

真空技術用構成材料

新學社

PDG

53.0574
F 5 0
14

真空技術用構成材料

浅尾 莊一郎

岡 本 宏 章 著

斎 藤 昇

日 刊 工 業 新 聞 社

1965.12.9 -



真空技術講座 4

真空技術用構成材料

NDC 53 96

昭和 39 年 8 月 15 日 初版発行

© 著 者 浅 尾 莊 一 郎
齋 本 宏 章

発行者 増 田 顯 邦

発行所 日 刊 工 業 新 聞 社

東京都千代田区飯田町1の1

電話 東京 (262) 3111 (大代表)

振替口座 東 京 186076

印刷所 新日本印刷株式会社

製本所 三 和 製 本 所

真空技術講座編集委員会

編集委員長	東京芝浦電気	浅尾莊一郎
編集幹事	東京大学	富永五郎
編集委員	電気試験所	石井博
"	日本酸素	中川洋
"	日本真空技術	林主税

執筆者略歴

浅尾 莊一郎

大正12年東京大学理学部物理学科卒業。大正12年東京芝浦電気株式会社（現東京芝浦電気株式会社）入社。現在同社中央研究所理事職任。理学博士。先重賞。電子顕微鏡。真空技術の研究に当る。

勤務先所在地：神奈川県川崎市小向東芝町

岡本 宏章

昭和14年大阪大学工学部物理学科卒業。現在東京芝浦電気株式会社中央研究所主任研究員（金属材料研究部在籍）。

高 藤 昇

昭和13年旧同志工業学校応用化学科卒業。現在東京芝浦電気株式会社中央研究所電子管開発課長。工学博士。

序 文

たいていの電気機械製品の優劣を決定するものはその機構と材料、部品である。後者はとかく縁の下の力持ちとなることが多いが、車の片側の車輪とも替えられるものであってそれが優れていてこそはじめて、その電気、機械製品が特色があり、優秀な製品となるのである。この意味において真空技術においても材料、部品は重要な役割を背負っているといえる。

本書の執筆は第一章「真空用材料とその性質」はゴム材料を除いて斎藤、第二章「永久封じならびに半永久封じ」は岡本、第三章「組立て式封じ」、第四章「隔離バルブ」、第五章「バップルとトラップ」は浅尾がそれぞれ担当した。

これらを通じていえることは上に述べたように一つの材料に優れたものが生れれば真空技術全体のレベルが向上する結果をもたらす、たとえば飽和蒸気圧の非常に小さい油、シリコーン 705,あるいはポリフェニル、エーテルが登場すると液体窒素トラップを用いなくとも 10^{-9} Torr の真空を得ることができることになる。これに付随してトラップの寒剤の問題が起こって、場合によっては液体窒素は不用になる。かように数年前には最高の技術と思われていたことが、今日となってはもはや通稱しないことが多くある。

特に人工衛星の開発が超高真空技術を急速に進歩せしめる動機となって、大形真空容器を 10^{-9} ~ 10^{-10} Torr の真空に保つことが要求され、このため大形のベーキングのできるバルブ、ガスケットの研究、ポンプ油の研究と進められていった。

かようなしだいで本書を執筆するに当って、できるだけ最新の事実を取り入れるよう努力したつもりであるが、取残されたところは改版のさいに補って行きたい。

またハンドブック的に羅列したところも多いが、これら部品、材料が利用されるところは条件が多様多用であるから、多くを読者に知らせる意味からの老練心の発露であつて、それらの既成事実を基礎にしてさらに改良を施したものを考案されるために役立てたいと思ったことである。

昭和 39 年 8 月

浅 尾 荘 一 郎

08234

目 次

序 文

1. 真空用材料とその性質

1.1 金 属 材 料.....	1
1.1.1 タングステン	1
1.1.2 モリブデン	4
1.1.3 白金属	5
1.1.4 タンタル	5
1.1.5 ジルコニウム	5
1.1.6 チタニウム	6
1.1.7 金	7
1.1.8 銀	9
1.1.9 銅	9
1.1.10 鋼合金	10
1.1.11 鉄と銅	11
1.1.12 金属被覆鉄鋼	14
1.1.13 ニッケル	17
1.1.14 ステンレス鋼	20
1.1.15 水銀	22
1.1.16 アルミニウム	23
1.1.17 黒鉛および炭素	23
1.1.18 ゲッタ材料	24
1.2 非 金 属 材 料.....	26
1.2.1 真空グリース、有機樹脂および接着剤	26
1.2.2 真空ポンプ油	27
1.2.3 ガラス	36
1.2.4 セラミック	40
1.2.5 蛍光材料	40
1.2.6 雲母	41
1.2.7 石綿	41
1.2.8 乾燥剤と油吸着剤	41

1-2-9 真空材料のガス放出と透過性	42
1.3 高分子材料（真空用ゴムおよびテフロン）	49
1-3-1 天 然 ゴ ム	51
1-3-2 合 成 ゴ ム	53
1-3-3 けい 素 ゴ ム	55
1-3-4 フッ素ゴム“ウアイトン”	57
1-3-5 テフロン（四フッ化エチレン）	60

2. 永久封じならびに半永久封じ

2.1 金属同士の封じ	63
2-1-1 溶 接	63
2-1-2 ち ゆ う 接 合	64
2-1-3 ハ ン ダ 付 け	65
2-1-4 特 殊 な も の	67
2.2 金属とガラス封じ	68
2-2-1 ガ ラ ス 細 工	68
2-2-2 金属との封着	70
2-2-3 封着金属とその取扱い方	73
2-2-4 石英ガラス細工と石英ガラスへの金属の封着	77
2-2-5 その他の外囲器との封着	80
2.3 金属とセラミックとの封着法	82
2-3-1 セラミックの特色	82
2-3-2 アルミナセラミックの場合	83
2-3-3 フォルステライトの場合	85

3. 組立式封じ

3.1 フランジ接合	87
3-1-1 ゴムガスケット	87
3-1-2 ゴムガスケットとフランジ溝	89
3-1-3 シリコーンゴムとフランジ	97
3-1-4 テフロンガスケットとフランジ溝	98
3-1-5 金属ガスケット	99
3.2 管 の 接 合	110

3.2.1 管と管との接合	110
3.2.2 管の末端の封じ (管と板との接合).....	113
3.2.3 棒または管の気密封じ	115
3.2.4 電気導入線封じ	116
3.3 真空系内に外部から運動を伝える機構	118
3.3.1 磁力を利用するもの	118
3.3.2 金属ベローズを利用するもの	119
3.3.3 活栓を利用するもの	119
3.3.4 ゴム封じを利用するもの	120
3.3.5 液体金属の表面張力を利用するもの	124

4. バ ル ブ

4.1 真空系内で相互連絡の遮断	127
4.2 ストップコック (活栓).....	127
4.3 隔 離 バ ル ブ.....	129
4.4 パッキングバルブ.....	131
4.5 パッキングなしのベローバルブ.....	135
4.6 ベークすることのできるベロー封じバルブ, 超高真空バルブ	137
4.7 パッキング無しのダイヤフラム(隔膜)封じバルブ.....	144
4.8 ゲートバルブ	146
4.9 カットオフ, 磁石で動かすガラスバルブ	148
4.10 電磁バルブ, 圧搾空気可動バルブ.....	151
4.11 隔 膜 バ ル ブ.....	152
4.12 リーク・バルブ, ガス導入バルブ.....	152

5. バ ッ フ ル と ト ラ ッ プ

5.1 バ ッ フ ル.....	162
5.1.1 水または寒剤で冷凍されたバッフル	162
5.1.2 機械的に冷却されたバッフル	165
5.1.3 イオンバッフル	168
5.2 ト ラ ッ プ.....	171

5・2・1	冷却トラップ（主として液体窒素による）	171
5・2・2	寒剤の水準を一定に保つこと	176
5・2・3	ヘリウム冷却トラップ	183
5・3	吸着トラップ	185
5・3・1	小形吸着トラップ	186
5・3・2	大形（径 100～125 cm）トラップ	186
5・3・3	トラップの有効期間とポンプの構造およびポンプ油の関係	187
5・4	バッフルあるいはトラップを付けたときの排気速度の損失	188
索 引		193

1. 真空用材料とその性質

1.1 金 属 材 料

1.1.1 タングステン(tungsten, W)

タングstenは高温において機械的に強く、物理的にも優れた高い耐熱性材料である。このために電子管、蛍光灯、電球、真空計の熱電子放出用陰極（フィラメント）、および格子（グリッド）ヒータ、高温炉の加熱線、Al, Au, Ag その他金属ならびに非金属の蒸発素子などとして線、リボン、板が用いられる。また合金としては ThO_2 0.7% がサグを起さぬ電球フィラメントに、2~3% のものが送信管用陰極に、Mo 50% くらいのもので 100% がタングstenより柔らかく脆くないために高温材料として用いられ、近年は Re 15%程度入ったものが高温強度で優れていることが認められヒータとして用いられようとしている。

タングstenの製法は、主として粉末冶金法によっている。純タングstenの微粉末を圧縮棒状とし(25 t/inch²) H_2 炉中 1000~1250 °C で数 10 分加熱焼結したのち大電流を直接流して 3000 °C くらいで焼結する。次に赤熱しつつスウェージングを行ない細棒とするかハンマリングして棒または板とする。線は棒の表面に黒鉛を塗布して赤熱しつつダイヤモンドディスクを通して引落して作る。板は超硬ロールによって薄くする。でき上がったものは通常 Na OH で陽極電解するか加熱溶融せる NaNO_2 に浸漬して清浄面に仕上げる。

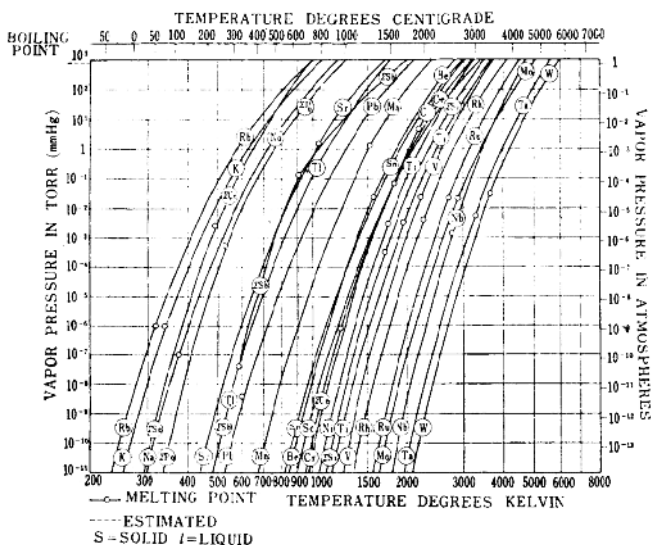
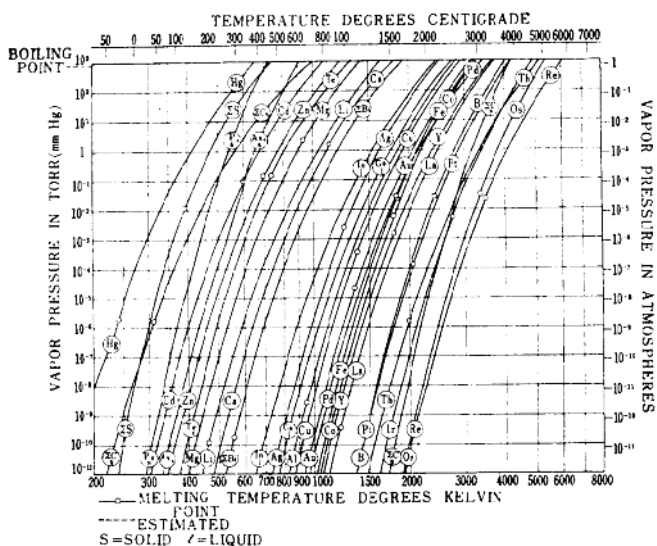
近年は高温焼結を行なう代わりに電子ビーム溶解または電弧溶解によって高温溶解を行ない不純物を蒸発せしめ柔らかく純度の高いインゴットを作ってから加工を行なう方法もとられるようになってきたが、まだごく試験期間の域を出ていない。

一般的な性質を他金属とともに表 1.1 に、蒸気圧を図 1.1 に示した。

真空技術的に大切な性質としてはガスおよび蒸気に対する作用である。 H_2 に対しては微量に吸収するが化合物を作らない。 O_2 とは 600~700 °C で青褐色の酸化物を作り、さらに高温となると一層蒸気圧の大きい酸化物 ($\text{W}_n\text{O}_m \rightarrow \text{WO}_3$) を作る。 CO , CO_2 に対しては高

表 1-1 真空用金属の諸性質

元 素	比重 20°C	硬 度 ブリネル	融 点 °C	抗張力 kg/mm ²	比 熱 cal/g°C	熱膨張係数 ×10 ⁻⁶	電気抵抗係数	熱伝導率 %	電子放射	分子量	溶 解 美 品
W	19.3	350	3395±15	約 110	2100° 0.048	2030°C 72.6	4.5×10 ⁻³	40~47	2230° (max/cm ²) 298	183.92	熱 KOH HF, 希酸 NaNO ₂
Re	20		3170±70			20° 3.1	3.1×10 ⁻³			186.33	熱 HNO ₃ , H ₂ O ₂
Mo	10.2	159.2	2620±10	70~250	100° 0.062	220	5×10 ⁻³	30° 41	1530° 8.3×10 ⁻⁴	95.95	熱 HNO ₃ , H ₂ SO ₄ , HNO ₃ +HCl
Ta	16.6	45	2996±5	35	470° 0.075	65	0~100° 3×10 ⁻³	45	1700° 18	192.89	HF
Zr	6.5	(4~5)	1750	—	20° 0.066	50	—	5~10	—	91.22	HF, 主水
Ti	4.54	〃	1820	—	—	85	—	—	—	47.91	HF, 主水
Ni	8.9		1455±1	30~80	350 0.151~0.057	133	0~100° 6.7×10 ⁻³	—	1000° 1.86×10 ⁻¹⁰	58.69	HNO ₃ , 熱 H ₂ SO ₄
Fe	7.89	45~80	1539±3	18~62	0~470° 0.128	117	4.2×10 ⁻³	40~45	—	55.85	HCl, H ₂ SO ₄ , HNO ₃
コパール	8.36			115 焼鈍62	—	(25~500°C) 56	5.5cm (27°C) 0.27	40~50	—	—	〃
ステンレス (18-8)	7.95	150~160	1400~1430	(200°C) 34.1	0.12	(0~500°C) 184	5.5cm 7.2×10 ⁻³	—	—	—	HF, 主水
Pt	21.4	50	1773.5±1	約 20	0.031	(20°C) 89	3.9×10 ⁻³	30	1730° 5×10 ⁻³	195.23	主水, HNO ₃ +HF 稀アルカリ
Au	19.3		1063		0.031	142	4×10 ⁻³	4~5	—	197.2	主水, KCN
Ag	10.49	(4~2.7)	960.5	16~29	0.056	197	4×10 ⁻³	—	—	107.88	HNO ₃ , 熱 H ₂ SO ₄ , KCN
Al	2.69	25 (40°C)	660.2	9~28	0.067	239	4~5×10 ⁻³	18~28	—	26.97	HCl, H ₂ SO ₄ , アルカリ
Cu	8.96	40	1083	16~45	0.092	165	3.9~4.2×10 ⁻³	17	—	63.54	HNO ₃ , 熱 H ₂ SO ₄
Hg	13.65	—	-38.89	—	0.0335	(体膨)1820	0.9098×10 ⁻³	—	—	—	HNO ₃ , 熱 H ₂ SO ₄
C	見掛け 1.5~2	(4~1)	3800~3700	—	0.45~0.770	29.8	-1.26×10 ⁻³	75~90	—	12	—



温で酸化物と炭化物 (W_2C , WC) を生じ, N_2 とは $2000^\circ C$ 以上で窒化物を生ずる。 H_2O とは WO_3 と H_2 を生ずる。 この反応は電球などにおいて重要である。 生成された WO_3 は管壁に蒸着するが低温では反応平衡が $WO_3 + H_2 \rightarrow H_2O + W$ となるので, H_2 は WO_3 を管壁で還元して H_2O を生じ高温の W 部で再度反応する作用を行なう。 くり返しこの反応が行なわれると管壁には W の光透過の悪い膜を生じ光度を低下するほか W 線は磨けて断線する。 炭化水素とは $1000^\circ C$ 以上で W_2C , WC と H_2 を発生する。 この反応は ThO_2-W (トリウムタングステン) 陰極に応用する。 炭化物によって ThO_2 は還元され Th 層が W 上に生じ, その蒸発消耗するあとより補給され, 常に単原子層を保ち電子放射がよくなり, かつイオンの衝撃に対して強くなる。

他金属との合金化は非常に遅く進行しにくく Hg , Cu , Cs , Ag とは合金を作らない。 タングステンの加工は脆く堅いために困難である。 特に $1500^\circ C$ を越して再結晶したものは特に加工困難である。 線などのコイル化は繊維組織をもつものを $500\sim 700^\circ C$ に加熱しつつ行なうとよく, 表面清浄化は $NaOH$ 水溶液陽極電解 (数 V), 溶融 $NaNO_2$ 浸漬, $NaOH$ 20% 液中煮沸または HF の稀溶液洗浄による。

1.1.2 モリブデン (molybdenum, Mo)

W , Re に次いで耐熱性があり柔軟で加工性がよいので線のみでなく板でも用いる。

真空装置, 電子管の $1000\sim 2000^\circ C$ に達する高温部, 真空炉, 水素炉の加熱素子, 熱遮蔽, 反射板, 支持材料, 電子管陽極, 格子, アンカー, 硬硝子封入線などに用いられる。 製法はタングステンとまったく同じ粉末冶金法や電弧溶融法による。

主な物理的性質は表 1-1 に示される。 機械的性質はタングステンにかなり似ているが, 折曲げ, 絞りなどある程度可能であり, 特に電弧溶解製品は純度も高くいちじるしく加工性がよい。

化学的性質は H_2 に対して微量吸収するがタングステンと同程度で少なく, O_2 に対しては常温で安定である。 $650^\circ C$ で白鼠色の揮発性 MoO_3 を生ずる。 炭化水素 (C_nH_m) とは炭化物 (MoC_2) を $800^\circ C$ くらいで生じ脆くなる。 薬品に対しては王水にとけ, HCl , H_2SO_4 , $NaOH$ には難溶で HNO_3 には溶ける。 加工は熱間加工を行ない表面仕上げは磷酸または硫酸中陽極電解が適当である。 電子管陽極に使用のときは輻射率を上げるためにサンドブラストを行ない, さらにガス抜きのため $1200^\circ C$ 30 分くらい H_2 処理を施す。 放出ガスは W と同じく低温では H_2O , CO_2 , H_2 , 高温では CO , H_2 , N_2 であり $0.05\sim 0.5 cc/100 g$ である。

1.1.3 白金属 (platinum group)

白金属の Pt, Ir, Pd, Rh などは真空工業では主として O_2 の存在する高温部に化学的安定のために用いられる。Pt は軟質ガラスの封入線として古い歴史を有するものであるが現在まったく用いられない。Pd は水素に対する透過性のよいために水素の純化の必要となき 0.1 くらいの肉厚の管として用いられる。Ir は融点が高く 2700° であるが、高価なため白金に少量加えて抗張力、硬度を増すに用いられる。Rh は実験室などにおいて Pt よりさらに高温の必要なきに用いることがある。

これらの元素の性質は表 1-1 のごとくであるが、Pt は $300\sim 500^\circ C$ で O_2 と作用し薄い酸化膜を生ずるが、 $500^\circ C$ 以上では分解する。P, Si, As, Se, Pb などと合金を作り、脆くなりやすい。また MgO に接して加熱すると Mg-Pt 合金を生ずる。酸に対しては王水以外に強く、アルカリにも耐えるが溶融アルカリには弱い。

Pd は一般によく知られたとおり $100^\circ C$ 以上で H_2 をよく拡散透過する。化学的性質は Pt よりやや劣っている。

1.1.4 タンタル (tantalum, Ta)

タンタルは加工性よく、ガス放出が少ないばかりでなく高温ガス抜きしたものはガス吸着性が強い ($600\sim 1000^\circ C$)。また耐熱性が非常に強いので板を温度上昇する電子管電極などにサンドブラストした粗面の陽極とし、また Mo, Ni などの上にその粉末を塗布焼付けして用いられる。このほか Ti ゲッタポンプの Ti 線溶融蒸発の台として用いることもある。欠点は高価なことである。

1.1.5 ジルコニウム (zirconium, Zr)

Ta, Ti に似た性質を有し、ガスに対してもっとも活性度の高い金属である。したがって、ゲッタとして用いることが多い。真空ベルジヤ内に Mo 板にこの粉末を塗布したものをに入れて加熱して真空ポンプの補助として高真空をうること、電子管、電球などの使用温度 $500\sim 1600^\circ C$ に上昇する部分に塗布したり鈍剤を取付けてガスを吸わせるのに使用される。ガス抜きで焼結し過ぎぬように Zr 29~30, Al 8~9, Ni 17~20, W 42~45% を混合したものを径 3 mm、厚さ 1 mm くらいの径の鈍剤にして排気を $1000\sim 1700^\circ$ で行ない Ba ゲッタの代わりに用いることなども行なわれる。また閃光電球の発光薬として $KClO_3$ または $KClO_4$ と混合して用い、Zr の箔を細く切った線と充填した酸素と反応発光せしめる燃

焼材として多く使用される。

製法は Ti と同じように沃度法またはクロール法で作られ、形状は粉末、線、板である。性質は柔軟性のある白色の軽い金属でフッ酸にとけやすく、大気中で加熱すると激しく燃焼する。粉末は摩擦によっても発火することがあり取扱上特に注意を要する。気体に対しては O_2 以外の N_2 , CO , CO_2 , H_2O , H_2 , 炭化水素などともよく反応して窒化物、炭化物、酸化物、水素化物を生じこれらの反応はいずれも化学的であるので温度の高いほうが速やかである。ただ H_2 に対しては図 1-2 に 1 気圧 H_2 中の飽和量を示したように常温では ZrH_2 に近いが高温度では $ZrH_{0.2}$ 程度に減少する。したがってゲッターとして使用のさい吸着速度の必要なときは高温使用がよく、吸着容量の必要なときは低温使用がよい。このような温度に対する負の関係は水素化物を作る金属の特長であって、水素化物を作らぬ Fe, Ni, Mo, W, Cu などの一般金属とは逆の関係を有している。

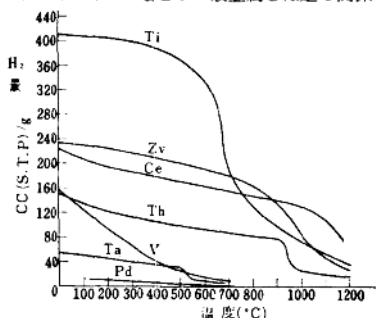


図 1-2 H_2 化合物を作る金属の H_2 溶解量 (Kubaschewski, Z. Elek. Chem. 44 (1938) 152)

次に H_2 圧力の 1 気圧より低いときは圧力の $1/2$ 乗に比例して溶解量は減少する。この関係は図 1-3 である。 αZr の H_2 飽和吸収量 Q は (I-1) 式である¹⁾。

$$Q = 7.2 \times 10^{-3} p^{1/2} \exp(21700/2RT) \quad (H_2 \text{ cc/g Zr}) \quad (I-1)$$

1-1-6 チタニウム (titanium, Ti)

チタンは Zr のように非常に化学的に活性度が高くガスと反応しやすい。また廉価であ

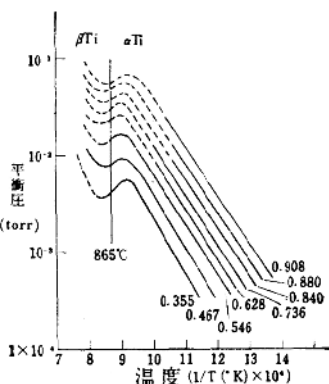


図 1-3 Zr と H_2 の平衡圧 (数値は Zr 1g に対する H_2 (S.T.P.) の吸収量(cc)) (斎藤, 笹原: 真空用金属研究報告 11, 12 号)

1) 斎藤, 笹原: 真空用金属材料研究報告 No. 12 (1952) 109, 123.

る。このため線を加熱蒸発させるチタンゲッターポンプ、バックイオンポンプ電極板、ゲッター、電子管電極（セラミック管）などに用いられる。

性質は白色の軽い金属で軟らかく加工しやすい。電子透過率は Be, Al に次いでよく、フッ酸以外の酸アルカリにきわめて強い。ガスとの反応性は Zr に近い親和力を示す。合金金属との溶着性は Ni, Fe, Al などに対して発熱して化合物を作るほどで、よく付くが脆く、割れが入りやすい。銀ろうで一般金属やセラミックと溶接は可能である。

製法は四塩化チタンを Mg で置換還元してスポンジ状 Ti を得、さらに真空炉内で電弧溶解後 Ar, N₂ 真空中などで焼鈍して圧延、線引を行なう。粉末を作るにはスポンジを H₂ 中で加熱して水素化合物としてから碎き微粉とした後に真空中で加熱して H₂ を除く。

1.1.7 金 (gold, Au)

純金はステンレスと膨張係数が近似しており、軟らかく、化学的に安定である。融点も中位で、蒸気圧もあまり高くないなどの理由で高価であるが、金属製超高真空用ガスケットとして用いる。その線径は 0.3~1 mm である。締付けの力は I_n よりやや多く必要とするが Cu, Ag, Al より弱くて済む。また他金属より高温加熱に耐える。大体、常用 400℃ くらいの加熱排気を行なっても十分気密を保つことができる。金合金は 18, 14, 12 金くらいのものをヘリアーク溶接不可能のときステンレス, Fe コパールなどのろう付けに用いる。Ag ろうでも機械的には接着するが温度の変化で割れが入りやすくリークを生じやすい。金ろうはこのようなことが少ない。一般ろう合金の組成を表 1.2 に掲げた。

表 1.2 電子管用ろう合金

流動温度 ℃	溶融温度 ℃	組 成	用 途
1950	1930	Ir 40, Pt 60	Mo, W
1410	1210	Pt 25, Au 75	"
1410	1380	Pd 25, Au 75	"
1300	1230	Ni 45, Cu 55	"
1238	1238	Ni 40, Pd 60	SS ; Inconel
1232	1149	Mn 3, Pd 33, Ag 残	"
1160	970	C<0.45, B ₂ Si2.5, Fe2.5, Cr10Ni 残	"
1018	1018	Ni 40, Mn 60	SS
1035	1015	Au 30, Cu 70	Cu ; Fe ; Ni, kovar
1025	970	Si 3, Cu 97	Cu
1020	1000	Au 35, Cu 65	Cu ; Fe ; kovar, Ni

流動温度 ℃	溶融温度 ℃	組 成	用 途
1025	990	Ni 3, Au 35, Cu 残	Cu, Inconel kovar : Mo, Ni, Fe, W : W
1010	985	Au 40, Cu 60	Cu ; Fe ; kovar ; Ni
975	950	Au 50, Cu 50	Cu ; kovar ; Ni
963	924	Ag 2.8, Au 41.7, Cu 残	Cu ; kovar
961	961	Mn 4, Ag 96	
950	950	Ni 18, Au 82	Cu ; Inconel ; kovar, Mo ; Ni ; W ; SS
950	779	Ag 30, Cu 70	
942	942	Ni 28.5, Ti 71.5	Ceramic seal
921	905	Ag 2.1, Cu 39.6, Au 残	Fe, 非鉄合金
910	779	Ag 40, Cu 60	"
900	860	In 3, Cu 37, Au 残	Cu ; Fe ; kovar ; Ni
885	779	Ni 5, Cu 32.5, Ag 残	Ag, Fe, Steel
877	877	C<0.15, P 11, Ni 残	Cu ; Fe, Inconel ; kovar ; Mo ; Ni ; W, SS
845	835	Ag 20, Cu 20, Au 残	Cu ; Fe ; Ni
843	815	Ag 24, Cu 17.7, Au 残	Cu, Fe ; Ni
830	779	Ni 2, Cu 21, Ag 残	Inconel, SS
824	794	Cu 23.5, Ag 27.5, Au 残	Cu ; Fe ; Ni
805	644	Ag 5, P 6.25, Cu 残	Fe, Ni 合金以外, Ag ; Cu ; Mo ; W
802	719	Ni 2.5, Sn 6, Cu 28.5, Ag 残	Inconel ; SS 430
795	780	Ni 0.75, Cu 28.1, Ag 残	Inconel ; Mo ; SS ; W
780	660	In 10, Cu 27, Ag 残	
779	779	Cu 28, Ag 72	Cu ; Inconel ; kovar ; SS
770	714	P 7, Cu 93	Ag ; Fe, Ni 合金以外, Cu ; Mo ; W
760	743	Sn 5, Cu 27, Ag 残	
721	640	Ag 5.5, P 7.25, Cu 残	Fe, Ni 合金以外, Ag ; Cu ; Mo ; W ; Fe
705	635	In 13, Cu 27 残 Ag	
685	630	In 15, Cu 24 残 Ag	
485	473	In 20, Ag 80	Cu ; Fe ; Ni
230	166	Ag 10, In 90	
117	117	In 50, Sn 50	

このほか電子管においては、酸化物陰極管の第1, 2格子の巻線 Mo, W などに 1/100 mm 以下のメッキをして用いる。Ba, Sr およびその酸化物が蒸着して電子放射の増加するのを抑制するのにもっとも有効である。