซรามิกส์ หรือกรณีเติม binder ซึ่งเป็นวัสดุที่มีจุดหลอมเหลวต่ำกว่าเซรามิกส์ ก็จะการหลอมละลายไปเติมช่องว่างในเนื้อชิ้นงาน

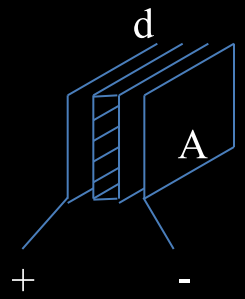
ประเภทของ ceramics

1. Traditional Ceramics (ใช้งานทั่วไป) จะมีส่วนผสมดังนี้ .....

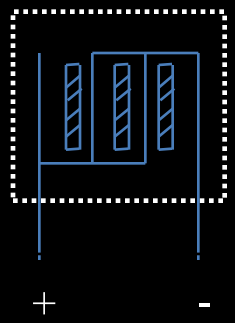
- Clay Sheet ⟶ เป็น base materials (60 – 70 %)
- Silica ⟶ เป็นตัวที่ให้ความแข็งแรง (10 – 20 %)
- Feldspar [K_2 O. Al_2 O_3. 6SiO_2] (10 – 30 %) ทำหน้าที่เป็น binder

Formular (dieletric)

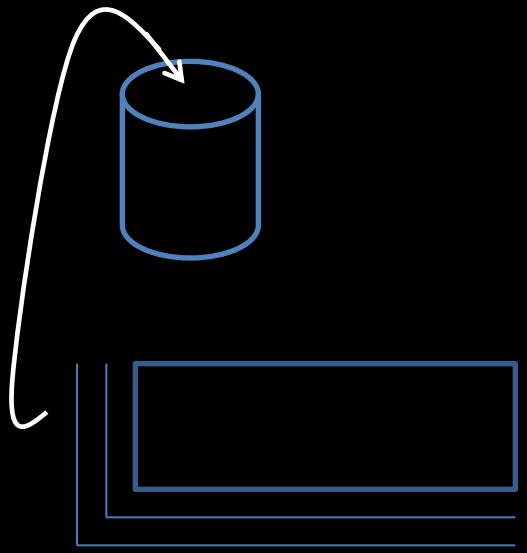
	k
$BaTiO_3 + CaTiO_3 + Bi_2Sn_3O_9$	325
$BaTiO_3 + CaZrO_3 + Nb_2O_5$	2100
$BaTiO_3 + CaZrO_3 + BaZrO_3$	6500

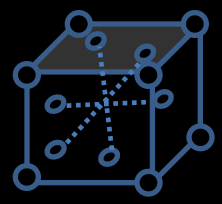


$$C \propto \frac{A}{d}$$



multilayers





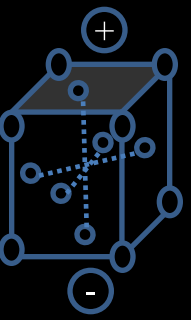
h_1

high Temp.

Cooling

120 °c

Curie s Temp.



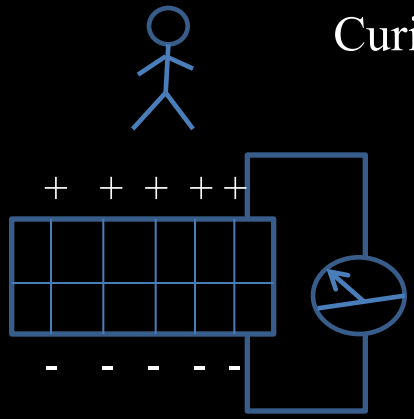
h_2

"distorsion"

$h_2 > h_1$

ยิ่ง distorsion มาก

ค่า V ยิ่งสูง !



Piezoelectric ceramics

Perssure

2. Engineering Ceramics มักจะมีองค์ประกอบน้อยตัว เช่น

- Al_2O_3 (alumina) : ฉนวนความร้อน , ฉนวนไฟฟ้า
- Si_3N_4 : เป็นส่วนประกอบใน gasturbine engine

ตัวอย่างของ ceramics ในงานทางวิศวกรรม

Capacitors : dieletric ของ capacitor จะเป็น ceramics เนื่องจากต้องการคุณสมบัติการเป็นฉนวนไฟฟ้าที่ดีมากๆ

Ferroelectric ceramics (Piezoelectric) เช่น $BaTiO_3$ ที่ T. > 120°c (Curie's Temp.) จะสร้างความต่างศักย์ออกมาได้ และเมื่อได้รับแรงกระทำความต่างศักย์ก็จะเปลี่ยนแปลง ดังนั้นจึงสามารถใช้วัดขนาดของแรงกระทำจากความต่างศักย์ที่เปลี่ยนไปได้

Glasses (กระจก , แก้ว)

คุณสมบัติ : - โปร่งใส , เปราะ สาเหตุที่โปร่งใสเนื่องจากแก้วประกอบด้วยโครงสร้างที่ประกอบกันทั้ง sheet structure และ chain + ring structure ทำให้โครงสร้างมีความเป็นระเบียบน้อยจึงเกิดเป็น amorphous structure ทำให้ reflective index ในทุกๆส่วนของเนื้อวัสดุมีค่าใกล้เคียงกัน

ชนิดของ glasses

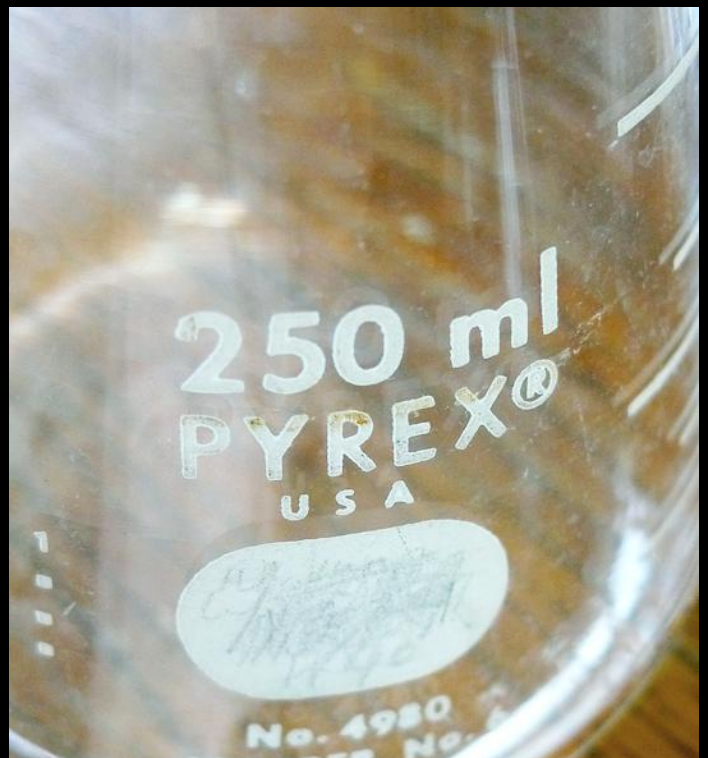
1. Soda – lime Glass มีปริมาณการผลิต 90 % ของ glass ทั้งหมดเป็น Glasses ที่ใช้งานทั่วๆ ไป

องค์ประกอบใน Soda – lime glasses

Silicate + recycle glass	71 - 73 %	
Na_2CO_3 (Soda Ash)	12 - 14 %	lower the melting point
$Ca\ CO_3$ (Lime stone)	10 - 12 %	increase durability
Al_2O_3	ที่เหลือ	

ชนิดของ glasses

2. Borosilicate glasses มีการเติม boric acid $B(OH)_3$ ลงไปเพื่อตัด network structure แล้ว เพื่อลด สปส. ของการขยายตัวเมื่อได้รับความร้อน ดังนั้นแก้วชนิดนี้จึงทนความร้อนได้สูงกว่าแก้วทั่วๆ ไป



Glass Forming

- Sheet + Plate glass : จาก Furnace ก็ดึงออกมาเป็นแผ่นบางๆ (floating process)
- Blowing , Pressing , Casting : ใช้ผลิตแก้วที่มีรูปร่างซับซ้อน โดยต้องอาศัยแบบพิมพ์

Heat Treatment

ที่สำคัญคือ Tempering ≡ กระจกหน้าต่าง , หลังรถยนต์

Molten glass ⟶ Air cooling : ผิวแก้วเกิดการแข็งตัวแต่เนื้อแก้วยังร้อนอยู่

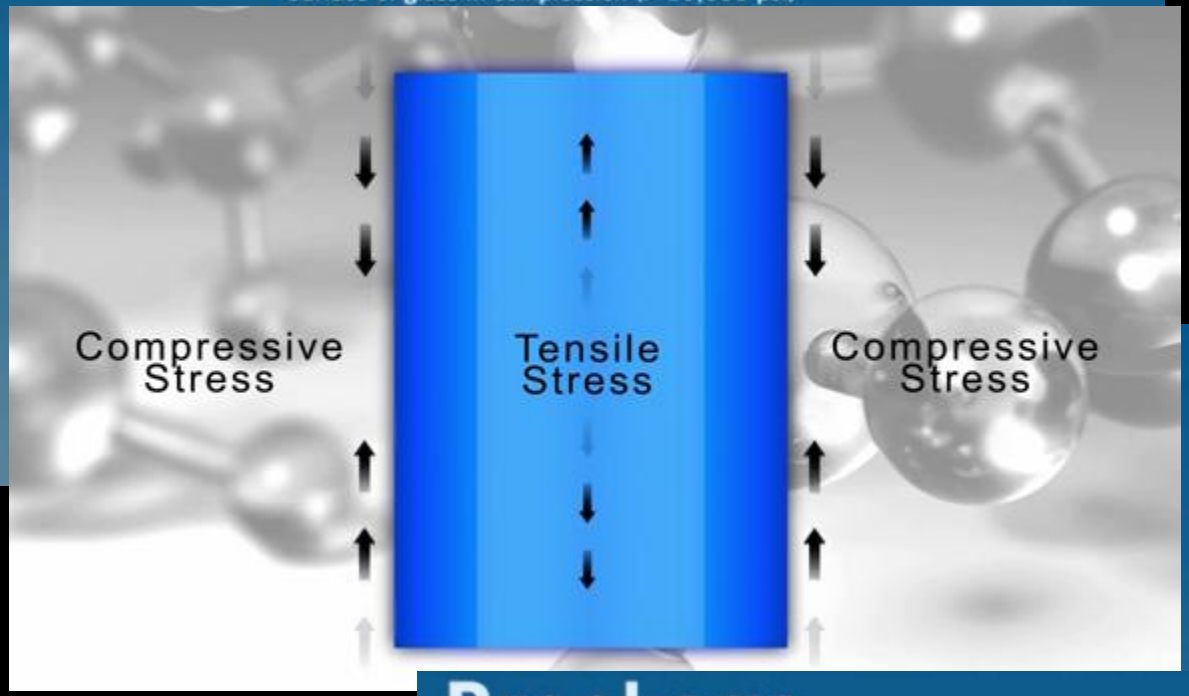
↓

Continuous Coding

เนื้อแก้วภายในแข็งตัว ส่งผลให้ผิวที่แข็งตัวไปแล้วยิ่ง pack กันแน่นขึ้น !
เนื่องจากมีค่า internal stress ในชิ้นงานสูง

TEMPERED GLASS

Surface of glass in compression (> 10,000 psi)



Breakage Characteristics

TEMPERED

This breakage pattern is designed to shatter into countless small, roughly cubical pieces, this qualifies tempered glass as a safety