ガス放電燈とその光の特性*

正 會 員 尾 本 義 一 (譯)

内 容 梗 概

この論文は照明技術者に興味あるガス放電燈の特性を取扱い、その構造の基本型及び點燈方法を概説し、併せてガス放電による光の色分折及び色の分布の改變方法を詳説したものである。

ガス放電燈による光の發生の物理論は最近著しい注目を惹いたが、⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾⁽⁴⁾⁽⁵⁾この光の發生並に應用の工學的方面もこれに劣らず重要なものである。前の論文⁽⁶⁾ではガス放電燈の種々の型とその點燈方法について發達の順を逐うて説明した。この論文では同様の放電燈及びその附屬器具の機能を述べ、その輻射及び應用の比較研究を行ひ、ガス放電燈は白熱電燈の附加補足となるものであつて、これに取つて代るものではないといふ事を明かにする。

電 氣 的 特 性

ガス放電燈の電極及びガスは白熱電球の纖條と異り、いづれも本來の導體ではない。従つてガスは先づイオン化され、電極の少なく共一方は後に詳しく述べる様な方法⁽⁷⁾で電子を放射する様にされなければならない。

密閉アークで電極間に導電性が生ずれば、必ず所謂有極性となり、一極は陰極として他方は陽極としてのみ作用するが、交流電源ではその極性の變化に應じて電極の作用も交番する。密閉アークの特性の大部分は陰極に依り、殘部は導電性のガスに依て定まる。實際のアーク燈の特性は上の特性が直列安定インピーダンスに依て改變されたものである。

電 極 損 失

陰極から周圍のガス中に電子を放出するには仕事を要し、これは電流と電壓降下との積で測られる。この電壓降下は比較的低溫度高電壓型の場合には主に陰極自身に特有であり、比較的高溫の熱電子の放射式低電壓型の場合には主にガスに特有のものである。陰極電壓降下は電流に無關係であり、本來冷い陰極を熱すれば反て減少する位であるから、陰極には何等本質的に電流の變化を制限する作用はない。他方、導電性ガスの方は衝突に依るイオン化作用の爲に電壓降下が電流に逆比例して變化する傾があり、高真空電子管の場合ならば電流を制限するに役立つ所の空間電荷の成生もイオン化ガス中に陽イオンが存在する爲に妨げられてしまう。

* L. J. Buttolph: The Characteristics of Gaseous Conduction Lamps and Light [T. I. E. S., Vol. 2, No. 2, Feb., 1935, p. 147—177] Translated by Y. Omoto, member.

電 壓 電 流 特 性

第1圖は標準型直流用、50"×1", Cooper Hewitt, 低壓水銀燈の特性で、安定用に普通の直列抵抗と熱鐵線直列抵抗とを用ゐた各場合を、理論的に同じワット数の白熱電球の場合と比較して示してある。廣範圍の電流

變化に對してアーク電壓は僅かしか變らず、且つ正規線電壓110Vに對してアーク電壓はその2/3に過ぎないことが判る。3.5A以上ではアーク電壓が徐々に上るが、これは蒸氣密度の増加の結果に過ぎないので、供給電壓の變動に依る電流の過渡的變化に對してアーク電壓は一定であるか、或はむしろ反對の方向に變化して、所謂負特性⁽⁸⁾を呈する。溫度による靜的アーク電壓のかゝる増加は、與へられた定格のランプを種々の異なる

第 1 圖

電壓で點燈する場合に、アーク電流の調整の爲に使用すべき安定抵抗の量を多少減少せしめる役に立つもので、第1圖Bに、高壓力 Uviarc 燈及び新高輝水銀アークの場合を示してある。Uviarc 調整の爲に比較的少い安定インピーダンスで足りるが、熱的不安定の状態で働かし、供給電壓或はアークからの熱放散の僅の變化に依ても蒸氣壓やアーク電壓が著しく増加して電氣的不安定の域に達し易い。高輝アークに於ては水銀の量を制限してこの熱的不安定の問題を解決して居る。即ち所望のアーク電壓で水銀が全部蒸發し盡し、その後は平均蒸度は一一定値を保ち、導電性蒸氣柱の中心部の等價密度はアーク電流の増加と共に減少し、アーク電壓は實用的に一定に保たれる。従つてこのアークは融通性に富み、低壓低電壓、中壓定電流、或は高壓定電壓裝置のいづれとしても働かし得るが、實際には最後の用途のみに設計されて居る。この様な水銀やアマルガムを用ゐたアークはイギリス⁽⁹⁾、ドイツ⁽¹⁰⁾及び合衆國では G. E. Vapor Lamp Co. で發達した。

Spanner Vapor Lamp Co. でも同様のランプを製り出した。

定 電 流 點 燈

實用上の見地からすれば1箇の陰極と、導電性ガスと、1箇の陽極とから成るアーク燈を通常の定電壓電源で點燈するのは不可で、定電流電源で使用するべきである。これが定電流變成器

を用ゐて、直列に接續されたアーク燈の一群を一括して安定制御する様にした、例の直流街路照明方式なのである。

並列點燈の場合には箇々のアークに浮動線輪型の定電流變成器を使用することは實用的でないが、その代りに二次漏洩リアクタンスの高い變壓器、或は更に簡単に直列インピーダンスを使用しても同じ結果を得られる。商用状態で充分な調整をするに足りる安定法を行ふと力率が0.50の程度となる。この様な低い力率が不都合には、能率を犠牲にして抵抗安定法に依るか、或は費用の増加を伴ふが蓄電器に依て補償せねばならぬ。

安定用インピーダンス

直列安定裝置の二重の役目、即ちアークの見掛けの抵抗の變化による電流の高周波脈動に對する安定作用と、供給電壓の變動に對する調整作用に關しては他に詳しく論ぜられて居る。こゝでは單に總てのガス放電燈、即ち 1/4W, 110V ネオン電球から 5000V サイン管に至る迄、いづれも、どの型式かの直列安定裝置を必要とするといふ點だけを一言するに止める。全入力中この不可避な安定裝置を奪はれるものの百分率は、全波交流燈の5%を最小とし、安定抵抗にはインピーダンスを用ゐた全波整流型交流燈では35~40%に達する。これが總てのガス放電燈の力率、電力、能率等の定格に重大な關係を有することは明かである。

この様に附屬品中で光を發することなく失はれるエネルギーの外に、電極を加熱する爲に同等のエネルギー損失があり、特に低い白熱溫度で働く酸化物被覆の他熱型のものに多い。

電 極 の 型

これに關しては常用の各種電極にその“陰極”機能を主眼として調べて見やう。初期の實用的電極はガイスレル管の金屬板又は筒と、アークで熱せられる陰極點を有する水銀プールとの2種である。白熱尖端を有する炭素電極は後者に似て居るが、その應用は開放アークに局限されて居る。ガイスレル型の電極は今日でもネオン或はヘリウムのサイン管に用ゐられ、比較的低く且つ 200°C を超えぬ程度の一様な溫度で使用される。

この様な溫度では清潔な金屬表面から電子電流を生ぜしめるのに、數百ヴォルトを必要とし、電極を損する様な加熱やスパッタリングを避ける爲には、電流を有效電極表面の毎平方インチに約25mA程度に制限せねばならぬ。

水銀は低溫高電壓ガイスレル型の電極としても使用し得るが、低電壓電極として、即ち表面に所謂“陰極點”を生じて動作する場合がその特色である。この陰極點はその面積の割合に極めて大きな電子電流容量を有し、陰極の冷部面積と何等實際的關係を有しない。電流を通するには約10Vを要するのみで、しかも電流の値を制限するものは、陰極だけで考へれば、蒸發する水銀の補充といふ點だけである。この水銀の連續的蒸發といふ點で、水銀陰極は密閉アークで、しかも水銀が唯一の、或は主要の導電性ガスである場合にしか用ゐられぬ。

酸化物被覆陰極

最新型の陰極は實驗室で30年前に使用された Wehnelt 氏のカルシウム酸化物を被覆した白金熱陰極から發達したものである。最近の形式はバリウム酸化物とニッケルとの組合せ⁽⁶⁾で、バリウム化合物の極て緩い分解により、イオン化したバリウムで被覆した陰極として作用する様な構造にしたものであつて、これは固體や液體バリウムの陰極を用ゐて水銀の様な陰極點を作らうとする企に伴ふ様な厄介なことがないものである。後者の様な陰極には例へばバリウム蒸氣アークに用ゐる得るのみで、これを豫め熱すること、アークを起動すること、及び總てのアルカリ土及びアルカリ金屬類がその熔融溫度で普通の硝子を侵すといふこと等の困難な問題を伴ふ。“酸化物被覆型”の陰極はカルシウム及びバリウム以外のアルカリ元素、例へばナトリウム及びセシウムを用ひ、白金やニッケル以外の金屬、例へばタングステン及びモリブデン⁽¹³⁾⁽¹⁴⁾⁽¹⁵⁾を用ゐても作り得る。この金屬及び、活性を與へる被覆の選定は使用溫度、蒸氣壓及び本文の範圍外にある設計上の種々の理由に依るものである。

實際にはかゝる陰極には2種類あり、1は直接に陰極降下とアーク電流だけに依つて必要な陰極溫度、約 900°C、を得るものであり、他は局部的に陰極加熱電流を通すものであつて、その電流は酸化物被覆を熔著した金屬自身に通すこともあり、或は活性を帶びた金屬の殻壁の内部にある加熱織條に通すこともある。

アーク加熱式陰極

アーク加熱式の陰極、第2圖B及びE、は例へば“始動ガス”に依て起る暈光放電で豫熱さ

第 2 圖

れるので、始動竝に點燈中に利用し得る熱量が限定されて居るから、常に出来るだけ小形に、且つ熱輻射及び熱容量が少い様につくられる。これは明に能率のよいアークの設計に有効であるが、最初の

陰極加熱があまり充分でなく、陰極の消耗を伴ふから、比較的連續使用を目的とするランプに適して居る。

他熱式陰極

他熱式陰極、第2圖C及びD、は限時式繼電器を用ゐて、任意の豫熱を與へ得るから、陰極の溫度維持とアークとを全然無關係になし得る。この陰極はアーク加熱と無關係だから、廣い

第 4 圖

をなすものであるが、しかしその全體ではないと認められて居る。最近 L. B. Johnson氏に依つて線スペクトル光源の測光が著しい進歩をぞげたが、それは濾光器式の分光測光法で、同じ線スペクトルの兩光源を、各線毎に比較するもので、各線を分離するには目とルンメループロデューン・プリズムの間に唯1箇の“單色裝置”を用ゐるのである。これに依つて使用法に依る各線の相對強度の變化を定め、視感度曲線からかかる變化が明るさに及ぼす變化を求めることが出来る。第8圖D及びEはこの方法で求めたもので、低壓 Cooper Hewitt燈と新しい高輝水銀アークとの差異を示して居る。類似の方法で高輝水銀アークやこれと密接の關係がある水銀・カドミウム・亜鉛アマルガム燈の赤色分を推定することが Winch 及び Palmer兩氏⁽¹⁹⁾に依つて行はれたが、その結果は後に参照する。

ルーメン定格と壽命

ランプのルーメン定格といふものは、一般公衆のみならず技術者中でも多くの人が考へて居る程一義的のものではない。それは單に勝手に選んだ使用法及び、一定の消耗割合とそれに對應する經濟的壽命で點けた場合に銘記の毎ワットルーメン定格を有するといふ意味である。照明工學上の德義として總ての暗示或は明示された毎ワットルーメン定格は一定時間中の平均働程を表はすといふ規約を勵行する様にしたいものである。これはニユース價值を減少するかも知れないが、しかも新光源の發表に對する信頼度を大に増加することとなる。設計者が器具及び使用法の選擇に依つてガス放電燈のルーメン定格をどんなに變化し得るかは第3圖、第4圖によく現はれて居る。設計者が電球に標示する電壓を變更し、使用者が電球に供給する電壓を變更することに依つて、白熱電燈の定格を如何に變化せしめ得るかは第5圖に圖示されて居る。

係は後に述べる。

照明技術者は白熱電燈に就ては既に十分の知識を有するが、ガス放電燈に關しては三通りの新生面とそれに對應する應用の問題に當面する。即ち光度能率、色、及び光源の面積の問題である。

燭光とルーメン

これ等のランプの光度を決定するのは異色測光上の困難な問題であつたが、既に實用上には充分の域に達した⁽¹⁶⁾⁽¹⁷⁾。ランプの光束或はそれが生ずる照度は、質ではなく量の測度であつて、ランプの價值判斷の基礎

アークであると白熱燈であることを問はず、その能率は結局その使用法と、それだけの時間でその出し得る總光量を出し切るかに依るといふ點が重要なのである。使用時の能率と壽命との關係の信頼すべき數字は白熱電球に就ては知れて居るが、こ

第 5 圖

第 6 圖

れはガス放電燈の場合にも流用し得る。第6圖は第5圖を書き變へたもので、代表的電球の壽命と能率との關係を示す。白熱電球の使用者にはたゞ、電球代は壽命中の使用電力代に比べて極めて安いもので、壽命の長い電球よりも壽命の短いものを選ぶ方がよいといふ事を注意するほか多言を要しない。

照明工學の術語はすべて太陽或は高温纖條からの白熱光、即ち連續スペクトルの光に就てのものであるから、ガス放電燈のルーメンと白熱光のそれとの比較の意義及び客觀色 (objective colour) と主觀色 (subjective colour) の差異を一般に理解することが必要である。

第 7 圖

スペクトルと色

ガス放電燈のスペクトルは線又は帶狀で、各ガスに特有の波長とエネルギー量を有するので他の光源の場合の様な温度だけで定まるエネルギー量並に分布を有する無数の線或は單一帶狀のスペクトルとは異なる。第7圖は直接關係のある光源の正規スペクトルを示す。

第 8 圖

積は實際の相對強度に比例する様に、且つその幅はハッチした部分の面積が、強度と視感度の積、即ち各線の明度に比例する様にとつてある。

しかしこの様なスペクトル寫眞は單に光の定性的概念を與へるだけで精々その光の“感光性”即ち寫眞乾板に對する作用を示すに過ぎない。これは眼に對する作用即ち明度に對應するものである。スペクトル寫眞上の線は單に分光器の細隙の像に過ぎぬから、白熱光源のスペクトルに現れる様な幅とか連續性とかを有せず、その明度を太陽とか白熱燈とかの明度と圖的に比較するには、その波長に關して對稱的に任意の一定幅を與へてやるより方法がない。従つて第8圖Dでは箇々の水銀線の面

第8圖に示す各種の光のハツチした面積即ち明度は互に等しくしてあり、全面積は理論的可視エネルギーを示す。各場合に於て明度を表す面積とエネルギーを表す面積との比はその光色分布に特有な可視利用率を示し、光源には關しない値である。低壓水銀アークの場合には理論的可視光線の半ば以上が、約2%の視感度しかない極めて短い波長のものである點に注目せねばならぬ。高壓力水銀燈の能率が良いのは577—9m μ の線の相對的強度が増加して居る爲である。ナトリウム線は視感度曲線に關しては有利な位置を占め高い利用率を有するから、白熱電燈の場合の數分の一のエネルギーで同じ明度を與へる。

エネルギー分布と能率

光源に供給した總エネルギー、但し太陽の場合だけは輻射される總エネルギーのうち理論的に可視部に輻射されるものの百分率は周知の方法で定められる(第1表 b, c 行)。ランプに與へたエネルギーの15%以下が理論上の可視光線となるに過ぎない。このエネルギーが全部眼の最も感じ易い556m μ の波長に集中されたとした時の可視利用率を100%とし、實際の利用率を例へば第8圖で太陽及人工光源に就て暗示してある様な圖的方法で求めたものがd行である。可視輻射の百分率とこの利用率との積の綜合利用率(e行)は時には輻射可視能率とも呼ばれる。これは實際の毎ワットルーメン定格(f行)と波長556m μ の單色光源のワット620ルーメンといふ理論的最大値との比であるからである。

第1表e行は理論的單色光源に對する各光源の能率を直接百分率として表はしたものであるが、更に實用的な比較法は可視範圍以外には少しもエネルギーを出さない假想的白色光源と比較することである。Dushman⁽¹⁾はこの様な光源に毎ワット220ルーメンの能率と、0.35の可視利用率とを與へた。g行はこの様な假想的白色光に對する各光源の能率を直接百分率で示したものである。

第1表 比エネルギーの利用率及び能率

光	(a) 源	(b) 不可視分 %	(c) 可視分 %	(d) 可視利用率	(e) 輻射可視能率	(f) 發光能率 Lm/W	(g) 比白色光能率
白 色 光	(380—700m μ)	0.0	100.0	35	35.0	220	100.0
單 色 光	(556m μ)	0.0	100.0	100	100.0	620	280.0
日 光		60.0	40.0	40	16.0	100	45.0
白 熱 電 燈	(500W)	86.0	14.0	23	3.2	20	9.0
ネ オ ン 管	(400W 安定インダクタンス附)	92.0	8.0	32	2.6	16	7.25
水 銀 燈	(G. E. 高輝 400W 安定インダクタンス附)	91.0	9.0	58	5.2	32	14.5
水 銀 燈	(G. E. 低壓 450W 安定抵抗附)	94.6	5.4	43	2.3	15	6.75
ナ ト リ ウ ム	(225W 安定インダクタンス附)	89.0	11.0	76	7.3	45	20.0
ア ー ク	(500W 安定インダクタンス附)	98.9	1.1	58	0.65	4	1.8

色光とその測定

多くのガス放電光が顯著な色を有すること、白色に最も近い光を得やうとする近頃の企てが、色光の發生と測定に關するかなり複雑な理論に注意を向けさせる様になつた。約380から700m μ の總ての波長を含み、各波長でほぼ等しい強度を有する、5000°Kの黒體に特有な光が

第 9 圖

第9圖の様な視感度曲線を有する正常眼に生ずる明るさを一般に白と認めて居る。スペクトル線の様に限られた範圍の波長だけを含む輻射は、この様な眼にある程度の明るさ即ち白色感覺に、特に色と名づけられる

特異の感覺を重疊した感覺を生ずる。この色の感覺は發生學的には眼が比較的新く獲得した性質で、原始的感覺は無色感覺であつたのが、次で黄・青、後に赤・黄・緑・青の感覺が生じたものである。(21)

飽和に對する強度の關係

理論及び實際上重要なのは、かゝる單色光の強さを増加すると、見掛けの白さが増加すること、即ち飽和度が減るといふことである。この理由で色光を使用する人は強さの増加と輝度の増加とは、一層飽和した色を得る目的に反することを経験して居る。

色の三色測定法

色覺の簡単な事實は第9圖の眼の感度曲線を三成分に分解することに依つて説明し得られる。水銀スペクトルの可視線がこの3箇の理論的色覺線の極大値の波長と一致し、その強度が他の如何なる人工光源にも優つて理論的白色光の效果を生ずるに適當して居ることは注目に値する。このことは Ives⁽²²⁾ が用ゐた様な Maxwell 型の三色分析で示すことが出来る。

この分析法では理論的白色光の赤、綠及び青の各々に 1/3 宛の重みを與へ、これ等と異なる光質は第10圖の様な三線座標に依て圖示することが出来る。

第9圖から明かな様に殆どどの波長の輻射でも眼の感度曲線の2箇或は3箇の成分に感ずるから、RGBの様な線がナトリウム線、水銀線又はネオン線群の様に種類は異なるが等量の感覺

さを生ずる無數の單色光源の軌跡を表はすことになる。この三角形中のスペクトル曲線の一性質は、白光に對應する中心點を通る任意の直線が、このスペクトル線を互に補色である色を示す2點で交るさうなものである。このことは水銀線の著しい性質を示すに利用されるので、圖の點線は莖色の 408

第 10 圖

及び 436 の線がほゞ

黄緑色の546及び577—9 の線と殆ど補色であることを示して居る。これに關聯して408及び436の線と436及び577—9 の線とはその波長の比が Helmholtz 系の補色の對と極めて接近して居るさうな興味ある事柄を示し得る。

暗黒輻射體を溫度の函數として3色的に分類すること、及び水銀アークの分類は Ives氏⁽²²⁾の分類でこれに相當する白熱電燈の概略の位置も示してある。他の光源の位置は直接3色測定に基礎を置くものではなく單に筆者の判斷によるものである。第10圖は又各種光源を組合せて新しい色光や近似的白色光を得ることの可能性及びその限度に關する概念を與へる。

單 色 分 析

Maxwellの色三角形及びスペクトル曲線の性質は、その中央點から曲線上の任意の點に至る直線は、中央の白光と線端の單色光との總て可能な割合の混合による色の系統を定めるといふことである。従つて任意の通常の色光はこの様な線を引いて見て、その色光を表す點から白色光及び單色光を表はす點に至る距離に反比例して、白色光とその單色光とを混合したものとして示すことが出来る。例へば低壓水銀アークは白色光が81%と、483m μ の波長の色光が19%混合したもののだといはれる。

第2表は直接比較に便利な様に第10圖から求めたものである。この様な色の測定の二方法は單に與へられた光源が眼に對して與へる效果を示すだけであるといふことを記憶せねばならぬ、即ちこれ等は皮相色を測るだけで光源の眞のエネルギー分布に關しては何等示す所がな

い。但し光源が黒體型の場合には皮相色が判ればエネルギー分布を計算で求め得る。

第 2 表 色光の單色及三色分析

光 源	三 色 感 覺			單 色 分 析	
	赤	綠	青	色 相	飽和度%
ネオン燈	0.72	0.28	0.00	610	100
ナトリウム燈	0.59	0.40	0.01	589	100
白熱炭素電燈	0.52	0.39	0.09	587	83
15Lm/W 白熱電燈	0.45	0.38	1.17	584	63
C. H. 低壓水銀燈	0.24	0.29	0.47	483	19
G. E. 高輝水銀燈	0.30	0.35	0.35	494	6
5000°K 黒體	0.33	0.33	0.33	—	0

ガス放電燈に最も特殊な性質はそのエネルギー分布状態であるといふ事から考へるとこれは不都合なことである。その分布状態がある場合には高能率の説明となり、他の場合にはその特有の色光の説明となる。僅か數本の線又は單一の線群を有する光源は本來、色光の光源で、何等濾光器による損失のない色光源として用ゐられる。他方、水銀燈やアマルガム燈の様に數箇の相當に間隔を置いた線のスペクトルを有する光源では、それ等の線の色が互に補色となるから、近似的の白色光源として用ゐられる。かゝる光源は透過率及び透過範圍の大きい濾光板を用ゐてもスペクトル線を分離するのが容易だから、他の連續スペクトル光源に比して、濾光に依てそれ等の線に相當する飽和度の高い色光を得るに適する。

濾光ガラス、アーク管

第11圖は Johnson 及び Burns⁽²³⁾ 兩氏のデータ及び Nela 研究所の Barnes氏其他の未發表のデータに基き、低壓水銀アーク燈に種々の濾光ガラス、アーク管を用ゐて特殊の目的に應じた種々の色光が得られることを示して居る。第11圖Aは理論的の濾光せぬ水銀線及び種々の濾光材料の透過度を示す。第11圖Bは光化學及び衛生照明に適當なスペクトルを、第11圖Cは螢光作用の實驗及び、Cooper Hewitt 燈による標準工場照明に適するスペクトルを示す。第12圖のスペクトル寫眞は第11圖に於て定量的に示した6種のアーク管及び濾光材料の透過性を定性的に示したものである。スペクトル寫眞E及びFは顯微寫眞に用ゐる Froster 及び Tivelli氏の濾光板を水銀アーク及び連續スペクトルと共に用ひた場合で、スペクトルの間隙により濾光板の有効濾光限界が變化する有様を示して居る。

第13圖A及びBは實用上同一性質の橙赤色燈を得るのに、ネオンランプでは1ワットにつき16ルーメンの効率で、白熱燈を濾光した場合には1ワットにつき5ルーメンとなることを圖竝にスペクトル寫眞に依て示して居る。

第13圖B, C及びDは人目を引く様な特異な色相と飽和度を有する色の組合を得る爲に近來用ゐられた3種の光源のスペクトル寫眞を示す。これ等は第10圖の色三角形に於て Hg 436, Hg 528 及び Ne 620 として示してある。

水 銀 燈 の 改 變

經驗上 Cooper Hewitt 燈の光に依つてその特有の黄綠色は勿論すべての白色並に灰色の物體がよく見えるから、青緑及び赤色が缺乏して居ることは工業照明上にはあまり重大でない。

しかしその應用を他の方面に迄擴張するために、高輝水銀アークの發達につれて、これにカド

ミウムと亜鉛とを

附加して第14圖の

様なスペクトルを

得ることが試みら

れるに至つた。こ

の様に附加さ

れた青緑及び赤色

光は殆ど互に補色

なので、光源自身

の色には殆ど影響

しないが、これら

の附加色に依りス

ペクトルの全範圍

に亘る色の識別を

多少改善する。こ

の色質の改良は能

率を犠牲にして得

られるものである

ことは前からアマ

ルガム燈に就て認

められて居つた。

幸に高輝水銀アー

クは常態で極めて

能率が良いから25乃

至40%を犠牲にし

ても未だ充分な良

第 11 圖

第 12 圖

第 13 圖

第 14 圖

能率と低い輝度を維持し得る。Winch⁽⁴⁹⁾氏は白熱燈の赤色を27%, 晝光のを15%, 高輝水銀アークからのを1%と推定し、後者はカドミウムと亜鉛とを加へることに依り、能率を10%減じて、赤色を1%増し得ることを見出した。これは第14圖Cからも判る様に緑色が多少増加することを考慮にとつて居ないが、それにしても僅かばかりの色の改變に對しては可なり高價の觀がある。赤色は白熱燈を用ゐて能率よく附加し得るものである。

高輝水銀アーク

上に述べ且つ第10圖に示した様に高輝水銀アークはそのまゝでも通常の色の識別に役立つだけの赤色を有して居り、それ以上に赤を附加するには能率を減少せねばならぬ。このランプはまた色の外にも尙注目値する重要な特性を有する。

即ちこれはナトリウム・アークと同様に高能率に加ふるに比較的低い輝度を有するのが特徴である。又實用的の大きさの焦點式反射器具を使用し得る程度に小形で且つ直線的の形を具へて居る。その附屬器具はガス放電燈中最も簡單で、たゞ小型の放電電球で並型口金中に附屬抵抗を封入したものに及ばないだけである。高輝水銀アークはナトリウム燈の實用上の強敵で、その働特性やその使用に關する充分な報告も追々發表されるであらう。

水銀白熱兩燈の組合せ

水銀アークは白熱燈とワット數で1と2との比或はそれ以上の割合で組合せると良いことが知られて居り、その結果のスペクトルは第14圖D⁽²⁴⁾に掲げてある。この様な組合せ器具は單獨に用ゐたものよりも色の表現が良く、特に種々な色合ひの青色やクローム張りの物體を示す場合によい。

水銀とネオンの組合せ

全範圍の線スペクトルを得る他の一法はネオン及び水銀燈を同じ燈器中に組合せるか、或は更に進んで二重管にする方法で、第14圖Eの様なスペクトルが得られる。しかしこのスペクトル寫眞は波長と同様に重要なエネルギーの比較分布を表はして居らぬ。

代表的な配光曲線

ガス放電燈は殆ど全部その管又は球を含む平面中で豫定法則に従つて、換言すれば擴散反射體と同様に輻射する。その結果露出した光源の配光曲面ではなく環狀面で、その斷面は、第15圖に示す標準型の水銀燈の配光曲線の様になる。全球面上の配光測定によると、かゝる光源の等價平均球面光度は最大光柱光度の約0.80で、この様な場合の理論的球面換算率より $\pi/4$ 稍大きい。

擴散反射器

この様な光源の後部に燒附瑛瑯の様な近似的擴散反射器を、稍曲げてその鏡面反射を打消す様にしたものを置くと、その結果の配光曲面は、管とその反射器の横縁とを含む平面に切する球面に近いものとなる。この様な分布の代表的なものは第15圖に斷面で示してある。

焦點式反射器

第 15 圖

器の配光線曲を、同じ寸法で描いたもので、425Wの高輝水銀アークであり特殊の装置をせずに達し得る結果を示して居る。圓筒拋物面の扁形配光は或種の投光照明に適し、圓錐反射器は對稱的の廣い光柱で短距離に投光するのに役立つ。後者の直徑は一般に光源の長さの2倍とその直徑との和に等しくせねばならぬから、高輝水銀アークの様な強い光源にのみ用ゐられる。

周 期 的 ち ら つ き

全波交流用ナトリウム及び水銀アークのちらつきは2つの悪効果を有するからその使用の際に考慮せねばならぬ。ランプの見掛けの輝度や、物體の照度のちらつきは直視した場合には殆ど認められぬ程度であるがランプや物體の像が視界の端部即ち網膜の周邊に來るに従つてちらつきの感じが増加する。網膜の周邊は周波數又は光度が減するに従つてちらつきに對する感じを増すものである。この點は25乃至40サイクルに用ゐる場合及びランプの位置を定めるときに留意すべきである。これは照度の全般の水準を更に高める理由となる。

ガス放電光源は大きさを有する線又は棒状を有するから實用的の大きさの反射器に比較して面積の小さい他の光源の様に、焦點式反射器と共用することは出来ぬ。この様な光源と共用し得る鏡反射器には大體2つの形、即ち圓筒拋物面及び直圓錐がある。第16圖は商用擴散性の拋物面及び圓錐反射

第 16 圖

ストロボスコープ効果

動く物體がちらつく光源で照されるとその物體の多重像が見えるが、その有様は物體の速さ、ちらつきの周波數、及び視覺の漸消作用に依て異なる。これが惡結果と認められるのは特殊の工業的應用に限り、それを最小限に止める爲には回轉機や高速の往復運動機を適當な塗料を用ゐて目立たぬ様に整反射を減ずる様にしてやればよい。多くの場合災害防止整置が設けてあればそれが機械のストロボスコープ的チラツキを相當に減じて呉れる。

輝 度

總てのガス放電燈の特徴はその輝度が低く、且つ多くは均等であることである。低壓燈の場合には輝度極て低く、白い反射器に對比しても眩輝を生せず、従つて工業上の應用には擴散材料を用ゐる必要がない。この理由で白熱光源との比較は困難である。白熱燈の纖條の輝度や、艶消球の最大或は平均の輝度だけでは充分なことが判らぬからである。

電氣工學スタンダード・ハンドブックの新刊には、ガス放電燈に關する信賴すべき記述がある。第3表は容易に得難い、又計算し難い比較データの表である。高輝水銀アーク及アマルガ

第3表 各種ガス放電燈の一般特性

光 源	使 用 法	力 率	附 屬 装 置 の ト	ア フ フ ツ ク の ト	管 イ ン ベ ク ア	ア ア ン ベ ク ア	ア イ ン ベ ク ア	ア グ オ ル ク ト	毎 ワ イ ン ツ チ の ト	毎 ル イ ン メ ン の ト	毎 イ ン チ の 方 燭	綜 合 効 率 (Lm/W)
高電壓ネオン	漏洩變壓器使用	55	4	36	0.45	0.03	100	2050	0.24	5.8	1.30	14.5
高電壓ネオン	漏洩變壓器使用	55	5	50	0.60	0.05	100	2000	0.30	7.2	1.20	13.0
高電壓水銀	漏洩變壓器使用	55	5	45	0.45	0.03	100	2300	0.20	1.6	0.36	3.2
高電壓水銀	漏洩變壓器使用	55	10	85	0.60	0.05	100	2100	0.55	1.9	0.32	2.0
低電壓低壓水銀	110V 直 流 用	—	135	250	1.00	3.5	50	71	4.1	120.0	12.2	16.0
低電壓低壓水銀	整流式安定抵抗使用	90	175	275	1.00	3.7	50	74	4.6	135.0	13.6	15.0
低電壓低壓水銀	整流式安定抵抗使用	90	100	150	1.00	3.7	22	40	4.6	135.0	13.6	12.0
低電壓低壓水銀	整流式安定抵抗使用	90	125	175	0.75	2.5	35	70	4.2	115.0	15.4	13.5
低電壓熱陰極ネオン	整流式安定抵抗使用	90	200	300	1.00	3.5	18	70	11.7	275.0	27.8	10.0
高壓石英水銀	Uviarc 直 流 用	—	250	650	0.70	4.0	6	160	100.0	3600.0	520.0	24.0
高輝水銀*	全波交流安定インダクタンス使用	65	25	400	1.30	2.9	6	160	63.0	2250.0	175.0	32.0
ナトリウム 10,000Lm*	"	65	25	200	3.00	6.6	9	25	15.5	1100.0	37.0	45.0
ナトリウム 6,000Lm*	"	65	15	150	2.50	5.0	7	20	14.3	850.0	34.5	36.0

* 連續1000時間の點燈に付き、定格出力（實際の最初出力に非ず）から15%減損するものとしての暫定的數值輝度は管又は球の全發光表面積を基礎としたものである。

ム燈に關する基礎的特性に關し、最近ナトリウム燈⁽²⁶⁾⁽²⁷⁾について發表されたと同程度の資料は近いうちに發表されるであらう。しかしこれ等のランプは發達が速であるからデータは暫定的のものである。

第 17 圖

第 18 圖

終に本文に用いたスペクトル寫眞の準備に關し、L. B. Johnson 氏に又ナトリウム燈及び高輝水銀燈の發達を擔當された事に對し W. J. Winninghoff, J. D. Forney, J. A. St. Louis の諸氏に謝意を表する。

文 獻

REFERENCES

- (1) Dushman, *G. E. Review*, 37, 260 (1934), and *Electrical Engineering*, 53, 1204, 1934.
- (2) Found, *G. E. Review*, 37, 269 (1934).
- (3) Tonks, *Electrical Engineering*, 53, 239 (1934).
- (4) Darrow, *Electrical Engineering*, 53, 388 (1934).
- (5) Slepian and Mason, *Electrical Engineering*, 53, 511 (1934).
- (6) Buttolph, *TRANSACTION I. E. S.*, 28, 153 (1933).
- (7) Buttolph and Dana, *Rev. Sci. Inst.*, 4, 206 (1933).
- (8) Buttolph, *Rev. Sci. Inst.*, 1, 487 (1930).
- (9) Ryde, *G. E. Co. Ltd.*, *G. E. Journal* (London), Vol. 4, No. 4, Nov. (1934).
- (10) Lax and Pirani, *Technische-wissenschaftliche Abhandlung aus dem Osram-Konzern*, Vol. 3, p. 17 (1934).
- (11) Smith, *Electrical World*, 103, 722 (1934).
- (12) Buttolph, *G. E. Review*, 36, 482 (1933).
- (13) Dushman, *Rev. Mod. Phys.*, 2, 38 (1930).
- (14) Becker and Sears, *Phys. Rev.*, 38, 2193 (1931).
- (15) Benjamin and Rooksby, *Phil. Mag.*, 15, 810 (1933).
- (16) Buckley, *Illuminating Engineer* (London), 27, 118 and 148 (1934).
- (17) Benford, *G. E. Review*, 37, 342 (1934).
- (18) Walsh, "Photometry," 288 (1925).
- (19) Winch and Palmer, *Illuminating Engineer* (London), 27, 123 (1934).
- (20) Ladd-Franklin, "Colour and Colour Theories," 42-4 (1929).
- (21) Parsons, "Colour Vision," 30-2 (1924).
- (22) Ives, *J. O. S. A. and R. S. I.*, 7, 243 and 287 (1923).
- (23) Johnson and Burns, *J. O. S. A.*, 23, 55 (1933).
- (24) Grandy, *TRANSACTIONS I. E. S.*, 28, 762 (1933).
- (25) Walsh, "Photometry," 106 (1925).
- (26) Gordon, *G. E. Review*, 37, 338 (1934).
- (27) Fonda and Young, *G. E. Review*, 37, 331 (1934).

NOTE

Complete discussion of papers on gaseous-conduction lamps beings on page 200.