

Szkło kwarcowe

Rodzaje i zastosowania

Wstęp:

Topiona krzemionka (ang. *Fused Silica*) jest szklaną, izotropową, formą kwarcu. Jest twarda i ma bardzo mały współczynnik rozszerzalności cieplnej. Typowe odmiany topionej krzemionki zawierają cząsteczki wody powodujące silne pochłanianie promieniowania podczerwonego (IR). **Są także dostępne odmiany pozbawione cząsteczek wody.**

Szklista krzemionka (ang. *vitreous silica*) to termin ogólny używany do opisanie wszystkich rodzajów szkła kwarcowego, odnoszących się do materiałów takich jak **topiony kwarc** (ang. *Fused Quartz*) lub jako **topiona krzemionka** (ang. *Fused Silica*). Kiedyś terminy te były używane do odróżnienia przezroczystej od matowej odmiany tego szkła. **Topiony kwarc** (ang. *Fused Quartz*) był produkowany z kryształów kwarcu i był przezroczysty, natomiast **topiona krzemionka** (ang. *Fused Silica*) była matowym produktem wytwarzanym z piasku kwarcowego.

Jednakże dzisiaj technologie surowcowe pozwalają na uzyskiwanie materiałów przezroczystych zarówno z piasku kwarcowego jak i z naturalnych kryształów. Dzisiaj przyjęło się, że jeśli topieniu podlegają naturalnie występujące kryształy krzemionki (piasek lub skała), powstały materiał nazywany jest **topionym kwarcem** (ang. *Fused Quartz*). Jeżeli jednak SiO_2 jest pozyskiwany sztucznie (syntetyczna krzemionka), to powstały w ten sposób materiał nazywany jest **syntetyczną topioną krzemionką** (ang. *synthetic Fused Silica*).

Materiały te są super czyste, zawierają jedynie krzemionkę (SiO_2) i posiadają unikalne właściwości temperaturowe, optyczne i mechaniczne, które pozwalają je stosować tam, gdzie inne materiały zawodzą. Ogromna czystość (ponad 99,9%) zapewnia wprowadzanie minimalnych zanieczyszczeń w zastosowaniach procesowych.

Materiały te mogą typowo pracować w temperaturach powyżej **1250 °C** i dzięki bardzo małemu współczynnikowi rozszerzalności cieplnej mogą być gwałtownie ogrzewane i chłodzone praktycznie bez ryzyka pęknięcia w efekcie szoku termicznego.

Materiały te są odporne na działanie większości substancji, w tym praktycznie wszystkich kwasów, umożliwiając ich stosowanie także w agresywnych środowiskach.

Dobre właściwości dielektryczne tych materiałów w szerokim zakresie temperatur, a także ich niska przewodność cieplna, umożliwiają stosowanie ich jako elektrycznego i termicznego materiału izolacyjnego w różnych środowiskach.

Terminologia

Topiony kwarc (ang. *Fused Quartz*) to szkło powstałe przez stopienie naturalnie występujących kryształów kwarcu lub słabszego gatunkowo materiału syntetycznego. Przepuszczalność promieniowania ultrafioletowego (UV) jest ograniczona do 250nm i dlatego materiał ten, choć niedrogi, wykorzystywany jest w zakresie promieniowania widzialnego.

Topiona krzemionka (ang. *Fused Silica*) jest szkłem powstałym przez stopienie materiału syntetycznego o

wysokiej czystości. Przepuszcza promieniowanie UV do 160nm.

Topiona krzemionka klasy UV (ang. *Ultraviolet Grade Fused Silica*): **JGS-1** (Chiny), jest odpowiednikiem materiałów Suprasil 1 i 2 (firmy Heraeus), Spectrosil A i B (firmy Saint-Gobain) oraz Corning 7940 (firmy Corning), Dynasil 1100 i 4100 (firmy Dynasil).

Topiony kwarc klasy optycznej (ang. *Optical Grade Fused Quartz*): **JGS-2** (Chiny), jest odpowiednikiem Homosil 1, 2 & 3 (firmy Heraeus), Dynasil 1000 & 4000 and 5000 & 6000 (firmy Dynasil)

Topiona krzemionka klasy IR (ang. *IR grade Fused Silica*): **JGS-3** (Chiny), jest odpowiednikiem Suprasil 300 (firmy Heraeus).

Topiona krzemionka klasy UV: (JGS-1) to syntetyczna, amorficzna krzemionka o ekstremalnie wysokiej czystości. Bezbarwne, niekryształiczne szkło z krzemionki łączy bardzo niski współczynnik rozszerzalności cieplnej z dobrymi właściwościami optycznymi, wspaniałą przepuszczalnością promieniowania w osiach t_hf i niestabilnością temperaturową nieodłącznie związane z formą krystaliczną. Topiona krzemionka jest używana dla promieniowania widzialnego i ultrafioletu. Przepuszczalność promieniowania i jednorodność są lepsze niż w kwarcu krystalicznym, co może być użyteczne zwłaszcza w technice laserowej.

JGS-1 jest przezroczysty dla ultrafioletu i pasma widzialnego, nie ma obszaru pochłaniania promieniowania z zakresu 170-250 nm. Ma silne pochłanianie zakresu OH tj. fal o długości 2600-2800 nm.

Szkło **JGS-1** jest używane dla światła od dalekiego ultrafioletu do światła widzialnego (soczewki laserowe, okienka, pryzmaty lustra itp.). Praktycznie jest pozbawione pęcherzyków i zanieczyszczeń.

Topiony kwarc klasy optycznej (JGS-2) dobrze przepuszcza promieniowanie UV oraz widzialne. Ma praktycznie takie same właściwości fizyczne i chemiczne jak **JGS-1**. Jednakże tylko cienkie i małe płytki ze szkła **JGS-2** są wolne od pęcherzyków. Elementy budowane z dużych kawałków zazwyczaj zawierają niejednorodności struktury (pęcherzyki), więc aplikacja powinna być odporna na tego rodzaju inkluzje. Jednakże w zastosowaniach, w których istotą jest zwykle przepuszczanie światła i dobre właściwości mechaniczne, **szkło JGS-2 jest dobrym i niedrogim wyborem**.

Idealne zastosowania szkła **JGS-2**:

- soczewki optyczne w zastosowaniach odpornych na niewielkie zniekształcenia i rozproszenia światła,
- elementy pracujące w wysokich temperaturach i w wysokich ciśnieniach,
- płytki optyczne, szkiełka mikroskopowe, szkła wizerne.

Topiona krzemionka klasy IR (JGS-3) jest super czystym materiałem wytwarzanym przez topienie w próżni bardzo czystej krzemionki syntetycznej. Jest przezroczyste dla ultrafioletu, światła widzialnego i podczerwieni. Nie zakresów absorpcji w paśmie światła widzialnego ani w obszarze OH dla długości fali rzędu 2700 nm („pasma wodne”).

JGS-3 łączy doskonale własności fizyczne z wyjątkową charakterystyką optyczną w zakresie głębokiego UV oraz podczerwieni (IR). Jest to dobry materiał do wytwarzania elementów optycznych. Szkło **JGS-3** jest zwykle stosowane w aplikacjach IR, a także w wymagających bardzo szerokiego zakresu długości fal od DUV do MIR. Topiona krzemionka klasy IR (**JGS-3**) jest nieco droższa niż topiony kwarc klasy optycznej (**JGS-2**) ale jest znacznie tańsza niż szerokopasmowe: fluorek wapnia lub ZnS. Należy także pamiętać, że **JGS-3** w typowej jakości handlowej może zawierać niewielkie pęcherzyki i nie powinien być stosowany w aplikacjach przetwarzania obrazu.

Podstawowe właściwości

Różnice we właściwościach			
Parametr/wartość	JGS-1	JGS-2	JGS-3
Maksymalna wielkość	< Φ 200mm	< Φ 300mm	< Φ 200mm
Zakres fali (średni wsp. przepuszczania)	0,17 ~ 2,10 μ m ($T_{avg} > 90\%$)	0,26 ~ 2,10 μ m ($T_{avg} > 85\%$)	0,25 ~ 3,50 μ m ($T_{avg} > 85\%$)
Zawartość OH-	1200 ppm	150 ppm	5 ppm
Fluorescencja (254nm)	Praktycznie brak	Silna	Silna
Zawartość zanieczyszczeń	5 ppm	20 - 40 ppm	40 - 50 ppm
Stała dwójłomności	2 - 4 nm/cm	4 - 6 nm/cm	4 - 10 nm/cm
Metoda topienia	syntetyczne CVD	wodorowo-tlenowe	elektryczna
Zastosowanie	optyka laserowa, okienka, soczewki, pryzmaty, lustra	półprzewodniki, wysokociśnieniowe szkła wzierne	elementy dla podczerwień

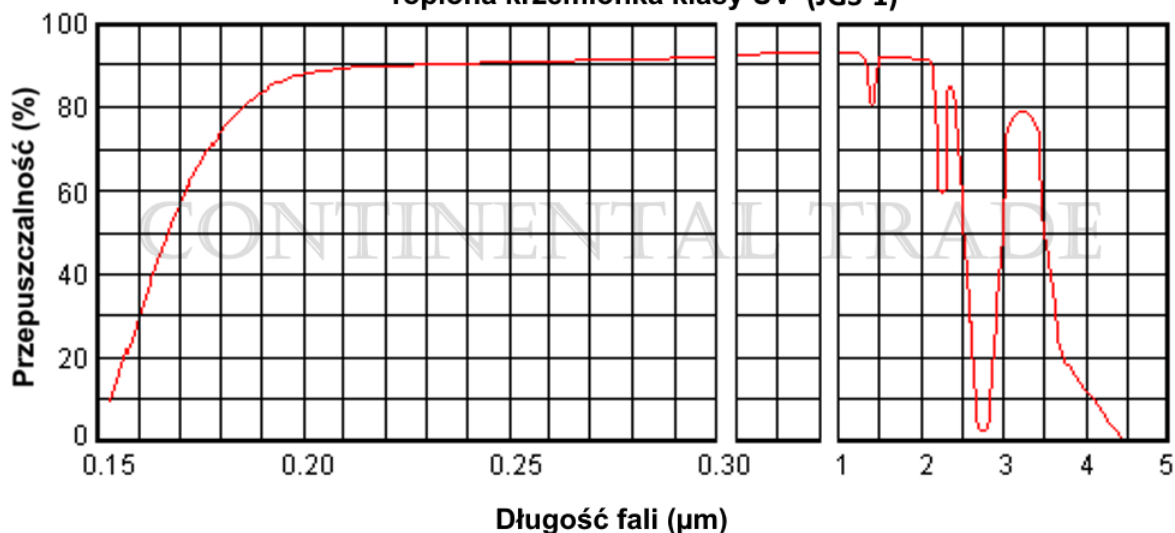
T_{avg} – średnia przepuszczalność (ang. *average transmittance*)

Wspólne właściwości			
Gęstość		2,20g/cm ³	
Liczba Abbego		67,6	
Współczynnik załamania światła (n) dla 588nm		1,4586	
Długość fali (μ m)	Współczynnik załamania światła (n)	Długość fali (μ m)	Współczynnik załamania światła (n)
0,200	1,55051	1,000	1,45042
0,220	1,52845	1,064	1,44962
0,250	1,50745	1,100	1,44920
0,300	1,48779	1,200	1,44805
0,320	1,48274	1,300	1,44692
0,360	1,47529	1,500	1,4462
0,400	1,47012	1,600	1,44342
0,450	1,46557	1,700	1,44217
0,488	1,46302	1,800	1,44087
0,500	1,46233	1,900	1,43951
0,550	1,46008	2,000	1,43809
0,588	1,45860	2,200	1,43501
0,600	1,45804	2,400	1,43163
0,633	1,45702	2,600	1,42789
0,650	1,45653	2,800	1,42377
0,700	1,45529	3,000	1,41925
0,750	1,45424	3,200	1,41427
0,800	1,45332	3,370	1,40990
0,850	1,45250	3,507	1,40566
0,900	1,45175	3,707	1,39936

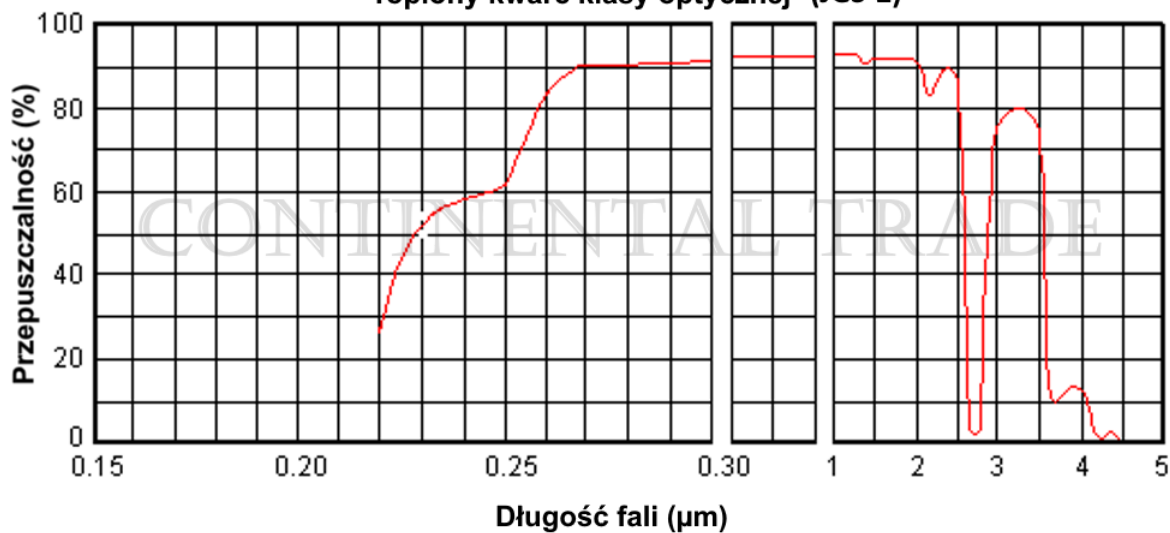
Wspólne właściwości	
Twardość	5,5 - 6,5 Mohs' 570 KHN 100
Wytrzymałości na rozciąganie	$4,8 \times 10^7$ Pa (N/mm ²) (7000 psi)
Wytrzymałości na ściskanie	$> 1,1 \times 10^9$ Pa (160,000 psi)
Współczynnik sprężystości objętościowej	$3,7 \times 10^{10}$ Pa ($5,3 \times 10^6$ psi)
Współczynnik sztywności	$3,1 \times 10^{10}$ Pa ($4,5 \times 10^6$ psi)
Moduł Young'a	$7,2 \times 10^{10}$ Pa ($10,5 \times 10^6$ psi)
Współczynnik Poisson'a	0,17
Współczynnik rozszerzalności termicznej	$5,5 \times 10^{-7}$ cm/cm.°C (20°C-320°C)
Przewodność cieplna	1,4 W/m.°C
Ciepło właściwe	670 J/kg.°C
Punkt mięknienia	1683°C
Punkt wyżarzania	1215°C
Punkt odkształcania	1120°C
Opór elektryczny	7×10^7 ohm.cm (350°C)
Właściwości dielektryczne (przy 20°C i 1 MHz)	
stała dielektryczna	3,75
wytrzymałość dielektryczna	5×10^7 V/m
współczynnik strat	$< 4 \times 10^{-4}$
współczynnik rozproszenia	$< 1 \times 10^{-4}$
Prędkość fali dźwiękowej	$3,75 \times 10^3$ m/s
Prędkość dźwięku / Kompresja fali	$5,90 \times 10^3$ m/s
Tłumienie dźwięków	< 11 db/m MHz
Stałe przenikania (cm ³ mm/cm ² sec cm of Hg)	(700°C)
hel	210×10^{-10}
wodór	21×10^{-10}
deuter	17×10^{-10}
neon	$9,5 \times 10^{-17}$
Odporność chemiczna (z wyjątkiem fluorowęglowodorów)	Wysoka odporność na wodę i kwasy

Krzywe przepuszczalności promieniowania elektromagnetycznego:

Topiona krzemionka klasy UV (JGS-1)



Topiony kwarc klasy optycznej (JGS-2)



Topiona krzemionka klasy IR (JGS-3)

