

くらしの化学2010

7月20日

4章 金属

5章 宝石とレーザー

6章 セラミックスとアモルファス物質

Ⅲ 環境と物質

13章 大気汚染と酸性雨

14章 オゾン層の破壊と地球の温暖化

15章 水質と土壌の汚染

社団法人 日本セラミックス協会 パンフレット セラミックスとはなにか2

<http://www.ceramic.or.jp/>

芝浦工業大学 工学部 材料工学科永山勝久教授 「セラミックス」

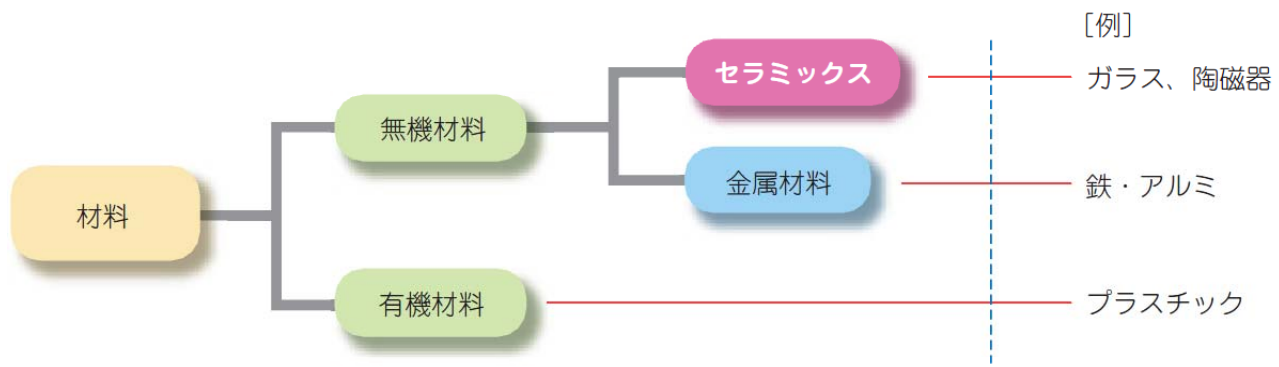
<http://www.sic.shibaura-it.ac.jp/~nagayama/>

その他, いくつかのサイトから引用しました.

独立行政法人 科学技術振興機構 理科ねっとわーく <http://www.rikanet.jst.go.jp/>
のデジタルコンテンツを利用しましたが規程によりホームページへの掲載はできません.

セラミックス(ceramics)とは？

セラミックスは, 人によって造られた「非金属・無機・固体・材料」といえます. 材料には, 無機材料と有機材料(プラスチックなど)がありますが, 無機材料の中で金属(鉄や銅など)以外の材料(ガラス, 陶磁器など)がセラミックスです. 陶磁器のように昔から使われている材料であるが, 先端科学・工学技術を支える基盤材料に移行・展開しています.

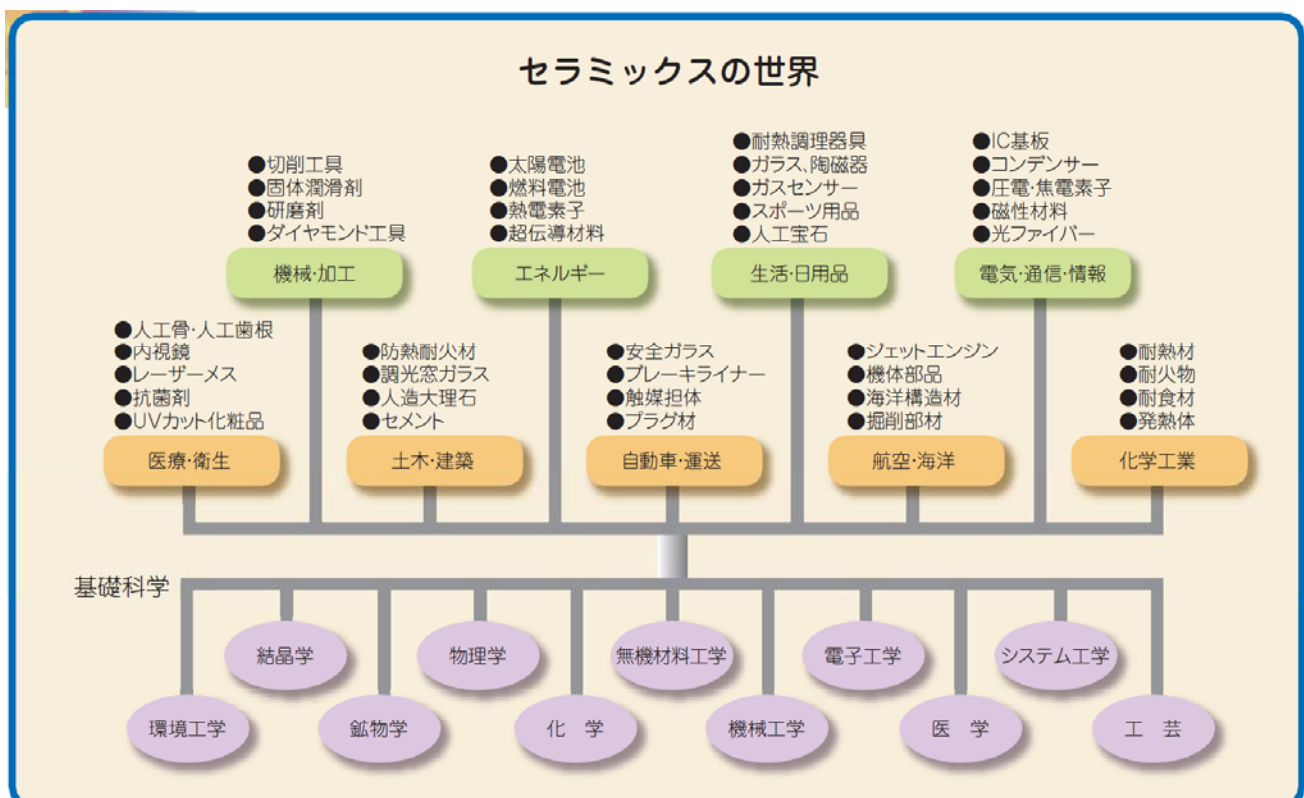


物質は、大きく有機物と無機物に分けられます。有機物でできた材料を有機材料、無機物でできた材料を無機材料といいます。

●有機物は、元素としては主に炭素、水素、酸素からできていて、窒素、硫黄、リンなども含みます。有機物を構成する原子は、共有結合によって強く結びついています。

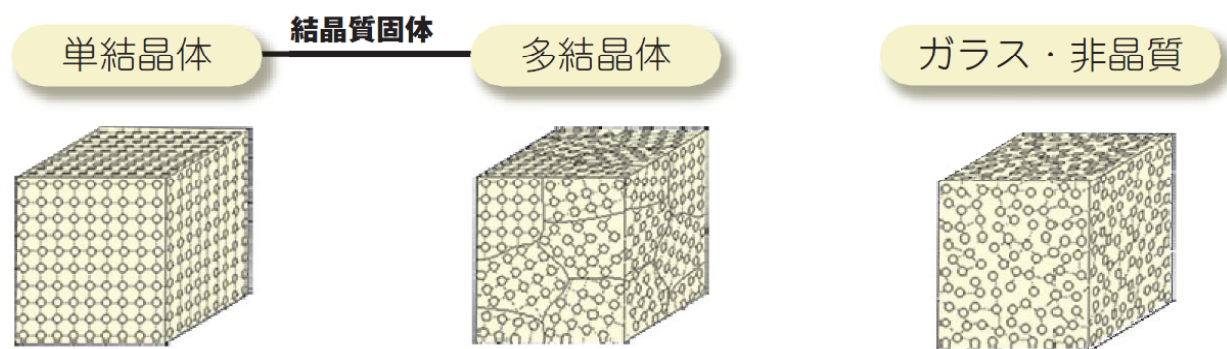
●無機物は、金属と非金属に分けられます。金属元素だけからできているものが金属で、金属結合が特徴です。金属以外の無機物でできた材料がセラミックスです。

2種類以上のセラミックス、金属材料、有機材料が組合わさってできている材料は「複合材料」と呼ばれています。



セラミックスの状態

セラミックスは、その内部の状態、構造（構成原子の並び方）によって次のように分類できます。



●「ガラス・非晶質（アモルファス）」：原子の並びが、周期性や広い範囲での規則性をもたない固体。

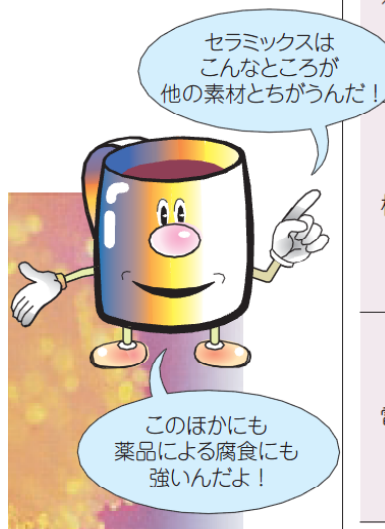
●「結晶質固体」：原子が、広い範囲を規則正しく一定の周期で配列している固体。単結晶体と多結晶体があります。

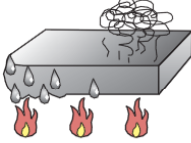
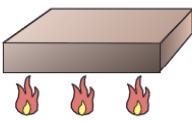
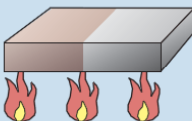
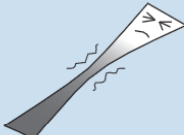
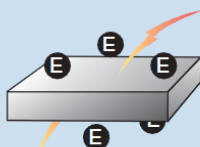
単結晶体：端から端まで、構成原子が規則正しく並んでいる固体。

多結晶体：細かい単結晶の粒が集まってできている固体。粉体を焼き固めることによってできる多結晶体は、特に「焼結体」と呼ばれています。

セラミックスの性質

（金属材料や有機材料との比較）



	有機材料	金属材料	セラミックス
熱的性質	 熱に弱い	 高温に耐える 熱をよく伝える	 超高温に耐える 熱伝導の良いもの悪いものがある
機械的性質	 柔らかく軽い 加工しやすい	 延ばしやすく曲げやすい 加工しやすい	 硬いがもろい 加工にくい
電氣的性質	 電気を通しにくい （絶縁体）	 電気を通しやすい （良導体）	 主に絶縁体だが 多様な電氣的性質をもつ

生活の中のセラミックス

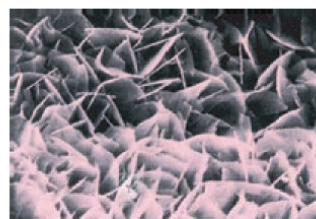
家庭でもセラミックスは、ガラス食器・陶磁器・窓ガラス・タイルなどのほか、現代生活に欠かせない家電製品であるテレビ・ビデオ・ラジオ，エアコン，また安全や防犯のための各種センサー（ガス，温度など）の部品として，目に見えないところで広く使われています。



住宅（セラミックス積層パネル）

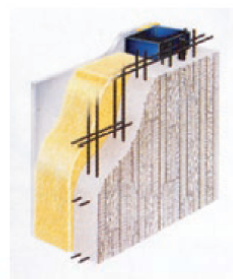
耐火性が要求される住宅の壁には、ニューセラミックス、グラスウール、せっこうボードなどのセラミックス系の建材を組み合わせた積層パネルが使われています。

ニューセラミックス積層パネルの固体部分の主成分は、トバモライトで、ケイ酸カルシウムの水和物です。



トバモライトの結晶

2 μ m



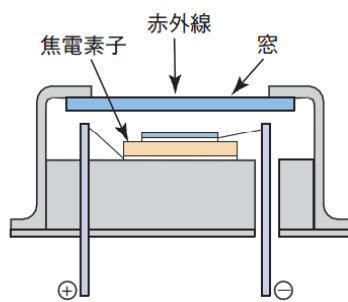
*1 μ m...1mmの1000分の1



セラミック・センサー

夜間照明の中には、人体の発する赤外線を検知して光量調整するタイプのものがあり、焦電体（温度変化によって表面電荷の変化が生じる）が使われています（チタン酸ジルコン酸鉛など）。

また、ガス漏れ警報機などのガスセンサーには、酸化スズ系のセラミックス半導体センサーが用いられています。これは、吸着するガスによって電子伝導が敏感に変わる現象を利用しているのです。



焦電型赤外線センサー





ほうろう 瑠璃器具 (ほうろう 瑠璃バス、ほうろう 瑠璃なべ)

ほうろう 瑠璃とは、鉄・ステンレス・銅などの金属表面にガラス質のうわぐすりを高温で焼き付けコーティングをおこなったもので、金属の堅牢さとセラミックスの耐久性・耐食性・美観といった特徴が組み合わされた複合材料です。



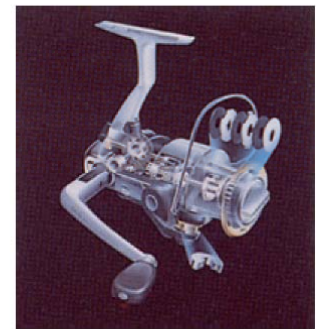
鋳物瑠璃素地境界部の断面写真



レジャー (スポーツ用品、釣り具)

カーボンやガラス、炭化ケイ素繊維などのセラミックス繊維の軽量・堅固の特長を生かし、プラスチックとの複合材料の形で、ラケット、スキー板、釣り竿、ヨット船体、ゴルフクラブのシャフトなどに使われています。

セラミックス焼結体であるジルコニアは、その耐磨耗性・耐熱性によって、釣り具のリール、ゴルフクラブのヘッドなどに利用されています。



リール



医療・衛生とセラミックス

セラミックスは、超音波診断装置、内視鏡、レーザーメス、電子体温計など診断・治療・測定のためのいろいろな機器の部品や、人工歯根・人工骨などその生体親和性を生かした先端医療材料として使われています。また、衛生分野では、安全性・持続性の高い抗菌剤や紫外線防護のためのメーキャップ化粧品などに広く使われています。



超音波診断装置（セラミックス振動子）



人間ドックでもおなじみの医療用超音波診断装置は、セラミックス振動子を用いて超音波を発生させ、それを人体に放射し、診断を行う装置です。

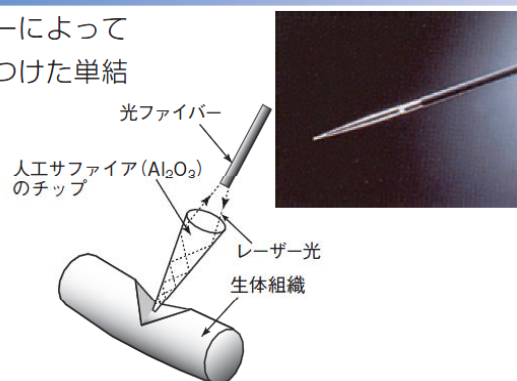
セラミックス振動子として、チタン酸ジルコン酸鉛系の圧電セラミックス（PZT）が主に用いられています。



レーザーメス（光ファイバーと単結晶サファイア）

最新のレーザーメスでは、光ファイバーによって効率よく伝達したレーザー光を、先端につけた単結晶サファイアのチップで集光して、照射し、チップに接触した部分の生体組織の切開や除去、止血、凝固を行うことができます。

これまでの非接触のレーザー照射に比べより安定で、効果的な手術が可能です。



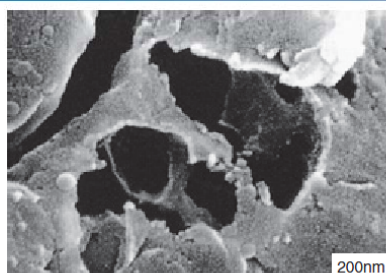
抗菌製品（抗菌セラミックス）

院内感染などの問題から抗菌セラミックスが注目され、医療用繊維、家庭雑貨、食品器具などに応用されています。

これは、ゼオライトなどに銀を保持させたもので、有機製剤に比べ、安全性・耐熱性・持続性に優れています。



浄水施設（活性炭）



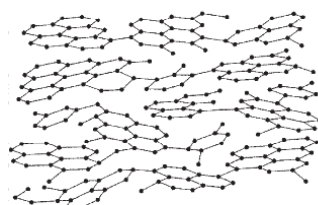
活性炭の電子顕微鏡写真

*1nm(ナノメートル)・・・1mmの100万分の1

汚染やトリハロメタンの問題から、新しい高度浄水処理方法として、オゾン酸化分解法と粒状活性炭による浄水処理法を組み合わせた方法が注目されています。

活性炭は多孔質の炭素材料で、無数の細孔によって広大な表面積を持ち、汚染物質を吸着します。

家庭用の簡易浄水器にも、活性炭がよく使われています。



活性炭の構造（推定）

情報・通信とセラミックス

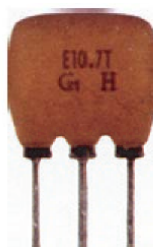
高度情報化社会をむかえ、情報の伝達と蓄積がますます高度化され、産業界のみならず、家庭生活の中にも各種の情報・通信機器が行き渡るようになってきました。これらテレビ、ビデオ、カメラ、携帯電話、パソコンなど情報・通信関連の機器にも多くのセラミックスが使われています。



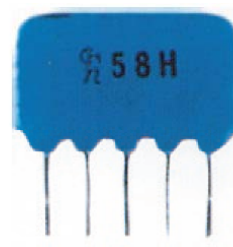
テレビ（表面波フィルター）

テレビの内部には、コンデンサー、バリスタ、偏向ヨークコアなど多くのセラミックス部品が使われています。

電気信号の中から必要な信号を通過させる弾性表面波フィルターとして、ニオブ酸リチウムの単結晶などが用いられています。



テレビ/VTR用
セラミックフィルター



テレビ/VTR用
表面波フィルター



磁気テープ



VHSビデオテープの磁性層表面（拡大写真）

磁気テープの表面の磁性層には、磁気微粒子が高密度に充填されています。磁気微粒子として、コバルトを添加した針状の酸化鉄粉末などが使われています。

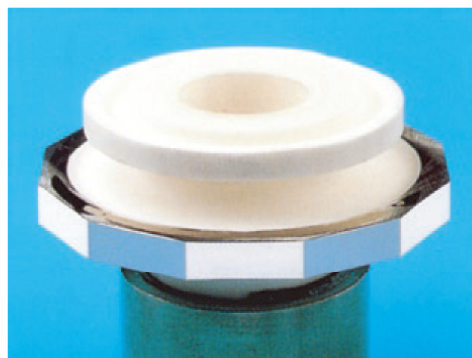
フロッピーディスク、テレフォンカードなどの磁性媒体にも同じように磁性体が塗布されているのです。



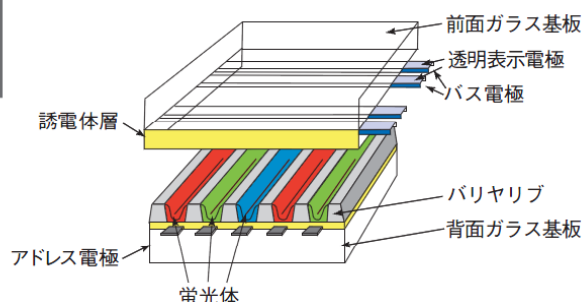
レーザープリンター

高速で高品質の印刷が可能なレーザープリンターでは、感光ドラム上に画像情報を露光するため、レーザービームを多面体の回転ミラーによって走査します。

このレーザー光学系に用いられる12面体のポリゴンミラーの母体は、アルミナセラミックスで、表面はニッケル金属です。



カラープラズマディスプレイ



カラープラズマディスプレイは、平板型・薄型のディスプレイで、大型化が可能なため、従来のブラウン管にかわる表示装置として期待されています。希ガス中の放電により赤、青、緑の要素の蛍光体が光り、カラー表示されます。蛍光材料、表面ガラス基板など多くのセラミックス材料が部品として使用されています。

未来のセラミックス

極限環境に耐える材料，高度な情報化社会に適応できる最先端材料生体の優しい材料，地球環境に配慮した材料，クリーンエネルギーを生み出す新材料など，未来を見つめたセラミックス新材料の研究・開発が着実に進められています。近年，話題となった超伝導体もそのひとつで実用化に向けて研究が続けられています。

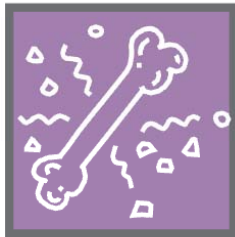


耐熱材料（スペースシャトル、エンジン部品）



宇宙から地球に帰還するとき、スペースシャトルは大気との摩擦熱で機体表面が高温にさらされます。耐熱と内部保護のため、機体の各所に耐熱セラミックス（カーボン材やシリカ繊維など）が使用されています。

また、自動車用などのエンジン部品を耐熱セラミックス（窒化ケイ素）で作ることによって、冷却が不要となり高効率なエンジンが期待できます。



生体材料（人工骨、人工歯根）

アパタイトはもともと骨の成分で、生体組織とのなじみが極めて良く、材料と骨組織が結合し、骨形成が促されます。

人体に悪影響を与えることなく長期間使えるため、チタンなど金属との複合化によって強度を向上させることにより、人工骨として臨床的に利用されています。

また、人工歯根材料としても実用化されつつあります。



人工歯根



先端電子材料分野（多層基板、光デバイス）



スーパーコンピュータの中央演算素子と多層セラミックス基板

超高速 LSI が高密度に搭載されているスーパーコンピュータの中央演算素子に、超高密度配線が可能な多層ガラスセラミックス回路基板が使われています。

また、高密度磁気記録装置をはじめ、光通信などのオプトエレクトロニクス素子として、ガラスファイバーや非線形光学結晶、半導体レーザーなど各種セラミックスが用いられています。



エネルギー関連（太陽エネルギー、燃料電池）

地球に優しいエネルギーとして太陽エネルギーが期待され、太陽電池の材料としてアモルファスシリコンが注目されています。

また、燃料ガスと酸素で発電させる固体燃料電池では、電解質として酸化ジルコニウムが有力です。

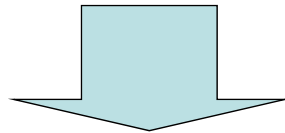
セラミックスを電極に用いたリチウムイオン二次電池は環境に優しい充電式電池といえます。



ビル用太陽光発電システム

セラミックス材料の変革

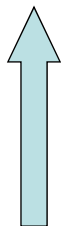
- 窯炉材料(炉内レンガ)
 - 建築材料(屋根瓦)
 - 家庭用品(食器・陶磁器)
- 窯業製品(従来型用途)
(クラシックセラミックス)



ニューセラミックス〈次世代の材料へ〉

代表例: 絶縁用ガラス〈電気工学用〉→IC,LSI基板
ICパッケージ

クラシックセラミックスとは？



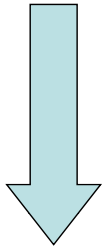
窯業製品: 陶磁器, ガラス, セメントなど
・・・無機物系原料を熱加工した“焼き物”の総称
脆くて割れ易いという致命的欠点を有する

天然の無機物原料を焼結



ティーカップ

ニューセラミックスとは？



原料自体を人工的に合成し、高純度かつ微細・均質化した無機化合物(ファインセラミックス)を精密な製造・加工工程を用いて焼結したもの

①高温でも硬い, ②燃えない, ③錆びない, ④圧力を加えると電気を通すなどの優れた機能を有する新しい材料の誕生

※セラミックス原料・・・ ①高純度(:~99.9%以上)
②粒子径の微細化(0. 2 μ m程度)

→粒径の微細化に伴う表面エネルギーの増大を利用して焼結性の向上とセラミックス製品自体の緻密化を促進

cf. ファインセラミックス(Fine Ceramics) = 微細結晶粒セラミックス

セラミックスの構造

●単結晶体と多結晶体

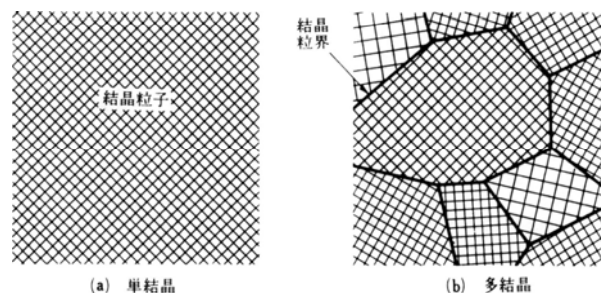


図: セラミックスの単結晶と多結晶の構造概念図
(通常の材料の単結晶と多結晶構造)

(a) 単結晶体・・・結晶中の原子配列が連続で、一つの面方位のみ有する結晶
(ex. 半導体Si)

(b) 多結晶体・・・種々の大きさの結晶粒の集合体で、結晶粒同士の結合界面には結晶粒界(非整合部分)が形成される

先端セラミックス(ニューセラミックス)材料の現状

…主な用途・応用分野

①電子・磁気材料関連

…半導体、誘電体、コンデンサ、IC基板、ICパッケージ

②光通信用オプティカルファイバー…超高純度シリカ(SiO_2)

③レーザー発振子(発振源)…超高純度セラミックス単結晶 (ex.ルビーレーザー)

④高温高強度セラミックス…自動車用エンジン材料(ハイブリッドカー) ジェットエンジン材料(タービンブレード) → 航空・宇宙用材料

『ニューセラミックスの概要』

ニューセラミックス…金属, プラスチックスに次ぐ第3の工業素材

歴史的背景: 伝統的セラミックスからニューセラミックスへの変革

①伝統的セラミックス…『セラミックスの石器時代』

: 石器(地球が作った天然のセラミックス) → 土器(火の発見(～800万年前)に起因して人間が人工的に作った最初のセラミックス)
→ 陶磁器(窯業製品、珪酸塩工業製品)

②ニューセラミックス(ファインセラミックス)

①と②の決定的相異点

伝統的セラミックス…天然原料, ニューセラミックス…人工原料



『ニューセラミックスの概念的定義』

: 精製, 精密に調整された化学組成かつ微細均一粒子からなる人工原料を使って、高度に制御された成形法及び焼結法による焼成品



新しい機能を有する材料(構造的特性, 機能的特性)に発展

『セラミックス』の定義・・・『非金属無機固体材料』

- 元素の分類: (1) 金属性元素 (ex. Al, Zr, Ti, Pb など)
 (2) 半金属性元素 (ex. B, C, Si など)
 (3) 非金属性元素 (ex. O, N, F, S, Cl など)

非金属無機固体材料の定義(分類)

- : ① 半金属性元素により構成される物質
 (ex. ダイヤモンド, 半導体Si, カーボン繊維, 炭化ケイ素SiC, フラーレンC₆₀, カーボンナノチューブ など)
- ② 半金属性元素と金属元素及び
 半金属元素と非金属性元素間の化合物
 (ex. 炭化チタンTiC, 窒化ケイ素Si₃N₄, 窒化ホウ素BN など)
- ③ 金属性元素と非金属性元素間の化合物
 (ex. アルミナAl₂O₃, ジルコニアZrO₂, シリカSiO₂, チタニアTiO₂, MO_x (M=U, Pu), 窒化アルミAlN など)

金属, プラスチック, セラミックスの比較

呼 称	材 料	原子間結合
金 属	金 属	金属結合
プラスチック	非金属・有機物	共有結合 ファンデルワールス結合
セラミックス	非金属・無機物 ・固体	イオン結合 共有結合

金属とセラミックスの物性比較例

物 性		融 点 [°C]	電 気 比 抵 抗 [Ω cm]	モ ー ス 硬 度
材 料				
金 属	アルミニウム Al	660	2.8×10^{-8}	3 以下
セラミックス	アルミナ Al ₂ O ₃	2,030	10^{14} 以上	9

ニューセラミックスの機能・材料・応用製品

機能大分類	機能	酸化物セラミックス	非酸化物セラミックス	応用製品例
熱的機能	耐熱性	Al_2O_3	SiC , Si_3N_4	耐熱構造材
	断熱性	ZrO_2 , SiO_2	C	各種断熱材
	伝熱性	BeO	$\text{SiC}(+\text{BeO})$	基板
機械的性質	硬質・耐磨性	Al_2O_3	SiC	メカニカル・シール・リング
	切削性	Al_2O_3	TiC, TiN	切削工具
	研磨性	—	B_4C , ダイヤモンド	砥石, 研磨材
生物・化学的機能	生体適合性	Al_2O_3 , アパタイト	—	人工骨
	担体性	コーディライト	—	触媒担体
	耐食性	Al_2O_3	BN, TiB_2 , Si_3N_4	耐食部品
電気・電子的機能	絶縁性	Al_2O_3	$\text{SiC}(+\text{BeO})$	IC基板, パッケージ
	導電性	ZrO_2	SiC , MoSi_2	抵抗発熱体
	誘電性	ZrO_2 , BaTiO_3	—	コンデンサ
	イオン伝導性	ZrO_2 , $\beta\text{-Al}_2\text{O}_3$	—	酸素センサ, 電池
	半導性	SnO_2 , $\text{ZnO-Bi}_2\text{O}_3$	SiC	ガス・センサ, バリスタ
	圧電性	PZT, ZnO	—	着火素子, 発振子
	磁性	$(\text{Zn}, \text{Mn})\text{Fe}_2\text{O}_4$	—	磁心, 記憶素子
光学的機能	蛍光性	Y_2O_3	—	蛍光体
	透光性	Al_2O_3	—	Naランプ
	偏光性	PLZT	—	偏光素子
	導光性	SiO_2	—	光ファイバ
原子力関連機能	原子炉材	UO_2	UC	核燃料
	減速材	BeO	C	減速材
	制御材	—	B_4C	制御材

代表的なセラミックス材料

セラミックス材料の大分類: (1) 酸化物系セラミックス
(2) 非酸化物系セラミックス

1. 酸化物系セラミックス

代表的な材料(金属酸化物を原料としたもの)

Al_2O_3 (アルミナ), ZrO_2 (ジルコニア), MgO (マグネシア)...

アルミナ Al_2O_3

- ①Alの酸化物を精製・調整し焼結したもの
- ②電気絶縁性, 耐熱性, 耐食性に優れる
- ③電子材料の基板として多用される(IC基板、ICパッケージ)
- ④耐摩耗性を利用した軸受け, シャフト
- ⑤化学的安定性, 生体組織適合性を利用した人工骨, 人工歯, 人工関節などの生体材料
- ⑥軽量性とダイヤモンドに次ぐ高硬度
- ⑦成形・加工の容易さ(マシナブル・セラミックス)

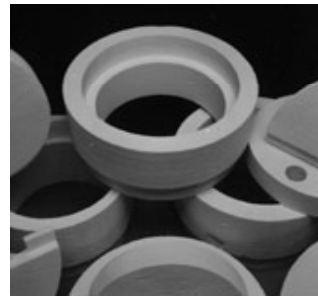


図 アルミナ製品

ジルコニア ZrO_2

- ①耐熱性と耐食性に優れる(→熔融金属, Mg, Ca, 希土類金属等活性金属 ガスなどに反応しない)
- ②純物質状態では高温での結晶変態に伴う破壊を誘発するため、安定化剤(酸化カルシウム)を添加して焼結し、安定化ジルコニアとして高温発熱体等を利用
(→酸素イオン伝導体→固体電解質:「燃料電池」)
- ③キュービックジルコニアCZは光の屈折率が2.17と天然ダイヤモンドの2.47に近い^{ため}ダイヤモンドの代用品として用いられている



図 ジルコニア耐熱材料



図 Cubic ZrO_2

2. 非酸化物系セラミックス

代表的な材料(人工的に合成した新しい無機物を原料をとしたもの)

: Si_3N_4 (窒化ケイ素), SiC (炭化ケイ素), BN (窒化ホウ素),

ZrC (炭化ジルコニウム), C (ダイヤモンド), 炭素繊維

…フラーレン C_{60}

カーボンナノチューブ

代表的な特性: 共有結合が支配的であるため、高温強度・**脆性**に優れる

セラミックス最大の弱点

(a) 窒化ケイ素 Si_3N_4

高温での変形が金属とは異なり小さい
金属と同等

①熱膨張率が小さく、かつ熱伝導率が大きいため、熱衝撃に強い

②高温強度は1473Kで約700MPa以上を示すため、

各種耐熱材料以外に高温用機械部品材としての応用が期待

(: 切削工具, ガスタービンの回転軸など

…cf. Niタービン用基耐熱合金: 1366K-300MPa

(ジェット機のタービンブレード …**金属の2倍以上**)
の代表材料)

セラミックス高温高強度材料の代表的物質

「セラミックスエンジン材料」

(b) 炭化ケイ素SiC

- ①伝熱性に優れるため、高性能IC基板に利用
- ②硬度が大きい
- ③ Si_3N_4 同様耐熱材料として期待
- ④抵抗発熱体(通電により材料自体が高抵抗に起因して発熱し高温になるもの)→セラミックスファンヒーター
溶解用ヒーター
- ⑤焼結性が悪い

(c) 窒化ホウ素BN

- ①六方晶, 立方晶の2つの結晶構造を有する
- ②実用型としてcBN(Cubic Boron Nitride)が多用される
・・・ダイヤモンドに次ぐ硬度を有する
高温下において切削工具材料として期待
→セラミックス機械構造用材料
- ③cBNの製造法・・・h(Hexagonal)BNを2273K－5000気圧の高温・高圧下で焼結

* h-BN・・・半導体SiへのB添加(拡散)材料
活性金属溶融用ルツボ

ガラス(glass)とは？

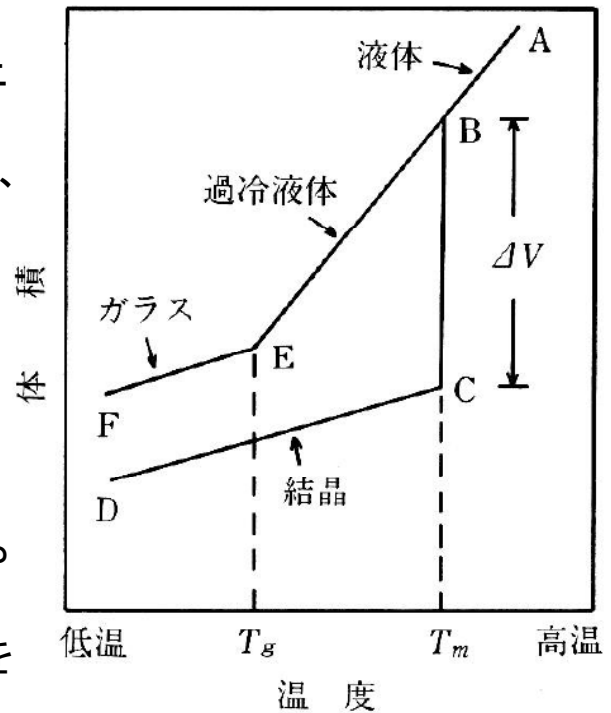
溶融した液体を急冷させて、結晶化させずに、過冷却状態のまままで固化させた無機物をガラスという。

ガラスは固体であるが、他の固体材料、例えば金属やセラミックスとは全く異なった構造を持つ。それはガラスが「非晶質」であり、他の固体材料は「結晶質」であることである。結晶質とはその物質を構成する原子(分子)が規則正しく配列した構造を持つ。これは高温で液体であった物質が温度が下がるにつれ規則的な構造をとった方が安定になり、そのため凝固点において構成原子(分子)が再配列して結晶質となるためである。

しかし液体の粘度が高い場合には冷却が速いと再配列に十分な時間がなく、液体に似たランダムな構造をとる。これがガラスである。すなわち結晶は平衡状態にあるのに対し、ガラスは非平衡のまま液体が過冷却され、固体となったものである。

結晶は、原子や分子が規則性を持って配列された物質であり、また非晶質は原子や分子の配列が規則性を持っていないことを示す。ある組成において、最もエネルギー的に安定なものが結晶であり、結晶にならない非平衡状態にあるものを非晶質という。

ガラスは加熱されると融点 (T_m) 以上の温度では液体になる(状態A)。これらの融液がゆっくりと冷却されると、原子や分子が規則的に配列して結晶化が起こる(状態B)。この温度は融点とか凝固点などと呼ばれる。結晶化は融液がさらに徐冷されると起こるが、このとき急激な体積の減少 ($B \rightarrow C$) が起こる。しかし、融液が適当な条件で比較的早く冷却される場合には、融点 (T_m) に達しても原子や分子の配列が起こりにくく、結晶にならず液体のまま過冷却される。これを過冷却液体と呼ぶ。

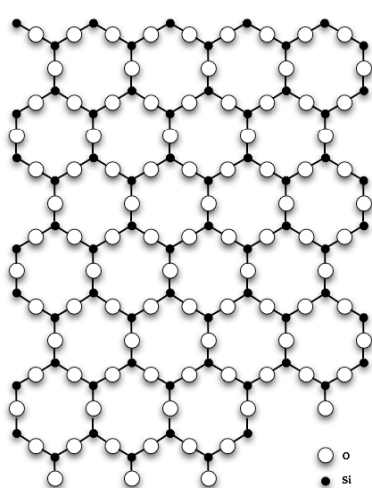


液体の冷却が進むと粘度は徐々に増加し(状態B→E)、さらに冷却が進むと固体状態になる。この温度をガラス転移点 (glass transition temperature : T_g) と呼ぶ。ガラス転移点は過冷却液体がガラス状態に変わる温度で、一般的には熱膨張曲線の解析から求められる。

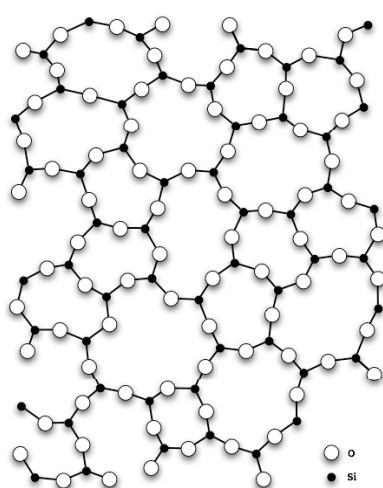
6. 4 ガラスの歴史

ガラスは古くから人類の生活に深く結びついており、紀元前数千年の昔から天然ガラスである黒曜石が矢じりや刃物として使用されている。人類がガラスを作るようになったのは紀元前1600年頃とされており、現在ガラスの成形法として広く知られている“吹きガラス(宙吹き)”が考案されたのは1世紀頃とされている。ガラスの製造には高温での溶融のような操作が必要であり、この当時は製造の困難さからガラスは大変な貴重品であり、主に装飾品や工芸品として使用された。やがて耐火性の容器すなわち「るつぼ」が発明され、宙吹きだけでなく延伸やプレス等の成形法が使えるようになり、さまざまな形状のガラスが得られるようになった。

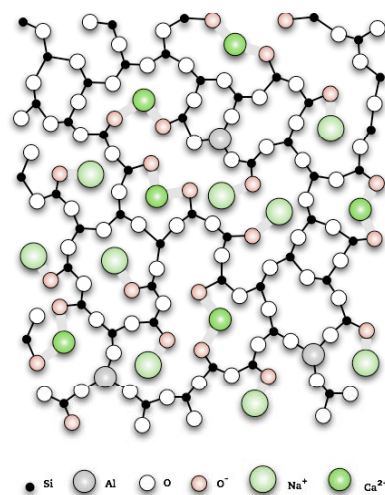
6. 5 ガラスの構造



石英(水晶)



石英ガラス



ソーダ石灰ガラス

石英(SiO_2)では、ケイ素(Si)原子と酸素(O)原子とが六角形に並んだ構造をしている。石英の結晶である水晶は六角形である。石英ガラスは石英を溶融して冷やしたもので、六角形の結晶構造は崩れているが網目構造は維持されている。石英ガラスはアモルファス固体である。ソーダ石灰ガラスは“普通のガラス”であり、石英ガラスの結合がところどころで切れて Na^+ と Ca^{2+} が入り込んだ構造をしている。石英ガラスより融点が低いので製造や加工が容易である。

ガラスの種類

我々が日常目にするガラスは全て酸化物から成っており、その多くはケイ酸塩ガラスである。シリカ(SiO_2)は単独でガラス化し、シリカ(石英)ガラスとなる。シリカガラスは耐化学性、耐熱・耐熱衝撃性、紫外線透過性など多くの点で優れており、代表的な特殊ガラスである。板ガラスやびんガラスのような実用ガラスの多くは多成分系のケイ酸塩ガラスであり、シリカに種々の酸化物(Na_2O , CaO , Al_2O_3 ...)を添加して溶融温度を下げつつ、各添加物の特徴を反映させている。

B_2O_3 を主成分とするホウ酸塩ガラスはケイ酸塩ガラスに比べて溶融温度が低く作り易いが、耐化学性に劣るため特殊な用途にのみ用いられる。用途としては中性子線吸収ガラスや接着用ガラスなどである。

代表的なガラスの組成と化学的性質

1. シリカガラス (石英ガラス, SiO_2)

シリカガラスは網目形成酸化物単独の1成分ガラスの中で唯一の実用ガラスである。溶融に極めて高温(2000°C以上)を要し実用ガラスとしては高価であるが、化学的耐久性、耐熱性、耐熱衝撃性など多くの優れた部分を持ち合わせており、特殊ガラスとして用いられている。

2. ソーダ石灰シリカガラス ($\text{Na}_2\text{O-CaO-SiO}_2$)

大量使用の実用ガラス(容器ガラス・板ガラスなど)は、一般的に大部分が多成分ケイ酸塩ガラスであり、 SiO_2 原料の珪砂、珪石粉を用い、そこに他の修飾酸化物を添加し作られる。他の修飾酸化物を添加することにより、溶融時極めて高温を要した SiO_2 単独のものとは比べ、溶融温度を下げなおかつ各修飾酸化物の特徴を活かしたガラスを作ることができる。実用ガラスは生産に適したソーダ石灰シリカガラスが用いられる。

3. 鉛ガラス ($\text{K}_2\text{O-PbO-SiO}_2$)

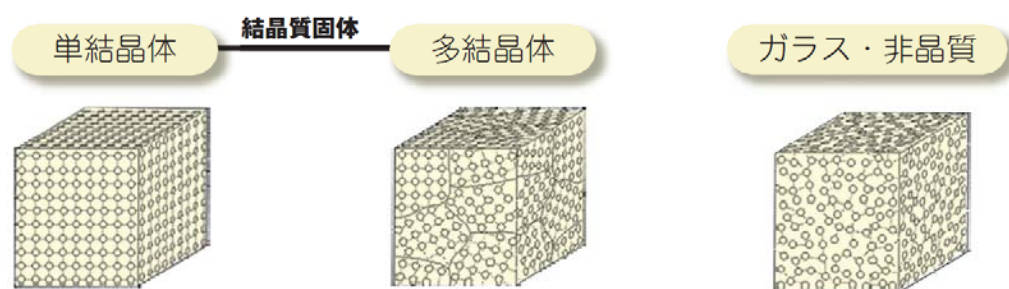
$\text{K}_2\text{O-PbO-SiO}_2$ 系を主とする鉛ガラスは、 PbO の融剤効果によりアルカリ含有量を少なくし電気抵抗の大きいガラスを容易に作ることが可能で、クリスタルガラスや光学ガラス、放射線遮断用ガラスなどに用いられる。

4. ホウケイ酸塩ガラス ($\text{Na}_2\text{O-B}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$)

ホウケイ酸塩ガラスは、ガラス構造内のホウ素イオン (B^{3+}) が3配位か4配位の酸素イオンをとる ($[\text{BO}_3]$, $[\text{BO}_4]$) ことで、化学的耐久性・耐熱性・電気絶縁性に優れた特徴を持ち、中性子遮断ガラス、電気絶縁ガラスなどに用いられている。

ガラスの特徴 (1)透明である

物体が透明であるためには「可視光を吸収しない」だけでなく「可視光を散乱しない」ことが必要である。ガラスを構成する主成分である SiO_2 や B_2O_3 , Al_2O_3 等は可視光を吸収せず、また結晶質固体で散乱の原因となる結晶粒界が存在しないため、ガラスは可視光域で透明である。ガラス以外の無機固体材料で透光性を持つのは単結晶と特殊なセラミックスのみであり、それ故ガラスは窓材や容器、光学材料として広く用いられている。



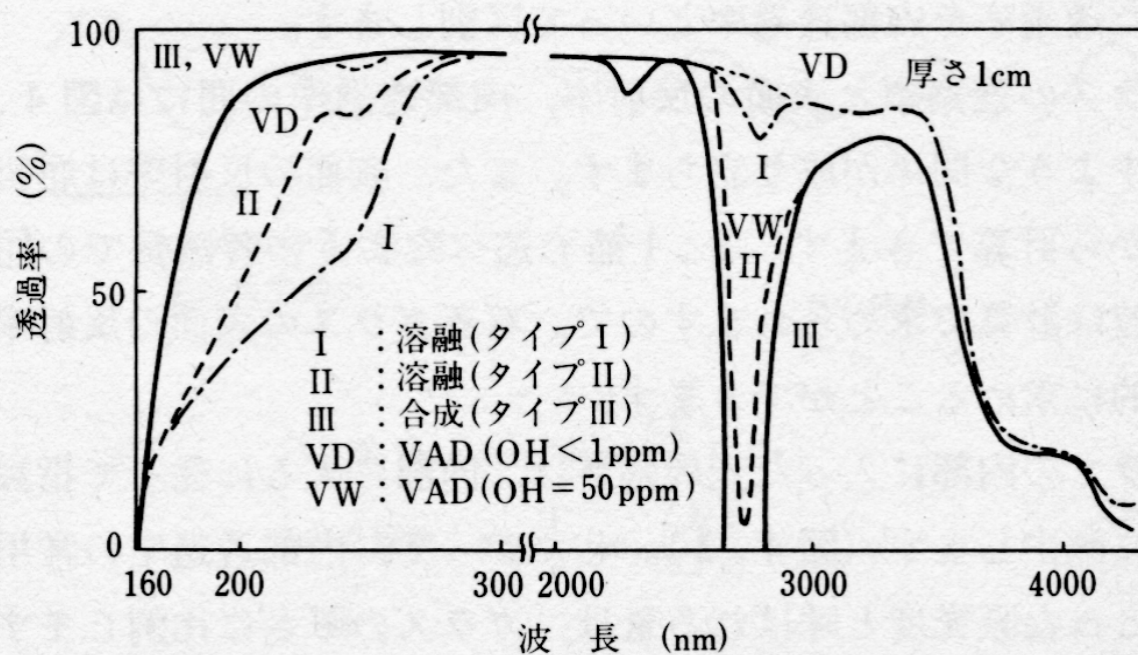


図 4.1 各種石英ガラスの透過率の波長依存性

可視光: 400—700nm

(2)成形しやすい

ガラスの粘度は温度の上昇にともない連続的に変化するので、温度を制御することにより加工の容易な柔らかさにすることが可能である。そのため吹く、プレスする、引き伸ばす等の様々な加工が可能である。

(3)組成・物性の自由度が高い

結晶では一定の化学組成比でなければ一様な固体が得られないが、ガラスは非晶質故に多くの場合、相当の組成変化を与えても一様なガラスが得られる。そのため種々の物質をガラスに混入したりガラスの組成を操作して物性値を制御することが可能である。着色ガラスはこの特性を利用しており、種々の金属元素を添加する事で様々な色のガラスが得られる。

(4)熱的・化学的に安定

多くのガラスは SiO_2 を主成分としているため酸や有機溶媒などに侵されず、また酸化物であるため高温でも安定である。従って長期使用上、寸法安定性や信頼性が高い。