

看書應該多亮與啟動照明 文藝復興的燭光 OLED

周卓輝 國立清華大學材料系教授

【摘要】本文分為二個重點，一是認識「看書應該有的亮度」，二是認識「即將啟動照明復興的好光——燭光 OLED」。現代人將燈點得太亮，導致傷眼；又在錯誤的時間用錯光，以至於傷眼又傷身。看書所需要的亮度，因人而異，因年齡而異，因光色而異，因字體大小而異；孩子或自己的閱讀檯燈與亮度，應該「量身訂做」。入夜之後，應該擁抱暗黑，在非得使用燈光時，也應該避免藍光傷害，建議使用無藍害像夕陽餘暉的橘白燭光。反觀現有節能的電力照明，雖然取代了對人眼友善但耗能的油燈和蠟燭，而其過多的藍光，卻使得夜空被汙染，生態被破壞，人開始生病，從肥胖、二類型糖尿病、心血管疾病、乳癌、攝護腺癌到阿茲海默症，不一而足。因此，該是節能、護眼與健康「好光」登臺的時候了。

關鍵詞：閱讀燈光；亮度；燭色光；光照視網膜炎；褪黑激素

一、看書應該有的亮度

（一）閱讀燈光要夠亮但不要過亮

我們最近幾年的研究發現，看書的光線，應該「要夠亮但不要過亮」。

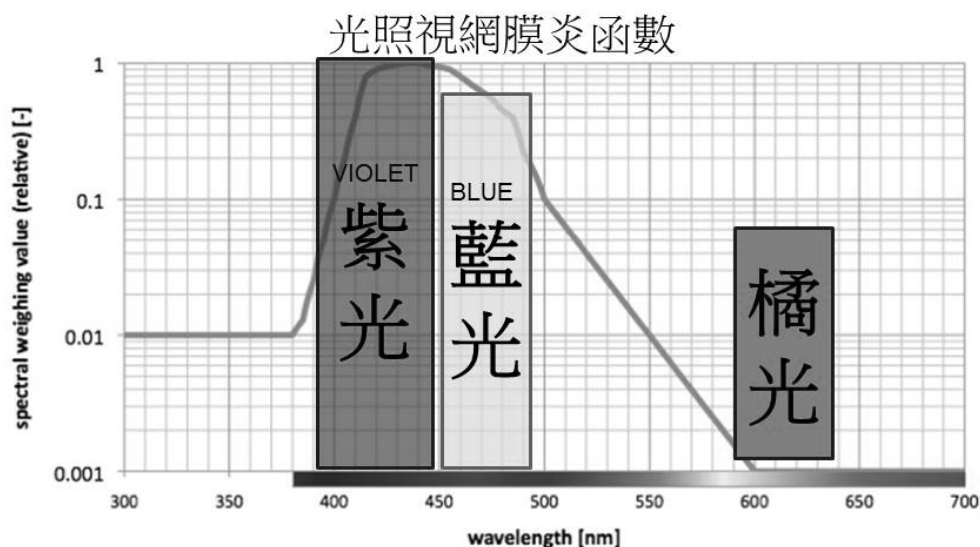
這是因為太暗會看不清楚，太亮卻會傷眼；前者雖然會讓眼睛容易疲勞，卻不至於有永久性的傷害；後者則大不相同，除了會有眩光看不清楚之外，還可能導致

「光照視網膜炎（Photoretinitis）」。光線太強、藍光太多、曝照太久，都有可能會引起光照視網膜炎。

針對光線對視網膜的可能傷害，國際非游離輻射防護委員會最早提出了一項藍害量化的方式，一般稱為「藍光傷害函數」，學術上則稱之為「光照視網膜炎函數」，如圖 1 所示。



藍光傷害函數



450奈米藍光比600奈米橘光更危險10,000倍

圖 1：藍光傷害函數，又稱光照視網膜炎函數；其中，藍光傷眼是橘光的 10,000 倍，紫光可高達 200,000 倍

值得注意的是，雖然說藍光有相當顯著的傷害潛力，但紫光對眼睛的傷害，其實是遠高過藍光的，只是我們的角膜和水晶體會幫助吸收紫光與紫外光，使得進到視網膜的紫光變少。然而，過多的紫光與紫外光曝照，依然會造成水晶體病變、白化（白內障）。

從圖 1 中可知，一顆藍光光子引發視網膜炎的潛在傷害，約是橘光的 5 千倍；若是從單位亮度的角度來看，其傷害度則高達 1 萬倍。實用上，濾掉過多的藍光，

甚至紫光，是長時間看書或使用電腦者的必要作為。

（二）現有檯燈太亮

我們最近的研究更有驚人的發現，那就是現有市售的檯燈，都太亮了！具體的說，它們的燈光從桌面上的書本反射，再照到眼睛時，多半超過 100 勒克斯。

如果說 30 分鐘是每次看書或辦公的基本需求，那麼，市售的檯燈，尤其是白光的 LED 燈或是螢光燈，都無法達到這個要求。如圖 2 所示，在 100 勒克斯的照度



下，色溫 6000K 的白光，僅允許 5 分鐘的閱讀時間；2500K 的黃色白熾光，則允許 15 分鐘；只有 1800K 橘白的燭光，可允許超過 30 分鐘的閱讀時間。

（三）有效對策

怎麼辦？如何改善這個狀況？最簡單的方法，就是調減亮度或是減少藍光。如果將亮度減少一半，那麼，就可以倍增可閱讀的時間；如果，再進一步減少藍光，或是直接選用無藍光的燭光電燈，像是燭光 OLED，那麼，可閱讀的時間將可再從 67 分鐘，倍增為 134 分鐘。

但是，大家最常提出的問題是，用燭光燈看書，會不會太暗看不清楚？

為了回答上述問題，我們邀請了近百人，讓他們直接體驗。為了客觀，我們同時準備了二個燈具，一個是大家常用的白光 LED 燈，另一個是最新推出的燭光 OLED 燈，二個都是亮度可調；體驗者可自行調整亮度，直到可以清楚、舒適看到書本字體內容。未免其他光線的干擾，此一閱讀燈光體驗是在移動式暗房內進行。

結果如圖 3 所示，整體而言，年紀越輕，視力越好，平均所需亮度（照度）越低；例外的是，30、40 歲平均所需亮度最高；此外，就算同屬一個年齡族群，其所需清晰閱讀的亮度，都是因人而異。

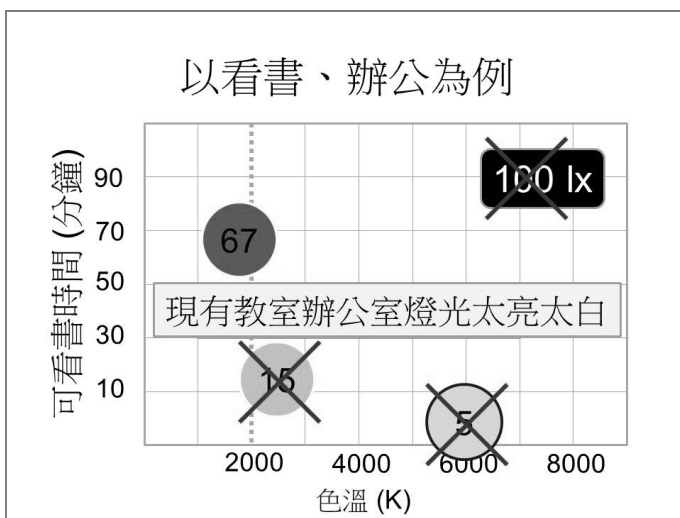


圖 2：燈光太亮、太白致使可看書或辦公的時間過短

最重要的是，使用燭光 OLED，平均僅需 20 勒克斯，便可以清楚閱讀；若是使用白光 LED，則需 60 勒克斯，將近 3 倍的亮度。這項體驗揭示了二個重大訊息，一個是使用燭光型燈光，是可以清晰閱讀而不會太暗；另一個是使用燭光型燈光閱讀時，僅約需白光三分之一的亮度，這將使得眼睛受到雙重的保障，避免太亮、太藍造成視網膜炎與其他可能的眼疾。

上述體驗，都固定使用同一本小說的同一頁面，其有固定的 12 號字體大小。在我們另外的研究發現，字體若是越大，所需清楚看見的亮度則越低，視網膜炎越不容易發生；相反的，書本字體若是越小，所需亮度則越高，視網膜炎越容易發生之外，也越容易加重近視。這個問題，值得我們正視。



燭光 vs 白光

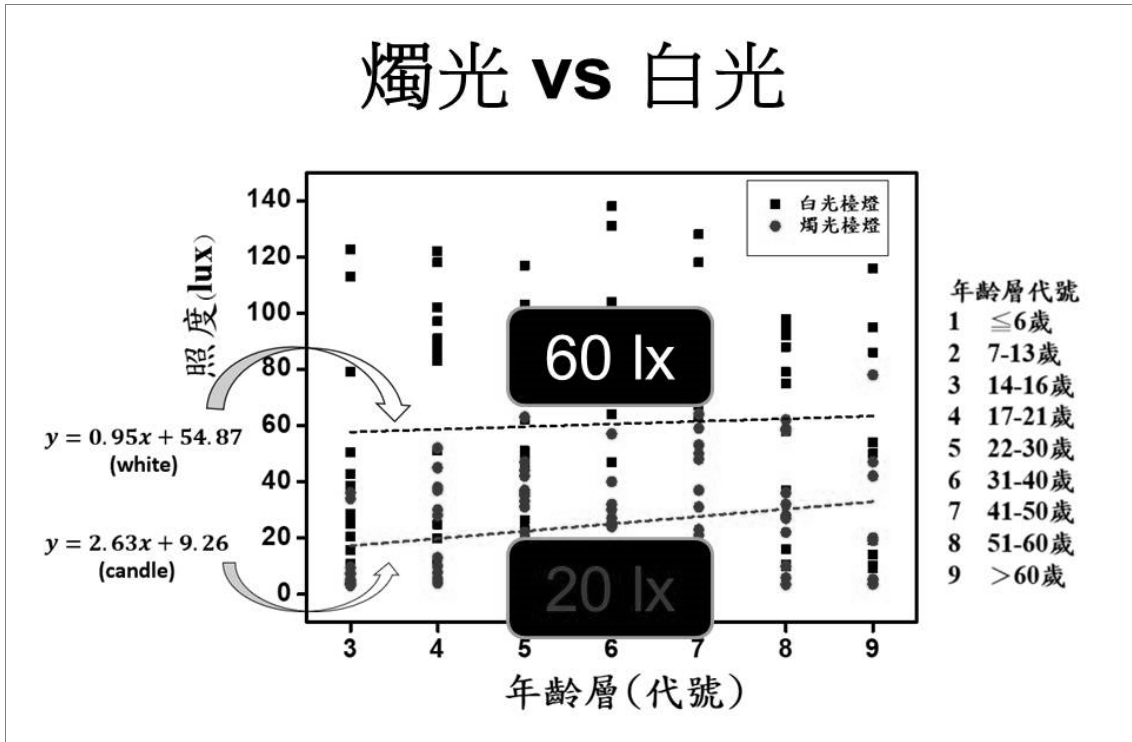


圖 3：無論年齡層，使用燭色光比白光更容易清晰閱讀，所需的光線亮度更低許多

（四）白天而非入夜看書

我們會建議白天而非入夜看書的主要原因是，夜光會抑制幫助舒眠又抗癌賀爾蒙「褪黑激素」的分泌。如圖 4 所示，夜光抑制褪黑激素分泌的強度，會隨著波長的下降，也就是隨著光子能量的上升，而急遽升高。從彩虹七色的角度來看，也就是紅色光子的波長最長、能量最低、傷害最

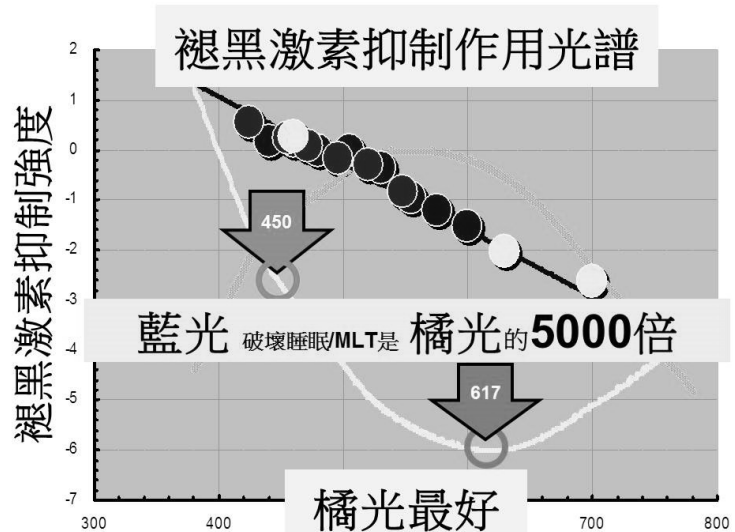


圖 4：波長越短能量越強，抑制褪黑激素越厲害；其中，藍光抑制褪黑激素的強度是橘光的 5,000 倍



小；相對的，紫色、藍色光子的波長較短、能量較高、傷害較大。

由於人眼對紅色光子的視覺感受度，相對的低。因此，從亮度的角度來看，最為生理友善的光，反而是橘光；從單位亮度的角度來看，450 奈米藍光抑制褪黑激素的強度，是 600 奈米橘光的 5 千倍；這也是為什麼睡前使用富含藍光的 3C 螢幕，或是曝照富含藍光的室內燈光，會容易失眠。

（五）釋放暗視覺

人的眼球結構之神奇，也是讓人嘆為觀止！

單用來「看」東西的視網膜細胞，就有二種，一種是用來看色彩的錐狀細胞；另一種是看黑白的桿狀細胞。錐狀細胞大約有六、七百萬個，桿狀細胞卻有一億個上下。當我們處在明亮的環境下，譬如 5 或 10 勒克斯以上時，錐狀細胞便會開啟，啟動亮視覺；當太陽下山，或是進到暗黑的室內空間時，桿狀細胞便會開啟，啟動暗視覺。

在白天的時候，亮視覺被啟動，好讓進到眼睛的大量光子，被錐狀細胞吸收，再透過其間的光化學反應，最後以產生視覺。每一次的光化學反應，都會伴隨一份的氧化性廢棄物；而這些廢棄物，還要依賴視網膜細胞背後的後勤單位——脈絡膜來清運。只是脈絡膜清運廢棄物的速率，有其上限；當光線太強，特別是藍光太多

的時候，其清運速度會趕不上廢棄物製造的速度，這会造成廢棄物的積累；而這些廢棄物，再經過進一步的光氧化反應，就會產生毒性，以至於視網膜發炎；過度的發炎，則將引發不可逆的傷害。

這個問題，在現代人尤為嚴重。原因無他，就是燈光點得太亮、3C 螢幕看得太久；而且室內燈光並沒有隨著夕陽西下而變暗，3C 產品的使用亦未停歇，這些勢必造成錐狀細胞與脈絡膜的過度負擔。所幸，原本就有最自然、也是最有效的解決之道，那就是讓室內光線隨著室外光線漸漸變暗，或是不要点得像白天一樣亮，讓暗視覺啟動，讓錐狀細胞休息。其實，黃昏之後，需要休息的不只是眼睛的細胞，全身上下、內外的細胞皆然。更多相關資訊，請參考筆者《擁抱暗黑》一書；權且用圖 5、圖 6 二個圖，來說明剪除不必要光線、亮度的益處。

以入夜看書 1.5 個小時為例，如果燈光開得透亮，如 100 勒克斯，結果是白光將抑制 67% 褪黑激素的分泌，黃白光 58%，橘白光 43%，這也是我們不建議晚上看書的原因。但是，若將光線調成 10 勒克斯，則白光將抑制 42% 褪黑激素的分泌，黃白光 18%，橘白光 7%。因此，萬一不得已，晚上必須工作或看書，10 勒克斯的照度，已經非常足夠，甚至太多。您還記得嗎？在這個照度下，亮視覺還是開啟



的，您要不要試試 3 勒克斯、甚至是 1 勒克斯？體驗一下祖父母在看似黯淡卻不黯淡燭光或油燈下的舒適，就是沒有眼睛壓力、沒有壓力賀爾蒙的舒適。

10 勒克斯看書會不會太暗？我們研究發現，許多人，尤其是小學生，只需要 4、5 勒克斯，就可以看得很清楚。從小以來，看書燈光要「愈亮愈好」的這種說法，不知害了多少人，這也不禁令人想起「好意帶人下地獄」這段話，似是而非的傳言，其所能造成的傷害，何其巨大。

（見圖 5）

現在我們知道，對許多人，特別對學齡孩童而言，用 10 勒克斯的光線看書，是足夠清楚的。在這個照度下，就算是白光，也可以看 50 分鐘，黃白光則是 150 分鐘（2.5 小時），橘白的燭光燈更久，高達 670 分鐘（約 11 小時），如圖 6 所示。

就像是現代人的營養失衡，不是因為吃太少，而是吃太多、又吃得不好；現代人用光的狀況也很類似，不是因為太暗，而是太亮、又太藍。在這裡，我們要鄭重地呼籲，閱讀的燈光應該要夠亮，但不要過亮；至於，

以看書為例

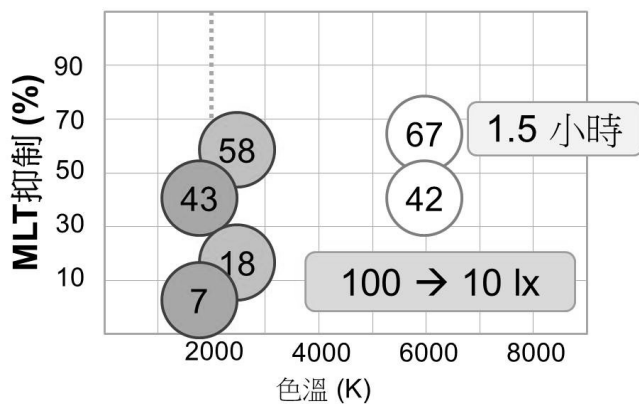


圖 5：入夜看書會妨礙褪黑激素的分泌，除非燈光調暗、去藍

10 勒克斯就夠亮

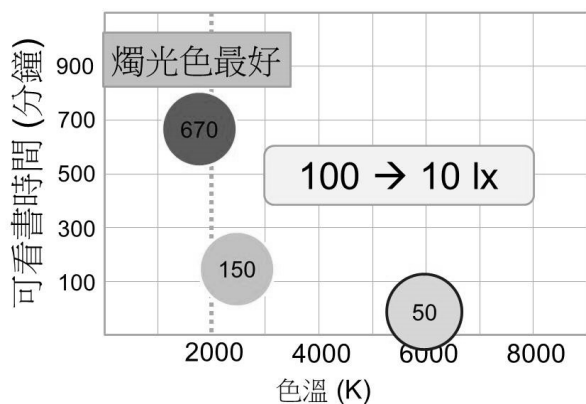


圖 6：人眼有暗視覺，10 勒克斯的燭色光可以允許看書 670 分鐘而不傷眼

何謂夠亮？就要以能夠舒適看得清楚為前提。任何超過這個前提的亮度，就是太亮；若是亮到只能閱讀 30 分鐘以內，那就是明顯過亮了。



到目前為止，不能調變亮度的白光 LED 與 CFL（緊湊型螢光燈管）檯燈，都無法達到安全閱讀 30 分鐘或以上的基本要求。有些黃光 LED 與 CFL 檯燈，則勉強可以達標，但需在沒有背景光的情況下；如果背景光又是富含藍光的白光，則一樣無法滿足閱讀 30 分鐘的基本要求。

諷刺的是，能夠滿足 30 分鐘閱讀要求的，只有傳統的白熾燈；這是因為它的藍光較少（色溫較低，約在 2500K 上下，視其瓦特數大小而定），又光通量較低。因為燈泡的總光通量低，而至到眼的照度較低，一般約略在 50 勒克斯或以下，因此可以允許超過 30 分鐘的閱讀時間；若是選用最新的燭光 OLED 檯燈，因為它的色溫特低，約在 1700K 上下，加上亮度可調又完全不含藍光，從視網膜可容許曝照時間來看，而至有較白光檯燈護眼 60 倍的效果。

為了量化藍光對眼睛與褪黑激素的傷害，我們發明了二項技術，也獲有相關的專利，在與廠商合作之後，已經開發出一款藍害量化光譜儀（SRI-100），如想知道自己或孩子的光色適讀能力（清晰閱讀所需的照度），或是想知道你或孩子現有的檯燈適合閱讀多久，甚至想知道你的辦公室或是圖書館照明的適讀時間，都歡迎與我們聯絡。

二、啟動照明文藝復興的燭光 OLED

（一）只有節能已非王道

人類使用油燈以照亮暗夜，超過一萬二千年；五千年前，埃及人發明了蠟燭；直到一百五十年前，節能、便利的電力照明，取代了耗能卻友善的油燈和蠟燭。然而日光燈（節能燈泡）與 LED 燈過多的藍光，除了汙染夜空、破壞生態之外，更大規模引發人類罹患各種疾病。「光汙染」與「空氣汙染」，已經成為人類，尤其是國人，致死的主要原因。認知光害，特別是藍害，並研發節能與健康兼顧的「好光」，讓人類與生態重返無藍害的境界，並進入節能的新世紀，才是啟動照明文藝復興的王道。

（二）藍害有哪些？

藍害不限於照明燈光，來自 3C 螢幕的藍光更是嚴重。藍光、紫光可能引起的傷害包括：

1. 對夜空的汙染。（來自照明）
2. 對生態的破壞。（來自照明）
3. 對文物、畫作的破壞。（來自照明）
4. 造成視網膜炎、黃斑部病變。（來自照明與 3C）
5. 抑制褪黑激素的自然分泌，長期導致乳癌、攝護腺癌。（來自照明與 3C）

以下簡列幾個個案說明：

1. 梵谷油畫變色

「經過 125 年的盛開，梵谷的向日葵開始枯萎。」《每日電訊報》報導，由於安裝在博物館中的節能 LED 燈，這些具



有指標性的油畫開始失去它們的活力。

「因為曝照在 LED 燈光下，梵谷的巨作，正慢慢的轉褐！」2013 年 1 月 13 日，英國《獨立報》記者曼寧報導，連同這幅，有好幾十張的名畫也遭受到「變色」的命運。科學家發現，在 LED 燈的照射下，這些畫作上的銘黃變得不穩定，並隨著時間漸漸地轉為褐綠；研究人員因此警告各地的藝廊以及博物館，重新思考某些 LED 燈的使用，以免這類畫作色彩進一步惡化。

2. 藍紫光造成視網膜剝離

「西班牙研究人員發現，LED 燈可能會損害視網膜，導致視網膜無法再生或置換。」根據 thinkSPAIN 的報導，這些 LED 燈光會產生大量的「藍帶」輻射，經年累月，將會損害視網膜。

「暴露在某些特定波長的藍光，可能會帶來眼瞎效應，也跟老年黃斑部退化有關。」夏皮羅在《視網膜今天》（Retina Today）指出，而這指的是 415 到 455 納米的藍紫光。

「視網膜病變，可能很快就會變成流行病。」馬德里康普頓斯大學拉莫斯博士表示，由於電腦、手機和電視屏幕的使用，而這些又逐漸被 LED 技術所取代，受損的視網膜，很可能很快就會變成流行病。

3. 藍光 LED 的光生物傷害

2014 年，或許可以定位為人類科技史或照明史上最諷刺的一年。為什麼？

「藍光與白光 LED 存在生物傷害問題。」「在 20 公分的距離，藍光 LED 只要幾秒鐘，冷白光 LED 只需要幾十秒，就會超過視網膜耐受的極限。」從 2011 年開始，國際能源署匯集了美、澳等 10 國的一個任務小組，綜評所有探索 LED 照明與健康有關的主要文獻；到了 2014 年 9 月，正式報告出爐，結論是 LED 存在光生物危害，LED 光源另有眩光、閃爍方面的問題。

有關「藍光危害」，任務小組的結論如下：

- (1) 在現有的 LED 技術，「藍光危害」是目前唯一需要考慮的光生物危害；但是，使用紫外光發射的 LED，則需要有額外的考量。
- (2) 「藍光危害」與藍光和紫光在視網膜上所引起的光化學損傷有關。
- (3) 「藍光危害」與藍光視網膜輻照度有關。LED 的高輻射，使它的視網膜輻照度可能很高，而須審慎看待。
- (4) 視網膜的光化學損傷，取決於累積的光曝照劑量。這種損傷，可來自短時間但高強度的光曝照，也可能出現在低強度但長時間反覆的曝照。
- (5) 「藍光」對視網膜有害，這源自它會造成視網膜細胞的氧化應力。
- (6) 「藍光」被懷疑是老年黃斑部病變的危險因素。



4. 2014 年的諾貝爾物理獎

「因為發明了高效率的藍色發光二極管，實現了明亮和節能的白色光源。」2014 年 10 月，諾貝爾物理學獎頒給日本赤崎勇、天野浩以及美國中村修二這三位教授。

2010 年，國際能源署開始展開 LED「藍害」的調查、評估；歷經四年，2014 年 9 月 24 日，公布了「藍光危害」的諸多事證；儘管如此，2014 年 10 月 7 日，諾貝爾基金會仍召開記者會公布，將物理學獎頒給了藍光 LED 的發明人。

5. 諾貝爾獎得主核彈級的聲明

「使用藍光 LED 的白光 LED，終將從市場上消失！」2015 年 7 月，中村修二在日經亞洲評論所籌辦的氮化鎵技術論壇上表示，藍光 LED 確實有藍光問題，如引起失眠，使用藍光 LED 芯片的白光 LED，遲早將從市場上消失。

藍光 LED 發明人之一的中村修二博士，已經體認到藍光 LED 的可能危害，並且積極尋求「解決方案」。他原本以為，使用紫光 LED 芯片會是「解決方案」，然而，我們已經了解，藍紫光是損傷眼睛的主要成分。因此，使用紫光 LED 來驅動白光，並非解決之道。

6. 震撼全球的一篇報導

“Breast Cancer and Circadian Disruption from Electric Lighting in the Modern World”（現代世界電力照明所引發的乳癌和節律

破壞），*CA: A Cancer Journal for Clinicians*（臨床醫師癌症期刊），在全球三百多種醫學期刊與八千多種科學期刊當中擁有最高的影響因子（2012-3 年 impact factor = 162），在 2014 年 5/6 月史帝芬斯等五位學者發表了這一篇至關重大的論文，指出：「乳癌是全世界女性癌症死亡的主要原因，而且也只有一個解釋可用以說明為什麼。」在暗夜時分愈點愈亮的「電力照明」，是乳癌與攝護腺癌等的真正致因。

為什麼長期夜間照光會引發癌症？醫學專家發現，用來抑制腫瘤成長的褪黑激素，原本在入夜後的 9 點會開始分泌，但是，因為明亮夜光的照射，特別是其中的藍光與藍紫光，而被大幅抑制。許多癌症的誘發，乃與高氧化性自由基的產生有關，而最強而有力的天然抗氧化劑——褪黑激素，卻因夜間光照而不分泌，以致腫瘤肆意孳生、成長，最後成為致命的癌症，或乳癌或攝護腺癌。

日本的研究發現，單單只是在半夜照射 200 勒克斯的燈光 1.5 個小時，就會顯著抑制褪黑激素的分泌。如果房間或檯燈使用白色光，譬如色溫 5000K，那麼，有將近 80% 的褪黑激素會被抑制；如果使用 3000K 的暖白光（黃白光），則有將近 50% 被抑制；如果使用更少藍光的 2300K 白熾燈光，則只有 18% 被抑制，仍有 82% 褪黑激素被順利分泌。（見圖 7）



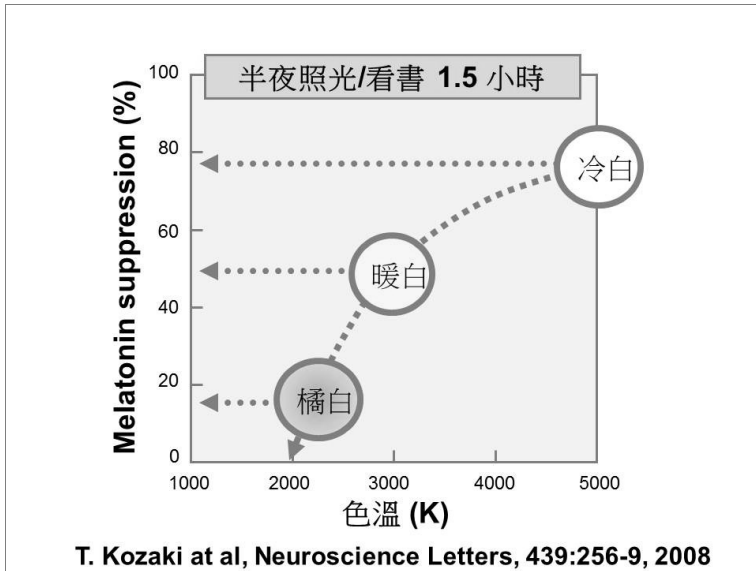


圖 7：富含藍光的冷白光容易抑制褪黑激素的分泌

（三）丹麥人就是愛蠟燭

誰是地球上最幸福的國家？根據 2016 年《世界幸福報告》（World Happiness Report），答案是丹麥。

從 2016 年到 2018 年，這三年整體來看，全球第一幸福國家為丹麥，其次為挪威，冰島排名第三，芬蘭、瑞士共居第四。

對於「幸福」，丹麥人有他們與眾不同的感受。因為在其他語言裡面找不到對等的字眼，於是，一個專屬於丹麥特有幸福的 Hygge（丹麥語，發音「黑鴿」），便在這個緊張的世

界當中誕生。讓丹麥人感受 Hygge 的元素有哪些？有 85% 的人會提到「蠟燭」。丹麥人每人每年吃掉 3 公斤的培根，卻會燒掉 6 公斤的蠟燭。

為什麼丹麥人就是愛蠟燭？大量的科學數據呈現，在人造的光源中，就屬燭光的光質最好又最生理友善，這還不包括它對視網膜、夜間生態、夜空最友善。丹麥人的直覺是對的，在需要光照的時候，尤其在需要「Hygge」的時候，遠離「壞光」就「好光」的自然反應，讓他們愛上了蠟燭。（見圖 8）

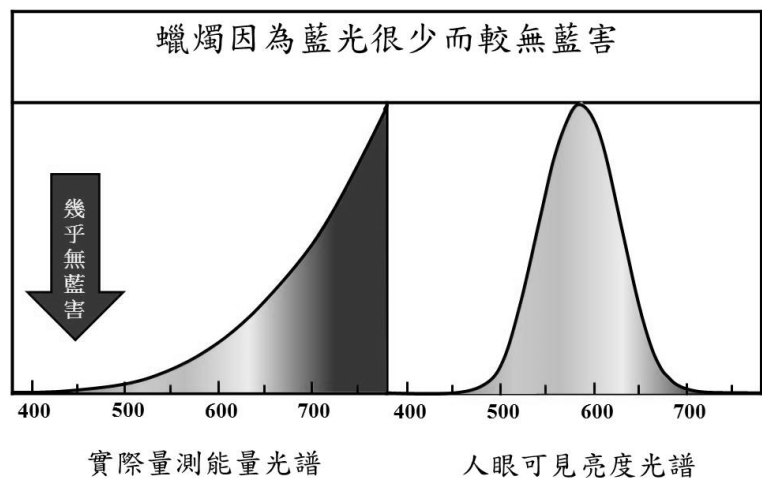


圖 8：蠟燭光的藍光很少藍害很小



（四）蠟燭的問題

點出「Hygge」、燒出羅曼蒂克氛圍的蠟燭，確實有非常多的優點。然而，為什麼不直接使用蠟燭作為照明就好了？理由如下：

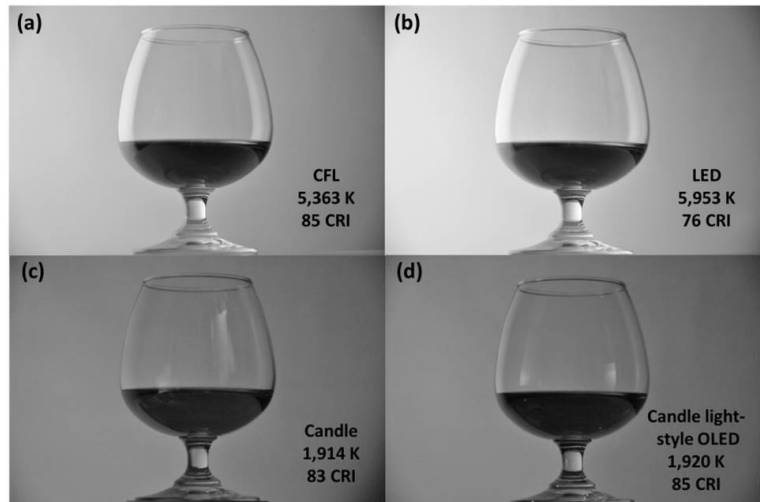
1. 蠟燭耗能，能效只有 0.3 流明/瓦，白熾燈尚有 10 流明/瓦。
2. 燭火有炙熱、燙傷、引發火災等疑慮。
3. 因眩光而不能直視。
4. 燭光閃爍，不適合長久看書。
5. 蠟燭會釋放細懸浮微粒（PM2.5）。
6. 燭火耗氧，影響室內空氣品質。

（五）改寫人類照明史的燭光 OLED

為擷取燭光的優點，並解決它們的缺點，我們採用節能的 OLED 照明技術，以發出柔美有如燭光般的光線。我們的燭光 OLED，除了被 *Advanced Functional Materials*（前瞻功能材料）接受刊登之外，更於 2012 年聖誕節前夕，為 *Material Views*（材料眺

望）專文報導，期將取代五千年埃及人發明的蠟燭！（見圖 9、圖 10、圖 11）

2015 年 8 月，日本 Mitsubishi Chemical



J.-H. Jou et al., *Advanced Functional Materials*, 23(21), pages 2750–7, June 6, 2013

圖 9：燭光 OLED 發出像蠟燭一樣柔美的光色

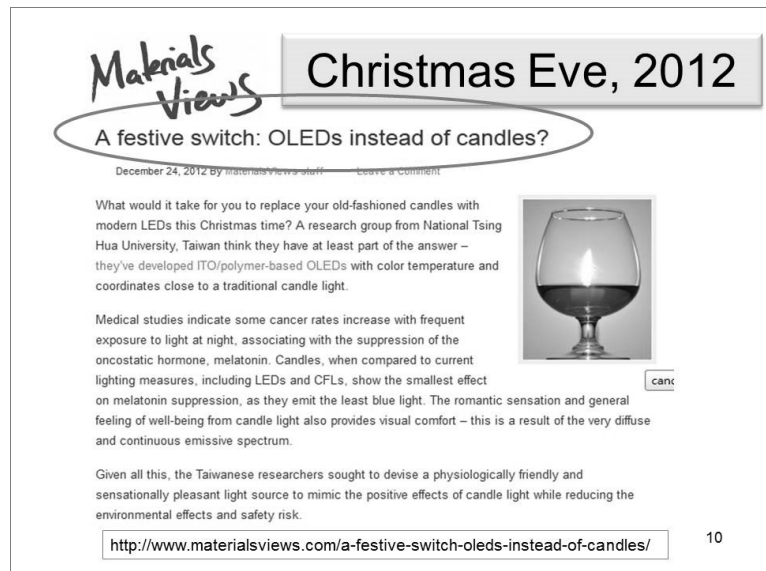


圖 10：用燭光 OLED 取代蠟燭將是個歡樂的切換



和 Pioneer 共同推出燭光 OLED 試量燈片，其藍光含量不到 3000K 暖白光 OLED 的 1%。這消息顯示，有人追隨我們的發明腳步，也具體宣示燭光 OLED 的藍光確實很少。這對我們團隊而言，一則以喜，一則以憂；喜的是，吾道不孤；憂的是，後有追兵。然而可以預見的是，隨後的照明世界，將再掀起一波波的漣漪；而願意正視藍害、解決藍害的，也將是可能的贏家。

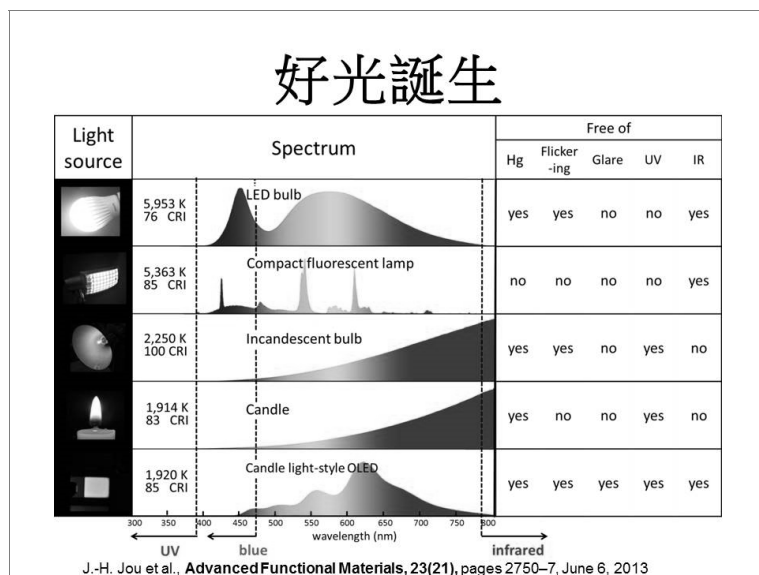


圖 11：燭光 OLED 好光的誕生：無汞、無閃爍、無眩光、無紫外線、無紅外線熱光

（六）台灣照明學會照明金質獎

「周教授，你這個燭光 OLED 真的很好，我們也從你的報告當中，得到很多有用的資訊。我們想要了解你們這個技術有沒有在國際上得過獎？或是得到國內一些產業科技創新獎，像是……」。審查委員之一在簡報之後，做了以上評論與提問，最後決定，將年度照明金質獎的特優獎頒贈給我們的燭光 OLED。（見圖 12）

（七）國際暗天協會照明設計獎

「我們很榮幸代表國際暗天協會，即將於 2015 年 11 月 14 日和 15 日在亞利桑那州鳳凰城舉行的國際年會上，頒發給你 IDA 照明設計獎。我們感到非常興奮，您

照明金質獎-特優獎

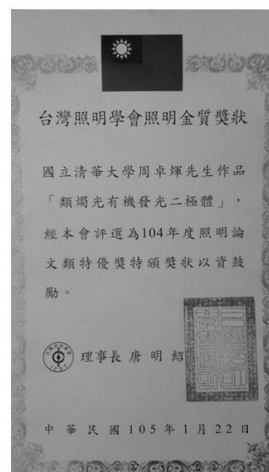


圖 12：燭光 OLED 論文獲得台灣照明學會 2015 年度照明金質獎特優獎



的團隊在開發人性化 OLED 光源所做的工作，這提供我們的工作很大的希望，可資以對抗光汙染，保護自然的夜空以及人類和生態系統的夜間健康。」2015 年 11 月 4 日，國際暗天協會來函通知。

「我的猜測是，當我們認可您的低色溫/高效 OLED 的發明時，與會者間會有一股興奮；如果與會者詢問到時，最好讓他們知道您的產品將於何時以及如何可供照明行業使用？」真是無巧不成書，同年同月，國際暗天協會來函通知，我們的燭光 OLED 獲得了當年度的照明設計獎！

（見圖 13）協會先問了能否出席年度大會的頒獎典禮，又問了這項創新發明，何時與如何將此技術商業化。

如果這個獎項消息早一個星期到來，那麼，便可直接回答先前照明金質獎複審時的提問。現在，國際暗天協會有一個問題是，我們的發明是不是單單屬於令人興奮的學術發現，而非最後可以實現的技術？非常幸運的是，這一次，我們可以即時又明確的給予回覆，因為同樣是 11 月，經濟部才核准我們申請的價值創造計畫，在合作廠商智晶光電同意兩年出資 600 萬投入研發的前提下，經濟部兩年補助 2,000 萬，以開發量產技術。（見圖 14）

（八）Lite-on 光寶創新獎

2016 年，派學生亨利與尼克報名參加光寶創新獎賽。這一次，全球有三千多人

國際暗天協會照明設計獎

2015-11-20



圖 13：燭光 OLED 榮獲國際暗天協會照明設計獎 2015 年 11 月 20 日

經濟部2000萬元資助的亮點計畫



Candlelight OLED available Q4 2017

圖 14：燭光 OLED 技術榮獲經濟部最高額價創計畫補助，記者會中展示第二代燭光 OLED 燈片

共一千多隊，投入到這素有華人奧斯卡金像獎美譽的設計大賽。很慶幸的，我們的燭光 OLED 技術，獲得了技術組的金賞，抱回了獎狀、獎盃以及 35 萬元的大支票；（見圖 15）在複審時，是由平常說話容易



光寶最佳技術創新金賞

2016-09-01



Best Tech Innovation
NTD 350,000 [US\$ 10,000]

圖 15：燭光 OLED 技術獲得「光寶創新獎技術組金賞」

緊張結巴的亨利代表報告，他真的很聽話，事前演練了很多遍，我問他演練了幾遍？他說：「我練習了 20 遍……」。

（九）橘白好光吸引蘋果的注意

經過幾年的合作，特別在經濟部價創計畫的支持下，智晶光電將清大專利的燭光 OLED 做成折疊式的檯燈。這款折疊式燭光 OLED 檯燈，趕在年度全球顯示大會（SID）開幕前完成，並由實驗室印度籍博士班學生狄巴克帶去創新展區展示。

「教授，蘋果很多人來排隊，看我們的燭光 OLED 檯燈。」狄巴克告訴我。

「你怎麼知道誰是蘋果的人？」

「他們胸前的名牌上有寫，我有瞄

到……」。狄巴克回答。

他算了一下，展出這三天，蘋果先後來了至少 15 個人，除了看這個檯燈，也問了、看了燭光 OLED 的特性與光譜圖，這是 2017 年 5 月。

（十）全方位友善的燭光 OLED

由於只含天藍光而非深藍光或紫光，我們的燭光 OLED 比冷白與暖白 OLED、LED 與 CFL 友善；也因為沒有深藍光或紫光，比較不會吸引昆蟲，而對生態友善；比較不會污染夜空，而對夜空友善；比較不會讓油畫褪色，而對文物友善；因為節能而且不含汞或砷，而對環境友善。這是人類史上，最為友善而且是全方位友善的光源。

以圖 16 一個可用印刷製造的燭光 OLED 為例，它完全無藍害，色溫為 1918K，與冷白 OLED（4124K）、LED（5501K）與 CFL（5921K）比較，在視網膜的保護方面，它至少安全了 52、85、93 倍；在褪黑激素的保護方面，它至少安全了 13、20、29 倍。這個燭光 OLED 與傳統燭光會炙熱、燙傷非常不同，是可以用手直接碰觸的，是一個令人心裡感到溫暖，觸碰起來卻是室溫或微溫的冷光。雖然沒有深藍光，它的光質依然很好，很容易讓人辨別不同物質的顏色。（見圖 17、圖 18）

「這好光的發現，足以讓你角逐諾貝爾獎！」2017 年 5 月在加州洛杉磯舉辦的



SID 會議，俄羅斯莫斯科州立大學維克特·貝爾耶夫（Victor Belyaev）的這句話，或可算是同儕之間的肯定。有關「好光」的這項發現，能夠引起他的注意，可以想見「壞光」的肆虐，已經沒有邊界。太多時候，同行專家會細細地問，都已經不再只是為了兒子、女兒，而是為了孫子輩，正因為他們目睹四溢的光害，從他們這一代，擴及到了第三代。我們會做很勇敢的事情，以捍衛親人甚至陌生人的權益，這一回，讓我們再勇敢一次，向光汙、藍害說「不」。

（十一）記得告訴朋友和關心的家人

有用的知識，就是要拿來用。既然認知了藍害，就要解決或避開藍害；既然認知了光汙染，就要解決或避開光汙染。除了自己，我們還有義務告訴我們的朋友、保護我們的家人，唯有正確的光線管理，才能真正擁有健康，以下列出幾個簡單易行的小建議：

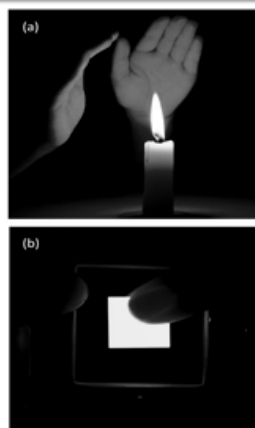
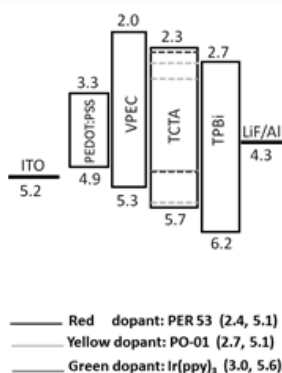
可印刷燭光 OLED

Light source	Spectrum		CT(K)	Exposure limit(s)		MLT suppression (%)	SRI	CRI
	Power	Luminance		@100 lx	@500 lx			
Candlelight OLED			1918	28 410	5682	1	76	40
Candle			1850	2616	523	4	99	79
Warm-white OLED			3187	1099	220	7	90	81
Warm-white LED			2632	990	198	8	96	93
Cold-white OLED			4124	548	110	13	90	79
Cold-white LED			5501	343	67	20	94	84
Cold-white CFL			5921	316	63	29	63	87

J.-H. Jou et al, Wet-process feasible candlelight OLED, *JMC C*, 2016,4, 6070-7

圖 16：可用印刷製造的燭光 OLED

Printable candlelight OLED



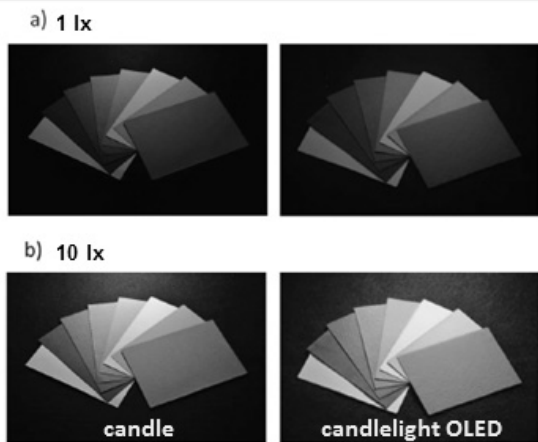
J.-H. Jou et al, Wet-process feasible candlelight OLED, *JMC C*, 2016,4, 6070-7

圖 17：可用印刷製造的燭光 OLED 可以用手直接碰觸

1. 人造夜光是健康殺手，回歸自然是上策。
2. 萬不得已入夜開燈，務必挑選橘白燭光。
3. 多藍光或多紫光與多鹽、多油一樣傷身。



Printable candlelight OLED



J.-H. Jou et al, Wet-process feasible candlelight OLED, *JMC C*, 2016,4, 6070-7

圖 18：可用印刷製造的燭光 OLED 光質很好，容易辨別不同物質的顏色

4. 入夜的白光與白糖、白麵一樣有礙健康。
5. 就寢前，關掉電腦，電視也可以用聽的。
6. 早睡早起，唸書或工作的時間不會短少。
7. 日亮夜暗有益生理節律，器官才會健康。
8. 努力睡個好覺，提前關燈，讓大腦放鬆。

我們都知道溫水煮青蛙的故事，但是絕大多數人不會注意到，人造夜光與過多的螢幕藍光，正在傷害我們的眼睛，傷害我們的身體，傷害我們的夜空，傷害我們的生態，傷害我們的環境，傷害我們的文物。因為是漸進的，所以不容易察覺這些傷害。然而，對個人而言，我們還是可以先認知、先覺醒、先抗拒、先改變的。

又幫助舒眠。

因此，白天「照射白光」，入夜「擁抱暗黑」，是現代人必須知道的健康新知識。優良的「光線管理」，是現代人邁入健康、長壽，並遠離藥物的不二法門。更多相關訊息，請點閱筆者的臉書專頁（<https://www.facebook.com/iamjjou/>），或是

參考筆者的新作《擁抱暗黑：光電學家教你健康好眠的實用手冊》（商周出版，2020）。

三、總結

其實，光有它諸多的光明面，這是不用懷疑的；同樣的，藍光也一樣有它的光明面。光會出問題，主要在於用錯時間，或是用過量。含有藍光的晨光，就對人有益。它的照射，可以啟動人的生理時鐘；否則，人會愈來愈晚才有睡意。清晨光線的照射，有益血清素的分泌，可以讓人覺得快樂；到了暗夜，這些血清素會轉變成褪黑激素，可以幫助抗癌

