

Inhaltsverzeichnis

(Table of contents see page XIV)

	Seite		Seite
Niob und Edelgase	1	Physikalische Eigenschaften und chemisches Verhalten	14
Niob und Wasserstoff	1	<i>Das System Nb-D</i>	14
Allgemeines	1	Niob und Sauerstoff	14
Sorptionsgleichgewicht	2	Das System Nb-O	14
Löslichkeit	2	Allgemeines	14
Isobaren	2	Diffusion	15
Isothermen	3	Zustandsdiagramm Nb-Nb₂O₅	15
Isoplethen	4	Löslichkeit im festen Zustand	15
Löslichkeitsgleichung	4	Untersuchungen im System Nb-O bei kleinen Drucken	16
Nb-H-Phasen	4	α-Mischkristall	17
α -Phase	4	Bildung und Darstellung	17
α' -Phase	5	Thermodynamische Daten der Bildung ..	17
β -Phase	5	Kristallographische Eigenschaften	18
γ -Phase	5	Mechanische und thermische Eigenschaften	18
Zweiphasengebiet	5	Härte	18
Weitere Hydridphasen	6	Festigkeit	19
Bildung und Darstellung der Hydridphasen	6	Innere Reibung	19
Physikalische Eigenschaften	7	Lösungswärme	20
Kristallographische Eigenschaften	7	Magnetische Suszeptibilität	20
Gitterstruktur, α -Phase	7	Elektrische Leitfähigkeit	20
α' -Phase	8	Supraleitung	21
β -Phase	8	Chemisches Verhalten	21
Gitterschwingungen	9	Beim Erhitzen	21
Diffusion	9	Gegen Wasserdampf	23
Mechanische und thermische Eigenschaften	9	Niedere Nioboxide	23
Dichte	9	<i>Suboxid NbO_x, NbO_y und NbO_z</i>	24
Festigkeit	10	Allgemeines	24
Innere Reibung	10	NbO _x	25
Thermische Ausdehnung	10	Bildung und Darstellung	25
Schmelzpunkt	11	Durch Oxydation von Niob	25
Wärmekapazität, Enthalpie, Entropie ..	11	Kristallographische Eigenschaften ..	25
Thermodynamische Daten	11	Optische Eigenschaften	26
Elektrische und magnetische Eigenschaften	12	NbO _y	26
Magnetische Suszeptibilität	12	Bildung und Darstellung	26
Elektrischer Widerstand	12	Kristallographische Eigenschaften ..	26
Supraleitung	13	NbO _z	26
Magnetische Kernresonanz	13	Bildung und Darstellung	26
Chemisches Verhalten	13	Kristallographische Eigenschaften ..	26
Beim Erhitzen	13	Chemisches Verhalten	27
An der Luft	13	Niob(II)-oxid NbO	27
Gegen UO ₂	13	Darstellung	27
Gegen Säuren	13	Durch Reduktion von Nioboxiden	27
Niobdihydrid NbH₂	14	Durch Oxydation von Nb in Luft oder Sauerstoff	27
Darstellung	14		

II

	Seite		Seite
Durch Oxydation von Nb		Beim Erhitzen	40
in Wasserdampf	28	Gegen Elemente	41
Durch Oxydation mit Metalloxiden	28	Gegen Nichtmetallverbindungen	41
Durch Transportreaktion in Joddampf	28	Gegen Laugen	41
Durch Ausscheidung aus übersättigten		Gegen Säuren	41
α -Mischkristallen	28	Gegen Metallverbindungen	41
Einkristalle	28	Gegen Tetrachlorkohlenstoff	42
Thermodynamische Daten der Bildung	29	<i>Andere niedere Oxide (?)</i>	42
Molekel	29	<i>Hexagonales Nioboxid (?)</i>	42
Kristallographische Eigenschaften	30	<i>Oxidphasen (Nb^{IV}Nb^V)O_x</i>	
Mechanische und thermische Eigenschaften	30	mit $2 < x < 2.5$	43
Dichte	30	Bildung und Darstellung	43
Mikrohärte	30	Struktur und Eigenschaften	44
Dampfdruck	30	<i>Diniobpentoxid Nb₂O₅</i>	45
Schmelzpunkt	31	Überblick	45
Schmelzwärme	31	Bildung und Darstellung	46
Verdampfungswärme	31	Dünne Schichten	46
Dissoziationsenergie	31	Pulver	47
Spezifische Wärme	31	Nb ₂ O ₅ -Modifikationen	47
Enthalpieinkrement	31	Thermodynamische Daten der Bildung	51
Entropie	31	Physikalische Eigenschaften	52
Optische Eigenschaften	32	Kristallographische Eigenschaften	52
Elektrische Eigenschaften	32	Polymorphie	52
Chemisches Verhalten	32	Polymorphe Umwandlungen	52
Beim Erhitzen	32	Weitere polymorphe Formen	
Gegen Luft	32	und Umwandlungen	53
Gegen Elemente	32	Gitterstruktur, Gitterkonstanten	53
Gegen Verbindungen	32	Gitterenergie	57
<i>Niob(IV)-oxid NbO₂</i>	33	Defektstruktur	57
Homogenitätsbereich	33	Diffusion	58
Bildung und Darstellung	33	Mechanische und thermische	
Durch Reduktion von Nb ₂ O ₅		Eigenschaften	59
mit H ₂ und CaH ₂	33	Dichte	59
Durch Reduktion von Nb ₂ O ₅ mit C,		Härte	59
CO oder NbC	34	Elastizität, Festigkeit	59
Durch Oxydation von Niob	34	Oberflächenspannung	59
Durch Transportreaktion in Joddampf	34	Thermische Ausdehnung	59
Thermodynamische Daten der Bildung	34	Schmelzpunkt, Schmelzwärme,	
Kristallographische Eigenschaften	35	Schmelzentropie	60
Polymorphie	35	Dampfdruck, Siedepunkt,	
Gitterstruktur	36	Verdampfungswärme	60
Mechanische und thermische Eigenschaften	36	Thermodynamische Funktion	60
Dichte	36	Magnetische und elektrische	
Ausdehnungskoeffizient	36	Eigenschaften	61
Mikrohärte	36	Magnetische Suszeptibilität	61
Dampfdruck	36	Dielektrizitätskonstante,	
Schmelzpunkt, Schmelzwärme	37	Dielektrischer Verlustfaktor	61
Sublimationswärme	37	Durchschlagsfestigkeit	62
Spezifische Wärme	37	Bandstruktur, Ladungsträger	62
Enthalpieinkrement	38	Elektrische Leitfähigkeit	62
Entropie	38	Thermokraft	63
Elektrische Eigenschaften	38	Optische Eigenschaften	63
Magnetische Eigenschaften	40	Brechungsindex	63
Chemisches Verhalten	40	Spektrum	63

	Seite		Seite
Thermolumineszenz	64	In Lösung	87
Elektrolumineszenz	64	Peroxonitribsäuren	89
Elektrochemisches Verhalten	64	HNbO_4	89
Chemisches Verhalten	64	HNbO_4 -Sol	89
Beim Erhitzen	64	$\text{Nb}_2\text{O}_5 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	89
Gegen nichtmetallische Elemente	64	In Lösung	90
Wasserstoff	64	Niob und Stickstoff	91
Chlor	65	Das System Nb-N	91
Brom	65	Sorptionsgleichgewichte	91
Kohlenstoff	65	Kinetik	91
Silicium	67	Begasung	92
Gegen nichtmetallische Verbindungen	67	Massives Niob	92
Wasser	67	Nb-Pulver	93
Ammoniak	67	Nb-Film	94
Halogenverbindungen	67	Entgasung	94
Chalkogenverbindungen	67	Massives Niob	94
Bor(III)-oxid	68	Gleichgewichtsbeziehungen	95
Kohlenstoffverbindungen	68	Isothermen	95
Silicium(IV)-oxid	69	Isoplethen	96
Phosphorverbindungen	69	Isobaren	96
Arsenverbindungen	69	Löslichkeitsgleichungen	96
Gegen Metalle	69	Diffusion	97
Gegen Metallverbindungen	70	Zustandsdiagramm	98
Hydride	70	Übersicht	98
Oxide	70	Schmelze	99
Hydroxide	75	Fester Zustand	100
Halogenide	75	α -Phase	100
Sulfate	76	Gleichgewicht α -Phase-Gasphase	101
Borate	76	Gleichgewicht α -Phase- β -Phase-Gasphase	101
Kohlenstoffverbindungen	76	β -Phase	102
Weitere Metallverbindungen	78	γ -Phase	103
Gegen Laugen und Säuren	78	δ - und δ' -Phase	103
Gegen Laugen	78	ε -Phase	104
Gegen Säuren	78	$\sim \text{NbN}_{0.88} (?)$	104
Niobaquozide	79	Niobnitride	104
<i>Niob(V)-aquoxid</i>	79	Bildung und Darstellung	105
Natur und Zusammensetzung	79	Aus Niob oder Nb-Hydrid und Stickstoff	105
Bildung	81	Durch thermische Zersetzung	
Darstellung	82	N-haltiger Nb-Verbindungen	107
Aus alkalischen Lösungen	82	Aus Niob oder Nb-Hydrid und	
Aus sauren Lösungen	82	N-Verbindungen	107
Patente	82	Aus Nb-Oxiden und -Chloriden	107
Physikalische Eigenschaften	83	Aus $(\text{NH}_4)_2\text{NbF}_7$	108
Chemisches Verhalten	83	Gehaltsbestimmung, Reinheitsprüfung	108
Adsorption	83	Thermodynamische Daten der Bildung	109
Gegen Wasser	83	Physikalische Eigenschaften	110
Gegen Ammoniak	83	Kristallographische Eigenschaften	110
Gegen Metalle	83	Kristallform	110
Gegen anorganische Salze	83	Gefüge	110
Gegen anorganische Basen und Säuren	83	Gitterstruktur	111
Gegen organische Verbindungen	86	α -Phase	111
Besondere Formen	86	β -Phase	112
<i>Oxonioob-Ionen</i>	87	γ -Phase	113
In der Gasphase	87		

	Seite		Seite
δ -Phase	113	Weitere Nioboxidnitride	129
δ' -Phase	115	Niobnitrate	130
ϵ -Phase	115	NbO(NO ₃) ₃	130
$\sim$ NbN _{0.86} (?)	116	<i>Salpetersaure Lösung von Niob(V)</i>	130
Mechanische und thermische		Niob und Fluor	131
Eigenschaften	116	Niobfluorid-Ionen	131
Mechanische Eigenschaften	116	Niedere Niobfluoride	131
Dichte	116	NbF ₃ (?)	131
Härte	117	NbF _{3.5} (Nb ₅ F ₁₅)	131
Oberflächenspannung	117	Darstellung	131
Thermische Eigenschaften	118	Eigenschaften	131
Thermischer Ausdehnungskoeffizient	118	NbF ₅ (?)	132
Dampfdruck	118	Darstellung	132
Wärmekapazität	118	Physikalische Eigenschaften	133
Enthalpie	119	Chemisches Verhalten	133
Entropie	119	NbF ₅	133
Wärmeleitfähigkeit	119	Darstellung	133
Magnetische und elektrische		Physikalische Eigenschaften	133
Eigenschaften	120	Chemisches Verhalten	134
Kernmagnetische Resonanz	120	Niob(V)-fluorid NbF₅	134
Magnetische Suszeptibilität		Bildung und Darstellung	134
Magnetisierung	120	Aus Nb-Metall	134
Spezifische Leitfähigkeit	120	Mit Fluor	134
Supraleitfähigkeit	120	Mit Fluorverbindungen	135
α -Phase	121	Aus Niob(V)-chlorid	135
β -Phase	121	Aus weiteren Niobverbindungen	135
γ -Phase	121	Thermodynamische Daten der Bildung	135
δ -Phase	121	Physikalische Eigenschaften	136
Sprungtemperatur	121	Molekel	136
Kritische Feldstärke	123	Konstitution der Schmelze	136
Kritische Stromstärke	124	Kristallstruktur	136
Kritische Stromdichte	125	Mechanische Eigenschaften	136
Supraleitungsenergielücke	125	Dichte	136
ϵ -Phase	125	Viscosität	137
Hall-Effekt, Thermokraft	125	Thermische Eigenschaften	137
Elektronenemission	125	Verdampfungsdaten	137
Optische Eigenschaften	125	Schmelzdaten	138
Farbe	125	Thermodynamische Funktionen	138
Temperaturstrahlung	126	Optische und elektrische Eigenschaften	138
Elektrochemisches und chemisches		Chemisches Verhalten	139
Verhalten	126	Beim Erhitzen	139
Potentiale	126	Gegen Luft und H ₂ O	139
Verhalten beim Erhitzen	126	Gegen Elemente	139
Chemische Reaktionen	126	Gegen anorganische Verbindungen	139
<i>Das System Nb-O-N</i>	127	Nichtmetallverbindungen	139
Zustandsdiagramm	127	Metallverbindungen	140
Ternäre Phasen	127	Laugen	140
Teilsystem Nb-NbO ₂ -NbN	127	Säuren	140
Nioboxidnitride	128	Gegen organische Verbindungen	140
α -Phase	128	Äther, Thioäther	140
δ -Nb(O,N)	129	Stickstoffbasen	140
ϵ -Nb(O,N)	129	Weitere Verbindungen	140
NbN _{~0.9} O _{~0.1}	129	Lösungen von NbF ₅	140
NbN _{~0.8} O _{~0.2}	129		
NbON	129		

	Seite		Seite
XeF₂-Addukte von NbF₅	141	Molekel	159
2NbF ₅ ·XeF ₂	141	Einkristalle von Nb ₃ Cl ₈	159
NbF ₅ ·XeF ₂	141	<i>Bildung und Darstellung</i>	159
Fluoroniobsäuren	141	Aus Nb und Chlorierungsmitteln	159
HNb ₂ F ₁₁ ·4H ₂ O	141	Durch Reduktion von NbCl ₅ mit H ₂	160
HNbF ₆ ·6H ₂ O	141	Durch Reduktion von NbCl ₅ mit Metallen	161
HNbF ₆ ·H ₂ O	142	Weitere Darstellungsmethoden	161
Nioboxidfluoride	142	Reinheitsprüfung	162
Nb(O,F) ₃ und NbO _x F _y	142	Thermodynamische Daten der Bildung	162
NbOF ₃	142	<i>Physikalische Eigenschaften</i>	162
Nb ₂ O ₅ F ₅ (?)	142	Kristallographische Eigenschaften	162
NbO ₂ F	143	Dichte	163
NbO ₂ F·0.5H ₂ O	143	Thermische Eigenschaften	163
Nb ₃ O ₇ F	143	Magnetische Eigenschaften	164
Nb ₅ O ₁₂ F	143	Optische Eigenschaften	164
Nb ₁₇ O ₄₁ F, Nb ₃₁ O ₇₇ F	144	<i>Chemisches Verhalten</i>	165
Nb ₈₉ O ₁₄₇ F, Nb ₈₅ O ₁₆₁ F ₃	144	Beim Erhitzen	165
<i>Das System NbF₅-Nb₂O₅-HF-H₂O</i>	144	Gegen Nichtmetalle	166
<i>Flußsaure Lösungen von Niob(V)</i>	145	Gegen Nichtmetallverbindungen	166
Konstitution	145	Gegen Metalle	167
Physikalische Eigenschaften	145	Gegen Metallverbindungen	167
Chemisches Verhalten	146	Gegen Laugen und Säuren	167
Nitrosyl- und Nitryl-fluoroniobate(V)	146	Gegen organische Verbindungen	167
Nitrosyl-hexafluoroniobat	146	Niobtetrachlorid NbCl₄	168
Nitryl-hexafluoroniobat	146	<i>Bildung und Darstellung</i>	168
Niob und Chlor	146	Aus Nb und HCl	168
Das System Nb-Cl	146	Aus NbCl ₅ und Reduktionsmitteln	168
Niobchloride	148	Aus NbO ₂ und Chlorierungsmitteln	169
<i>Undefinierte niedere Chloride</i>	148	Weitere Bildungsweisen	170
Chloride mit [Nb₆Cl₁₂]-Gruppen	148	Thermodynamische Daten der Bildung	170
Konstitution und Bindungsverhältnisse	149	<i>Physikalische Eigenschaften</i>	170
Elektronenspektren	150	Kristallographische Eigenschaften	170
Schwingungsspektren	151	Dichte	170
Nb ₆ Cl ₁₄ ·NbCl ₂	153	Thermische Eigenschaften	170
Bildung und Darstellung	153	Sublimationsdruck	171
Thermodynamische Daten der Bildung	153	Thermodynamische Funktionen	171
Physikalische Eigenschaften	153	Magnetische Eigenschaften	171
Elektrochemisches Verhalten	154	Optische Eigenschaften	171
Chemisches Verhalten	154	<i>Chemisches Verhalten</i>	171
Nb ₆ Cl ₁₄ ·9H ₂ O	155	Beim Erhitzen	171
Nb ₆ Cl ₁₄ ·8(7)H ₂ O	156	Gegen Elemente	173
Bildung und Darstellung	156	Gegen anorganische Verbindungen	173
Physikalische Eigenschaften	156	Gegen Säuren	173
Chemisches Verhalten	157	Gegen organische Verbindungen	173
<i>Wäßrige Lösung von Nb₆Cl₁₄</i>	157	Löslichkeit	173
<i>Alkoholische Lösung von Nb₆Cl₁₄</i>	158	Adduktbildung	174
Nb ₆ Cl ₁₅ ·7H ₂ O	158	Weitere Reaktionen	174
Niobtrichlorid NbCl_{3±x}	159	<i>Lösungen von NbCl₄</i>	174
		Salzsaure alkoholische Lösungen	174
		Niobpentachlorid NbCl₅	175
		<i>Bildung und Darstellung</i>	175
		Aus Nb und Cl ₂	175

	Seite		Seite
Aus Nb und HCl	175	Schwefelverbindungen	191
Aus Nb und PbCl ₂	175	Bortribromid	192
Aus Nb ₂ O ₅ und Cl ₂	175	Kohlenstoffverbindungen	192
Aus Nb ₂ O ₅ und CCl ₄	176	Siliciumverbindungen	192
Aus Nb ₂ O ₅ und weiteren Chlor- kohlenwasserstoffen	177	Phosphorverbindungen	192
Aus Nb ₂ O ₅ und Säurechloriden	177	Arsentrifluorid	192
Aus Nb ₂ O ₅ und Chloriden	178	Gegen Metallverbindungen	192
Aus Nb ₂ O ₄	179	Alkalihalogenide	192
Aus NbOCl ₃	179	Alkalicyanide. Kaliumthiocyanat	193
Aus Nb-Sulfid	179	Calciumverbindungen	193
Weitere Verfahren	179	Aluminiumverbindungen	193
Reinigung	180	Zinn(II)-chlorid	194
Entfernung von NbOCl ₃	180	Niobverbindungen	194
Entfernung der Chloride anderer Metalle	180	Tantalverbindungen	194
Reinheitsprüfung	181	Gegen Säuren	194
Thermodynamische Daten der Bildung	181	Gegen wäßrige Lösungen von Salzen	195
Molekel	182	Gegen organische Verbindungen	195
Bindung	183	Kohlenwasserstoffe	195
Physikalische Eigenschaften	183	Alkohole	195
Kristallographische Eigenschaften	183	Phenole	196
Mechanische Eigenschaften	183	Ketone	196
Dichte	183	Organische Säuren	196
Viscosität	184	Äther. Thioäther	196
Thermische Eigenschaften	184	Sulfoxyde	197
Zustandsgleichung	184	Stickstoffhaltige Verbindungen	197
Thermische Ausdehnung	184	Chlorhaltige Verbindungen	198
Dampfdruck	184	Alkyl-, Aryl- und Dimethylamino- verbindungen des B, P, As, Sb, Bi	198
Schmelzpunkt. Tripelpunkt	186	Gegen metallorganische Verbindungen	198
Verdampfungsenthalpie	186	Nichtwäßrige Lösung von NbCl ₅	199
Verdampfungsentropie	186	Anorganische Lösungsmittel	199
Sublimationsdaten	186	Organische Lösungsmittel	199
Schmelzenthalpie. Schmelzentropie	187	Kohlenwasserstoff	199
Siedepunkt	187	Alkohole	200
Kritischer Punkt	187	Äther. Thioäther	201
Wärmekapazität	187	Stickstoffhaltige Verbindungen	201
Thermodynamische Funktionen	187	Chlorhaltige Verbindungen	202
Magnetische und elektrische Eigenschaften	188	Tributylphosphat	202
Optische Eigenschaften	188	Nioboxidchloride	202
Chemisches Verhalten	189	Niob(IV)-oxidchlorid NbOCl ₂	203
Beim Erhitzen	189	Darstellung	203
Gegen Elemente	189	Physikalische Eigenschaften	203
Wasserstoff	189	Chemisches Verhalten	203
Sauerstoff	189	Das System NbCl ₅ -Nb ₂ O ₅	204
Stickstoff	190	Gleichgewicht NbOCl ₃ -Nb ₂ O ₅ -Gasphase	205
Schwefel	190	Gleichgewicht NbOCl ₃ -Schmelze-Gasphase	205
Phosphor	190	Gleichgewicht Nb ₂ O ₅ -Schmelze-Gasphase	205
Gegen Metalle	190	Niob(V)-oxidchlorid NbOCl ₂	206
Gegen Nichtmetallverbindungen	190	Bildung und Darstellung	206
Wasser. Wasserdampf	190	Aus Nb ₂ O ₅	206
Ammoniak	191	Aus NbCl ₅	207
Stickstoffoxide. Nitrosylchlorid	191		
Fluorwasserstoff	191		

	Seite		Seite
Weitere Methoden	208	Optische Eigenschaften	226
Reinheitsprüfung	208	Elektronenspektren	226
Thermodynamische Daten der Bildung	208	Schwingungsspektren	227
Molekel	209	$\text{Nb}_5\text{Br}_{14}$	227
Physikalische Eigenschaften	209	$\text{Nb}_5\text{Br}_{14} \cdot 8(7)\text{H}_2\text{O}$	227
Kristallographische Eigenschaften	209	Lösungen von $[\text{Nb}_5\text{Br}_{14}]^{n+}$	228
Dichte	210	Niobtribromid „NbBr₃“	228
Thermische Eigenschaften	210	Bildung und Darstellung	229
Sublimation	210	Physikalische Eigenschaften	229
Thermodynamische Funktionen	210	Kristallographische Eigenschaften	229
Optische Eigenschaften	211	Dichte	230
Chemisches Verhalten	211	Optische Eigenschaften	230
Beim Erhitzen	211	Magnetische Eigenschaften	230
Gegen Elemente	212	Chemisches Verhalten	230
Gegen anorganische Verbindungen	212	$\beta\text{-Nb}_5\text{Br}_8$	230
Gegen organische Verbindungen	213	Niobtetrabromid NbBr₄	232
Nichtwäßrige Lösung von NbOCl_3	214	Bildung und Darstellung	232
Weitere Nioboxidchloride	215	Physikalische Eigenschaften	232
NbO_2Cl	215	Kristallographische Eigenschaften	232
$\text{Nb}_2\text{O}_5\text{Cl}_2$	215	Dichte	232
$\text{Nb}_5\text{O}_{10}\text{Cl}$	215	Weitere physikalische Eigenschaften	232
Chloroniobhydroxide		Chemisches Verhalten	233
Hydrozochloroniobchlorid	216	NbBr_4 -Lösungen	233
Salzsaure Lösungen von Nb niederer		Niobpentabromid NbBr₅	234
Oxydationsstufe	216	Bildung und Darstellung	234
Bildung der Lösungen	216	Aus Nb und Br ₂	234
Konstitution	217	Aus Nb und HBr	234
Physikalische Eigenschaften	218	Aus Nb_2O_5 und Br ₂	234
Chemisches Verhalten	218	Aus Nb_2O_5 und CBr_4	234
Salzsaure Lösung von Niob(V)	218	Weitere Darstellungsmethoden	235
Konstitution	219	Reinigung	235
Einfluß von Zusätzen	221	Thermodynamische Daten der Bildung	235
Physikalische Eigenschaften	221	Molekel	235
Chemisches Verhalten	222	Physikalische Eigenschaften	236
Perchlorsaure Lösung von Niob(V)	222	Kristallographische Eigenschaften	236
Niob-Stickstoff-Chlor-Verbindungen	223	Dichte	236
$(\text{NbNCl}_2)_x$	223	Dampfdruck, Dampfichte	236
NbCl_3NH	223	Umwandlungsenthalpie	
$\text{NbCl}_3(\text{NH}_3)_2$	223	und Umwandlungsentropie	237
$\text{Nb}_5\text{O}_{10}(\text{OH})_2\text{NCl}_2$	224	Thermische Fixpunkte	237
$[\text{Nb}_5\text{Cl}_{12}](\text{NO}_3)_2$	224	Thermodynamische Funktionen	237
$\text{NbCl}_3(\text{NO}_3)_2$	224	Optische Eigenschaften	237
NONbCl_6	224	Chemisches Verhalten	237
NONbOCl_4	224	Gegen Elemente	237
Niobchloridfluorid NbCl₄F	224	Gegen anorganische Verbindungen	238
Niob und Brom	225	Gegen organische Verbindungen	238
Niobbromide	225	Nichtwäßrige Lösung von NbBr₅	239
Niobdibromid NbBr₂	226	Anorganische Lösungsmittel	239
Bromide mit $[\text{Nb}_5\text{Br}_{14}]$-Gruppen	226	Organische Lösungsmittel	239
		Nioboxidbromide	240
		NbOBr_2	240
		NbOBr_3	240

	Seite		Seite
Bildung und Darstellung	240	Physikalische Eigenschaften	252
Physikalische Eigenschaften	241	Chemisches Verhalten	253
Chemisches Verhalten	241	<i>Niobhydridjodide</i>	254
NbO_2Br	241	$\text{Nb}_6\text{HJ}_{11}$	254
$\text{Nb}_2\text{O}_4 \cdot \text{HBr} \cdot 3\text{H}_2\text{O} (?)$	241	$\text{NbHJ}_2 (?)$	255
<i>Bromwasserstoffsäure Lösung von Niob(V)</i> ..	241	<i>Nioboxidjodide</i>	255
Niob-Brom-Halogenverbindungen ..	242	NbOJ_2	255
$[\text{BrF}_2]\text{NbF}_5$	242	NbOJ_3	255
$[\text{Nb}_6\text{Br}_{12}]\text{Cl}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$	242	NbO_2J	256
$[\text{Nb}_6\text{Cl}_{12}]\text{Br}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$	242	<i>Heteropolysäuren mit HJO_3 und HJO_4</i> ..	256
<i>Das System $\text{NbBr}_5\text{-NbCl}_5$</i>	242	$\text{H}_2[\text{Nb}_2\text{O}_5(\text{JO}_3)_2] \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	256
Niob und Jod	242	$\text{H}_2[\text{Nb}_2\text{O}_5(\text{JO}_4)_2] \cdot 8\text{H}_2\text{O}$	257
Niobjodide	242	<i>Niobjodidbromid NbJ_2Br</i>	257
<i>Undefinierte niedere Jodide</i>	244	Niob und Schwefel	257
<i>Hexaniobhendekajodid Nb_6J_{11}</i>	245	Das System Nb-S	257
Bildung und Darstellung	245	Niobsulfide	258
Physikalische Eigenschaften	245	Bildung und Darstellung	258
Kristallographische Eigenschaften	245	Aus den Elementen	258
Dichte	246	Aus Niob und Schwefelwasserstoff ..	259
Magnetische Eigenschaften	246	Aus Niobverbindungen	259
Optische Eigenschaften	246	Darstellung besonderer Formen	259
Chemisches Verhalten	246	Physikalische Eigenschaften	259
Beim Erhitzen	246	Kristallographische Eigenschaften ..	259
Gegen Elemente und Verbindungen ..	246	Weitere physikalische Eigenschaften ..	260
<i>Jodide mit $[\text{Nb}_6\text{J}_{12}]$-Gruppen (?)</i>	247	Chemisches Verhalten	261
<i>Niobtrijodid</i>	247	Subsulfide Nb_{1+x}S	261
$\text{NbJ}_3 (?)$	247	Nb_{21}S_9	262
$\alpha\text{-Nb}_3\text{J}_8$	248	Monosulfide Nb_{1-x}S	262
Bildung und Darstellung	248	Darstellung	262
Physikalische Eigenschaften	248	Kristallographische Eigenschaften ..	262
Chemisches Verhalten	248	Weitere physikalische Eigenschaften ..	262
$\beta\text{-Nb}_3\text{J}_8$	248	Nb_3S_4	263
Bildung und Darstellung	248	Disulfide $\text{Nb}_{1+x}\text{S}_2$	263
Physikalische Eigenschaften	249	Darstellung	263
Chemisches Verhalten	249	Kristallographische Eigenschaften ..	264
Beim Erhitzen	249	Mechanische und thermische	
Gegen Elemente und Verbindungen ..	250	Eigenschaften	264
NbJ_3	250	Optische Eigenschaften	265
Gasförmiges NbJ_3	250	Elektrische Eigenschaften	265
<i>Niobtetrajodid NbJ_4</i>	250	Chemisches Verhalten	265
$\alpha\text{-NbJ}_4$	250	NbS_2	265
Bildung und Darstellung	250	Bildung und Darstellung	265
Physikalische Eigenschaften	250	Bildungsgrößen	266
Chemisches Verhalten	251	Kristallographische Eigenschaften ..	266
$\beta\text{-NbJ}_4$	251	Weitere physikalische Eigenschaften ..	267
$\gamma\text{-NbJ}_4$	251	Chemisches Verhalten	267
Gasförmiges NbJ_4	251	Diniobpentasulfid Nb_2S_5	268
<i>Niobpentajodid NbJ_5</i>	252	Niobtrisulfid NbS_3	268
Bildung und Darstellung	252	Nioboxidsulfide	268
Bildungsenthalpie	252	<i>Das System $\text{Nb}_2\text{O}_5\text{-SO}_3\text{-H}_2\text{O}$</i>	269
		Niobsulfate und -oxidsulfate	270
		$\text{Nb}_2\text{O}_5\text{SO}_4$	270
		$\text{Nb}_2\text{O}_3(\text{SO}_4)_2$	270

	Seite		Seite
$\text{Nb}_2\text{O}_3(\text{SO}_4)_3$	271	Mechanische und thermische Eigenschaften	286
$\text{Nb}_2\text{O}_3(\text{SO}_4)_4$	271	Farbe	286
$2\text{Nb}_2\text{O}_5 \cdot \text{SO}_3$	271	Magnetische Eigenschaften	287
$2\text{Nb}_2\text{O}_5 \cdot 3\text{SO}_3$	271	Elektrische Eigenschaften	287
Weitere Oxid- und Hydroxidsulfate	271	Chemisches Verhalten	288
$\text{Nb}_6\text{O}_{13}(\text{SO}_4)_8 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$	272	NbSe_4	289
$\text{Nb}(\text{OH})_m(\text{SO}_4)^{(m-3)-}$	272	Niobselenidhalogenide	289
$(\text{NbO})_5(\text{OH})_{12}(\text{HSO}_4)_3 \cdot x\text{H}_2\text{SO}_4$	272	Niobselenidfluoride	289
$\text{H}[\text{NbO}(\text{OH})_x(\text{SO}_4)_y]$	273	$\text{NbF}_5 \cdot \text{SeF}_4$	289
$\text{H}_3[\text{NbO}(\text{OH})_x(\text{SO}_4)_y]$	273	$2\text{NbF}_5 \cdot \text{SeF}_4$	289
$5\text{H}_3[\text{NbO}(\text{SO}_4)_3] \cdot 2\text{H}_3[\text{NbO}(\text{OH})_6]$	273	$\text{NbF}_5 \cdot \text{SeOF}_2$	289
$7\text{H}_3[\text{NbO}(\text{SO}_4)_3] \cdot 2\text{H}_3[\text{NbO}(\text{OH})_6]$	273	NbSe_2X_2	290
Schwefelsaure Lösung von Niob(V)	273	NbSe_2Cl_4	290
Darstellung	273	NbSe_2Br_2	290
Konstitution	273	NbSe_2J_2	291
Physikalische Eigenschaften	274	NbSe_2X_3	291
Elektrochemisches Verhalten	275	Niob und Tellur	291
Chemisches Verhalten	275	Übersicht	291
H_2O_2 -haltige schwefelsaure Lösung von Niob(V)	276	Niobtelluride	292
Niobsulfidhalogenide	276	Bildung und Darstellung	292
NbS_2X_2	276	Eigenschaften	293
Allgemeines	276	Nb_5Te_4	293
NbS_2Cl_2	277	Nb_3Te_4	294
NbS_2Br_2	277	NbTe_2	294
NbS_2J_2	278	Darstellung	294
Weitere Sulfidhalogenide	278	Kristallographische Eigenschaften	295
NbSX_3	278	Weitere physikalische Eigenschaften	295
$\text{NbF}_5 \cdot 0.54\text{SF}_4$	278	Chemisches Verhalten	296
$\text{NbCl}_5 \cdot \text{SCl}_4$	278	NbTe_4	297
Das System NbCl_5 - S_2Cl_2	278	Bildung und Darstellung	297
Das System NbCl_5 - SOCl_2	278	Kristallographische Eigenschaften	297
Niobhalogenidsulfate	278	Weitere physikalische Eigenschaften	298
$[\text{Nb}_6\text{Cl}_{12}]\text{SO}_4 \cdot x\text{H}_2\text{O}$	278	Niob und Bor	298
Niob(V)-halogenidfluorosulfate	278	Das System Niob-Bor	298
$\text{NbF}_3(\text{SO}_3\text{F})_2$	278	Diffusion	298
$\text{NbCl}_3(\text{SO}_3\text{F})_2$	278	Zustandsdiagramm	298
Niob und Selen	279	Nb_3B_2 -Phase	299
Nomenklatur	279	NbB -Phase	300
Das System Nb-Se	279	Nb_3B_4 -Phase	300
Niobselenide	281	NbB_2 -Phase	300
Bildung und Darstellung	281	Niobborlegierungen	300
Aus den Elementen	281	Bildung und Darstellung	300
Nach der Dampftransportmethode	281	Aus den Elementen	300
Struktur	281	Aus Nb-Verbindungen	301
Nb_2Se	282	Durch Reduktion mit Kohlenstoff	301
Nb_3Se_4	282	Weitere Reduktionsverfahren	301
Nb_3Se_4	282	Schmelzelektrolyse	301
Nb_2Se_3	283	Thermodynamische Daten der Bildung	302
$\text{Nb}_{1+x}\text{Se}_2$	284	Gefüge	302
Bildung und Darstellung	284	Rekristallisation	302
Kristallographische Eigenschaften	284		

	Seite		Seite
Kristallographische Eigenschaften	302	Emissionsvermögen	316
Härte	302	Chemisches Verhalten	317
Festigkeit	303	Gegen Nichtmetalle	317
Elastizitätsmodul, Zugfestigkeit.		Gegen Nichtmetallverbindungen	318
Bruchdehnung, Einschnürung	303	Gegen Metalle und Metallverbindungen	318
Spezifischer Widerstand	303	Gegen Laugen und Natriumnitratlösung	318
Chemisches Verhalten	303	Gegen Säuren	318
<i>Metastabile Phasen</i>	304	Gegen Säuregemische	319
Niobboride	304	Niob und Kohlenstoff	319
<i>Triniobdiborid</i> Nb_3B_2	304	Vorbemerkung	319
Kristallographische Eigenschaften	304	Das System Nb-C	320
Dichte	304	Diffusion	320
<i>Niobmonoborid</i> NbB	304	Diffusion von C in Nb	320
Bildung und Darstellung	304	Diffusion von C in Nb-C-Legierungen	321
Bildungsenthalpie	305	Diffusion von Nb in NbC-Legierungen	322
Kristallographische Eigenschaften	305	Zustandsdiagramm	323
Dichte	305	α -Phase	325
Härte	305	β -Phase	326
Elektrische Eigenschaften	305	ζ -Phase	326
Chemisches Verhalten	306	γ -Phase	327
<i>Triniobtetraborid</i> Nb_3B_4	306	Weitere Phasen	327
Bildung und Darstellung	306	Gefüge	328
Kristallographische Eigenschaften	306	Ätzmittel	329
Dichte	306	<i>Niobkohlenstofflegierungen</i>	329
Härte	306	Bildung und Darstellung	329
Supraleitfähigkeit	306	Aus Niob oder seinen Legierungen und	
Chemisches Verhalten	307	Kohlenstoff oder Nb-Carbid	329
<i>Niobdiborid</i> NbB_2	307	Aus Niob und KW-Stoffen	331
Bildung und Darstellung	307	Aus Nb-Verbindungen	331
Aus den Komponenten	307	Aus Niobhydrid	331
Aus Nb-Verbindungen und Bor	307	Aus Nb-Oxiden und C oder KW-Stoffen	331
Durch Reduktion mit C oder Carbiden	307	Aus Nb-Chloriden	332
In Gegenwart von B_4C	308	Reinigung	332
Aufwachsverfahren	308	Reinheitsprüfung	332
Schmelzelektrolyse	308	Bildungsenthalpie	333
Thermodynamische Daten der Bildung	309	Physikalische Eigenschaften	333
Physikalische Eigenschaften	309	Kristallographische Eigenschaften	333
Kristallographische Eigenschaften	309	Struktur und Bindung	333
Elektronenstruktur und Bindung	310	Zwillingsbildung	333
Dichte	311	Kristallsystem	333
Elastizitätsmodul	311	Gitterkonstanten	333
Härte	311	Atomradienverhältnis	334
Thermische Ausdehnung	312	Mechanische und thermische	
Dampfdruck	312	Eigenschaften	334
Thermodynamische Funktionen	313	Dichte	334
Charakteristische Temperatur	314	Innere Reibung	334
Wärmeleitfähigkeit	314	Härte	334
Magnetische Eigenschaften	314	Duktilität und Sprödigkeit	335
Elektrische Eigenschaften	314	Festigkeit	336
Leitfähigkeit	314	Schmelzpunkt	336
Hall-Effekt	316	Siedepunkt	336
Differentiale Thermokraft	316	Linearer Ausdehnungskoeffizient	336
Elektronenemission	316	Wärmeleitfähigkeit	336
		Optische Eigenschaften	336

	Seite		Seite
Chemisches Verhalten	337	Nioboxide	347
Beim Erhitzen	337	Niobhalogenide	348
Gegen nichtmetallische Elemente	337	Kaliumniobat	348
Gegen nichtmetallische Verbindungen	337	Darstellung besonderer Formen von NbC ..	348
Gegen Metalle	337	Schwammiges NbC	348
Gegen metallische Verbindungen	337	NbC-Schichten und Überzüge	348
Gegen Säuren	337	Whiskers	349
Niobcarbide	338	Sinterkörper	349
<i>Diniobcarbide Nb₂C</i>	338	Reinigung	350
Bildung und Darstellung	338	Thermodynamische Daten der Bildung ..	350
Aus den Elementen	338	Kristallographische Eigenschaften	352
Aus Niobcarbide	338	Gitterstruktur	352
Aus C-Verbindungen mit Niob	338	Gitterkonstanten	353
Aus Niobcarbiden und Nioboxiden	338	Atomradienverhältnis	355
Thermodynamische Daten der Bildung ..	339	Atomabstände	355
Kristallographische Eigenschaften	339	Netzebenenabstände	356
Gitterstruktur	339	Isotypie, Isomorphie	356
Isotypie	340	Bindungsart	356
Atomlagen	340	Energetische Gitterdaten	357
Atomabstände	340	Gitterenergie	357
Gitterkonstanten	340	Bindungsenergie	357
Weitere Kristallsysteme	341	Atomisierungsenergie	357
Bindung	341	Oberflächenenergie	358
Gitterenergie	341	Verformung	358
Mechanische Eigenschaften	341	Rekristallisation	358
Dichte	341	Mechanische und thermische Eigenschaften	358
Härte	341	Dichte	358
Thermische Eigenschaften	341	Abhängigkeit von der	
Ausdehnung	341	Zusammensetzung	359
Schmelzpunkt	342	Einfluß der Vorbehandlung	359
Molare Wärmekapazität	342	Molvolumen	359
Enthalpie	342	Thermische Ausdehnung	360
Standard-Entropie	342	Härte	360
Charakteristische Temperatur	343	Mikrohärte	360
Optische und magnetische Eigenschaften ..	343	Ritzhärte	361
Absorptionspektrum	343	Skleroskophärte	361
Supraleitfähigkeit	343	Rockwellhärte	361
Elektronenemission	343	Härtebeziehungen	361
Elektrochemisches Verhalten	343	Elastizitätsmodul	361
Chemisches Verhalten	344	Schubmodul	362
Beim Erhitzen	344	Kompressibilität	362
Gegen Elemente	344	Festigkeit	362
Gegen Nioboxide	344	Duktilität	362
Gegen Carbide	344	Reibung	363
<i>Niobcarbide NbC</i>	344	Schmelzpunkt	363
Bildung und Darstellung	345	Flüchtigkeit, Siedepunkt	363
Aus den Elementen	345	Aktivitätskoeffizient	364
Durch Schmelzen und Sintern	345	Thermodynamische Funktionen	364
In elektrischen Entladungen	346	Bei tiefen Temperaturen	364
In Fremdmetallschmelzen	346	Bei hohen Temperaturen	365
Aus Niob und Kohlenstoffverbindungen ..	346	Gitterschwingungen	366
Aus Niobverbindungen und Kohlenstoff		Charakteristische Temperatur	366
oder C-Verbindungen	347	Wärmeleitfähigkeit	367
Niobwasserstoff	347	Elektrische und magnetische Eigenschaften	367
		Bänderstruktur	367

	Seite		Seite
Konzentration und Masse		<i>Das System Nb-C-N-O</i>	387
der Ladungsträger	368	<i>Das System Nb-C-B</i>	388
Beweglichkeit der Ladungsträger	368	Niob und Silicium	389
Kernmagnetische Resonanz	368	<i>Das System Nb-Si</i>	389
Molsuszeptibilität	368	Zustandsdiagramm	389
Spezifischer elektrischer Widerstand	368	Darstellung	390
Temperaturabhängigkeit	370	Besondere Formen	391
Supraleitfähigkeit	371	Dünne Schichten	391
Hall-Effekt	372	Physikalische Eigenschaften	392
Thermokraft	372	Gefüge	392
Elektronenemission	374	Kristallographische Eigenschaften	392
Optische Eigenschaften	374	Mechanische Eigenschaften	393
Farbe	374	Thermische Eigenschaften	394
Absorption	374	Elektrische Eigenschaften	394
Emissionsvermögen	374	Chemisches Verhalten	394
Elektrochemisches Verhalten	375	Gegen Luftsauerstoff	394
Chemisches Verhalten	375	<i>Niobsilicide</i>	395
Beim Erhitzen	375	Nb₄Si	395
Gegen Sauerstoff und Luft	376	Bildung und Darstellung	395
Gegen weitere Nichtmetalle	377	Gitterstruktur	395
Edelgase	377	Dichte	395
Wasserstoff	377	Verhalten beim Erhitzen	396
Stickstoff	377	Nb₃Si	396
Chlor	377	Nb₆Si₃	396
Kohlenstoff	377	Bildung und Darstellung	396
Gegen Nichtmetallverbindungen	378	Bildungsenthalpie	397
Gegen Metalle	378	Physikalische Eigenschaften	397
Gegen Metallverbindungen	378	Kristallographische Eigenschaften	397
Oxide	378	Dichte	398
Chloride	379	Thermische Eigenschaften	398
Carbide	379	Fluoreszenz	398
Gegen Säuren, Gegen Laugen	379	Elektrische Eigenschaften	398
<i>Das System Nb-C-O</i>	381	NbSi₂	398
Darstellung und Gleichgewichte		Bildung und Darstellung	398
von Nb-C-O-Phasen	381	Dünne Schichten	399
Physikalische Eigenschaften	381	Einkristalle	399
Chemisches Verhalten	382	Bildungsenthalpie	399
<i>Das System Nb-C-N</i>	382	Physikalische Eigenschaften	399
Zustandsdiagramm	382	Kristallstruktur	399
Bildung und Darstellung	383	Dichte	399
Reinheitsprüfung	384	Härte	399
Kristallographische Eigenschaften	384	Schmelzpunkt	400
Dichte	385	Thermische Ausdehnung	400
Thermische Eigenschaften	385	Optische Eigenschaften	400
Magnetische und elektrische Eigenschaften	385	Elektrische und magnetische	
Elektronenstruktur	385	Eigenschaften	400
Molsuszeptibilität	385	Chemisches Verhalten	401
Spezifischer elektrischer Widerstand	385	<i>Das System Nb₂O₅-SiO₂</i>	401
Supraleitfähigkeit	385	<i>Das System Nb-Si-N</i>	402
Kritische Stromdichte	386	<i>Das System Nb-Si-B</i>	402
Kritische magnetische Feldstärke	386	Chemisches Verhalten	403
Hall-Koeffizient	387		
Optische Eigenschaften	387		
Chemisches Verhalten	387		

	Seite
Das System Nb-Si-C	403
Niob und Phosphor	404
<i>Niobphosphide</i>	404
Nb ₂ P	404
Nb ₂ P ₄	404
NbP	404
Darstellung	405
Physikalische Eigenschaften	405
Gitterstruktur	405
Dichte	406
Mikrohärte	406
Elektrischer Widerstand	406
Chemisches Verhalten	406
NbP ₂	406
<i>Niob(V)-phosphate</i>	406
Allgemeines	406
Lösungen von Niob(V)-phosphat	407
Nb ₁₅ P ₂ O ₅₀	407
Nb ₄ P ₂ O ₁₅	407
Nb ₂ P ₂ O ₁₅ · 6H ₂ O	408
Löslichkeit von Nb ₄ P ₂ O ₁₅ · 6H ₂ O	408
Nb ₂ P ₂ O ₁₅ · 4H ₂ O	409
Nb ₂ O ₄ · HPO ₄ · H ₂ O	409
NbOPO ₄	409
Nb ₃ P ₃ O ₂₀	410
Nb ₂ P ₄ O ₁₅	410
<i>Niobphosphidnitrid NbN(PN)₁₀</i>	410
Das System NbCl₅-PCl₅	410
Das System NbCl₅-PCl₅	411
NbPCl ₁₀	411
Das System NbCl₅-POCl₃	411
NbCl ₅ · POCl ₃	412
<i>Niobphosphornitridchloride</i>	412
NbP ₅ N ₈ Cl ₆ · 3 NH ₄ Cl	412
NbNCl ₂ (PNCl ₂) ₁₀	413
NbOCl ₃ (PNCl ₂) ₁₀	413
Nb ₂ O ₄ Cl(PN) ₁₁	413
[NbP ₅ N ₈ Cl ₆ (OH) ₂] _x	413
<i>Niobphosphidsulfid NbPS</i>	413
Das System NbCl₅-PSCl₃	413
<i>Niobphosphidselenid NbPSe</i>	414
NbPSe-NbPS-Mischkristalle	415
Niob und Arsen	415
Das System Nb-As	415
<i>Niobarsenide</i>	415

	Seite
Nb ₂ As(?)	415
NbAs	415
Darstellung	415
Kristallographische Eigenschaften	416
Dichte	416
Elektrische und magnetische Eigenschaften	416
Chemisches Verhalten	416
NbAs ₂	416
Darstellung	416
Kristallographische Eigenschaften	417
Weitere Eigenschaften	417
<i>Niobarsenate</i>	417
Nb ₄ As ₂ O ₁₅ · 8H ₂ O	417
Nb ₄ As ₂ O ₁₅ · 7H ₂ O	417
NbAsO ₄	417
<i>Niobarsenphosphorchlorid</i> NbCl ₅ · AsCl ₃ · PCl ₅	417
Niob und Antimon	417
Das System Nb-Sb	417
<i>Niobantimonide</i>	418
Nb ₂ Sb	418
Darstellung	418
Kristallographische Eigenschaften	418
Weitere physikalische Eigenschaften	419
Chemisches Verhalten	419
Nb ₂ Sb ₄ (?)	419
Darstellung	419
Kristallographische Eigenschaften	419
Weitere physikalische Eigenschaften	419
Chemisches Verhalten	420
NbSb, Nb ₂ Sb ₂	420
NbSb ₂ (?)	420
<i>Niobantimonate</i>	420
Sb(NbO ₂) ₂	420
SbNbO ₄	420
Nb ₂ (Sb,Te) ₇	421
Niob und Wismut	421
Das System Nb-Bi	421
Metastabile Phase Nb ₂ Bi	422
Das System Nb-Bi-O	422
<i>Teilsystem Nb₂O₅-Bi₂O₃</i>	422
Darstellung	423
Bi ₂ Nb ₁₅ O ₅₇	423
BiNbO ₄	423
Bi ₂ NbFO ₄	424

Table of Contents

(Inhaltsverzeichnis in deutscher Sprache s. S. I/XIII)

	Page		Page
Niobium and Rare Gases	1	Physical Properties and Chemical Reactions	14
Niobium and Hydrogen	1	<i>The Nb-D System</i>	14
General	1	Niobium and Oxygen	14
Sorption Equilibrium	2	The Nb-O System	14
Solubility	2	General	14
Isobars	2	Diffusion	15
Isotherms	3	Phase Diagram Nb-Nb₂O₅	15
Isoplethes	4	Solubility in Solid State	15
Solubility Equation	4	Studies of the Nb-O System	
Nb-H Phases	4	at Low Pressures	16
α -Phase	4	α-Mixed Crystal	17
α' -Phase	5	Formation. Preparation	17
β -Phase	5	Thermodynamic Data of Formation	17
γ -Phase	5	Crystallographic Properties	18
Two-Phase Region	5	Mechanical and Thermal Properties	18
Other Hydride Phases	6	Hardness	18
Formation and Preparation		Strength	19
of Hydride Phases	6	Internal Friction	19
Physical Properties	7	Heat of Solution	20
Crystallographic Properties		Magnetic Susceptibility	20
Lattice Structure. α -Phase	7	Electric Conductivity	20
α' -Phase	8	Superconductivity	21
β -Phase	8	Chemical Reactions	21
Lattice Vibrations	9	On Heating	21
Diffusion	9	With Steam	23
Mechanical and Thermal Properties	9	Lower Niobium Oxides	23
Density	9	<i>Suboxides NbO_x, NbO_y, and NbO_z</i>	24
Hardness	10	General	24
Viscosity	10	NbO _x	25
Thermal Expansion	10	Formation. Preparation	25
Melting Point	11	By Oxidation of Niobium	25
Heat Capacity. Enthalpy. Entropy	11	Crystallographic Properties	25
Thermodynamic Data	11	Optical Properties	26
Electric and Magnetic Properties	12	NbO _y	26
Magnetic Susceptibility	12	Formation. Preparation	26
Electric Resistance	12	Crystallographic Properties	26
Superconductivity	13	NbO _z	26
Nuclear Magnetic Resonance	13	Formation. Preparation	26
Chemical Reactions	13	Crystallographic Properties	26
On Heating	13	Chemical Reactions	27
In the Air	13	<i>Niobium(II) Oxide</i>	27
With UO ₂	13	Preparation	27
With Acids	13	By Reduction of Niobium Oxides	27
Niobium Dihydride	14	By Oxidation of Nb in Air or Oxygen	27
Preparation	14	By Oxidation of Nb in Steam	28

	Page		Page
By Oxidation with Metal Oxides	28	With Alkaline Solutions	41
By Transport Reaction in Iodine Vapor ..	28	With Acids	41
By Separation from Supersaturated		With Metal Compounds	41
α -Solid Solution	28	With Carbon Tetrachloride	42
Single Crystals	28	<i>Other Low Oxides (?)</i>	42
Thermodynamic Data of Formation	29	<i>Hexagonal Niobium Oxide (?)</i>	42
The Molecule	29	<i>Oxide Phases (Nb^{IV}Nb^V)O_x with 2 < x < 2.5 ..</i>	43
Crystallographic Properties	30	Formation. Preparation	43
Mechanical and Thermal Properties	30	Structure and Properties	44
Density	30	<i>Diniobium Pentoxide</i>	45
Microhardness	30	Review	45
Vapor Pressure	30	Formation. Preparation	46
Melting Point	31	Thin Films	46
Heat of Fusion	31	Powder	47
Heat of Vaporization	31	Nb ₂ O ₅ Modifications	47
Energy of Dissociation	31	Thermodynamic Data of Formation	51
Specific Heat	31	Physical Properties	52
Enthalpy Increment	31	Crystallographic Properties	52
Entropy	31	Polymorphism	52
Optical Properties	32	Polymorphous Transformations	52
Electric Properties	32	Other Polymorphous Forms	
Chemical Reactions	32	and Transformations	53
On Heating	32	Lattice Structure. Lattice Constants ..	53
With Air	32	Lattice Energy	57
With Elements	32	Defect Structure	57
With Compounds	32	Diffusion	58
<i>Niobium(IV) Oxide</i>	33	Mechanical and Thermal Properties	59
Homogeneity Zone	33	Density	59
Formation. Preparation	33	Hardness	59
By Reduction of Nb ₂ O ₅ with H ₂ and CaH ₂	33	Elasticity. Strength	59
By Reduction of Nb ₂ O ₅ with C,		Surface Tension	59
CO, or NbC	34	Thermal Expansion	59
By Oxidation of Niobium	34	Melting Point. Heat and Entropy	
By Transport Reaction in Iodine Vapor ..	34	of Fusion	60
Thermodynamic Data of Formation	34	Vapor Pressure. Boiling Point.	
Crystallographic Properties	35	Heat of Vaporization	60
Polymorphism	35	Thermodynamic Functions	60
Lattice Structure	36	Magnetic and Electric Properties	61
Mechanical and Thermal Properties	36	Magnetic Susceptibility	61
Density	36	Dielectric Constant.	
Expansion Coefficient	36	Dielectric Loss Factor	61
Microhardness	36	Breakdown Strength	62
Vapor Pressure	36	Band Structure. Charge Carriers	62
Melting Point. Heat of Fusion	37	Electric Conductivity	62
Heat of Sublimation	37	Thermoelectric Force	63
Specific Heat	37	Optical Properties	63
Enthalpy Increment	38	Refractive Index	63
Entropy	38	Spectrum	63
Electric Properties	38	Thermoluminescence	64
Magnetic Properties	40	Electroluminescence	64
Chemical Reactions	40	Electrochemical Behavior	64
On Heating	40	Chemical Reactions	64
With Elements	41	On Heating	64
With Nonmetal Compounds	41	With Nonmetallic Elements	64

	Page		Page
Hydrogen	64	Niobium and Nitrogen	91
Chlorine	65	The Nb-N System	91
Bromine	65	Sorption Equilibria	91
Carbon	65	Kinetics	91
Silicon	67	Gasification	92
With Nonmetallic Compounds	67	Bulk Niobium	92
Water	67	Nb Powder	93
Ammonia	67	Nb Films	94
Halogen Compounds	67	Degasification	94
Chalcogen Compounds	67	Bulk Niobium	94
Boron(III) Oxide	68	Equilibrium Relations	95
Carbon Compounds	68	Isotherms	95
Silicon(IV) Oxide	69	Isopleths	96
Phosphorus Compounds	69	Isobars	96
Arsenic Compounds	69	Solubility Equations	96
With Metals	69	Diffusion	97
With Metal Compounds	70	Phase Diagram	98
Hydrides	70	Review	98
Oxides	70	Melt	99
Hydroxides	75	Solid State	100
Halogenides	75	α -Phase	100
Sulfates	76	α -Phase-Gas Phase Equilibrium	101
Borates	76	α -Phase- β -Phase-Gas Phase Equilibrium	101
Carbon Compounds	76	β -Phase	102
Other Metal Compounds	78	γ -Phase	103
With Alkaline Solutions and Acids	78	δ -Phase and δ' -Phase	103
With Alkaline Solutions	78	ϵ -Phase	104
With Acids	78	$\sim \text{NbN}_{0.88} (?)$	104
Niobium Aquoxides	79	Niobium Nitrides	104
Niobium(V) Aquoxide	79	Formation. Preparation	105
Nature and Composition	79	From Niobium or Nb-Hydride	
Formation	81	and Nitrogen	105
Preparation	82	By Thermal Decomposition of Nb	
From Alkaline Solutions	82	Compounds Containing N	107
From Acid Solutions	82	From Niobium or Nb Hydride	
Patents	82	and N Compounds	107
Physical Properties	83	From Nb Oxides and Chlorides	107
Chemical Reactions	83	From $(\text{NH}_4)_2\text{NbF}_7$	108
Adsorption	83	Estimation. Purity Testing	108
With Water	83	Thermodynamic Data of Formation	109
With Ammonia	83	Physical Properties	110
With Metals	83	Crystallographic Properties	110
With Inorganic Salts	83	Crystal Form	110
With Inorganic Bases and Acids	83	Structure	110
With Organic Compounds	86	Lattice Structure	111
Special Forms	86	α -Phase	111
Oxoniobium Ions	87	β -Phase	112
In the Gas Phase	87	γ -Phase	113
In Solution	87	δ -Phase	113
Peroxonibium Acids	89	δ' -Phase	115
HNbO_4	89	ϵ -Phase	115
HNbO_4 Sol	89	$\sim \text{NbN}_{0.88} (?)$	116
$\text{Nb}_2\text{O}_7 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	89	Mechanical and Thermal Properties	116
In Solution	90		

	Page		Page
Mechanical Properties	116	Niobium and Fluorine	131
Density	116	Niobium Fluoride Ions	131
Hardness	117	Lower Niobium Fluorides	131
Surface Tension	117	NbF ₃ (?)	131
Thermal Properties	118	NbF _{3.5} (Nb ₄ F ₁₅)	131
Thermal Expansion Coefficient	118	Preparation	131
Vapor Pressure	118	Properties	131
Heat Capacity	118	NbF ₃ (?)	132
Enthalpy	119	Preparation	132
Entropy	119	Physical Properties	133
Thermal Conductivity	119	Chemical Reactions	133
Magnetic and Electric Properties	120	NbF ₄	133
Nuclear Magnetic Resonance	120	Preparation	133
Magnetic Susceptibility		Physical Properties	133
Magnetization	120	Chemical Reactions	134
Specific Conductivity	120	Niobium(V) Fluoride NbF₅	134
Superconductivity	120	Formation, Preparation	134
α-Phase	121	From Nb-Metal	134
β-Phase	121	With Fluorine	134
γ-Phase	121	With Fluorine Compounds	135
δ-Phase	121	From Niobium(V) Chloride	135
Critical Temperature	121	From Other Niobium Compounds	135
Critical Field Strength	123	Thermodynamic Data of Formation	135
Critical Current		Physical Properties	136
Critical Current Density	124	The Molecule	136
Superconductivity Energy Gap	125	Constitution of Melt	136
ε-Phase	125	Crystal Structure	136
Hall Effect, Thermoelectric Force	125	Mechanical Properties	136
Electron Emission	125	Density	136
Optical Properties	125	Viscosity	137
Color	125	Thermal Properties	137
Thermal Radiation	126	Vaporization Data	137
Electrochemical Behavior and		Melting Data	138
Chemical Reactions	126	Thermodynamic Functions	138
Potentials	126	Optical and Electric Properties	138
Reactions on Heating	126	Chemical Reactions	139
Chemical Reactions	126	On Heating	139
<i>The Nb-O-N System</i>	127	With Air and H ₂ O	139
Phase Diagram	127	With Elements	139
Ternary Phases	127	With Inorganic Compounds	139
The Nb-NbO ₂ -NbN Partial System	127	Nonmetal Compounds	139
Niobium Oxide Nitrides	128	Metal Compounds	140
α-Phase	128	Alkaline Solutions	140
δ-Nb(O,N)	129	Acids	140
ε-Nb(O,N)	129	With Organic Compounds	140
NbN ~ 0.5O ~ 0.1	129	Ether, Thioether	140
Nb ~ 0.5O ~ 0.3	129	Nitrogen Bases	140
NbON	129	Other Compounds	140
Other Niobium Oxide Nitrides	129	Solutions of NbF ₅	140
Niobium Nitrates	130	XeF₄ Adducts of NbF₅	141
NbO(NO ₃) ₂	130	2NbF ₅ · XeF ₄	141
<i>Nitric Acid Solution of Niobium(V)</i>	130	NbF ₅ · XeF ₄	141