

## 日立スーパーラピッド蛍光灯

## Hitachi Super Rapid Fluorescent Lamps

谷口栄二\* 大坪弘一\* 西岡博\*\* 中道松郎\*\*

## 内 容 梗 概

スタータを使用せずかつ即時起動の可能な要望にそう日立スーパーラピッド蛍光灯およびその回路を研究開発した。この蛍光灯はガラス管内壁に透明導電性薄層を形成して、両端の電極間が不平等電界になつていたので放電開始電圧が周囲条件に関係なく常に低い、なお電極構造は特殊のコイルフィラメントであるので電子衝撃に強く短寿命になる心配が全然ない。回路はフィラメント予熱用巻線を有するリーケージ変圧器である。これらにより従来のグロースタータ回路や瞬時起動回路の欠点を除去した。

本文には従来の点灯方式、放電開始電圧の低下対策、蛍光灯の構造および性能、回路と組合せた起動状態および工場における寿命結果などにつき検討をくわえ記述した。

## 〔I〕 緒 言

蛍光灯照明の普及とともに、迅速かつ安定性のある点灯および故障発生の要素の除去に対する要望が強くなり、スタータを要しない蛍光灯およびその回路の開発について研究努力がさかんに行われてきた。この理由は最近市場に出ているグロースタータが従来品にくらべて性能もよく信頼性も強化されていることは事実であるが、非耐久性の消耗品であり、蛍光灯の点灯に数秒の時間を要し、また故障を発生したさいに蛍光灯またはスタータのいずれの側にあるかを判別することが容易でない結果といえる。

これに対し鉄共振やリーケージトランスを用いて変電圧を発生してランプを起動させるスタータなしの瞬時点灯回路が使用された。電源電圧変動のはげしかつた当時において低電圧でも点灯することによる好評を博したが、反面組合せ使用した蛍光灯は普通のものであつたので、起動にさいし高い電圧を必要とし短寿命のそしりを免れず、また安定器が大きく高価になる欠点を有したので、その後の電圧事情の安定とともに姿を消してしまつた。しかし筆者などは冒頭の要望を満足させるため不断の研究の結果、即時起動（ラピッド、スタート）の目的にそうスーパーラピッドスタート蛍光灯ならびにその安定器を開発した。これは従来の予熱起動方式や瞬時起動方式の欠点を除去したものである。ここに40W用について従来の点灯方式とラピッドスタート蛍光灯およびその安定器の機能特性を詳述する。

## 〔II〕 従来の起動方式

## (1) グロースタータ方式

従来の一般に使用されている代表的な回路はグロースタータを使用したもので、回路電圧 200V における 40W

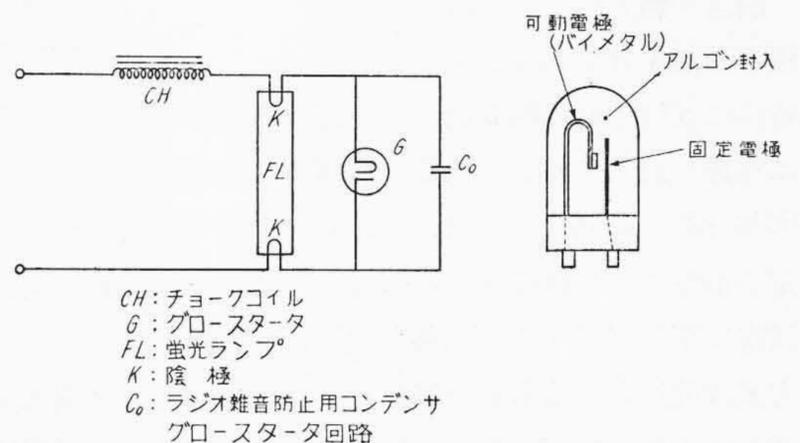
\* 日立蛍光灯株式会社

\*\* 日立製作所亀戸工場

蛍光灯点灯の場合（以下各起動方式において同じ）の回路およびグロースタータの構造を第1図に示す。

第2図はこの回路の起動時における電圧、電流、光束の経過を示したオシログラムの一例である。

電源を投入すると回路電圧は蛍光灯 FL およびグロースタータ G の電極にかかる。グロースタータはただちにアルゴンによる数十 mA のグロー放電を発生して数秒間の放電でそのバイメタル電極を加熱伸長させ、両極を短絡させる。回路電圧はチョークコイル CH および蛍光灯の両極 K を通じてグロースタータ内で短絡されるわけで、0.6~0.7 A の短絡電流は陰極 K を加熱し電子放射を容易にする。通常この陰極を加熱し電子放射を可能にする段階における電流を予熱電流、時間を予熱時間と呼称する。他方グロースタータ内の短絡によつてグロー放電は終熄してバイメタルを冷却し、旧位置に回復するため回路を開く。この瞬間におけるチョークコイルのインダクションキックによる高い衝撃電圧が陰極に印加されるので、蛍光灯が放電し点灯するに至る。第2図では電源投入後 1.5 秒で点灯しているが、グロースタータにより、また周囲温度により起動時間に差異が起り、特に 10°C 以下の低い温度では十数秒を要する場合もある。グロースタータの動作原理は真に巧妙なものであるが、また故障の原因もここに介在するのである。



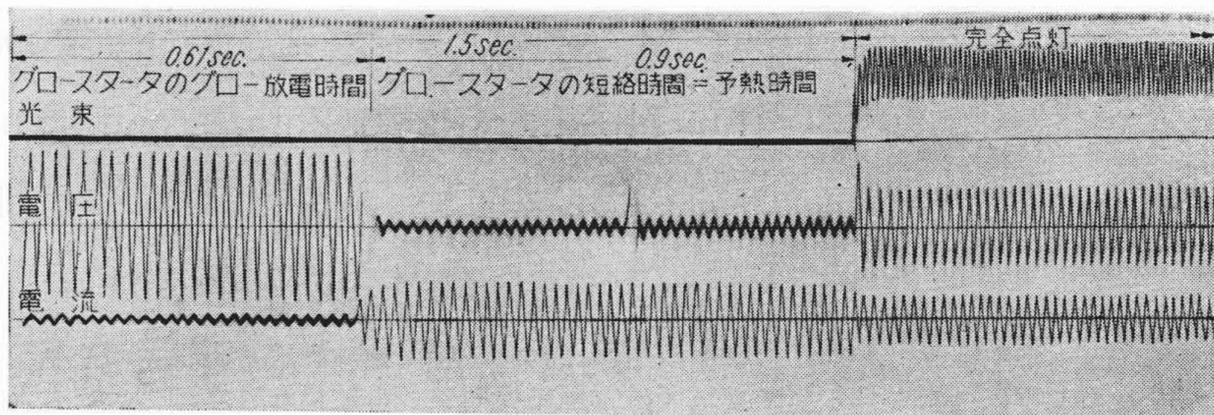
第1図 グロースタータ回路およびグロースタータ  
Fig. 1. A Glow-starter Circuit and a Glow-starter

(2) 共振型瞬時起動方式

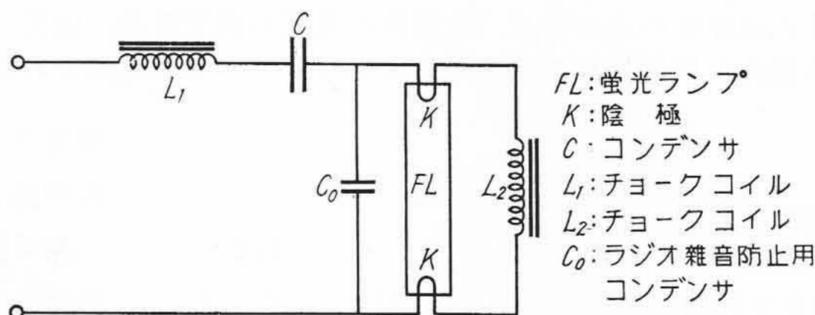
第3図は進み電流式の40W用共振型瞬時起動回路の一例で、第4図はその回路の起動時のオシログラムを示す。

電源を投入すると  $L_1$ ,  $C$  および  $L_2$  で電源の周波数にたいし共振を起し, 0.7~0.9A の共振電流が予熱電流として陰極を通电加熱すると同時に約 350V (実効値) の電圧がランプに印加され, 迅速に放電を開始する。すなわちオシログラムに見られるとおり 0.14秒後には片波放電し, 1.06秒で両波放電して点灯していることがあきらかである。一旦放電が開始すれば共振状態が崩れ, ランプ電流は直列の  $L_1$ , および  $C$  で制限され, ランプ電圧は 100V 前後であるから  $L_2$  に流れる並列電流は 50mA 前後に逓減する。この回路は蛍光ランプに寿命がきて不点灯になった場合に, 回路に点灯中の電流に比して大きな共振電流が流れるので, 特にチョークコイルの熱容量を大きく設計するかまたは保護装置を要すること, 電力損失が大きいこと, したがって安定器が高価になるなどの欠点を有するとともに, グロースタータ回路のように予熱時間が十分でなく, また高電圧による電子衝撃によつて陰極損耗が大きいので寿命が短い。

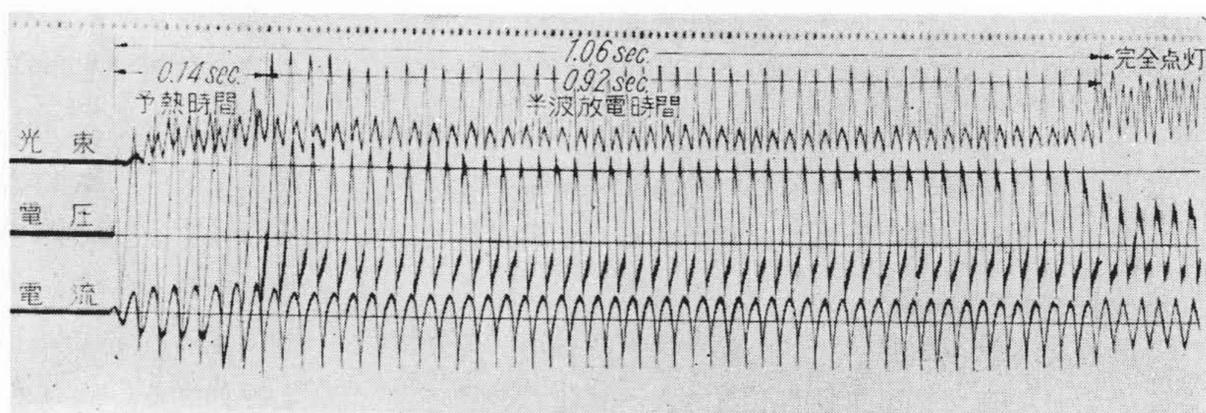
瞬点回路としてこのほかに陰極の予熱をせず高電圧をあたえ瞬時に点灯させる第5図のような回路がある。この場合は電源を投入すると変圧器二次側誘起の高電圧が陰極に印加されると同時に, 両極間にグロー放電を開始し強い電子衝撃により陰極を加熱しながらグローは成長し電弧放電に至り点灯する。回路の故障はほとんどないが, 本方式は前述の共振型瞬点回路にくらべてさらに高電圧を誘起するために安定器が高価となることは勿論, 高電圧のための電子衝撃による陰極損耗が激しく短寿命である。



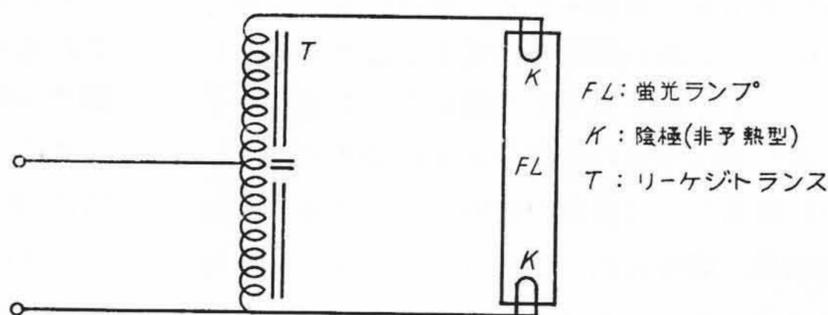
第2図 グロースタータ回路の起動時のオシログラム  
Fig. 2. An Oscillogram at Starting with a Glow-starter Circuit



第3図 共振型瞬時起動回路  
Fig. 3. A Resonance Type Instant-Start Circuit



第4図 共振型瞬時点灯回路の起動時のオシログラム  
Fig. 4. An Oscillogram with a Circuit for Resonance Type Instant-Start Circuit



第5図 変圧器非予熱型瞬時起動回路  
Fig. 5. Non Pre-heat Type Instant-Start Circuit

〔III〕 放電開始電圧低減の方法

蛍光ランプに高電圧を印加することは瞬時点灯を可能にはするが, 電子衝撃による激しい陰極損耗と安定器を高価にする。ここに蛍光ランプの放電開始電圧を低くする方法を考察して見る。

(1) 両電極間にはできる限り局部的に高い電界を与えること

針状電極は同じ間隙長の球電極より局部的に高い電界

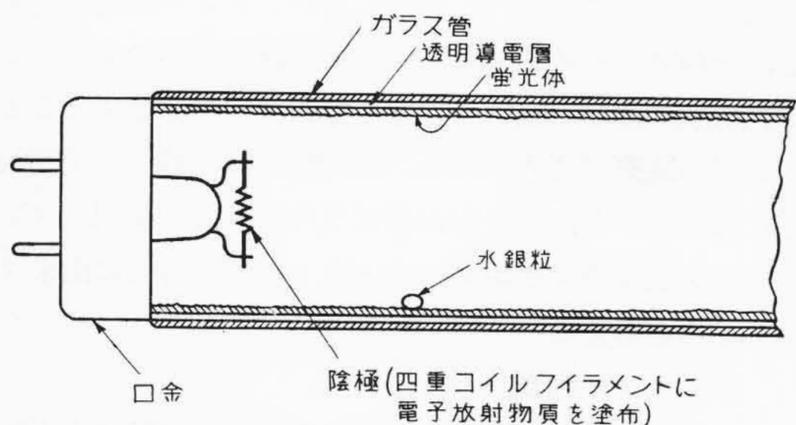
を生ずるため放電開始電圧が低いことは周知であり、また近接導体、接地導体が介在するときは局部的に強電界を作るので、放電開始電圧がいちじるしく低くなることをしばしば経験する。蛍光ランプにおいてランプ端の両電極間の電界は針状電極の場合に相当するが、近傍の金属製灯具および接地導体の影響ならびに湿度により電界強度が変化し放電開始電圧をいちじるしく左右する。この詳説は次節にゆずるが蛍光ランプとしてはつぎの4つの方法がある。

- (a) ガラス管壁内側に透明導電性層を形成する。
- (b) ガラス管外側に透明導電性処理または塗装を施す。
- (c) ガラス管壁外側に接地導電条片を置く。
- (d) ランプにきわめて近接して接地金属面を設ける。

(c), (d) の方法で満足な結果をうるには、ランプ電極の一つが条片あるいは金属板に対して十分高い電位差を有しなければならないことである。電源の一線が接地されている場合は接地側の選定の接続が面倒であるが、この条件が充足されたことになる。しかし電源が接地されていないとき、または星型接続の中性点が接地された3相電源の2相に接続されている場合には不可能である。(c)の方法においては接地するかわりに抵抗を通じて金属板に適切な電位をあたえれば対策となるが、この抵抗は十分大きな値として万一板に人が触れても危険でないようにしなければならない。(b)の方法は低い放電開始電圧になるが点灯中に外壁の導電性層がガラス管内外においてコンデンサを形成し静電誘導電圧を発生し感電障害をあたえる。したがって(a)が最良の方法であり日立スーパーラピッド蛍光ランプではこれを採用した。

(2) 陰極を予熱すること

間隙の放電において冷陰極の場合高電圧を要し、予熱電流をあたえた熱陰極の電子放射可能な状態のときは低電圧でも放電することは周知である。ただし点灯中はこの予熱電流と放電電流が重畳して陰極を過熱し電子放射物質の蒸発損耗を早めるから十分に留意しなければなら



第6図 日立スーパーラピッド蛍光ランプの構造  
Fig. 6. Construction of Hitachi Super Rapid Fluorescent Lamp

ない。

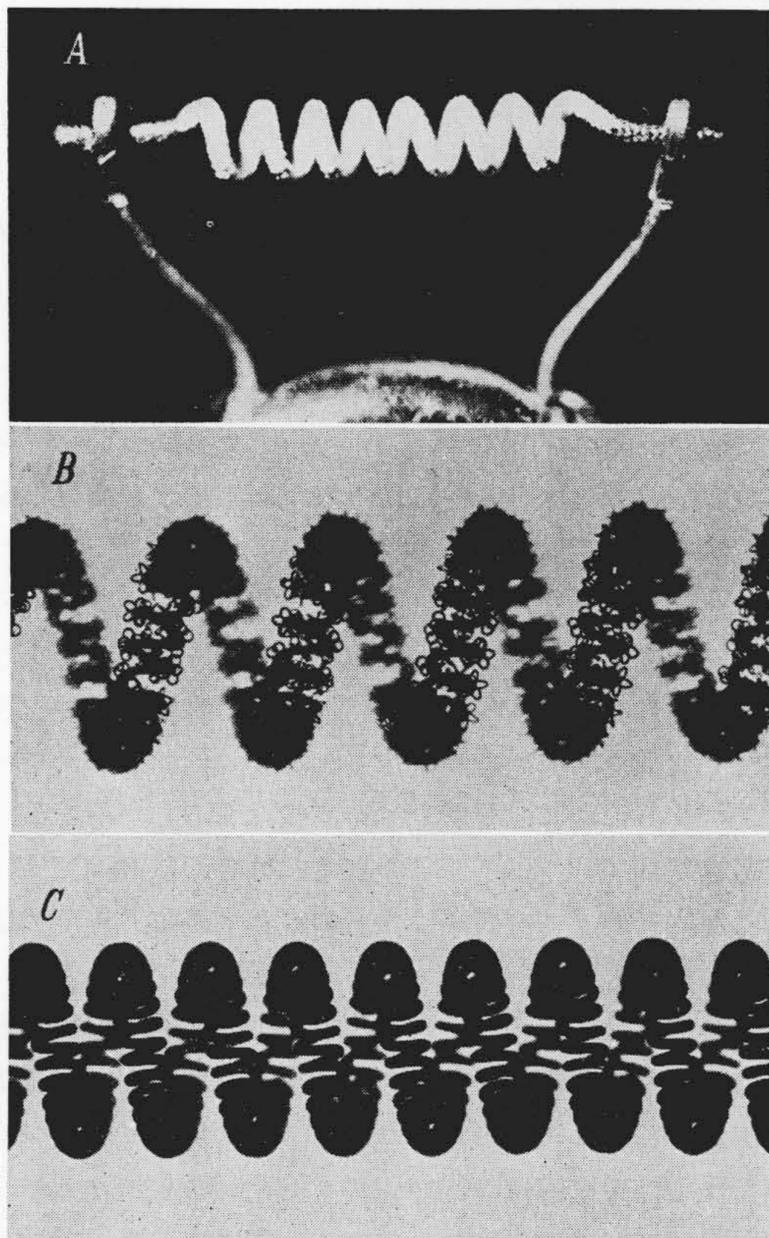
(3) グロー放電により迅速に加熱される陰極構造であること

放電現象の初期において、グロー放電より電弧放電に移行する。グロー放電における電子衝撃によつて陰極が急速に加熱し、電子放射の状態になる電極構造であることが前項の予熱電流による加熱に相加わつて有利である。

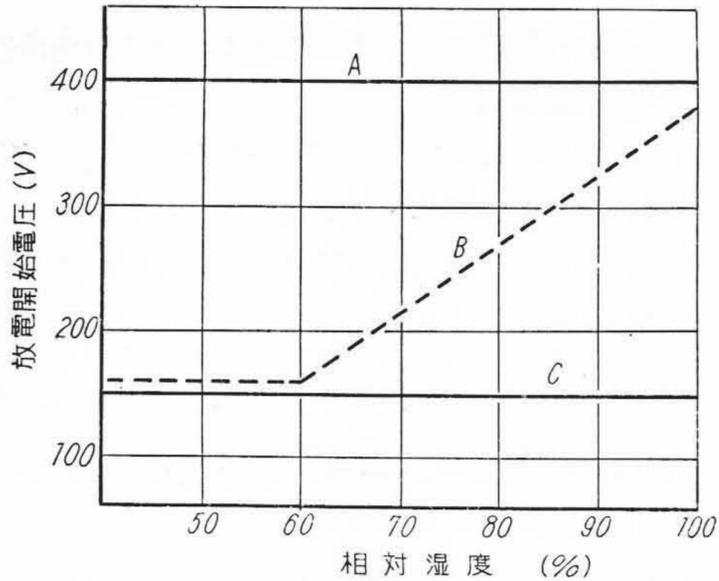
〔IV〕 日立スーパーラピッド蛍光ランプ

(1) 構造

日立スーパーラピッド蛍光ランプは普通の蛍光ランプの外観、寸法、取付方法などの構造と全く同じである。しかし内部構造は第6図のようで、ガラス管内壁に透明導電性薄層を形成し、その上に通常の蛍光体を塗布してあり、第7図の(B)に示す4重コイルフィラメントに



第7図 電極部の構造  
A. 日立スーパーラピッドスタート蛍光ランプの電極部構造  
B. 4重コイルフィラメント(日立スーパーラピッドスタート用蛍光ランプ)  
C. 2重コイルフィラメント(一般型蛍光ランプ)  
Fig. 7. Construction of Electrode  
A. Construction of Electrode of Hitachi Rapid-Start Fluorescent Lamp  
B. Quadruple-Coil Filament (Hitachi Fluorescent Lamp for Rapid-Start)  
C. Double-Coil Filament (General Type Fluorescent Lamp)



第8図 湿度および周囲導体と放電開始電圧  
 A. 一般蛍光ランプにおいて近接導体のない場合  
 B. 一般蛍光ランプにおいて近接導体のある場合  
 C. 日立スーパーラピッド蛍光ランプ  
 Fig. 8. Effect of Humidity and Near-by Conductor on Starting Voltage  
 A. Without Near-by Conductor in General Fluorescent Lamp  
 B. With Near-by Conductor in General Fluorescent Lamp  
 C. Hitachi Super-Rapid Fluorescent Lamp

電子放射物質を塗布した (A) のような電極構造を採用している。普通一般の電極は (C) のように2重コイルフィラメントである。このほかの内部構造には相違がない。

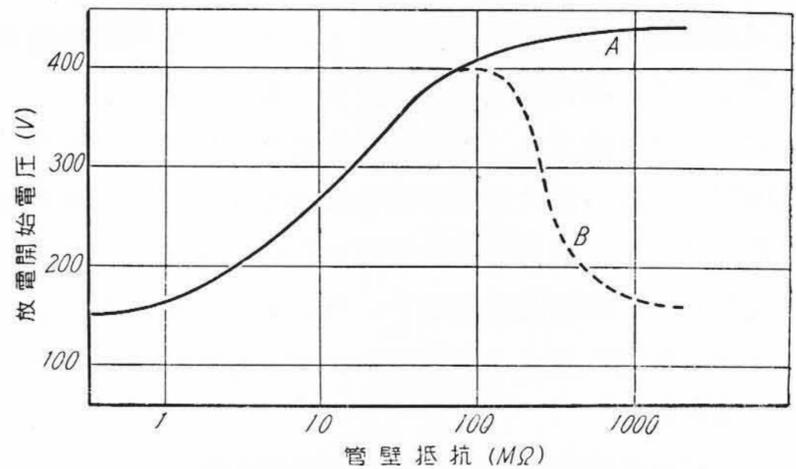
(2) 性能

(A) 湿度および近接導体と放電開始電圧の関係

一般の蛍光ランプおよびスーパーラピッド蛍光ランプの湿度や近接導体の影響による放電開始電圧の変化の関係を第8図に示す。

スーパーラピッド蛍光ランプは近接導体および湿度のいかんを問わず放電開始電圧が低いが、一般蛍光ランプを地上数米の位置に吊りさげ、附近に導電体の設置を遠ざけて放電開始電圧を測定すると、その値はきわめて高い。つぎに近接導体を置き、特に接地すると、その放電開始電圧は60%以下の低湿度では低いが、高湿度では高くなる。ガラスの表面は水との親和性が強く湿度によつて性質(電気抵抗)が変わる。蛍光ランプの両端の口金間の電気抵抗を測定すると、低湿度では数千MΩまたは無限大であるが、湿度が増加するにしたがい電気抵抗が低下しおよそ100MΩになる。この場合に一般蛍光ランプでは近接導体の場合よりも管壁の電気抵抗がランプ内の電極間の電界に強い影響をおよぼすため放電開始電圧が昂上する、この湿度の影響をなくすために日立スーパーラピッド蛍光ランプではランプ内に透明導電層を施している。これにより局所的な電界の強さを上げることにもなつて、外部の湿度条件による影響もなく、つねに放電開始電圧が低いのである。

第9図はガラス管上に種々の導電性液体を塗布して管



第9図 管壁抵抗と放電開始電圧  
 A. 一般蛍光ランプの近接導体のない場合  
 B. 一般蛍光ランプの近接導体のある場合  
 Fig. 9. Bulb-wall Resistance and Starting Voltage  
 A. Without Near-by Conductor in General Fluorescent Lamp  
 B. With Near-by Conductor in General Fluorescent Lamp

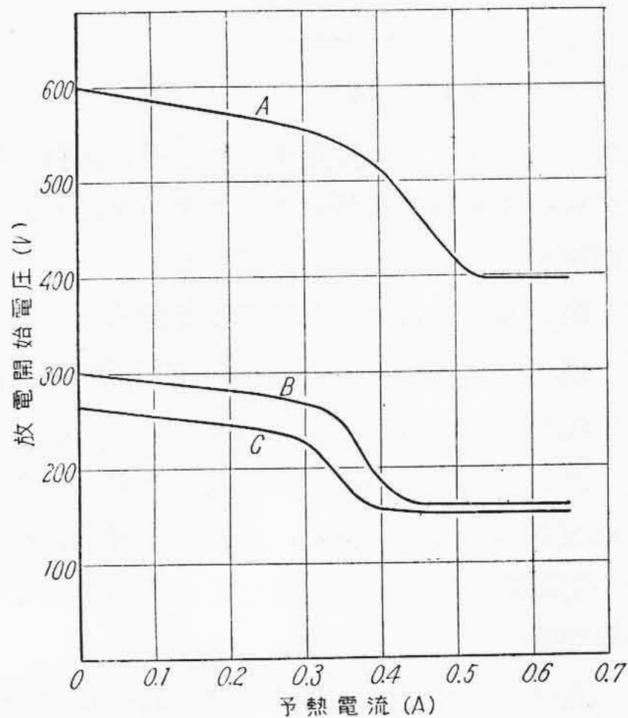
壁抵抗を変えた場合の放電開始電圧の変化を調査した実験結果である。すなわち管壁抵抗が100MΩ以上では近接導電面の有無による影響で電界したがつて放電開始電圧が支配され、それ以下では管壁抵抗によつて電界を形成するので放電開始電圧は低い。日立スーパーラピッド蛍光ランプは第9図の管壁抵抗が1MΩ以下の場合に相当する。

(b) 予熱電流と放電開始電圧の関係

第10図は予熱電流を種々に変えた場合の放電開始電圧の関係を示す。一般蛍光ランプでも近接導体の影響により放電開始が低下することは前述の通りであるが、電極に通電して予熱すれば、いずれの蛍光ランプでも放電開始電圧は低下する。しかし予熱電流を大きくすることは電力消費を大きくし、かつ点灯中のランプ電流と重畳する電流が電極に流れ過大な陰極温度に達すると、電子放射物質の蒸発損耗をはげしくし短寿命にするので、予熱電流としては必要以上に大きくすることが禁物である。スーパーラピッド蛍光ランプはきわめて細いタングステン線を4重コイルに巻いた構造であるので、電源が投入されると同時に予熱電流によつて約500°C程度の陰極温度でも最初に電極近傍においてグロー放電が発生し、そのグロー放電の電子衝撃で急速に陰極の一部が赤熱状態に達し、続いて完全な電弧放電を開始することが電極部観察で認められる。第10図のCがBの放電開始電圧より低い理由は、内面導電性の影響よりも細いタングステン線4重コイルフィラメントの加熱特性に由来するところと考える。

(c) ラジオ雑音防止の効果

スーパーラピッド蛍光ランプはガラス管内壁に導電性薄層があるので、ランプ内の高周波電気振動を吸収してラジオ雑音の発生が少く、ランプ自身で一般用蛍光ラン



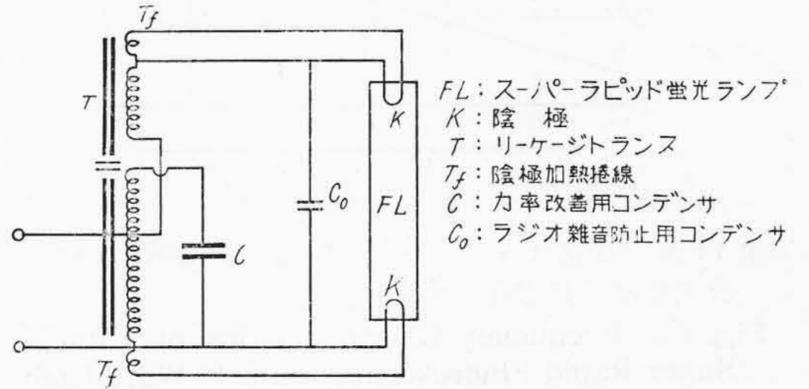
第10図 予熱電流と放電開始電圧  
 A. 一般蛍光ランプにおいて近接導体のない場合  
 B. 一般蛍光ランプにおいて近接導体のある場合  
 C. 日立スーパーラピッド蛍光ランプ  
 Fig. 10. Preheating Current and Starting Voltage  
 A. Without Near-by Conductor in General Fluorescent Lamp  
 B. With Near-by Conductor in General Fluorescent Lamp  
 C. Hitachi Super Rapid Fluorescent Lamp

の  $0.005\mu\text{F}$  の雑音防止用コンデンサ附に相当する。  
 したがって雑音防止用コンデンサを取付ければさらに低雑音になる。

(d) 光束特性

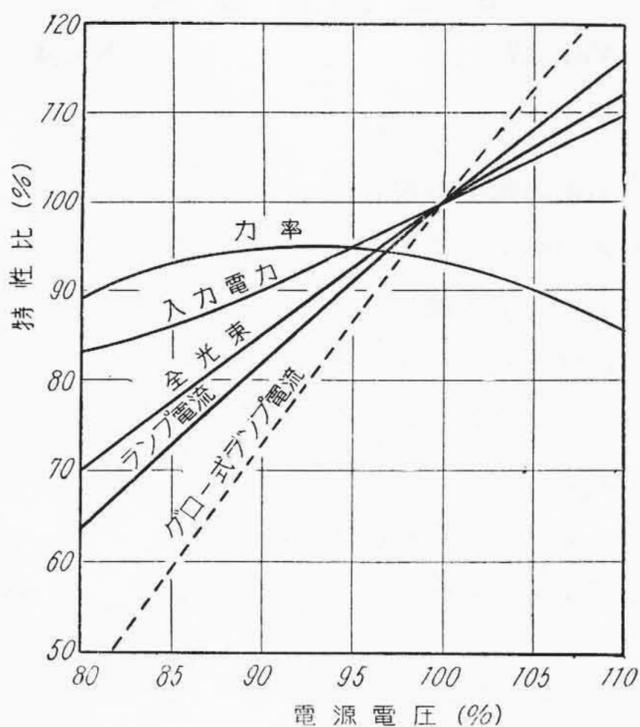
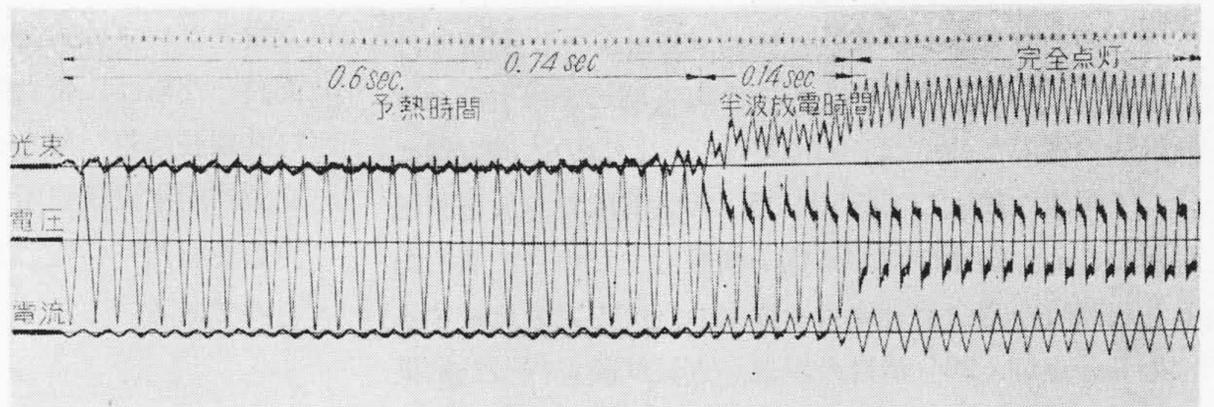
導電性薄層の製作技術は特殊な高温処理によるガラス管内壁の導電性によるもので特に研究努力を払っている。

したがってこの薄層の透明度が大きく、光束の吸収は光束の測定誤差範囲にありほとんど認められぬ程度である。また点灯状態において薄層の剥れや変質などの欠陥



第11図 スーパーラピッド蛍光灯回路  
 Fig. 11. Circuit for Super Rapid Fluorescent Lamp

第12図 日立スーパーラピッド蛍光灯とその回路の起動時のオシログラム  
 Fig. 12. An Oscillogram at the Starting with a Circuit of Hitachi Super Rapid Fluorescent Lamp



第13図 日立スーパーラピッド蛍光灯 40W 1灯用高力率型 (41-RH) の電圧特性  
 Fig. 13. Voltage Characteristics of Hitachi Super Rapid Fluorescent Lamp, 40-Watt, High Power Factor Type

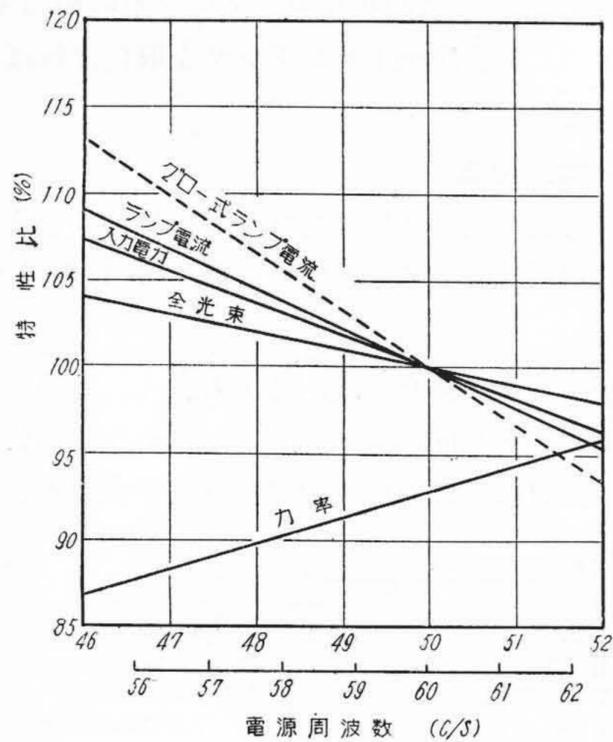
は全然なく光束の劣化に影響するところもない。

(e) 寿命特性

寿命特性については次節に詳述するところであるが、4重コイルフィラメント内に電子放射物質が多量にかつ脱落せぬよう包蔵され電子衝撃にも強い構造であるので心配はない。

[V] スーパーラピッド蛍光灯回路

以上スーパーラピッド蛍光灯の放電開始電圧特性があきらかにされたので、このランプを使用する安定器について記述する。第11図はもつとも代表的な1灯用スーパーラピッド回路を示す。第12図はこの回路の放電開始時における過渡的なオシログラムを示す。電源投入と同時に陰極には  $0.35\text{A}$  の予熱電流が通電され、ランプにはリーゲージ変圧器 T の二次電圧  $230\text{V}$  が印加される。陰極には最初予熱電流による加熱と、陰極と電極近傍の導電層間のグロー放電による陰極加熱が相加わって行われ、電子放射状態に近づくとともにグロー放電がラ



第14図 日立スーパーラピッド蛍光灯 40W 1灯用高力率型 (41-RH) の周波数特性

Fig. 14. Frequency Characteristics of Hitachi Super Rapid Fluorescent Lamp, 40-Watt, High Power Factor Type

ランプ内壁の導電層にそつて拡大してランプ全長にわたつて電離し、約1秒前後で完全放電に発達し放電を完成する。このときのランプ電流は定格 435mA ランプ電圧は約 100V である。すなわち内壁の導電層によつて最初電極近傍の電界が強くはじめに電離し、しだいに導電層にそつて電離を拡大して行くので、低い電圧でも放電開始が行われる。陰極に対する電子衝撃もまた小さい訳である。起動時の寿命消耗度合を従来の点灯方式と比較するため5分点灯、20分消灯の繰返し点滅試験を行つた結果の概数を第1表に示す。

第1表 点滅寿命特性  
Table 1. Intermittent-lighting Life Characteristics

回路 蛍光ランプ	グロースタート回路 第1図	共振型瞬点回路 第3図	ラピッドスタート 回路 第11図
一般蛍光ランプ	10,000回	2,000回	—
スーパーラピッド 蛍光ランプ	—	5,000回	10,000回

電源投入より1秒以内に迅速に起動を完了するが従来のグロースタート回路の場合とまったく変らぬ点滅寿命特性を有することがあきらかである。

この回路の電圧周波数の変動による特性変化は第13図および第14図であり、工場実験室における2.5時間点灯0.5時間消灯の定格寿命試験結果の平均寿命は7,500時間である。

安定器として上記1灯用のほかに2灯用直列回路および2灯用フリッカレス回路も、グロースタート回路と同様に開発されている。

〔VI〕 結 言

日立スーパーラピッド蛍光ランプとその回路の特長を従来のグロースタート回路およびスタートなし回路と比較して列挙するとつぎのとおりである。

- (1) 保守困難なスタートが不要である。
- (2) 電源投入と同時に予熱され、約1秒で点灯する。すなわち即時点灯方式である。
- (3) 湿度や近接導体の有無に無関係で、外部条件に支配されることが少なく、点灯が確実である。
- (4) 電源接続に際し接地側などを考慮することが不要で接続が簡単である。
- (5) 点灯中のラジオ雑音障害の電波の発生が少ない。
- (6) 電極構造が4重フィラメントで寿命がグロースタート回路の場合に比して遜色がない。
- (7) 電源の電圧および周波数の変動による特性変化が少ない。
- (8) 安定器が小型軽量である。

終りにのぞみ本スーパーラピッド蛍光ランプとその回路の研究開発に対し終始御指導と御鞭撻をいただいた日立蛍光ランプ株式会社前原社長、日野西博士、福本製造部長、ならびに日立製作所亀戸工場森泉設計部長、鈴木灯具課長に対し厚く御礼申上げる所である。なお日立製作所中央研究所中村純之助博士からは種々御指導御討論をいただいたことに対してここに深謝の意を表するものである。

日立造船技報

Vol. 17

No. 4

目 次

- ◎船舶の煙突の形状について
- ◎新設ベンディングローラによる工作法について (第1報)
- ◎超硬チップの使用法について
- ◎クランク軸の焼ばめ時に生ずる応力分布の測定
- ◎ステンレス鋼の酸洗いについて
- ◎圧電気式筒内指圧計の試作研究

本誌につきましての御照会は下記発行所へ御願致します。

日立造船株式会社技術研究所  
大阪市此花区桜島北之町60