

セラミックス熱力学データベース RICT-Ceram v2.0

RICT-Ceram は、様々なセラミックス系材料に対して、熱力学平衡計算、化学反応計算や状態図計算など、様々な熱力学解析を行うことを目的として、CALPHAD 法によって構築された熱力学パラメータのデータベースです。

1. 取り扱える元素成分

本データベースに含まれている元素成分は、以下の 56 元素です。

Al-O-Si-Yb-C-Ca-Mg-H-N-Ar-F-Cl-Y-Zr-Gd-Ce-Fe-Cr-Na-K-Bi-B-Hf-Nb-
Li-Ba-Ti-Pb-La-Nd-Sr-Sc-Zn-Ni-Mn-Mo-Dy-Cu-P-S-Sm-Co-Sn-In-Ge-Ga-
Eu-Er-Lu-Ta-V-Pr-W-U-Pu-Be

このデータベースには、主にこれらの元素を含む酸化物の各擬二元系、擬三元系の熱力学パラメータが含まれています。さらに幾つかの窒化物や炭化物、金属を含む系のパラメータも含まれています。モデル化されている系については 4 ページ以降の表を参照してください。なお、表に記載されていない系でも推定計算は可能ですが、系によっては推定が良くない場合もあります。

2. 組成範囲

本データベースは基本的には全組成範囲を対象としています。一般に、様々な実験データや計算データに基づいて最適化していますが、十分な情報がある系では推定精度は $\pm 25^\circ\text{C}$ 程度と期待されます。しかし、実験データが全く無い場合や、データの信頼性や精度が低い場合も多いのが実情ですので、組成や条件によっては推定誤差が $\pm 100^\circ\text{C}$ 程度以上に大きい場合もあり得ます。よって、計算結果については、例えば文献情報を参照するなど、なるべく検証や確認を行ってください。

2.1 CaO-MgO-Al₂O₃-SiO₂-ZrO₂-Y₂O₃ 系 (CMASZY)

本データベースの Core システムで全ての各擬二元系、擬三元系の全組成範囲をカバーしています。

2.2 CaO-MgO-Al₂O₃-SiO₂-ZrO₂-RE₂O₃ 系






Y₂O₃ に加えて、RE₂O₃ として重要な La₂O₃, Nd₂O₃, Gd₂O₃, Yb₂O₃ に対しては、ほぼ全ての各擬二元系、擬三元系の組成範囲をカバーするモデル化をしています。しかし、Yb₂O₃ など、実験データが無い系も多いので、そのような場合は例えば Y₂O₃ 系を参考に推定を行っています。また、他の Dy₂O₃ や Sm₂O₃ などの希土類に対しては重要と思われる系のみをモデル化しています。これらについては今後も更に拡充していく予定です。

2.3 CaO-MgO-Al₂O₃-SiO₂-Na₂O-K₂O-Li₂O-B₂O₃ 系

この系では各擬二元系、擬三元系についてはほとんどすべての組成範囲をカバーしています。四元系以上も含め、多元系の推定計算が可能ですが、元々ガラス化しやすく平衡に達しにくい系で、蒸気圧も高い成分が含まれていますので推定誤差が大きくなる場合があります。

2.4 その他の酸化物、窒化物、炭化物

2.1 の CMASZY の Core システムを基本に、重要と思われる系を拡張する形でモデル化しています。計算可能な擬二元系、擬三元系は 4 ページ以降の表を参照してください。なお、各系の色ラベルはモデル化の品質を概略で示しています。

Modelling Quality	
	Assessed good
	Assessed
	Reasonable Estimate
	Rough Estimate
	Very rough estimate

2.5 構成

元素数: 56

溶体数: 363

化合物相: 984

相モデル: ガス相は理想気体、金属液相は会合体モデル、セラミックス液相は擬化学モデル、固相は CEM モデルを用いています。個別の相モデルは、Data 表示画面で確認してください。

3. 使用上の注意

- 1) RICT-Ceram の液相は、金属からスラグまでのデータを含んでいます。そのため、スラグ成分のみの場合に比べるとパラメータ数が大幅に増えますので、計算速度も大幅に遅くなります（5 倍ほど）。従って、酸化物のみに限った計算や、大気中の計算であれば RICT-CeramEx をお使いください。この CeramEx では、液相は金属液相とスラグ相への相分離を仮定して、前者は MLIQ 相、後者は LIQ で表現されています。なお、このデータベースは、非酸化物系の窒化物系でも有効です。例えば Si₃N₄ は高温で金属 Si 相とガスに分解しますので、CeramEx でも大きな問題は生じないでしょう。また、例えば Fe 系では多くの場合、金属液相とスラグ相は相分離しますので、CeramEx のご利用が可能です。しかし、SiC などの炭化物系や、Ti や Zr などその他多くの金属そのものを扱う系（例えば金属の酸化計算）では、金属液相とスラグ相への相分離が起きるとは限りませんので、Ceram でなければ正しい結果が得られない可能性があります。よって、疑念が残る場合は、CeramEx を使った計算でも、最終的には Ceram を用いた計算で確認を行うことをお勧めします。
- 2) 熱力学平衡計算では、計算条件によってはガス相が必須となるため、本データベースではガスを含んでいます。もし、このガスを除いた計算を行いたい場合にガスが出現して困る場合は、圧力を大きくして（例えば 1000 bar）、ガスが出現しない条件にして計算して下さい。
- 3) CALPHAD 法では、整合性の高い 2~3 元系のパラメータにより多元系の熱力学データを推定します。この方法は、一般に良好な推定結果を与えることが示されてきていますが、あくまでも推定ですので、その結果は利用者自らの責任で、例えば実験や文献参照などによって検証される必要があります。もし、実験結果と大幅に異なる計算結果が得られた場合は、支障がなければ弊社にもご連絡下さい。今後の改善のために参考にさせていただきます。

最終校正 2022 年 9 月 7 日

株式会社 計算熱力学研究所

Research Institute of Computational Thermodynamics (RICT), Inc.

〒841-0016 佐賀県鳥栖市田代外町 674-18

Tel: 0942-80-0547 email: mail@rictsystems.com

homepage: <http://www.rictsystems.com>

NiO	Ni
SrO	Sr
CuO	Cu
SnO2	Sn
MnO	Mn
V2O5	V
Ag2O	Ag
CeO2	Ce
MoO3	Mo
WO3	W
UO2	U
PuO2	Pu
Bi2O3	Bi
BaO	Ba
In2O3	In
Ga2O3	Ga
ZnO	Zn
La2O3	La
BeO	Be

K2O	Al2O3	
K2O	Al2O3	CaO
K2O	Al2O3	MgO
K2O	SiO2	
K2O	SiO2	CaO
K2O	SiO2	MgO
K2O	SiO2	Al2O3
K2O	Na2O	
K2O	Na2O	CaO
K2O	Na2O	MgO
K2O	Na2O	Al2O3
K2O	Na2O	SiO2
K2O	Li2O	
K2O	Li2O	CaO
K2O	Li2O	MgO
K2O	Li2O	Al2O3
K2O	Li2O	SiO2
K2O	Li2O	Na2O
K2O	B2O3	
K2O	B2O3	CaO
K2O	B2O3	MgO
K2O	B2O3	Al2O3
K2O	B2O3	SiO2
K2O	B2O3	Na2O
K2O	B2O3	Li2O

SrO	BaO	
SrO	BaO	CaO
SrO	BaO	MgO
SrO	BaO	Al2O3
SrO	BaO	SiO2
SrO	BaO	ZrO2
SrO	BaO	Y2O3
SrO	BaO	Na2O
SrO	BaO	Li2O
BeO	CaO	
BeO	MgO	
BeO	Al2O3	
BeO	SiO2	
BeO	ZrO2	
BeO	Y2O3	
BeO	TiO2	

Cu2O	Al2O3	
Cu2O	CuO	SrO
Cu2O	Cr2O3	
Cu2O	SrO	
Cu2O	CaO	
Cu2O	MgO	
Cu2O	SiO2	
Cu2O	FeOx	
PbO	ZrO2	
PbO	TiO2	
PbO	ZrO2	TiO2
PbO	B2O3	
PbO	SiO2	
PbO	CaO	
PbO	CaO	SiO2
PbO	MgO	
PbO	MgO	SiO2
PbO	Al2O3	
PbO	Al2O3	CaO
PbO	ZnO	
PbO	ZnO	SiO2
PbO	ZnO	Al2O3
PbO	SnO2	
PbO	Fe2O3	

Sc2O3-La2O3-Ce2O3 etc			Nd2O3-Sm2O3-Er2O3 etc			Gd2O3-Dy2O3			Yb2O3-Lu2O3		
Sc2O3	B2O3		Nd2O3	CaO		Gd2O3	CaO		Yb2O3	CaO	
Sc2O3	SiO2		Nd2O3	MgO		Gd2O3	MgO		Yb2O3	MgO	
Sc2O3	Al2O3		Nd2O3	MgO	CaO	Gd2O3	MgO	CaO	Yb2O3	MgO	CaO
Sc2O3	MgO		Nd2O3	Al2O3		Gd2O3	Al2O3		Yb2O3	Al2O3	
Sc2O3	CaO		Nd2O3	Al2O3	CaO	Gd2O3	Al2O3	CaO	Yb2O3	Al2O3	CaO
Sc2O3	ZrO2		Nd2O3	Al2O3	MgO	Gd2O3	Al2O3	MgO	Yb2O3	Al2O3	MgO
Sc2O3	Y2O3		Nd2O3	SiO2		Gd2O3	SiO2		Yb2O3	SiO2	
Sc2O3	La2O3		Nd2O3	SiO2	CaO	Gd2O3	SiO2	CaO	Yb2O3	SiO2	CaO
			Nd2O3	SiO2	MgO	Gd2O3	SiO2	MgO	Yb2O3	SiO2	MgO
			Nd2O3	SiO2	Al2O3	Gd2O3	SiO2	Al2O3	Yb2O3	SiO2	Al2O3
			Nd2O3	ZrO2		Gd2O3	ZrO2		Yb2O3	ZrO2	
La2O3	CaO		Nd2O3	ZrO2	CaO	Gd2O3	ZrO2	CaO	Yb2O3	ZrO2	CaO
La2O3	MgO		Nd2O3	ZrO2	MgO	Gd2O3	ZrO2	MgO	Yb2O3	ZrO2	MgO
La2O3	MgO	CaO	Nd2O3	ZrO2	Al2O3	Gd2O3	ZrO2	Al2O3	Yb2O3	ZrO2	Al2O3
La2O3	Al2O3		Nd2O3	ZrO2	SiO2	Gd2O3	ZrO2	SiO2	Yb2O3	ZrO2	SiO2
La2O3	Al2O3	CaO	Nd2O3	Y2O3		Gd2O3	Y2O3		Yb2O3	Y2O3	
La2O3	Al2O3	MgO	Nd2O3	Y2O3	CaO	Gd2O3	Y2O3	CaO	Yb2O3	Y2O3	CaO
La2O3	SiO2		Nd2O3	Y2O3	MgO	Gd2O3	Y2O3	MgO	Yb2O3	Y2O3	MgO
La2O3	SiO2	CaO	Nd2O3	Y2O3	Al2O3	Gd2O3	Y2O3	Al2O3	Yb2O3	Y2O3	Al2O3
La2O3	SiO2	MgO	Nd2O3	Y2O3	SiO2	Gd2O3	Y2O3	SiO2	Yb2O3	Y2O3	SiO2
La2O3	SiO2	Al2O3	Nd2O3	Y2O3	ZrO2	Gd2O3	Y2O3	ZrO2	Yb2O3	Y2O3	ZrO2
La2O3	ZrO2		Nd2O3	La2O3		Gd2O3	La2O3		Yb2O3	La2O3	
La2O3	ZrO2	CaO	Nd2O3	La2O3	CaO	Gd2O3	La2O3	CaO	Yb2O3	La2O3	CaO
La2O3	ZrO2	MgO	Nd2O3	La2O3	MgO	Gd2O3	La2O3	MgO	Yb2O3	La2O3	MgO
La2O3	ZrO2	Al2O3	Nd2O3	La2O3	Al2O3	Gd2O3	La2O3	Al2O3	Yb2O3	La2O3	Al2O3
La2O3	ZrO2	SiO2	Nd2O3	La2O3	SiO2	Gd2O3	La2O3	SiO2	Yb2O3	La2O3	SiO2
La2O3	ZrO2	SiO2	Nd2O3	La2O3	ZrO2	Gd2O3	La2O3	ZrO2	Yb2O3	La2O3	ZrO2
La2O3	Y2O3		Nd2O3	La2O3	Y2O3	Gd2O3	La2O3	Y2O3	Yb2O3	La2O3	Y2O3
La2O3	Y2O3	CaO	Nd2O3	B2O3		Gd2O3	Nd2O3		Yb2O3	Nd2O3	
La2O3	Y2O3	MgO	Nd2O3	Fe2O3		Gd2O3	Nd2O3	CaO	Yb2O3	Nd2O3	CaO
La2O3	Y2O3	Al2O3	Nd2O3	Fe2O3	B2O3	Gd2O3	Nd2O3	MgO	Yb2O3	Nd2O3	MgO
La2O3	Y2O3	SiO2	Nd2O3	BaO		Gd2O3	Nd2O3	Al2O3	Yb2O3	Nd2O3	Al2O3
La2O3	Y2O3	ZrO2	Nd2O3	SrO		Gd2O3	Nd2O3	SiO2	Yb2O3	Nd2O3	SiO2
La2O3	B2O3		Nd2O3	TiO2		Gd2O3	Nd2O3	ZrO2	Yb2O3	Nd2O3	ZrO2
La2O3	BaO					Gd2O3	Nd2O3	Y2O3	Yb2O3	Nd2O3	Y2O3
La2O3	BaO					Gd2O3	Nd2O3	La2O3	Yb2O3	Nd2O3	La2O3
La2O3	SrO					Gd2O3	TiO2		Yb2O3	Gd2O3	
La2O3	TiO2					Gd2O3	B2O3		Yb2O3	Gd2O3	CaO
La2O3	CoO					Gd2O3	BaO		Yb2O3	Gd2O3	MgO
			Sm2O3	SiO2		Gd2O3	V2O5		Yb2O3	Gd2O3	Al2O3
			Sm2O3	ZrO2					Yb2O3	Gd2O3	SiO2
			Sm2O3	Y2O3					Yb2O3	Gd2O3	ZrO2
			Sm2O3	B2O3					Yb2O3	Gd2O3	Y2O3
			Sm2O3	BaO		Dy2O3	CaO		Yb2O3	Gd2O3	La2O3
			Sm2O3	SrO		Dy2O3	MgO		Yb2O3	Gd2O3	Nd2O3
			Sm2O3	TiO2		Dy2O3	MgO	CaO	Yb2O3	TiO2	
			Sm2O3	HfO2		Dy2O3	Al2O3		Yb2O3	HfO2	
			Sm2O3	HfO2	Al2O3	Dy2O3	Al2O3	CaO	Yb2O3	HfO2	SiO2
						Dy2O3	Al2O3	MgO	Yb2O3	B2O3	
			Eu2O3	Al2O3		Dy2O3	SiO2		Yb2O3	Li2O	
						Dy2O3	SiO2	CaO	Yb2O3	SrO	
						Dy2O3	SiO2	MgO			
						Dy2O3	SiO2	Al2O3			
						Dy2O3	ZrO2				
						Dy2O3	ZrO2	Al2O3			
						Dy2O3	Y2O3		Lu2O3	Al2O3	
						Dy2O3	Y2O3	Al2O3	Lu2O3	SiO2	
						Dy2O3	La2O3		Lu2O3	Nd2O3	
UO2	CaO		Er2O3	Al2O3							
UO2	MgO		Er2O3	SiO2							
UO2	Al2O3		Er2O3	Y2O3							
UO2	SiO2		Er2O3	La2O3							
UO2	ZrO2		Er2O3	Nd2O3							
UO2	Fe2O3		Er2O3	Gd2O3							

PuO₂ ZrO₂
PuO₂ UO₂

Er₂O₃ Sm₂O₃
Er₂O₃ Dy₂O₃

Dy₂O₃ Nd₂O₃
Dy₂O₃ Gd₂O₃
Dy₂O₃ TiO₂

Lu₂O₃ Sc₂O₃

TiO2-HfO2			V2O5-Nb2O5-Ta2O5			CrOx-MoO3-WO3			MnOx-FeOx-CoO-NiO		
TiO2	CaO		V2O5	CaO		CrOx	CaO		MnO	CaO	
TiO2	MgO		V2O5	MgO		CrOx	MgO		MnO	MgO	
TiO2	MgO	CaO	V2O5	MgO	CaO	CrOx	MgO	CaO	MnO	MgO	CaO
TiO2	Al2O3		V2O5	Al2O3		CrOx	Al2O3		MnO	Al2O3	
TiO2	Al2O3	CaO	V2O5	SiO2		CrOx	Al2O3	MgO	MnO	Al2O3	CaO
TiO2	Al2O3	MgO	V2O5	SiO2	CaO	CrOx	SiO2		MnO	Al2O3	MgO
TiO2	SiO2		V2O5	SiO2	MgO	CrOx	SiO2	CaO	MnO	SiO2	
TiO2	SiO2	CaO	V2O5	FeOx		CrOx	SiO2	Al2O3	MnO	SiO2	CaO
TiO2	SiO2	MgO	V2O5	FeOx	CaO	CrOx	FeOx		MnO	SiO2	MgO
TiO2	SiO2	Al2O3	V2O5	FeOx	SiO2	CrOx	NiO		MnO	SiO2	Al2O3
TiO2	ZrO2		V2O5	CrOx		CrOx	NiO	FeOx	MnO	FeOx	
TiO2	ZrO2	CaO	V2O5	NiO		CrOx	MnO		MnO	B2O3	
TiO2	ZrO2	MgO	V2O5	MnOx		CrOx	ZnO		MnO	SrO	
TiO2	ZrO2	Al2O3	V2O5	TiO2		CrOx	BaO		MnO	ZrO2	
TiO2	ZrO2	SiO2	V2O5	ZrO2		CrOx	SrO		MnO	ZrO2	MgO
TiO2	Y2O3					CrOx	Y2O3		MnO	ZnO	
TiO2	Y2O3	CaO				CrOx	ZrO2		MnO	Y2O3	
TiO2	Y2O3	MgO	Nb2O5	HfO2		CrOx	Na2O				
TiO2	Y2O3	Al2O3	Nb2O5	Y2O3							
TiO2	Y2O3	ZrO2	Nb2O5	ZrO2					FeOx	CaO	
TiO2	Na2O		Nb2O5	Ta2O5		MoO3	BaO		FeOx	MgO	CaO
TiO2	Li2O		Nb2O5	ZrO2	Ta2O5	MoO3	CaO		FeOx	Al2O3	
TiO2	BaO		Nb2O5	TiO2		MoO3	MgO		FeOx	Al2O3	CaO
TiO2	BaO	Y2O3	Nb2O5	Al2O3		MoO3	SiO2		FeOx	Al2O3	MgO
TiO2	SrO		Nb2O5	SiO2		MoO3	Na2O		FeOx	SiO2	
TiO2	SrO	CaO	Nb2O5	CaO		MoO3	ZrO2		FeOx	SiO2	CaO
TiO2	SrO	Al2O3	Nb2O5	MgO		MoO3	Y2O3		FeOx	SiO2	MgO
TiO2	SrO	BaO	Nb2O5	Li2O					FeOx	SiO2	MgO
TiO2	B2O3		Nb2O5	Li2O	Ta2O5				FeOx	SiO2	Al2O3
TiO2	ZnO		Nb2O5	Na2O		WO3	CaO		FeOx	ZrO2	
TiO2	ZnO	NiO	Nb2O5	K2O		WO3	MgO		FeOx	BaO	
TiO2	MnO		Nb2O5	ZnO		WO3	Al2O3		FeOx	SrO	
TiO2	MnO	MgO				WO3	SiO2		FeOx	Na2O	
TiO2	FeOx					WO3	ZrO2		FeOx	Li2O	
TiO2	FeOx	Al2O3	Ta2O5	HfO2					FeOx	K2O	
TiO2	FeOx	CaO	Ta2O5	Y2O3					FeOx	B2O3	
TiO2	FeOx	MgO	Ta2O5	ZrO2							
TiO2	CoO		Ta2O5	Y2O3	ZrO2						
			Ta2O5	SnO2							
HfO2	CaO		Ta2O5	TiO2					CoO	CaO	
HfO2	MgO		Ta2O5	Al2O3					CoO	MgO	
HfO2	MgO	CaO	Ta2O5	SiO2					CoO	Al2O3	
HfO2	Al2O3		Ta2O5	CaO	SiO2				CoO	SiO2	
HfO2	Al2O3	CaO	Ta2O5	CaO					CoO	FeOx	
HfO2	Al2O3	MgO	Ta2O5	MgO					CoO	FeOx	SiO2
HfO2	SiO2		Ta2O5	Li2O					CoO	NiO	
HfO2	SiO2	CaO	Ta2O5	Na2O					CoO	MnO	
HfO2	SiO2	MgO							CoO	ZnO	
HfO2	SiO2	Al2O3							CoO	ZrO2	
HfO2	ZrO2								CoO	Y2O3	
HfO2	ZrO2	CaO									
HfO2	ZrO2	MgO							NiO	CaO	
HfO2	ZrO2	Al2O3							NiO	MgO	CaO
HfO2	ZrO2	SiO2							NiO	Al2O3	
HfO2	Y2O3								NiO	Al2O3	CaO

HfO2	Y2O3	Al2O3
HfO2	Y2O3	SiO2
HfO2	Y2O3	ZrO2
HfO2	La2O3	
HfO2	La2O3	Al2O3
HfO2	BaO	
HfO2	SrO	
HfO2	TiO2	

NiO	Al2O3	MgO
NiO	SiO2	
NiO	SiO2	CaO
NiO	SiO2	MgO
NiO	SiO2	Al2O3
NiO	FeOx	
NiO	FeOx	CaO
NiO	FeOx	MgO
NiO	FeOx	Al2O3
NiO	FeOx	SiO2
NiO	ZnO	
NiO	MnO	
NiO	BaO	
NiO	SrO	
NiO	ZrO2	
NiO	Y2O3	

Misc Oxides		Misc Oxides			Nitrides, Fluorides, etc.			Carbides			
GeO2	SiO2	SnO2	SiO2		AlN	CaO		SiC	CaO		
GeO2	Al2O3	SnO2	SiO2	SiO	AlN	MgO		SiC	MgO		
		SnO2	ZnO		AlN	Al2O3		SiC	MgO	CaO	
		SnO2	ZnO	SiO2	AlN	Al2O3	CaO	SiC	Al2O3		
Ga2O3	B2O3	SnO2	In2O3		AlN	Al2O3	MgO	SiC	Al2O3	CaO	
Ga2O3	SiO2	SnO2	In2O3	ZnO	AlN	SiO2		SiC	Al2O3	MgO	
Ga2O3	Al2O3	SnO2	Al2O3		AlN	SiO2	Al2O3	SiC	SiO2		
Ga2O3	CaO				AlN	Y2O3		SiC	SiO2	CaO	
Ga2O3	MgO				AlN	Y2O3	Al2O3	SiC	SiO2	MgO	
Ga2O3	NiO	P2O5	CaO					SiC	SiO2	Al2O3	
Ga2O3	La2O3	P2O5	MgO					SiC	ZrO2		
Ga2O3	Y2O3	P2O5	MgO	CaO	Si3N4	CaO		SiC	ZrO2	CaO	
Ga2O3	SrO	P2O5	Al2O3		Si3N4	MgO		SiC	ZrO2	MgO	
		P2O5	Al2O3	CaO	Si3N4	Al2O3		SiC	ZrO2	Al2O3	
		P2O5	Al2O3	MgO	Si3N4	SiO2		SiC	Y2O3		
In2O3	CaO	P2O5	SiO2		Si3N4	SiO2	Al2O3	SiC	Y2O3	CaO	
In2O3	MgO	P2O5	SiO2	CaO	Si3N4	SiO2	CaO	SiC	Y2O3	MgO	
In2O3	ZrO2	P2O5	SiO2	MgO	Si3N4	SiO2	MgO	SiC	Y2O3	Al2O3	
In2O3	BaO	P2O5	SiO2	Al2O3	Si3N4	Y2O3		SiC	Y2O3	SiO2	
In2O3	B2O3	P2O5	Li2O		Si3N4	Y2O3	SiO2	SiC	Y2O3	ZrO2	
In2O3	B2O3	BaO	P2O5	Li2O	Al2O3	Si3N4	AlN		SiC	AlN	
In2O3	ZnO		P2O5	Na2O		Si3N4	AlN	Al2O3	Si	Y	C
			P2O5	K2O					SiC	Si3N4	
			P2O5	FeOx					SiC	Si3N4	SiO2
Bi2O3	Al2O3		P2O5	MnO		CaF2	CaO		SiC	Si2ON2	
Bi2O3	CaO		P2O5	La2O3		CaF2	Al2O3		SiC	ZrB2	
Bi2O3	TiO2					CaF2	Al2O3	CaO			
Bi2O3	SrO					CaF2	SiO2				
Bi2O3	ZnO					CaF2	SiO2	CaO	Al4C3	Al2O3	
Bi2O3	PbO					CaF2	Y2O3		Al4C3	AlN	
Bi2O3	SiO2								Al4C3	AlN	Al2O3
Bi2O3	Fe2O3								Al4C3	SiC	
Bi2O3	ZrO2								Al4C3	SiC	AlN
Bi2O3	CuOx										
						CaS	CaO		B4C	B2O3	
						CaS	Al2O3		B4C	SiC	
						CaS	Al2O3	CaO			
						CaS	SiO2				
						CaS	SiO2	CaO			
						FeS	FeOx				
						FeS	CaS				
						FeS	MgS				
						MnS	CaS				
						MnS	FeS				
						MnS	MnO				
						MnS	MgS				
						MnS	MnO	Al2O3			
						CaCl2	CaO				
						CaCl2	CaF2				
						CaCl2	CaF2	CaO			

High temperature systems

Al	B	C	Si	B	Si	C	B	C	N
Al	B	N	Al	B	Al	C	B	C	Si
Al	B	Si	Ti	B	Ti	C	B	N	Si
Al	C	N	Ta	B	Ta	C	C	N	Si
Al	C	Si	Zr	B	B	C			
Al	N	Si	Y	B	Zr	C			
			Mo	B	Y	C	Mo	B	C
			Hf	B	Mo	C	Mo	B	N
Zr	B	C			Hf	C	Mo	B	Si
Zr	B	N					Mo	C	N
Zr	B	Si					Mo	C	Si
Zr	C	N	Al	Si	Si	Si ₃ N ₄	Mo	C	Si
Zr	C	Si	Ti	Si	Al	AlN	Mo	N	Si
Zr	N	Si	Ta	Si	Ti	TiN			
			Zr	Si	Ta	TaN	Hf	B	C
Y	B	C	Y	Si	B	BN	Hf	B	N
Y	B	N	Mo	Si	Zr	ZrN	Hf	B	Si
Y	B	Si	Hf	Si	Y	YN	Hf	C	N
Y	C	N			Mo	MoN	Hf	C	Si
Y	C	Si			Hf	HfN	Hf	N	Si
Y	N	Si							
Mo	Al	N			Ca	S	Ti	B	C
Hf	Al	N			Mg	S	Ti	B	Si
Ti	Al	N	Mo	Al	Fe	S	Ti	C	N
Zr	Al	N	Hf	Al	Mn	S	Ti	C	Si
Y	Al	N	Ti	Al			Ti	N	Si
Ti	Zr	N	Zr	Al					
			Y	Al					
Hf	C	O	Mo	Si	Y	Y ₂ O ₃	Mo	Al	B
Ti	C	O	Hf	Si	Cr	Cr ₂ O ₃	Hf	Al	B
Zr	C	O	Ti	Si	Ti	TiO ₂	Ti	Al	B
Y	C	O	Zr	Si	Zr	ZrO ₂	Zr	Al	B
				O			Y	Al	B
				O	La	Si			
				O	Ce	Si	Mo	Al	O
				O	Pr	Si	Ti	Al	O