

省電力 螢光램프

Energy-Saving Fluorescent Lamps

李 源 哲
 〈錦湖電機(株) 技術開發部 部長〉

1. 序 論

螢光 램프의 研究 開發의 方向은 1973년 1차 오일(oil) 쇼크를 前後로 하여 大別할 수 있다.

油價가 비교적 低價였던 1960년대에서는 주로 램프의 效率向上에 주력하여 1963년 종래의 管徑 $\phi 38\text{mm}$ 보다 가는 $\phi 32\text{mm}$ 의 螢光램프가 상품화 되었다.

이 램프는 管徑을 가늘게 함으로써 수은 公명선의 再吸收 損失이 감소하고, 전자온도의 상승으로 公명선의 방사효율을 높게 하고, 細管化에 의한 램프전압의 상승은 封入가스압을 낮춤으로써 억제하고, 黑化에 대한 대책으로서는 전극구조를 改善하였다.

이와 같이 하여 램프의 光出力을 向上시켰다. 즉, 效率向上을 達成하였다. 그러나, 1973년 油價쇼크이래 전 世界的으로 省에너지, 省資源의 흐름이 일게되어 照明分野에서도 그 영향을 받아 省에너지화에 대한 研究, 開發이 進行되게 되었고, 램프의 低消費電力의 方向으로 向하게 되었다.

특히 石油자원의 全部를 外國에 依存하고 있는 우리나라의 實情에서 볼 때 省電力 螢光램프에 대한 그 必要性和 관심이 클 것으로 본다.

以下에 省電力 螢光램프의 設計, 特性, 特徵 및 에너지 節減 效果에 대해 기술한다.

2. 省電力 螢光램프의 設計

2.1 設計의 目標

一般的으로 램프를 燈器具에 부착하여 점등할 경우 그때의 入力電力은(W_0) 다음식으로 나타낸다.

$$W_0 = W_L + W_B$$

여기서 W_L 은 램프消費電力, W_B 는 安定器 損失電力을 나타낸다.

開發初期의 省電力형 螢光램프들은 封入가스로서 종래의 Argon 대신 Krypton을 使用하여 램프전력을 低下시킬 수 있었으나, 이들 램프는 종래와 同一한 管徑($\phi 32\text{mm}$)을 채용하여 光出力이 저하하고 램프電流가 上昇하는 문제점을 갖고 있었다. 따라서, Watt數의 減少와 함께 光出力이 대폭 低下하므로 진정한 省電力 螢光램프라고 할 수 없었다. 게다가 램프전류의 증가에 따른 安定器의 電力損失이 증가하여 그 결과 螢光燈器具의 入力電力이 減少되지 않고 安定器의 短壽命 또는 燃燒를 초래하는 문제점이 있었다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 새로운 타입의 省電力形 螢光램프는 다음과 같은 目標를 設定하였다.

- ① LAMP의 광출력을 低下시키거나 전류를 增加시키지 않고 消費電力을 節減시킨다.
- ② 종래의 LAMP와 같은 光束 減少率을 유지시킨다.
- ③ 既存의 燈器具에 설치의 互換性을 갖게 한다.

2.2 램프의 設計

省電力形 螢光램프의 開發에 있어서는 다음의 사항들에 대해 주로 연구되었다.

- ① 램프 소비전력의 節減을 위한 Krypton과 다른 희가스들의 最適 組成 및 封入壓에 대한 研究.
- ② 光出力을 改善하고 램프전류의 상승을 억제하기 위한 最適 管徑 및 電極 構造의 發見.
- ③ 管徑의 縮小에 따른 더욱 강해진 紫外線

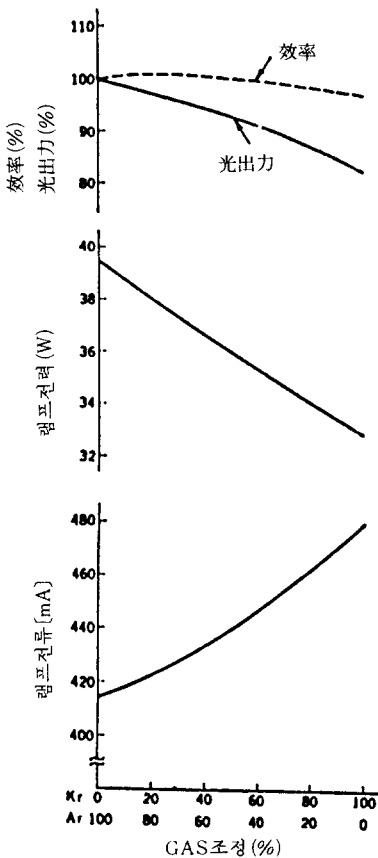


그림 1. Ar-Kr Gas조성과 램프 특성(FL40)

放射에 견디기 위한 螢光體 改善

2.2.1 램프 消費電力의 節減과 對入가스

종래의 封入가스인 Argon을 Krypton으로 바꾸면 그 混合비율에 따라 比例的으로 램프電力이 減少된다는 사실은 잘 알려져 있다.(그림 1) 그러나 단순히 Ar에 Kr을 混合하면 Kr의 성질상 램프전류가 增加하고, 始動電壓이 上昇하게 된다. 즉, Kr GAS의 원자량이 Ar에 비해 크기 때문에 Kr 封入 螢光램프는 Ar 封入 螢光램프에 비해 램프電壓은 낮고, 램프電流는 높게 된다. Kr의 混入量이 많게 될수록 램프電力은 低下하지만, 이에 비례하여 光出力이 低下하고 逆으로 램프電流는 增加한다. 이 램프는 “밝기를 低下시키지 않고 消費電力을 減少시키면서 종래의 器具와의 互換性을 갖게 한다”는 設計目標에 위배되므로 光출력의 向上과 램프전류의 抑制가 必要하게 되었다.

이에 대한 대책으로서 주로 管徑의 縮小과 封入 GAS의 組合 및 그 混合比率에 대한 研究가 있었으며, 그것에 의해 램프電力의 약 5~10% 감소가 가능하게 되었다.

2.2.2 램프電流의 抑制와 管徑

Kr은 Ar보다도 電子와의 충돌損失이 적기 때문에 램프전류가 增加하므로 그림2에 나타난 것처럼 安定器의 電力 損失이 增加한다.

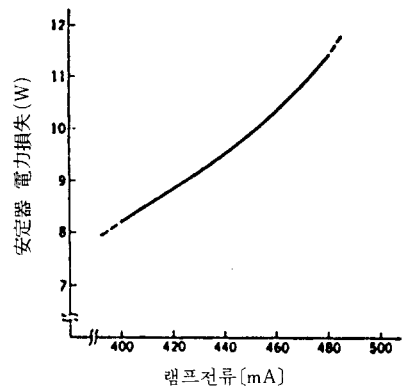


그림 2. 램프전류와 안정기 전력손실의 관계 (FL40)

直管 40W 螢光램프의 경우 램프전류가 10mA 增加하면 安定器의 電力損失은 약 0.4W 增加하므로 Kr의 比率를 많이 하여도 人力 電力(램프電力 + 安定器의 電力損失)의 減少가 극히 적게 된다. 따라서 램프전류의 抑制가 必要하게 된다. 램프전류의 抑制方法으로서는 다음과 같은 手段이 있다.

- ① 管徑의 縮小
- ② 封入가스의 組成
- ③ 封入가스압을 높게 한다.
- ④ 전극간 거리를 길게 한다.

가스압을 높게 하면, 光出力이 低下하고 始動電壓도 上昇하므로 有效한 手段이 아니다 종래의 器具와 互換性을 갖게 하기 위해서는 램프 全長을 길게할 수 없으므로 전극 높이를 낮게하여 전극간 거리를 길게하는 수단이 고려된다.

램프電流의 抑制에는 效率向上의 수단에서와 마찬가지로 管徑의 縮小와 Kr의 混合비가 적은 봉입가스의 組成의 組合에 의해 達成이 可能하게 되었다.

2.2.3 光出力의 改善과 封入 가스壓, 管徑

그림 3에 管徑과 램프 특성의 關係를 나타낸다. 管徑의 축소는 다음의 이유에서 光出力개선에도 有效하다.

a) 양광주 전위경도가 증가하여 253.7nm의 수은 공명 여기선의 발생 효율이 높아진다.

b) 253.7nm의 수은 공명여기선의 수은원자에 의한 再吸收 損失이 감소된다. 그러나 管徑이 과도하게 축소되면 수은 이온(Hg+)과 전자와의 再結合 損失(관벽 損失)이 增加하기 때문에, 逆으로 光出力이 減少된다. 효율이 가장 좋은 것은 管徑 28mm이며, 32.5mm와 비교하여 약 2% 改善된다. 가스압의 저하도 光출력의 개선에 有效한 수단이다.

그림 4에 가스압과 Lamp特性的 關係를 나타낸다.

Kr 가스를 混入하는 경우 봉입가스압을 낮추어도 수은이온(Hg+)의 충격에 의한 음극의 손상 抑制效果가 충분히 維持되기 때문에 短壽

命으로 되지 않는다. 이것은 음극강하 電壓과 관련이 있다고 생각된다.

이상의 結果에서 管徑을 종래의 32mm보다 縮小하고, Kr 混合 가스의 最適組成 및 가스압을 設定하고 전극높이를 낮추어 양광주 길이를 길게 함으로써 밝기를 低下시키지 않고, 消費電力을 약 5~10% 節減시킬 수 있으며 종래의 器具와 互換性을 갖는 Kr 혼입 성전력 螢光램프(스타터 Type)가 完成되었고, 그 管徑은 $\phi 28\text{mm}$ 가 가장 보편적이지만, $\phi 25.5\text{mm}$ 까지 더욱 세관화된 製品도 일부 開發되었다. 그러나 $\phi 25.5\text{mm}$ 의 省電力形램프는 점등관(starter)의 Kick 電壓(E_k)이 낮아 IEC 규격(20W의 경우 800V 以上, 40W의 경우 900V 以上)을 만족하지 못

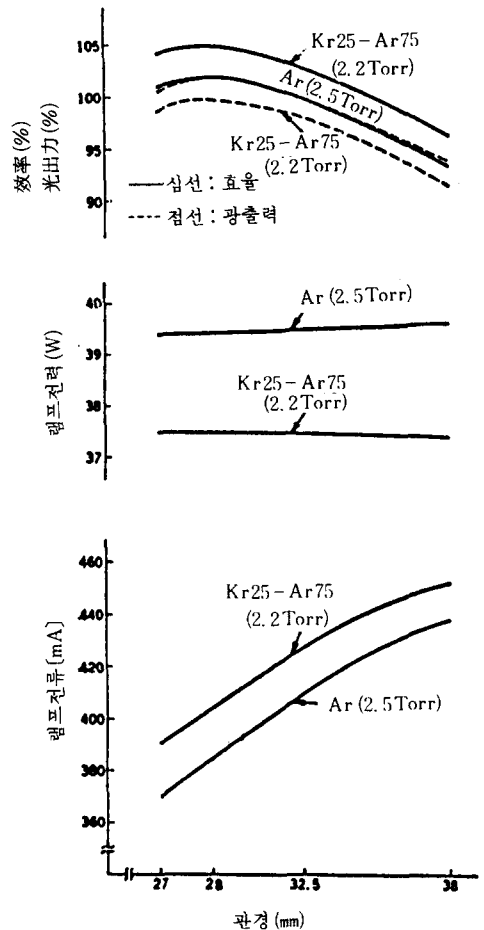


그림 3. 管徑과 램프특성(FL40)

하는 여건에 있어서는 低溫時의 始動에 문제가 있기 때문에 점등관의 Kick電壓 上向 調整이 요구된다. 또한 管徑을 $\phi 25.5\text{mm}$ 로 대폭 縮小함에 따라 電子溫度가 높게 되고 發光效率이 上昇하지만, 253.7nm 보다도 185nm 의 發生率이 增加하기 때문에 185nm 에의 劣化가 적은 3과장형 希土類 螢光體의 채용이 요구된다.

래피드 스타터 螢光램프에서는 安定器의 Kick 전압이 Glow-Starter에 의한 Kick 전압 보다 낮기 때문에 管徑은 종래와 같은 $\phi 32\text{mm}$ 이며, Kr혼입 가스를 채용하여 省電力化한 製品도 있다.

以上에서 Kr혼입 省電力形 螢光램프의 設計에 대해 記述하였지만, 管徑 28mm 의 스타터타입 램프에서는 종래와 같은 Ar 봉입 가스를 채용하고 전극 構造의 改良 및 製造기술의 向上 등에 의해 거의 同等한 省電力 效果를 얻을 수

있는 램프가 가능하게 되었으며 실용상 문제점을 해소하였다.

3. 램프의 特性

3.1 주위溫度와 始動特性

그림 5에 주위온도와 램프의 특성의 관계를

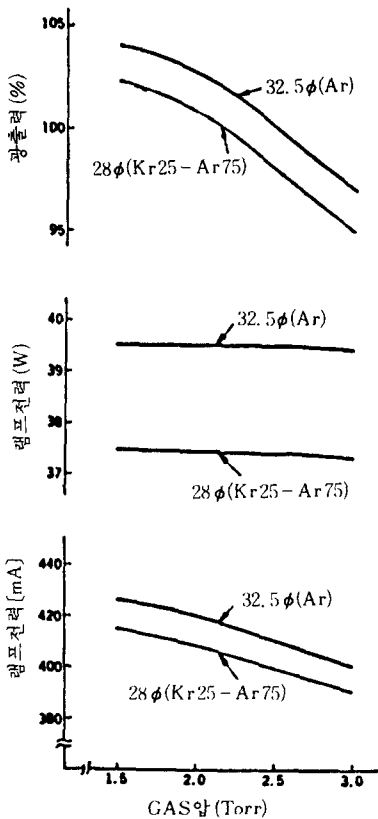


그림 4. 가스압과 램프특성(FL40)

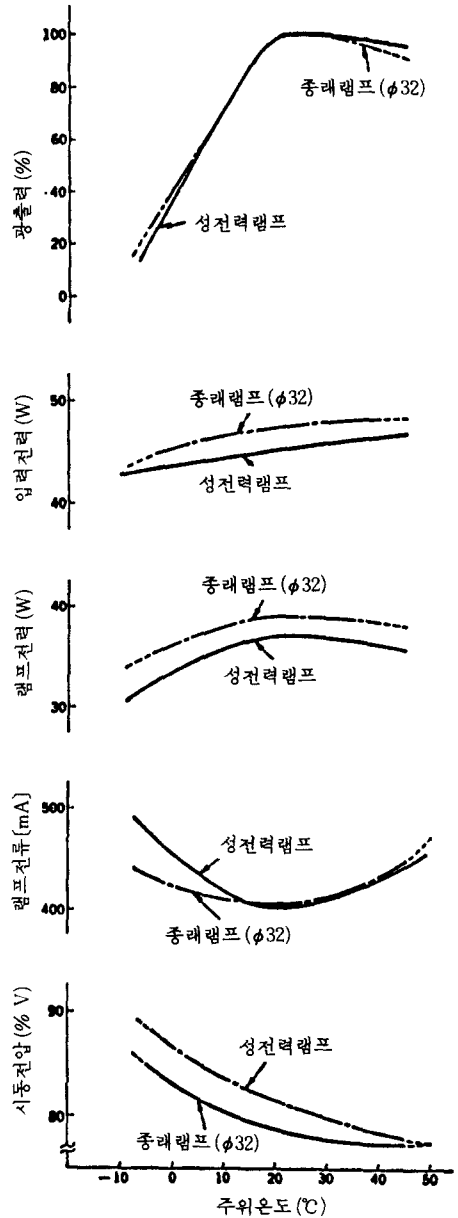


그림 5. 주위온도특성(FL40)

나타낸다. 一般的으로 형광램프는 주위溫도와 光出力사이에는 密接한 관계가 있고, 램프의 관벽溫도가 40°C일때 最高의 光출력을 나타낸다. Kr은 Ar보다도 수은 이온의 移動도가 낮기 때문에 光出力은 Ar 가스의 경우보다도 高溫에 있어서는 低下가 적지만, 低溫에 있어서는 저하가 크다. 그러나 管徑을 縮小함으로써 램프의 관벽溫도가 上昇하기 때문에 光出力은 종래의 管徑(φ32.5mm)을 使用한 경우보다도 어느 정도 緩和된다. 또한 低溫에 있어서 光출력의 安定時間은 Kr의 열전도율이 Ar보다 낮고 램프전력이 들어가기 어려우므로(管徑의 縮小로 인한) 약간 길어지게 된다.(그림 6)

低溫에서 始動電壓이 종래 램프보다 특히 높게 되지만, 점등관의 Kick 전압이 충분히 높으면 一般形 Glow-Starter기구에서는 實用상 문제가 되지 않는다.

使用 권장 주위溫도는 5~40°C이다(래피드형에서는 10~40°C). Kr封入 省電力形 형광램프의 始動電壓이 종래의 Ar封入 螢光램프보다 上昇하는 이유는 종래의 Ar봉입 형광램프에서는 Ar과 Hg의 混合가스의 放電에서 쉽게 전리를 일으키는 소위 페닝효과(Penning effect)에 의해 低電壓에서 始動할 수 있으나, Kr 가스를 Ar 가스에 混入하면 Kr의 準안정 상태의 에너지 준위가 낮기 때문에 그 混入量이 增加할수록 페닝效果는 사라지게 되기 때문이다.

3.2 전원 전압 변동 특성

그림 7에 나타난 것처럼 종래 램프와 거의 同一하다.

3.3 램프정격 (표 1)

표 1. 램프정격 (φ32mm 對比)

크 기	規 格	목표 전력	치 수		베이스	정격램프 전류(A)	100HRs 전광속(Lm)	效 率 (Lm/W)	정격수명 (hrs)
			管徑(mm)	管長(mm)					
20W形	FL20D	20	32.5	580	G13 Med. Bipin	0.360	1,010	50.5	6000
	FL20SD/18	18	28.0						
40W形	FL40D	40	32.5	1198		0.420	2,510	62.75	8000
	FL40SD/37	37	28.0						

4. 램프의 特徵

4.1 消費電力의 節減 效果(표 2)

螢光램프 및 安全器의 特性에 따라 약간의 差가 있지만

- ① 20W形의 경우 형광램프만으로 약 10%
- ② 40W形의 경우 형광램프만으로 약 7.5%

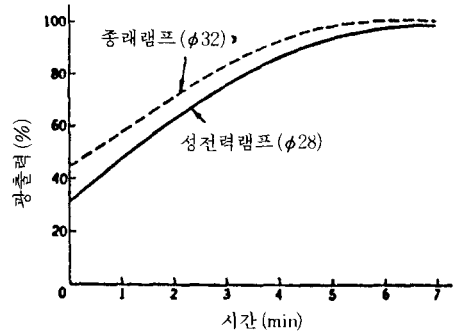


그림 6. 低溫에서의 光速안정화특성(FL40)

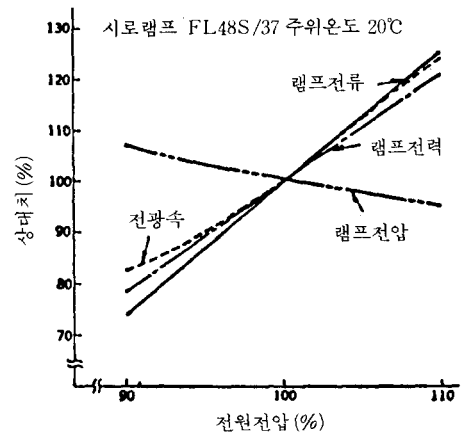


그림 7. 전원전압변동특성(FL40)

의 消費電力이 減少한다.

4.2 밝기(全光束)는 종래의 형광램프와 同等 以上이다.

4.3 效率向上

- ① 20W形의 경우 螢光램프만으로 약 11.11%
- ② 40W形의 경우 螢光램프만으로 약 8.11% 向上된다.

4.4 종래의 螢光램프 器具와 사용상 互換性이 있다.

치수에서 管徑은 다르지만, 互換性을 고려하여 設計하였고 電氣的 特性은 消費電力 이외의 特性이 종래 램프와 거의 同一하므로 종래의 一般 螢光 燈器具에 그대로 使用할 수 있다.

4.5 輸送, 保管의 經費 節約(그림 8)

管徑이 적게 되었으므로 包裝상자의 부피가 약 25% 작게 되고, 重量도 약 14% 가볍게 되

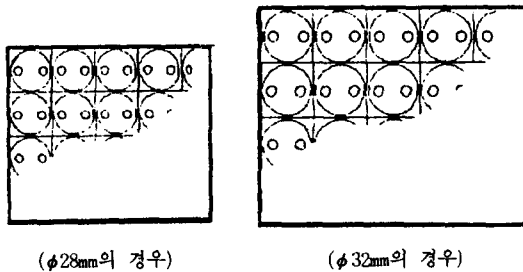


그림 8. $\phi 28mm$ 와 $\phi 32mm$ 의 부피비교

표 2. $\phi 32mm$ 과 $\phi 28mm$ 特性 比較表

(K社 측정치비)

規 格		區 分	$\phi 32mm$ 管	$\phi 28mm$ 管	電力節減效果		效率向上 効果
					節 電 量	節 減 率	
20W	消費電力(W)		20	18	2	10%	11.11%
	效 率(Lm/W)		50.5	56.11			
	光 束(Lm)		1010				
40W	消費電力(W)		40	37	3	7.5%	8.11%
	效 率(Lm/W)		62.75	67.84			
	光 束(Lm)		2510				

어 輸送 및 保管의 經費를 節約할 수 있다.

4.6 省電源化에 一助

管徑의 縮小化에 의한 資源의 節約이 가능

5. 에너지(ENERGY)節減 效果

현재 우리나라에서 사용중인 螢光燈을 32mm 管徑에서 28mm管徑의 螢光램프로 全量 代替 하였을때 에너지 節減 效果를 살펴보면 아래와 같다.

5.1 年間 電力 使用量

- ① 20W形 : 2,821,000,000 kWh/年
- ② 40W形 : 3,385,000,000 kWh/年

5.2 年間 電力 節減量

- ① 20W形 : $2,821,000,000 \text{ kWh/年} \times 10\% = 282,100,000 \text{ kWh/年}$
- ② 40W形 : $3,385,000,000 \text{ kWh/年} \times 7.5\% = 253,875,000 \text{ kWh/年}$
- 合 計 535,975,000 kWh/年

5.3 年間 節減額(원)

$535,975,000 \text{ kWh/年} \times 87 \text{ 원/KWH} = 466 \text{ 億 원/年}$

6. 結 論

지금까지 살펴본 바와 같이 省電力 螢光 램프는 管徑이 縮小되어도 종래 램프에

비해 밝기와 수명등의 성능이 떨어지지 않으면서, 기존의 燈器具에 互換性を 갖고, 安全器를 포함하여 종합적으로 省電力이 되는 램프이므로, 현재 日本 및 歐美에서는 널리普及되어 사용되고 있으나, 국내에서는 아직 초기단계로 미흡한 실정이다. 省電力 형광램프는 그 經濟성과 加一層 에너지를 節約해야 하는 우리나라의 여건에 비추어볼 때, 조만간에 종래램프를 代替하고 급속한 普及伸張이 期待된다.

참 고 문 헌

1) 花田梯三, “最近の光源開發の動向” 照明・

電氣設備學會誌・1989. VOL 3. No 1. 社
團法人 韓國照明・電氣設備學會 p.43~44

- 2) 池田貞太・他, “省電力形 けい光ランプ-ネ
オライン サーワライン ワットブライター”
東芝 レビュー. 33卷4號 昭和 53年(1978).
p.312~315
- 3) 野田昭吉・他, “省エネ形 螢光ランプの效果
と使い方” 照明の省エネルギー技術”, 株式
會社 電氣書院(1981). p.24~45
- 4) 日本電球工業史 弟2 追補版(1973年~1982
年) 社團法人 日本電球工業會報, p.63~65
- 5) '89 東芝ランプ總合カタログ, p.44~54
- 6) 經濟企劃院 統計月報, 1989年1月~12月號