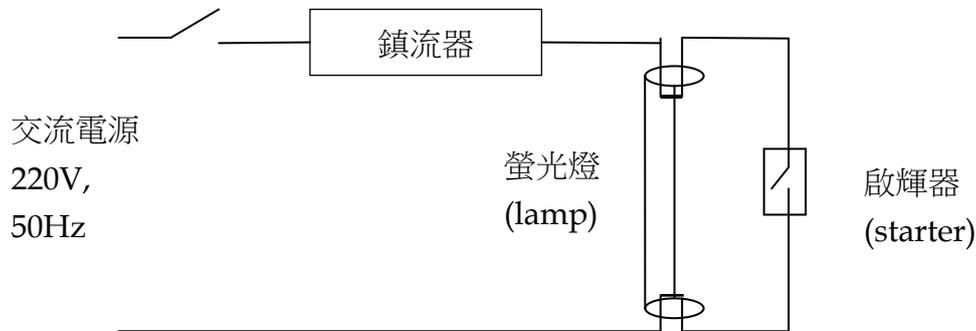


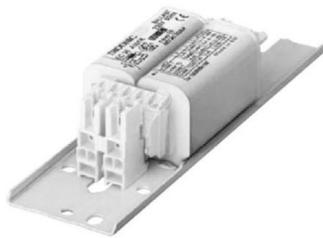
## 研究背景介紹

螢光燈 (俗稱「光管」) 的發明，自 1940 年代開始一直是全球照明系統採用的主要光源。螢光燈是一種放射燈，其電流需要受到控制，以保持功率的穩定。照明技術一般採用「鎮流器」(俗稱「火牛」) 來控制光管的電流和功率。(圖一)



(圖一)

鎮流器可分類為「電感式」和「電子式」。自 1940 年代中，「電感」鎮流器是螢光燈具的主要配件。「電感」鎮流器的結構極之簡單，主要是以一個磁鐵芯和一組銅線圈組成，一般的壽命超過二十年，磁鐵芯和銅線圈也可以循環再用。(圖二)



(圖二)



(圖三)

自 1980 年起，「電子」鎮流器的興起，日漸型成一鼓新興勢力，續漸取代「電感」鎮流器作為控制光管的主要手段。「電子」鎮流器是一種電路，一般由數十個電子元件組成，以高頻推動螢光燈。(圖三)

相對「電感」鎮流器，「電子」鎮流器的好處包括提高效率和減少螢光燈的閃爍現象。以「電子」鎮流器取代「電感」鎮流器可以節省 17% 的用電量，因此採用「電子」鎮流器成了照明業界過往二十年的趨勢。當業界在 2000 年代中期推出光功率最高新一代的 T5 節能光管的時候，照明業界甚致說明只有「電子」鎮流器才適用於 T5 光管，同時在最高功效的國際鎮流器標籤計畫當中(A-Class)，並沒有包括「電感」鎮流器在內。

隨著「電子」鎮流器的興起，其涉及的電子廢料問題日見嚴重。根據市場調查的資料顯示，全球在 2005 年之一年內共生產了超過二億件「電子」鎮流器。因為「電子」鎮流器內須要一種只有三到五年壽命的「電解電容」，「電子」鎮流器也不可循環再用，由「電子」鎮流器引發的電子廢料問題，可想而知。

總括而言，「電感」鎮流器的優點包括(1)壽命長和(2)可循環再用。缺點是(a)耗電量較「電子」鎮流器為高。「電子」鎮流器的優點是(1) 節能，缺點卻是(a)壽命短和(b)不可循環再用。

**創新的「可持續照明技術」- 超低損耗「電感」鎮流器**

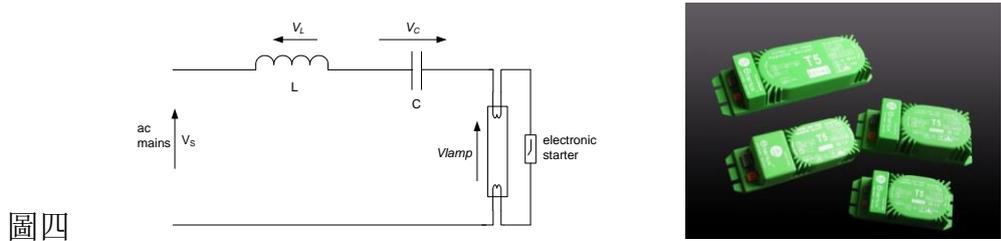
香港大學電機電子工程研究團隊提倡新一代「可持續照明技術」的概念，這概念與傳統「能源標籤計畫」(只包括能源效益一項)不同。可持續照明技術包括三個要素：

- (1) 高能源效益
- (2) 長產品壽命 (多於十年或以上)
- (3) 可循環再用

基於這種可持續發展的概念，許樹源教授領導的研究團隊發明一種符合以上三種條件的超低損耗「電感」鎮流器。

超低損耗「電感」鎮流器適用於新一代的 T5 節能光管，包含三種元件 (圖四)：

- (1) 電感 L- 由鐵芯及銅線組成，壽命超過 20 年，並可循環再用。
- (2) 電容 C- 非電解電容，一般壽命超過 10 年。
- (3) 啟輝器 Starter- 電子元件少於「電子」鎮流器的 10%，只於啟動光管一秒之內操作，一般壽命超過 10 年。



新技術已被國際獨立專家評審，並已發表在國際電機電子工程師學會(IEEE) 的電力電子專業期刊上。其中技術表現和環保表現的比較，分別列於表一和表二。

表一

Model T5-28W lamp	輸入功率 Input Power (W)	光管功率 Lamp Power (W)	鎮流器損耗 Ballast Loss (W)	光通量 Luminous Flux (Lumen)	能源效益 Energy Efficiency (%)	系統光效 System Luminous Efficacy (Lumen/Watt)
超低損耗電感鎮流器 Ultra-low-loss Magnetic ballast	31.2	28.7	2.5	2423	92.0	77.66
電子鎮流器 Electronic Ballast	31.6	26.9	4.76	2411	85.1	76.30

表二

可持續要素	電子鎮流器	超低損耗電感鎮流器
(1) 節能	√	√
(2) 壽命	X (3 - 5 年)	√ (>10 年)
(3) 可循環再用	X	√ (>80%)

### 新技術有下列的長處:

1. 改變以往 20 年照明業界大量採用電子鎮流器的主流，從而大量減少電子廢料。
2. 因為新產品的預計壽命超過 10 年，物業管理機構可以大量減少維修保養的人手和費用，並因為要維修而引致的商業損失和不便。
3. 新產品適合溫差大的環境，適合大型停車場、走廊、樓梯及公共場所的照明系統。
4. 用後的產品物料可以回收、鐵芯和銅線可以作廢金屬變賣，不單環保，還可收回部份成本。
5. 新發明已被工業界採用及產品化。新產品已通過國際認可實驗室認證程序，獲發 IEC 證書，其能源表現受評為 A 級，與最佳的電子鎮流器同等。

### 註一:

以上一代常用的 T8-36W 光管為例子，如果以同一光度作為標準，採用「電子」鎮流器的總系統功率大約是 36W，而採用傳統「電感」鎮流器的總系統功率卻是 42W。所以照明業界自八十年代開始以電子鎮流器取代電感鎮流器。



T5 光管是新一代的節能燈，也是全球光效最高的光源之一，其「系統光效」超過 70 流明/瓦，與現有優良的 LED 產品相約。T5 光管是高電壓、低電流的光源，T8 光管是低電壓、高電流的光源。T5 與 T8 光管明顯不同之處是其等效電流很低 (表三)，而「電感」鎮流器的「銅線損耗」是與電流的平方成正比，其「磁鐵芯損耗」與電流成正比。從表三可見，以「電感」鎮流器推動 T5 光管，其銅線損耗及磁鐵芯損耗分別減少 84%及 60%.

表三

Lamp Type 光管種類	T8 36W (傳統光管)	T5 28W (節能光管)
Rated voltage (Vrms) 光管電壓 (伏特)	103	167
Rated current (Arms) 光管電流(安培)	0.44	0.175
Conduction loss ( $i^2R$ ) 銅線損耗	100%	16% (減少84%)
Core loss ( $\propto I$ or $\phi$ ) 鐵芯損耗	100%	40% (減少60%)