

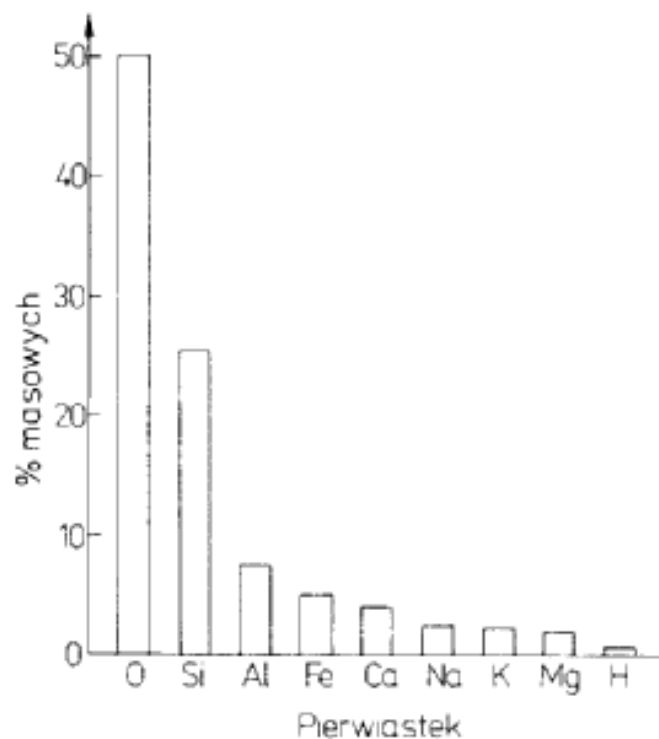
Wykład 11: Ceramiki i szkła

Grzegorz Karwasz

Wg M. Blicharskiego

Ceramiki i szkła

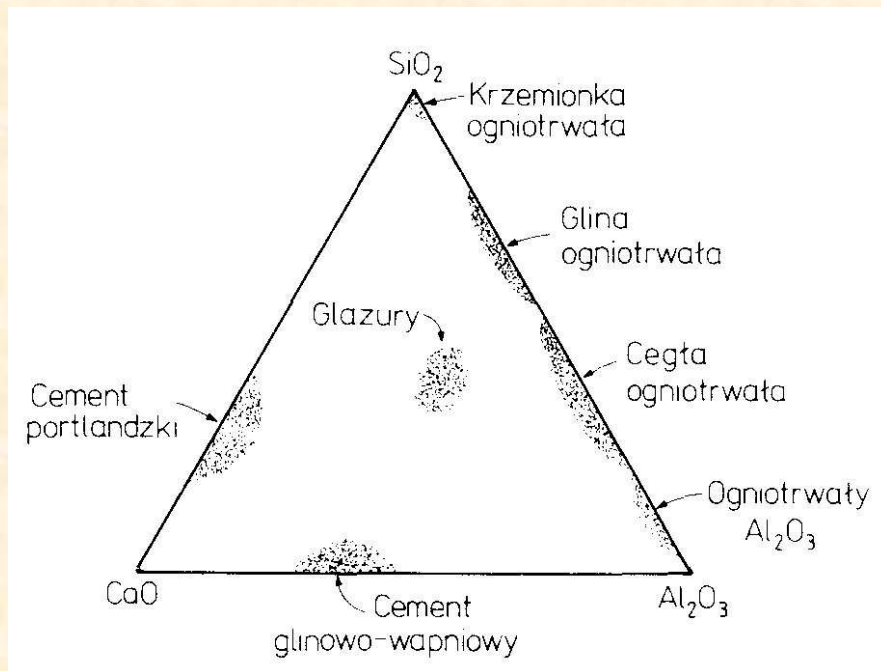
9. MATERIAŁY CERAMICZNE I SZKŁA



Tlen, krzem, i glin,
składniki szkła i ceramik
są najbardziej rozpowszechnionymi
elementami chemicznymi w skorupie
ziemskiej (>75%)

Rozpowszechnienie pierwiastków w skorupie ziemskiej (wagowo)

Minerały i tlenki

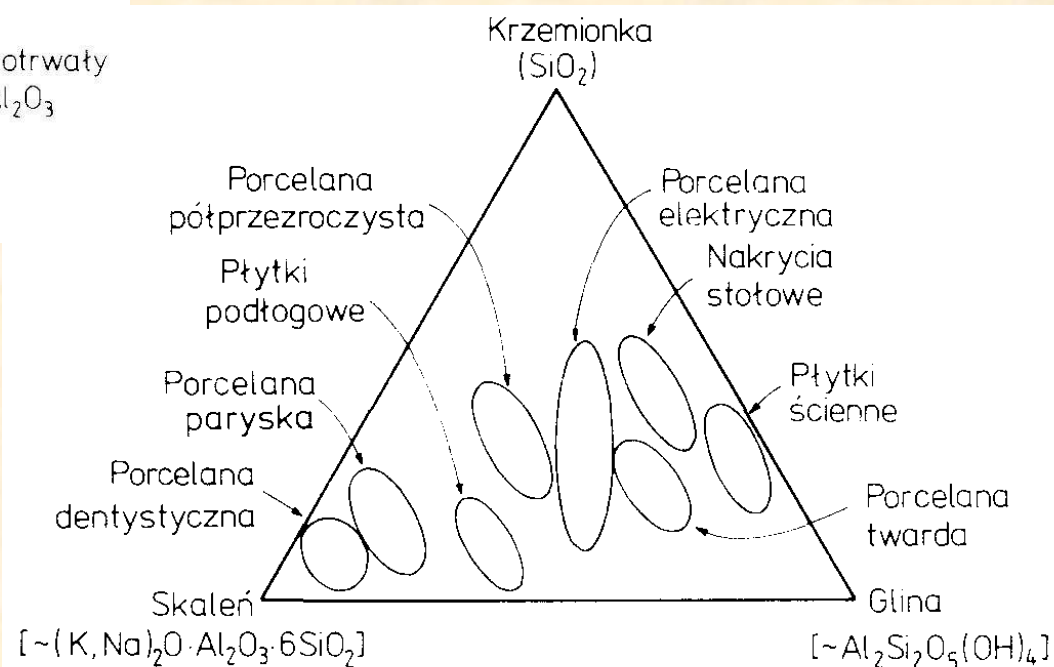


krzemionka SiO_2

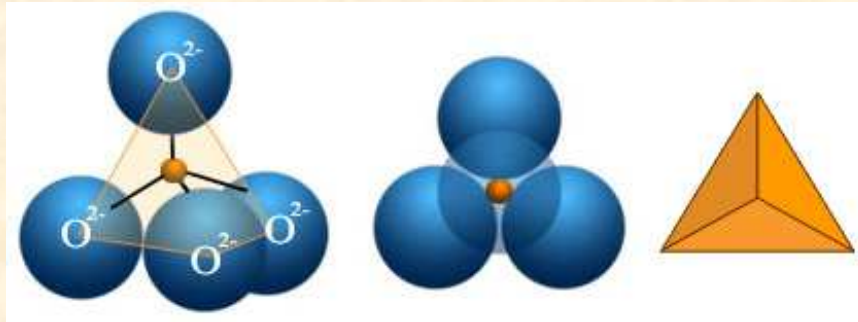
skaleń $(\text{K}, \text{Na})_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$

$\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$

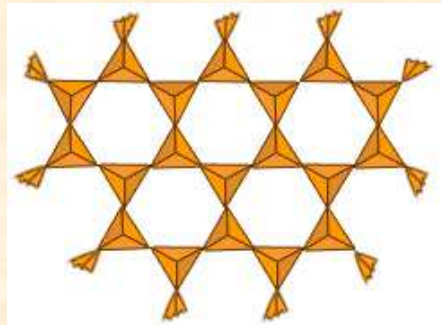
kaolinit $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$



Krzemionka: SiO_2

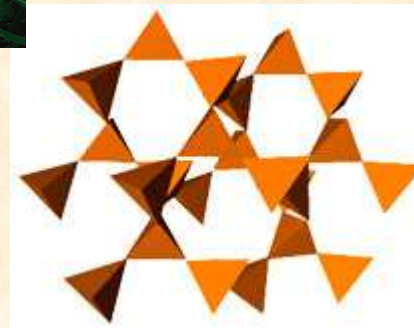


1) Luźne tetrahedry SiO_4^{-2} otoczone Fe^+ , Al^+ itd: granaty



2) Struktura płaska (mika, glina)

3) Struktura przestrzenna (kwarc)

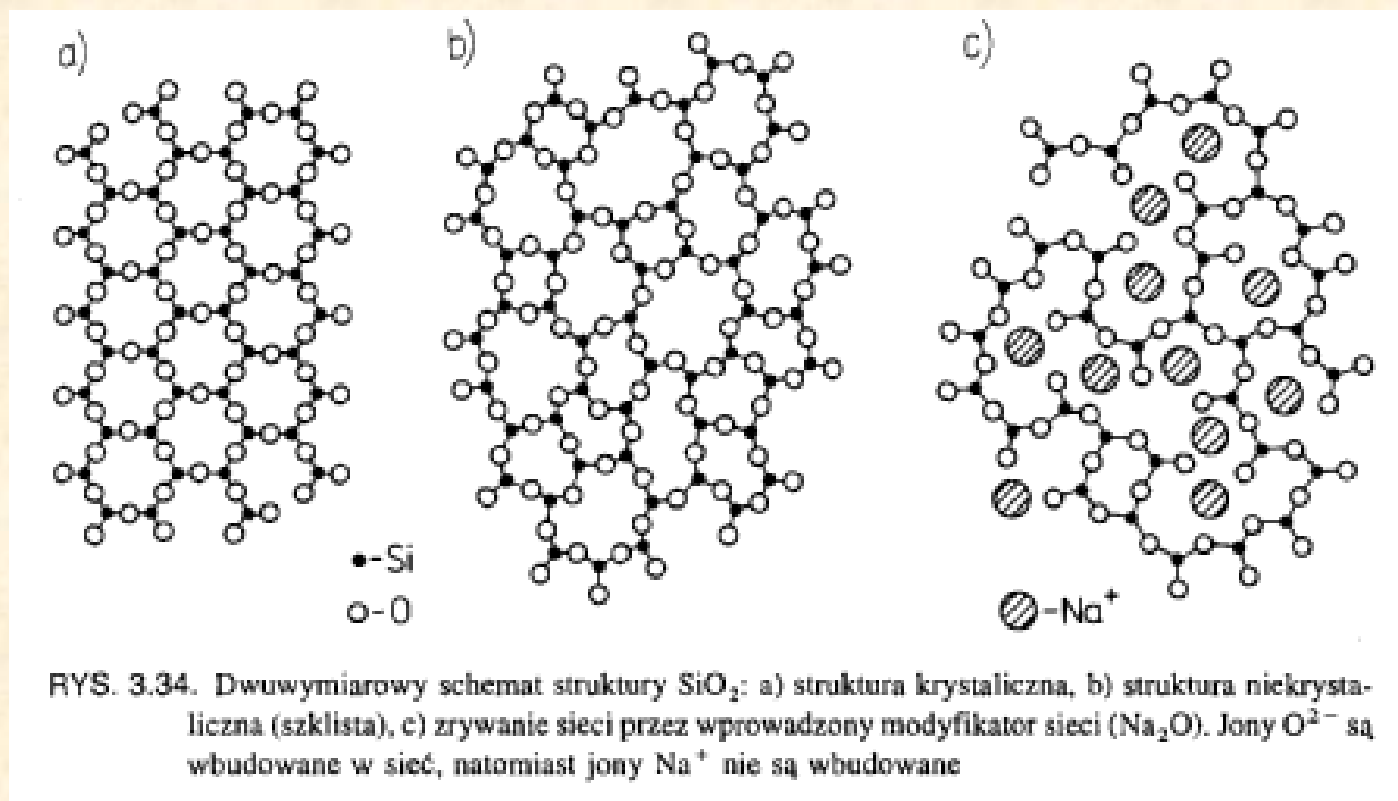


http://www.visionlearning.com/library/module_viewer.php?mid=140

<http://www.pitt.edu/~cejones/GeoImages/1Minerals/1IgneousMineralz/Micas/Muscovite1.JPG>

<http://www.jdavisproductions.com/images/quartz.jpg>

szkła niekryształiczne



Składniki szkła

Rola tlenków w tworzeniu szkła [Blicharski]

Tworzące sieć	Modyfikujące sieć	Stabilizujące sieć
SiO_2	Na_2O	Al_2O_3
B_2O_3	K_2O	ZrO_2
GeO_2	CaO	TiO_2
P_2O_5	MgO	BeO
V_2O_5	BaO	Sb_2O_3
		PbO
		ZnO

Skład szkła (%) - przykłady

Szkło	SiO ₂	ZnO	B ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	Na ₂ O	Al ₂ O ₃	BaO	CaO	PbO
vycor*	96		3		0.4	<1			
pyrex	80-81		12-13		4				
crown Zn	55-65	5-15	kilka			kilka			
crown Ba	31		12			8	48		
Crown	75				9	11			
crown Pb	75	3			16			8	13
ciężki flint	65								35
żelazowe	67			15	18				
włókna opt.	54		8			15		22	
sodowe (okienne)	75				17			8	

*porowatość 28%

Źródło; CRC i M. Blicharski, Wstęp do inżynierii...

Współczynnik załamania światła n

	Długość fali [nm]			
Szkło	361	589	768	2μm
crown cynkowy	1.539	1.517	1.511	1.497
crown dyspersyjny	1.546	1.520	1.517	1.497
lekki flint	1.614	1.575	1.567	1.549
ciężki flint	1.705	1.650	1.638	1.617
najcięższy flint		1.890	1.867	1.832
woda		1.33335 (20°C)		
kalcyt		1.658 (zw.) 1.486 (ndzw) @589		
fluoryt		1.434	1.431	
kwarc		1.553	1.544	

rzymskie szkło butelkowe (niebiesko- zielone)

Table 1.
Sample analyses

	G61 06	G131 25	G36 22	G141 14	G141 31
SiO ₂ /wt%	69.0	69.0	69.4	69.4	67.1
Al ₂ O ₃ /wt%	2.3	2.6	2.3	2.1	2.6
Fe ₂ O ₃ /wt%	0.49	0.64	0.80	0.74	0.33
MgO/wt%	0.49	0.59	0.48	0.47	0.55
CaO/wt%	6.2	6.7	6.3	6.0	9.3
Na ₂ O/wt%	18.2	17.3	17.4	18.2	16.6
K ₂ O/wt%	0.52	0.74	0.54	0.50	0.52
TiO ₂ /wt%	0.08	0.10	0.08	0.08	0.05
P ₂ O ₅ /wt%	0.09	0.12	0.10	0.09	0.08
MnO/wt%	0.35	0.51	0.46	0.37	0.92
SO ₃ /wt%	0.37	0.22	0.36	0.30	0.23
Cl/wt%	1.4	1.1	1.2	1.2	1.6
Sb ₂ O ₃ /wt%	0.37	0.28	0.35	0.43	0.00

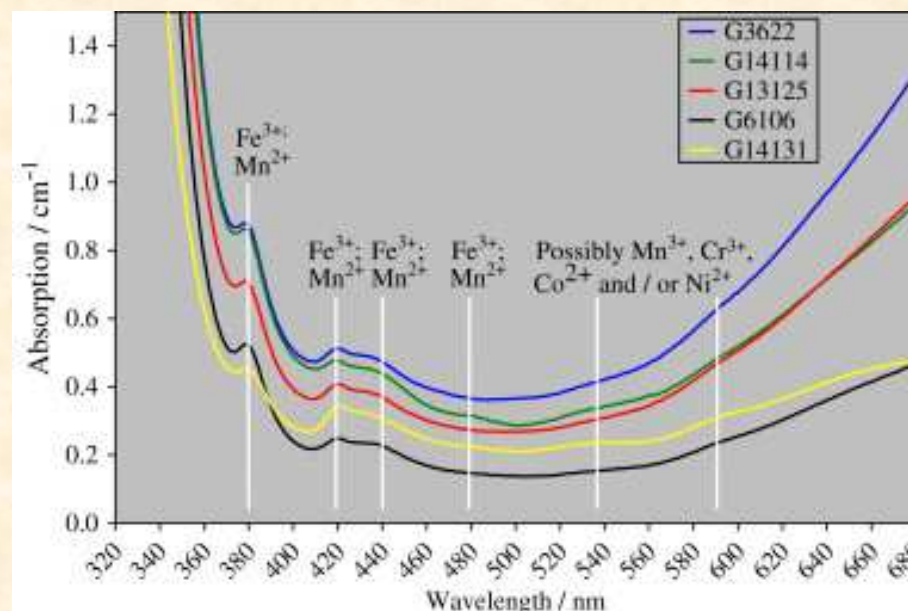


Fig. 3. Reflection-corrected, normalised
visible wavelength optical absorption spectra.

Roman blue-green bottle glass: chemical–optical analysis and high temperature viscosity modelling

P.A. Bingham^a and C.M. Jackson^b

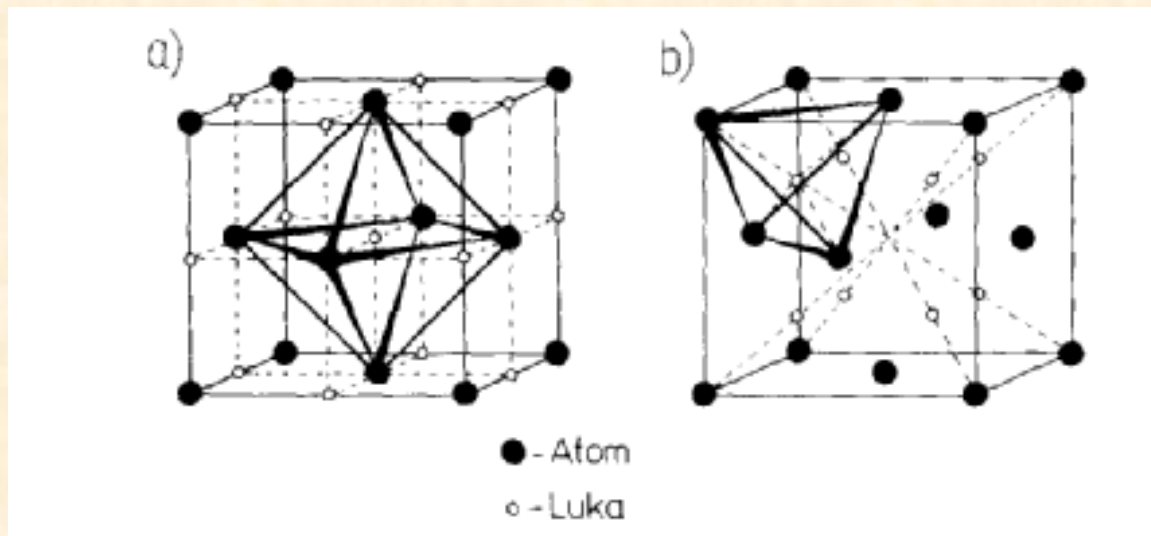
^aDepartment of Engineering Materials, University of Sheffield, Sir Robert Hadfield Building, Mappin Street, Sheffield, South Yorkshire S1 3JD, UK

^bDepartment of Archaeology and Prehistory, University of Sheffield, Northgate House, West Street, Sheffield S1 4ET, UK

[Journal of Archaeological Science](#)

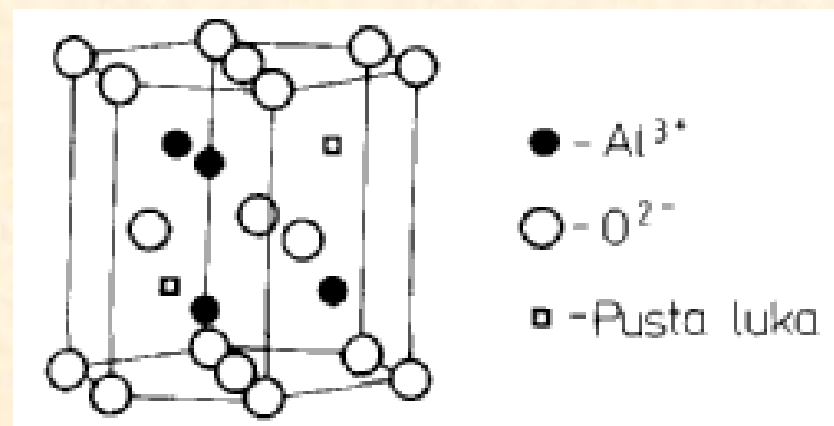
[Volume 35, Issue 2](#), February 2008, Pages 302-309

Struktura krystaliczna: Al_2O_3 (alumina)

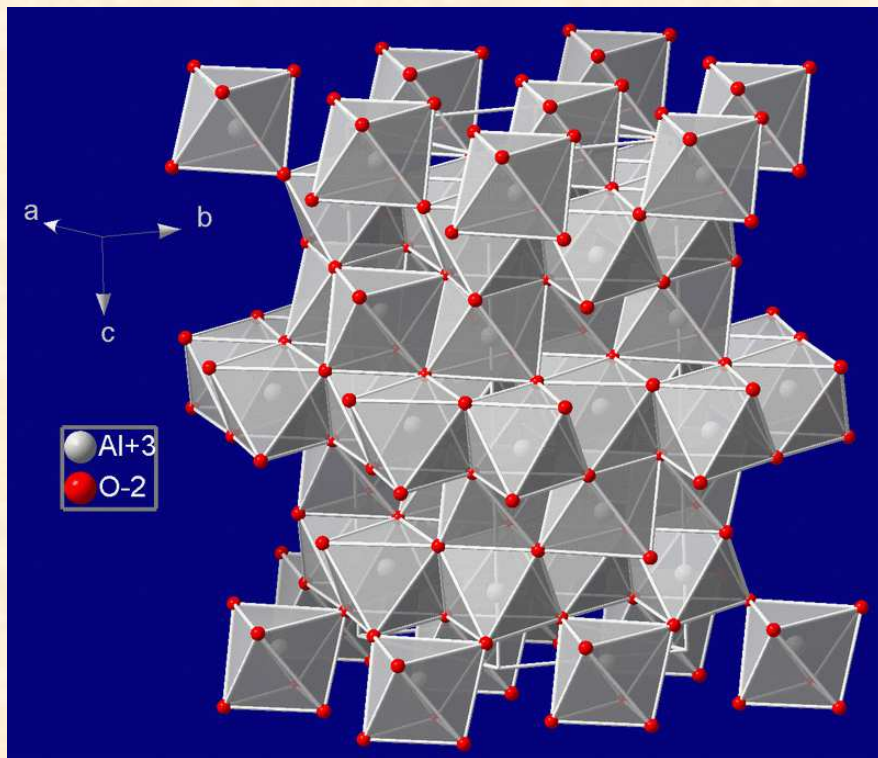


Położenie luk w sieci regularnej ściennie centrowanej
luki oktaedryczne luki tetraedryczne

Struktura Al_2O_3 : heksagonalna jonów O^{2-}
z jonami Al^{3+} w 2/3 luk struktury



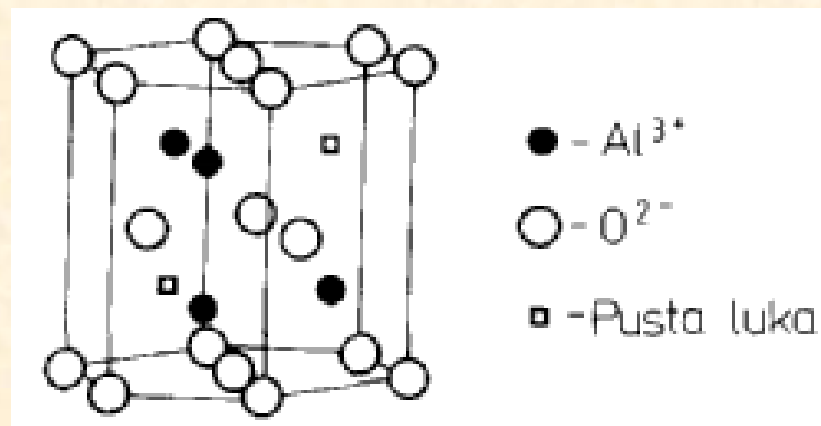
Struktura krystaliczna: Al_2O_3 (alumina)



Struktura Al_2O_3 : heksagonalna jonów O^{2-} z jonami Al^{3+} w 2/3 luk struktury

Twardość Mohsa 9
temp. topnienia 2044°C

<http://en.wikipedia.org/wiki/Corundum>



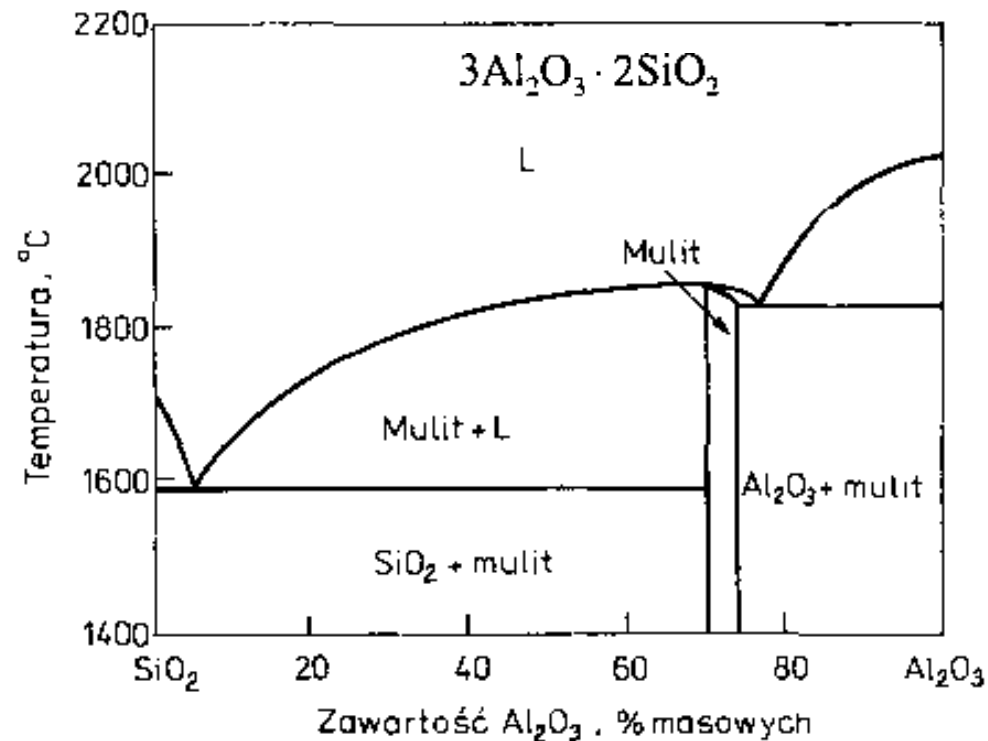
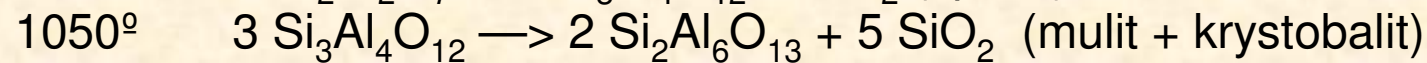
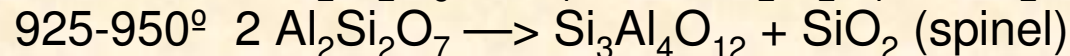
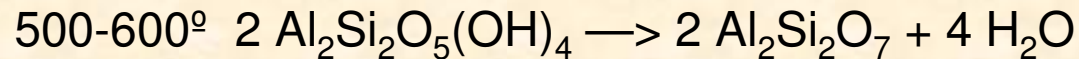
Materiały ogniotrwałe

TABLICA 9.2. Składy typowych materiałów ogniotrwałych

Materiały ogniotrwałe	SiO ₂	Al ₂ O ₃	MgO	Fe ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃
Materiały kwaśne					
krzemionkowe	93–97	–	–	–	–
szamotowe	45–60	28–45	–	–	–
wysokoglinowe	10–45	45–85	–	–	–
Materiały zasadowe					
magnezytowe	0,5–4	–	85–98	–	–
forsterytowe	30–35	–	50–65	7–10	–
Materiały obojętne					
chromitowe	3–13	12–30	10–20	12–25	30–50
chromitowo-magnezytowe	2–6	8–15	40–60	7–13	20–40

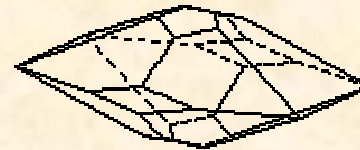
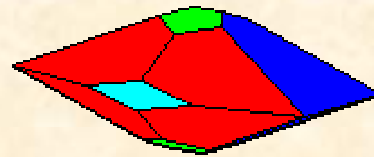
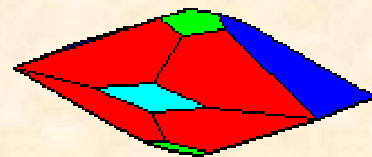
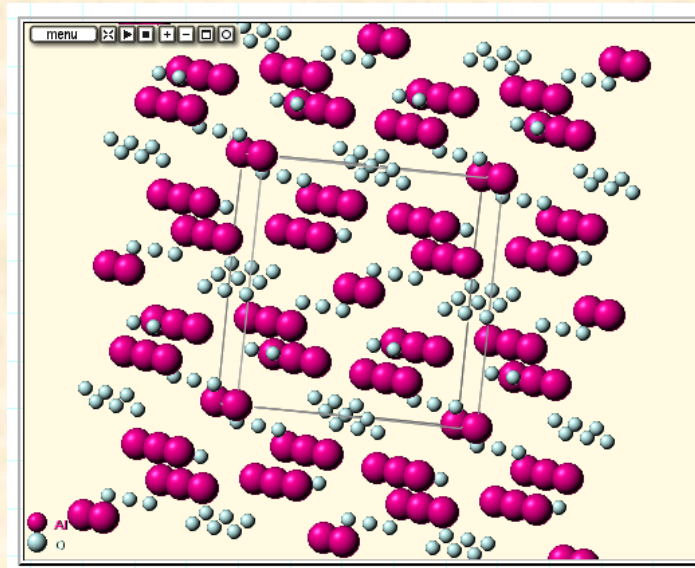
Materiały ogniotrwałe: $\text{Al}_2\text{O}_3\text{:SiO}_2$

Kaolinit $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$ (tj. $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)



RYS. 9.5. Wykres fazowy SiO_2 - Al_2O_3

Mulit



ORTHORHOMBIC
Class = $2/m2/m2/m$
Scale = 1
 $a = 1$
 $b = 1$
 $c = 1$
Scale step=1
Cut step=10
Rotation step=10
[2 1 4]: 76%
[1 0 4]: 73%
[0 2 4]: 75%
[1 0 0]: 30%

Porcelana

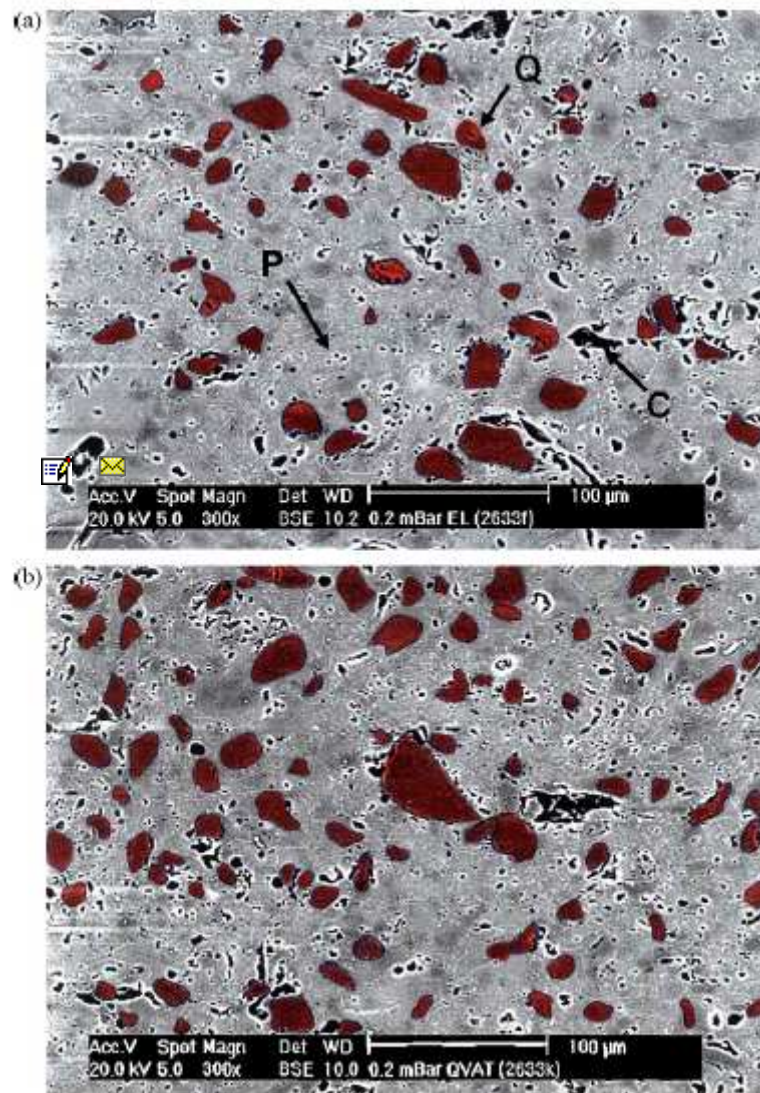


Fig. 9. Microstructural regions quantified by image analysis. (Q) Quartz particles, (P) porosity, (C) chipping. (a) E1 slow cooling and (b) E5 rapid cooling. Magnification 300 $\times$.

Skład:

kaolin $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$ – „

Kao-Lin” *główny składnik = lepiszcze*

glina (kaolin z domieszkami, np. Fe_2O_3)

skaleń (niem. Feldspat, ang. feldspar,

np. ortoklaz $(\text{K}, \text{Na})_2\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$

lub plagioklaz $\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$)

- *topnik*

kwarc SiO_2 zapewnia zeszkliwienie

Influence of macroscopic residual stresses on the mechanical behavior and microstructure of porcelain tile–

[Journal of the European Ceramic Society](#)

[Volume 28, Issue 13](#), September 2008, Pages 2463-2469

Agenor De Noni Jr.^a, Dachamir Hotza^b, Vicente Cantavella Soler^c and Enrique Sanchez Vilches^c

^aInstituto Maximiliano Gaidzinski (IMG), 88845-000 Cocal do Sul, SC, Brazil

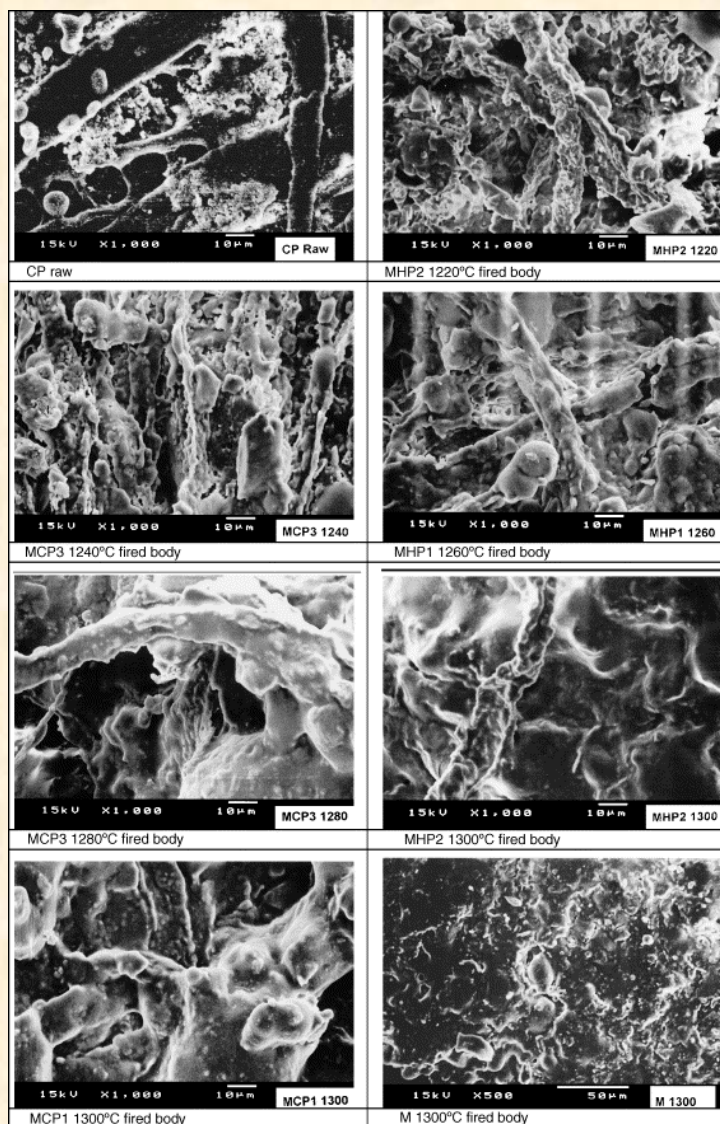
^bUniversidade Federal de Santa Catarina (UFSC), 88040-900 Florianópolis, SC, Brazil

^cInstituto de Tecnología Cerámica (ITC), 12006 Castellón, Spain

W wygrzanej strukturze zwraca uwagę
obecność wytrąceń kwarcu (ciemne)

Porcelana

Wyrzwanie wytwarza włókna
 Al_2O_3 łączące porcelanę w twardą
 strukturę



The characterisation of paper composite
 porcelain in a fired state by XRD and SEM

[Journal of the European Ceramic Society](#)

[Volume 24, Issues 15-16](#), December 2004, Pages 3823-3831

Kim Jeoung-Ah, ,

School of Design and Crafts HDK, Gothenburg University, Box 131, 405
 30, Gothenburg, Sweden

Fig. 5. SEM photomicrographs of the base samples
 surfaces that fired at 1220, 1240, 1260, 1280 and

1300 °C as an elevated temperature.

	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	P ₂ O ₅	Rb ₂ O	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	Loss of ignition	Total
Kaolin	48	36.5	0.68	0.02	0.07	—	—	0.30	0.10	1.55	12.5	99.82
Feldspar	67.2	18.3	0.13	—	0.5	0.14	0.07	< 0.03	5.0	7.7	0.39	< 99.46
Quartz	98.5	0.8	0.025	—	0.4	—	—	0.01	0.2	0.15	0.14	100.225

Własności mechaniczne szkła i porcelany

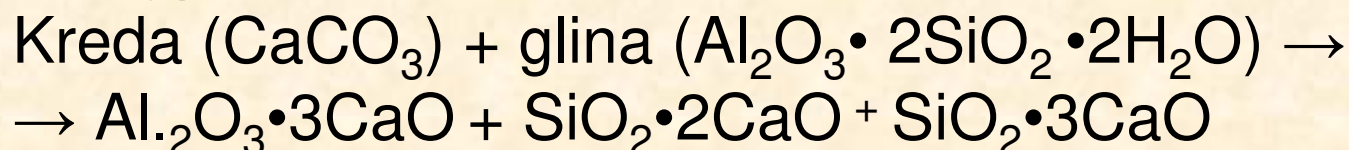
Materiał	Moduł Younga [GPa]	Wytrzymałość na ściskanie [MPa]	Odporność na szok cieplny ΔT [K]
Stal (typowo)	280	480	
Diamant	1050	5000	
Korund (Al_2O_3)	400	2800	
Szkło sodowe	74	1000	85
Pyrex			280
Szkło kwarcowe			2500
Porcelana stołowa	70	350	220

- ceramiki są nieodporne na rozciąganie i zginanie
- ceramiki i szkła wykazują małą rozszerzalność cieplną

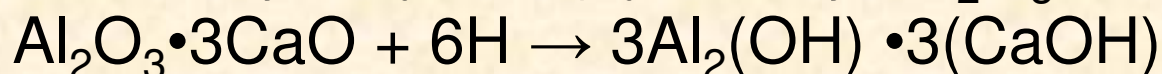
Cement

Cement portlandzki:

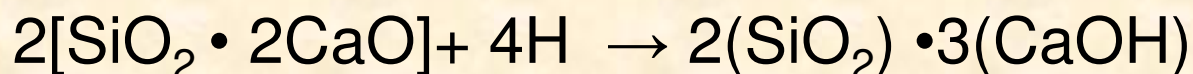
0. Wypalanie



1. Reakcje szybkie (hydratacja $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{CaO}$)



2. Reakcje wolne



„Reakcje chemiczne zachodzące w mieszaniu cementu i wody, ze względu na złożoność, nie zostały w pełni wyjaśnione” [M. Blicharski, str. 388]

Nowoczesne materiały ceramiczne

Al₂O₃: duża odporność mechaniczna, również w wysokich temperaturach (podłoża izolacyjne obwodów scalonych, implanty chirurgiczne)

AlN: izolator elektryczny, dobry przewodnik ciepła (podłoża układów scalonych)

B₄C: twardy i lekki, odporny na ścieranie

SiC: (karborund) elementy grzewcze, materiał ścierny, półprzewodniki o dużej odporności termicznej (duża przerwa energetyczna)

Si₃N₄: pokrycia powierzchni w silnikach samochodowych, lotniczych, turbinach

Sialon j.w. (Si_{6-x}Al_xO_xN_{8-x}) gdzie 0 < x < 6; wysoka temperatura pracy, lekki

ZrO₂ cyrkonia – sensory gazowe, biżuteria (pseudo diament)

TiN pokrycia „złote” materiałów plastikowych itd.

Własności mechaniczne nowoczesnych materiałów ceramicznych

Materiał	Gęstość [g/cm ³]	Moduł Younga [GPa]	Wytrzymałość na ściskanie [GPa]	Wytrzymałość na zginanie [MPa]
Al ₂ O ₃	3.96	400	2.8	380
AlN	3.26	310	2.1	350
SiC	3.21	440	2.9	400
Si ₃ N ₄	3.20	310	3.4	1000
B ₄ C	2.51	450	2.4	400
ZrO ₂ (Y)	5.75	200	1.8	800

Al₂O₃ – twardy, wysokotemperaturowy

AlN – izolator elektryczny, przewodnik cieplny

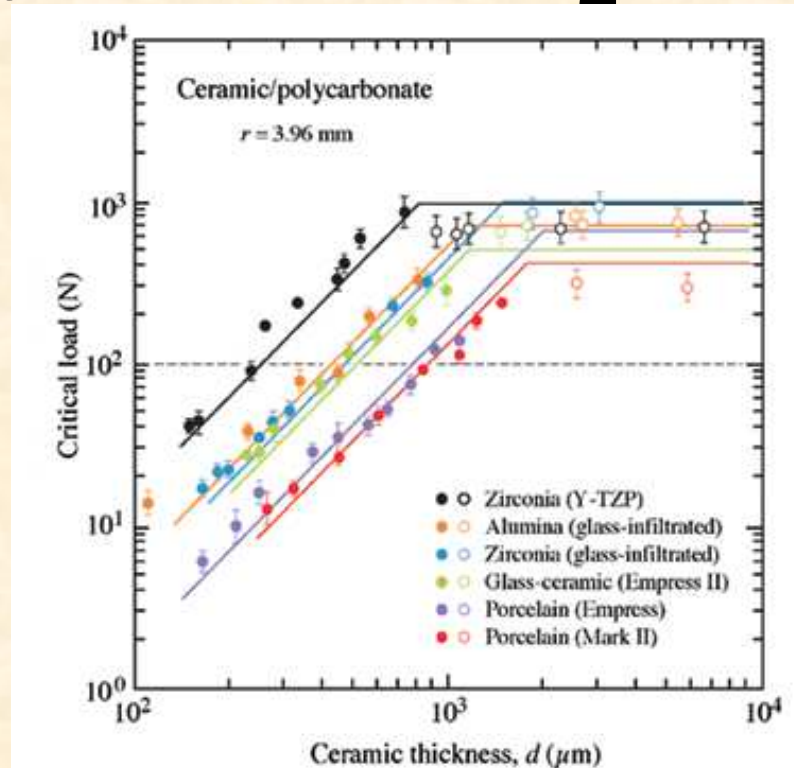
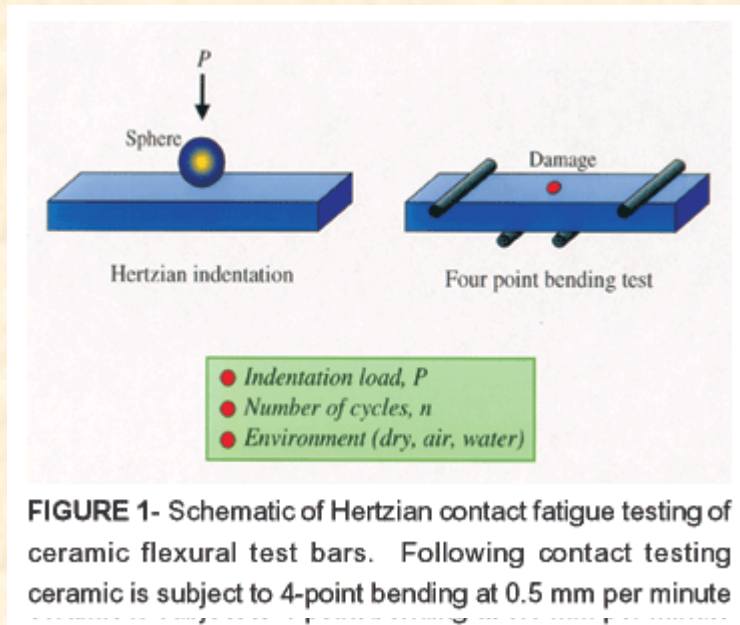
B₄C – twardy i lekki, odporny na ścieranie

SiC – materiał szlifierski, półprzewodniki

Si₃N₄ – materiały turbin

Si_{6-z}Al_zO_zN_{8-z} sialon - silniki

Ceramiki dentystyczne (ZrO_2)



Journal of Applied Oral Science

Print version ISSN 1678-7757

J. Appl. Oral Sci. vol.12 no.spe Bauru 2004

doi: 10.1590/S1678-77572004000500004

Dental ceramics and the molar crown testing ground

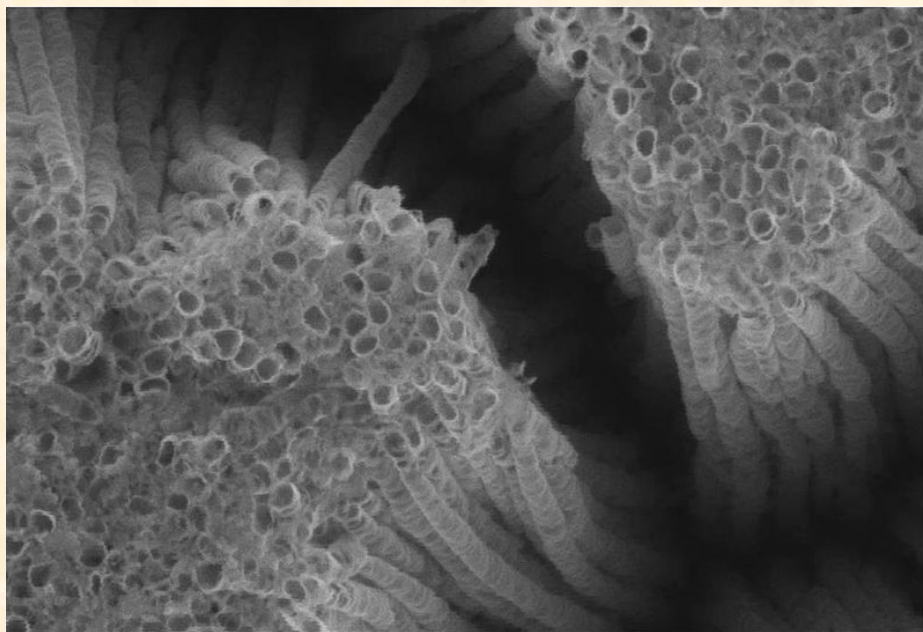
Van P. ThompsonI; Dianne E. RekowII

IDepartment of Biomaterials and Biomimetics, New York University College of Dentistry

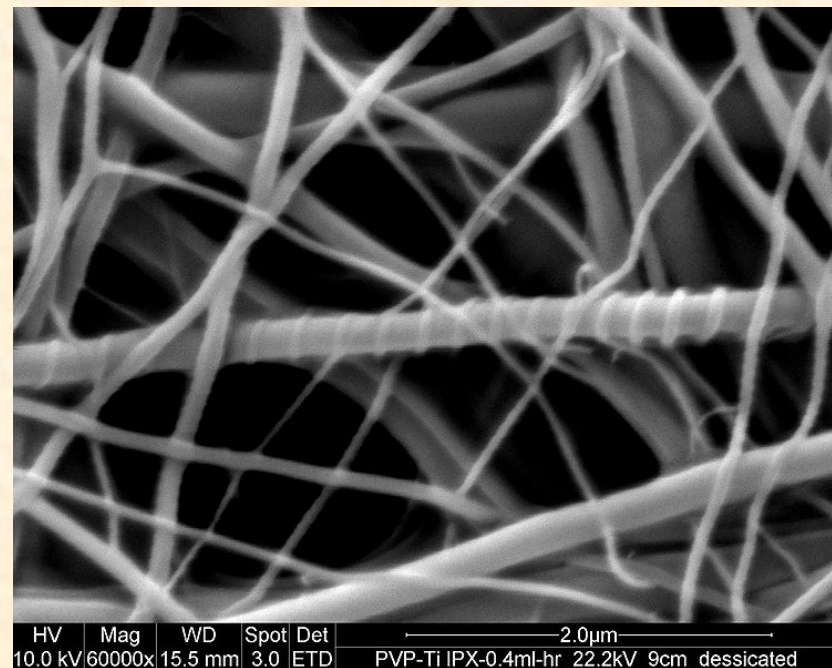
IIDivision of Basic Sciences, New York University College of Dentistry

Inne tlenki (TiO_2)

TiO_2 – rutil, anatase (biały pigment do farb)

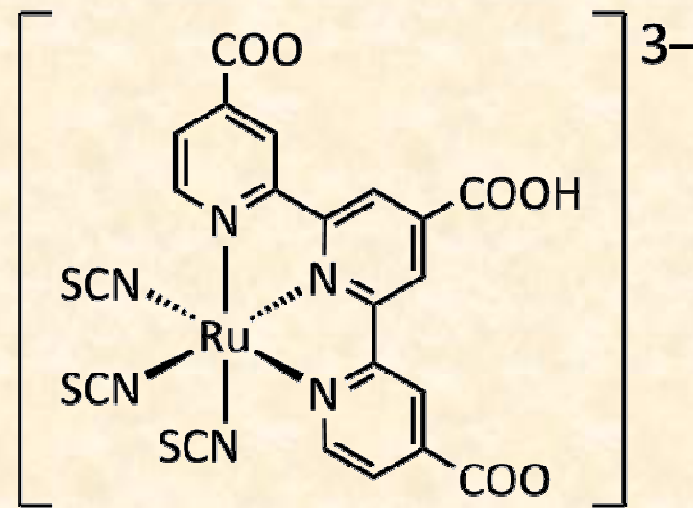
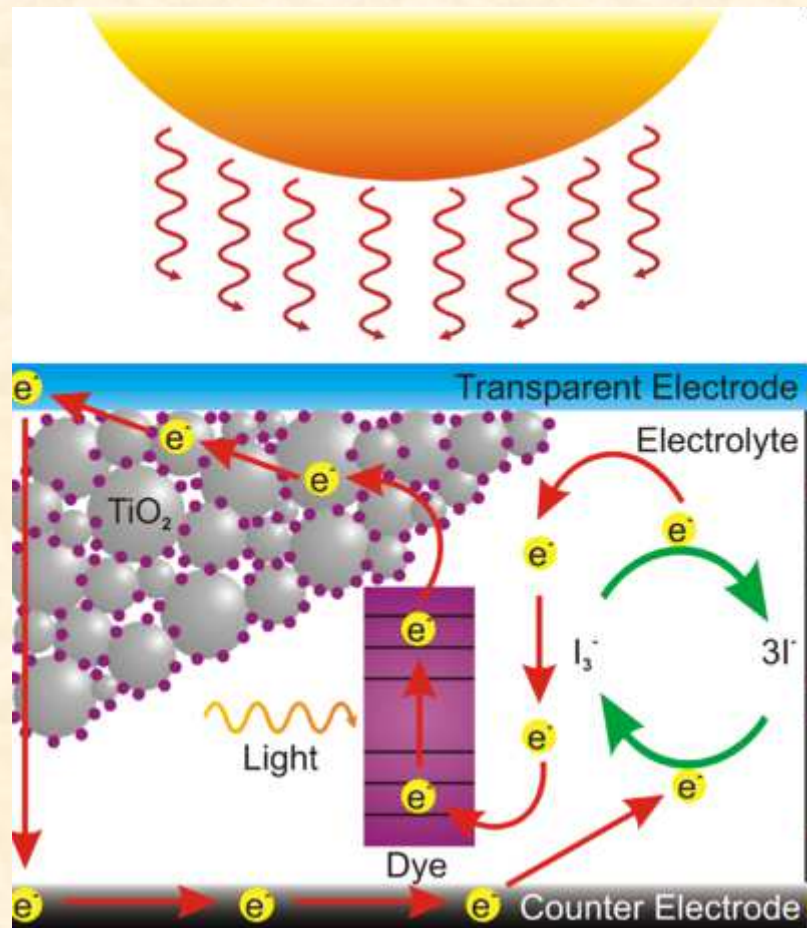


TiO_2 nanorurki



nanowłókna z TiO_2

Inne tlenki (TiO_2)



TiO_2 nanostrukturalny + barwnik (QM) w ogniwach fotowoltaicznych

http://en.wikipedia.org/wiki/Graetzel_cell