

輻射高温計について

富士電機製造株式会社

森 英 夫

I. 緒 言

輻射高温計とは英米で Radiation pyrometer, 獨逸で Strahlungspyrometer と稱するものを日本語に翻譯した名稱であつて、其の文字の示す如く熱體の溫度を決定するに、其の表面より放射する輻射エネルギーを測定して行はんとする一種の高温計である。尤も獨逸に於ては、Strahlungspyrometer を Gesamtstrahlungspyrometer と Teilstrahlungspyrometer とに分ち前者は英米の radiation pyrometer, 後者は optical pyrometer に相當するものである。英米に於ては敢て兩者を總括した名稱を與へて居ない様であるけれ共獨逸に於ては測定器の實體と名稱とを嚴密に相適合せしめて居る。日本に於ては歐米に於て既に相當研究せられて、製作せられたものを單に利用して居る程度に過ぎない爲め、其の名稱等にも標準と見るべきもなく熱體の熱及光の輻射を利用せる溫度測定器を、大體英米流に従つて、單に輻射高温計と光學高温計といふ名稱で區別して用ひて居る様である。従つて此處に述べんとする輻射高温計も、英米の Radiation pyrometer 獨逸の Gesamtstrahlungspyrometer であつて、熱體の表面より輻射する全エネルギー量に相當するものを測定して其の溫度を決定する一の測定器である。今先づ輻射高温計の構造及び使用法等に就いて述べ、進んで其の原理の詳細に及びたいと思ふ。

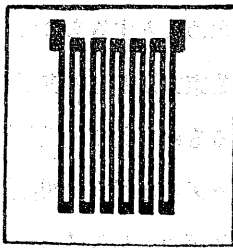
II. 輻 射 高 温 計

輻射高温計に種々あるが、其の製作の基礎は Stefan の實驗測定と Boltzmann の理論的證明とにより明にされた所謂 Stefan-Boltzmann law に置いて居る。即ち此の法則によれば完全黒體 (perfect black body) の表面より輻射するエネルギーは其の絶對溫度の四乗に比例するといふのである。従つて完全黒體に於ては其の輻射エネルギーの關係量を測定し得るならば、逆に其の絶對溫度を決定し得るのである。

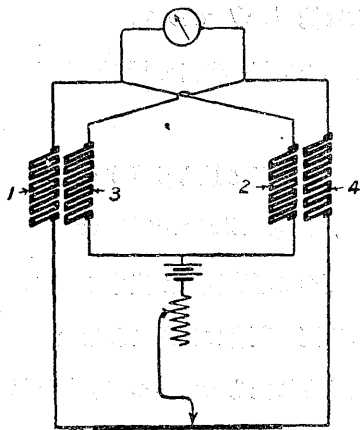
さて Stefan-Boltzmann law の詳細に就いては後述する事として、之を基礎として如何なる高温計が製作せられて居るか、多數の製作家によつて種々の型のものが製作せられて居るけれ共今其の特に顯著にして汎く用ひられて居るもの二三を擧げて之を解説する。

1. ボロメーター (Bolometer)

最も古くから知られて居るもので、其の構造はホキートストーン橋のアームに、輻射を受けるに



第一圖
白金ブラツクにて蔽ひたるボ
ロメーター用白金格子の背面



第二圖
ボロメーターに於ける抵抗格子の接続圖

適當な抵抗線を挿入し、此の抵抗線が輻射を受くるによつて其の溫度上昇し、從つて其の抵抗に變化を來すから、之を適當の電流計を用ひて測定し、以て其の溫度を決定せんとするものである。實際は非常に薄き白金箔(1000分の1-2mm.)を第一圖の如く格子狀に切り取り、其の表面を更に白金ブラツクを以て蔽ひたるもの四枚を以て第二圖の如くホイートストン橋接続をなし、相對する1,3を同じ側に置き、3の格子は1の格子目を通して輻射を受ける様に配列する。又電流計の零點の變化を防ぐために2,4のアームは出来るだけ1,3と同一状態即ち相似に配列する。之をよく保温して小函に納め輻射吸収面には小窓を設けて測定の度に其の戸を開いて1,3アームを輻射に露出する。之を使用するには先づ電池電壓を一定値に調整し、次に小窓を開かざるままにして電流計の零點を確め、然る後小窓を開いて抵抗線をして輻射を吸収せしめ、依つて生ずる電流計指針の振れによつて溫度を決定する。

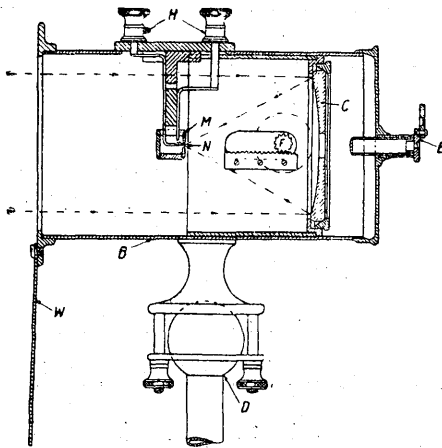
ボロメーターは現今工業的には餘り用ひられないけれども、非常に正確な輻射測定を行ひ得る爲に學問上の研究

測定には屢々用ひられ、例へば衛生學的見地よりする人體の輻射熱測定の様、或は天體の輻射エネルギー測定等に利用せられる。

2. 鏡輻射高溫計

ボロメーターは特殊の電源を要し又、其の内部の構造が頗るデリケートであつて工業的に使用するに不適當である。FéryはStefan-Boltzmann lawを工業用パイロメーターに利用せんが爲に(1)測定溫度を直接讀み得る事、(2)堅牢なる事、(3)作用迅速なる事、(4)測定がある程度に測定器と輻射體との距離に無關係に行はれ得る事等の條件を満足する高溫計を考案した。現在輻射高溫計の製造所の數は殆んど十指に餘る位であるが、いづれも其の構造主旨はFéryの案によつたもので従つてFéry radiation pyrometerとも稱せらるるものである。

Féryの案によると熱體の輻射エネルギーを白金ブラツク或はランプブラツクを以て蔽ひたる圓板上に密着されたるサーモカプルの接合點上に集束し、此の小圓板の溫度上昇により起るサー



第三圖

鏡輻射高溫計圖解

C は金鍍金せる凹面鏡

E は望遠鏡

N はサーモカプル

M は半圓平面鏡

F はラックピニオン

凹面鏡が入射せる輻射を完全に反射するか、或は各波長のものを同一割合に反射せねばならぬ。従つて鏡面鍍金物質として何を用ふべきかといふ事は種々研究されたものであつて、第四圖は銀、金、白金鏡の反射と波長との關係を示すものである。之によれば銀は最も良く、金は之に次ぎ、白金は前二者に比して甚だ不良である。併し銀は化學的に他物に侵され易く到底高溫計の材料に用ひ得るものでない。白金は化學的には非常に堅固であるけれ共、反射が波長によつて不均等である。故に現在製造せられる鏡輻射高溫計は多く金鏡を用ひて居る。金も化學的に堅固なもの

とは言ひ難く、化學的作用を及ぼし易き塵埃、瓦斯等に對しては充分保護せねばならぬ。従つて此の種の輻射高溫計は繼續的に使用する事は不適當であつて特別の保護函に納め、測定の際間に其の戸を開き、輻射を吸収せしめる等の注意が必要である。

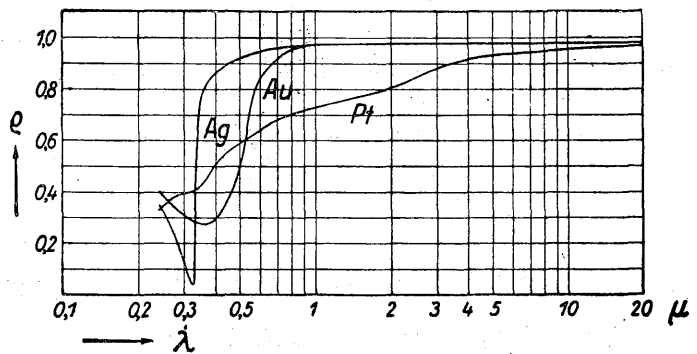
之を使用するには先づ E なる望遠鏡によつて熱體を觀測しラック、ピニオンによつて焦點を

モカプルの熱起電力を測定して熱體の輻射量を決定し、依つて其の溫度を求めんとするものである。

鏡輻射高溫計は輻射集束方法として表面に金鍍金を施した凹面鏡を用ひるもので其の焦點位置に鐵-コンスタンタンサーモカプルを置く。凹面鏡の直徑は製造所によつて異なり 7 cm から 12 cm である。焦點距離は普通 7.5 cm である。サーモカプルの接合點は直徑約 1.5 mm の圓板上にあつて、 1200°C に於て生ずる起電力は約 4 mV である。

第三圖は此の種の輻射高溫計の構造圖解である。

鏡輻射高溫計の構造に於て最も注意すべき部分は其の凹面鏡では。即ち Stefan-Boltzmann law に従つて輻射量を測つて溫度測定が出来る爲には、



第四圖

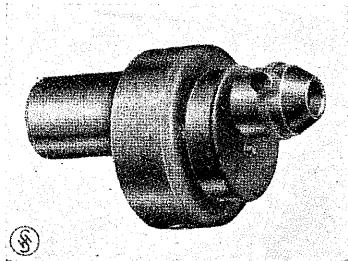
金屬鏡の反射と波長との關係

合せる。焦點を合せる爲にサーモカプルと同一平面上に 2 個の半圓形平面鏡 (M) があつて互に 5-10° の角度をなしてサーモカプル函に取付けてある。此の平面鏡の中心は約 1.5mm 直徑の部分に切取つてあつて、其處に丁度サーモカプル接合點が現はれる様になつて居る。故に一直線の像を E から觀測して、夫れが正確に相傾斜せる鏡と同一平面上に無いならば、此の直線は兩鏡の交叉線に於て切斷して居る様に見える。故に觀測者は凹面鏡を動かして直線は正確に一直線に見える様に焦點を合せる。而して指示器はサーモカプル接合點の在る小圓板上に集まる輻射を基準として目盛せられるものであるから、熱體の像は必ず小圓板全體を蔽ふ事は常に必要である。

かくして正當に熱體を觀測した時、指示器に現はるる指針の振れは直ちに其の熱體の溫度を與へる事になる。

3. レンズ輻射高溫計

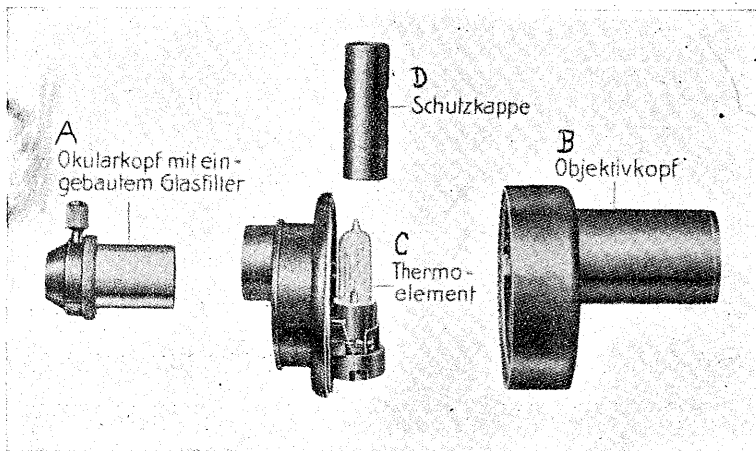
鏡輻射高溫計に於て金凹面鏡が機械的にも化學的にも相當弱いといふ事は其の一大缺點であつて、一般工場に於て常時使用する事は危険である。そこで別に考案されたものは即ちレンズ輻射高溫計である。



第五圖
アルドメーターの外観

Féry の最初に作つたものもレンズを用ひるものであつたのであるが、現在世に廣く用ひらるるものはシーメンスハルスケ社に於て製作せらるるアルドメーター (Ardometer) である。

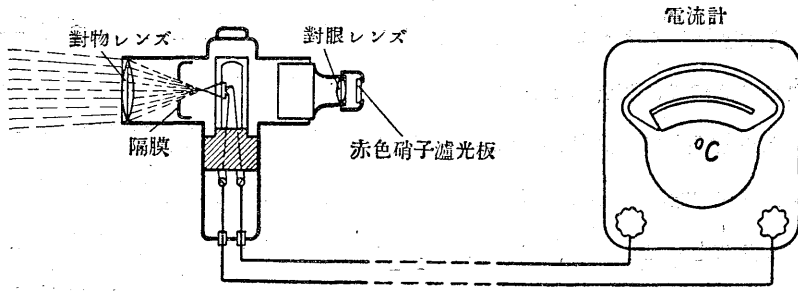
第五圖は測定用望遠鏡の外観、第六圖は其の各部分を示し、第七圖は全装置の圖解である。一個の集光用凸レンズを用ひて光學的には集光 (集輻射) 作用をなさしめ、機械的には損傷し易いサーモカプルを外部の塵埃に對して保護して居る。此の場合に於



第六圖

アルドメーター各部解圖

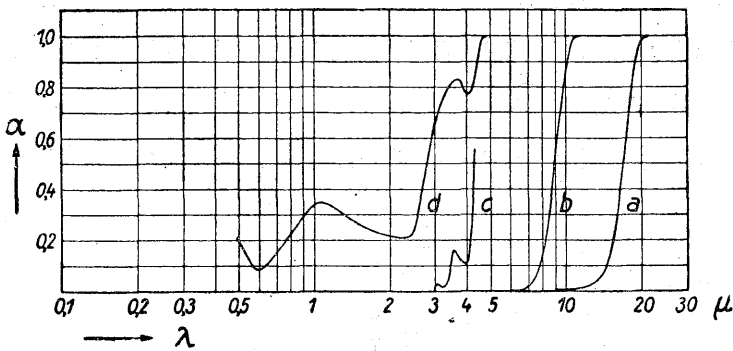
A は對眼レンズ B は對物レンズ C はサーモカプル球 D は保護冠



第七圖

レンズ輻射高温計圖解

ても、レンズは輻射を完全に透過するか或は各波長の輻射を同一割合に透過せねばならぬ。従つてレンズ用物質は種々研究せられた。其の主なるものは岩鹽、螢石石英及び硝子等である。第八圖は之等の物質の透過度と波長との關係を示すものである。いづれの場合に於ても長波長の熱線は大部分吸収され、従つて低温に於ては極めて僅少の輻射エネルギーを透過するのみで指示器のスケールは四乘法則に従ふ事は出来ない。故に若し指示器に低温部分の目盛を施さんとするならば、各温度毎に夫々行はねばならぬ。前記物質の中、岩鹽は熱線に對して最も良好であるけれ共、



第八圖

透明體の吸収と波長との關係

- a は厚き 10 mm の岩鹽
- b は厚き 10 mm の螢石
- c は厚き 1 mm の石英
- d は厚き 2.1mm の板硝子

其の質が甚だ弱いから單に研究室等に於て特殊の注意の下に用ひらるゝに過ぎない。螢石レンズは相當工業用測定器に使用せられたもので長波長輻射に對しては岩鹽ほど透過度は大でないけれども硝子に比すると遙に良い。然し材料が漸次高價となつた事と、硬度が餘り高くない爲に破損し易い缺點があり、現在は用ひられない。石英レンズは硬度の點に於ては非常に良いけれ共透過度に不充分である。

さて普通最も多く用ひられる硝子に就いては赤外線のみを全部吸収し、比較的短波長の部分のみをある程度に透過するに過ぎないけれ共。硝子を用ひる事は其の價額が比較的安價なる事、比較的損傷されない事の利益がある。其の選擇吸収をなす事に對しては各個のピロメーター製造に際し、夫々目盛する事によつて其の影響を完全に避ける事が出来る。尤も之は完全黒體に就いていふ事である。

アルドメーターは第六圖及び第七圖に示す如く對物レンズと對眼レンズとを有する一種の望遠鏡の内部に輻射を受けるサーモカプルを有する。對物レンズの直徑は 25 mm、焦點距離は 70 mm である。サーモカプルは直徑 0.03 mm のニツケルクローム合金線とコンスタンタン線とより成り、十字形に交叉接合して硝子球内に封入してある。兩線交叉點には更に厚さ 0.007 mm 直徑 2 或は 3 mm の白金小圓板を熔接し、其の熱體に向ふべき側は白金ブラツクを以て黒くし、輻射の吸収を充分ならしめ得る様にしてある。1200°C までの溫度を測定するアルドメーターに於ては硝子球内を眞空となし、よつてサーモカプル接合點に於ける吸収輻射を空氣が導去し、爲に測定誤差を招く如き事を避けて居る。此の方法によつてサーモカプルの感度は空中に於ける場合に比して四倍に高められる。外圍の溫度を容易に平均ならしめる爲てアルドメーター球は更に金屬圓筒にて圍み、輻射の通路にのみ小窓を設けて居る。1200°C 以上に用ひるアルドメーター球に於ては、サーモカプル接合點の小圓板は輻射吸収の結果、相當高溫となり、表面より微粒子が飛散する恐れがある爲め、不活性なるアルゴン瓦斯を充して之を防いで居る。

對物レンズを全部開いた場合サーモカプルに現はるゝ熱起電力は外圍の溫度 20°C なる場合普通次の如くである。

800°C	にて	約	2.5 mV
1000 "	"	"	6 "
1200 "	"	"	10 "
1400 "	"	"	15 "

最後の値は小圓板溫度が周圍の溫度に比し約 250° 高溫、即ち 270°C となれる場合に相當し、圓板がこれ以上の溫度となる事は白金ブラツクの附着を害するが故に不可である。かゝる場合には圓板面に入射する輻射の圓錐を隔膜を用ひて幾分遮斷し、1600°, 1800°, 2000°C 等或は夫れ以上の溫度の測定に於ても圓板溫度の上昇は 250° に限定し、従つて其の熱起電力も約 15 mV に止めたゞ指示器のスケールに於て區別する事にする。此の點よりして、輻射受小圓板は 1600°C までの測定用には直徑 3 mm のものを用ひ、1600°C 以上の測定用には直徑 2 mm のものを用ひて居る。(つゞく)



*本誌に記載されている会社名および製品名は、それぞれの会社が所有する
商標または登録商標である場合があります。