

投稿類別：物理類

篇名：

淺析 Vantablack 之發展歷程

作者：

周芯好。私立曉明女中。高二戊班

指導老師：

林家樂 老師

壹、前言

一、研究動機

某天，筆者不經意的在新聞的最後看見有關 Vantablack 的介紹，影片中出現用 Vantablack 製作的面具，從正面看表面毫無起伏，而從側面看卻是高低起伏的五官形狀，雖然那個片段並沒有很長，但引發了筆者很大的興趣，短短的幾秒鐘完全震懾了當時的筆者。在這之前，筆者從未想過世界上存在著如此神秘的極黑物質，真的非常新奇。而這樣的好奇，讓筆者對 Vantablack 產生了興趣，想了解何謂 Vantablack？Vantablack 在生活中可運用的層面，以及其未來的發展趨勢。

二、研究目的

- (一) 認識 Vantablack。
- (二) 了解 Vantablack 的發展歷程及特性。
- (三) 知曉 Vantablack 的延伸發明 Vanatblack S-VIS 及 Vantablack VBx2。
- (四) 探討 Vantablack、Vanatblack S-VIS 和 Vantablack VBx2 的發展優勢及相關運用。

貳、文獻探討

一、Vantablack

(一) Vantablack 的發展歷程

無論是科學界或是藝術界一直以來都對極黑物質、顏料或塗層趨之若鶩。然而，從西元 2007 年開始，位在英國西南方紐黑文的一家奈米科技工程公司 Surrey NanoSystems 就已經著手開發 Vanta 塗層。經過 7 年時間，Vanta 塗層擺脫其需高溫環境才能製造以及其他缺點，搖身一變成為 Vantablack。Vantablack 在可見光譜中，吸收高達 99.965% 的入射光，打破了當時的金氏世界紀錄，也是當時世上最黑的人造物質，更在西元 2014 年發表之時，造成學術、藝術界極大的轟動。

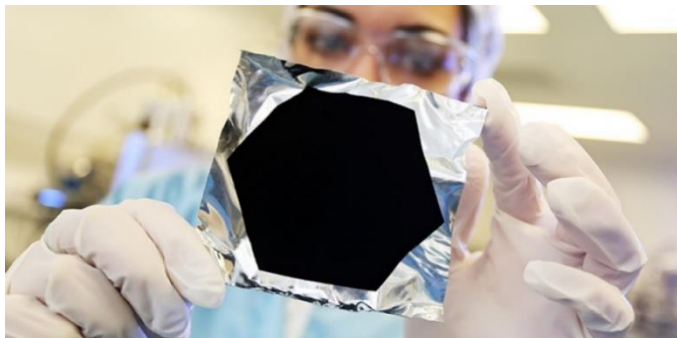
Vantablack 最初是為了衛星載黑體校準系統所開發，而鋁是最適用於衛星載黑體校準系統製造的材料，因為鋁同時具有質量輕以及導熱良好的優點。然而，由於 Vanablack 覆蓋所需環境，其基材溫度必須維持在 750°C，但是鋁的熔點只有 660°C，不能承受 Vantablack 塗層覆蓋所需維持的 750°C，為了保持最佳性能以及重量輕的條件，經過權

衡後，往往會以其他吸收輻射較少的物質作為替代方案。為了解決高溫覆蓋的難題，之後 Surrey Nano Systems Ltd 又運用技術將基材所需承受的溫度降到 350°C，低於鋁的熔點，使新版 Vantablack 能應用在鋁製的衛星載黑體校準系統。(Evangelos Theocharous et al., 2014)

(二) Vantablack 的特性

Vantablack® 是 Vantablack 塗層的品牌名，Vantablack 塗層在任何角度下，皆能夠吸收高達 99.965% 的入射光線，光線在碰到 Vantablack 後，並無反射，而是被困在奈米碳管之間，反覆偏轉，這樣的情況從人類肉眼看起來是完全沒有光的。(Daniel Do Rosario and Lauren Chiu, 2016) 任何有高低起伏的基底，覆蓋上 Vantablack 塗層後，該物體的三維特徵就會被 Vantablack 塗層吞噬，如圖一 Vantablack 塗層覆蓋在一張充滿皺褶的鋁箔片上所呈現之樣態。

圖一：Vantablack 塗層覆蓋在一張充滿皺褶的鋁箔片上

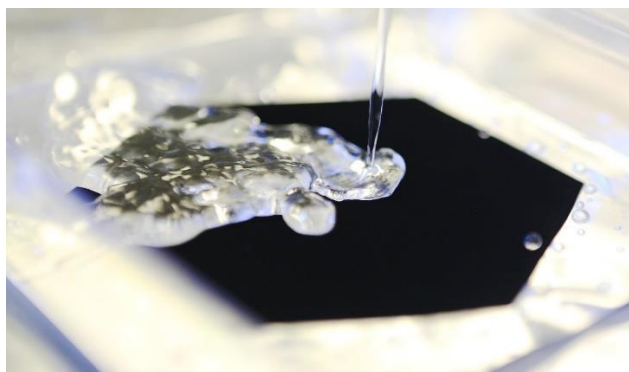


圖一資料來源：Surrey Nano Systems Ltd (無日期)。Vantablack 塗層覆蓋在一張充滿皺褶的鋁箔片上。2021 年 6 月 5 日，取自

<https://www.surreynanosystems.com/news-media/images-videos>

Vantablack 其中的 vanta 是 "vertically aligned nanotube arrays" 的縮寫，意為：垂直排列的奈米管陣列。Vantablack 是由奈米碳管所製成，可吸收的入射光波長之範圍：從紫外線到可見光以及遠紅外線，並具有低釋氣、低質量損失、抗衝擊、防震以及強疏水性如圖二所示之強疏水性等特性。(Surrey NanoSystems, 無日期)

圖二：Vantablack 塗層的強疏水性



圖二資料來源：Surrey Nano Systems Ltd（無日期）。Vantablack 塗層的強疏水性。
2021 年 6 月 5 日，取自 <https://www.surreynanosystems.com/news-media/images-videos>

二、Vanatblack S-VIS

在 2017 年，Surrey Nano Systems Ltd 再度研發了新的 Vanatblack S-VIS，是 Vantablack 的噴霧版本，此項目將在基材覆蓋所需溫度降至 100°C，減少對基材的限制，吸收性能卻有稍稍降低，但仍然可吸收 99.8% 入射光。新的 Vanatblack S-VIS 噴霧，雖然與 Vantablack 一樣是由奈米碳管所製成，但結構上仍有所不同，相較於 Vantablack，Vanatblack S-VIS 較短，以化學方法結合時，會變成開放式的珊瑚狀結構（open coral-like structure），此結構可以更高效地困住入射的電磁能，減少入射光線之反射。然而，若入射光從較小的掠射角入射，Vanatblack S-VIS 會變得比原來更暗，這項功能讓 Vanatblack S-VIS 能運用在結構較複雜的三維物體上。

三、Vantablack VBx2

Vantablack VBx2 是一種不含奈米材料之超黑塗層，其反射率為 0.92%。Vantablack VBx2 大部分應用在汽車工業或建築業上，相較於 Vantablack 與 Vanatblack S-VIS 使用上更為方便，也較為靈活，但是還是需要專業的技術以及環境才能噴塗 Vantablack VBx2。

叁、研究方法

一、研究方法

本篇小論文採用文獻分析法，研讀電子期刊、論文、網路資料以及影音資料，從資料中了解 Vantablack 的發展，以及 Vantablack 的延伸發明。並以 Vanatblack S-VIS 和 Vantablack VBx2 為例，深入探討其相關知識。另外，藉由 Vantablack、Vanatblack S-VIS 和 Vantablack VBx2 發展優勢及限度之分析、比較，更進一步的解析、統整 Vantablack、Vanatblack S-VIS

和 Vantablack VBx2 之相同、相異處，以及其相關應用領域。最終，將研究歷程及結果加以歸納、分析，撰寫成本篇小論文。

二、研究流程

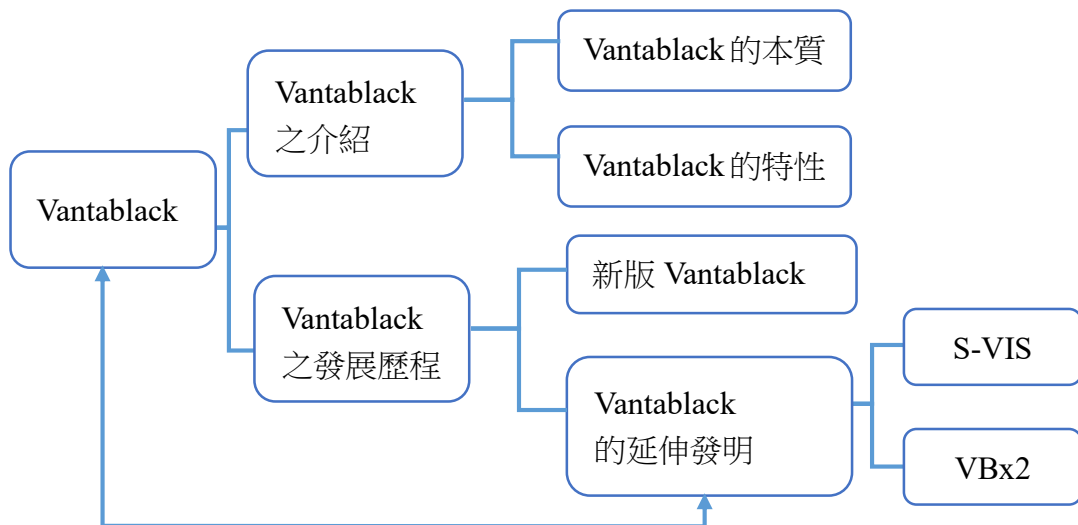
圖三：研究流程圖



圖三資料來源：研究者製

三、研究架構

圖四：研究架構



圖四資料來源：研究者製

肆、研究分析與結果

為了解 Vantablack、Vanatblack S-VIS 和 Vantablack VBx2 的發展優勢及發展限度，及三種不同材料所適合的相關應用，進行分析與比較如下：

一、Vantablack

(一) Vantablack 的發展優勢及相關應用分析

Vantablack 塗層使光線容易穿入奈米碳管塗層，在奈米碳管之間不停的偏轉，將光線困在塗層之間，較不容易反射出去。這種低反射率的特性非常適合應用在衛星載黑體校準系統、望遠鏡之類的精密光學儀器之內部塗層，用來減少雜散光的反射，便於觀察在宇宙中亮度較低的星球；也可以用在軍事國防方面，藉由吸收高達 99.965% 的輻射線，可以塗在飛行器的外殼，用來躲避雷達，達到隱形武器的目的。Vantablack 塗層相較其他商業塗層可以成功的關鍵是——低釋氣、低質量損失。在過去的經驗中，許多商業塗層都卡在這道障礙，而 Vantablack 成功突破了這項困難。Vantablack 塗層還擁有超強疏水性，不會因環境濕度變化而造成 Vantablack 塗層的光學性能減弱或失效。

(二) Vantablack 的發展限度分析

Vantablack 塗層所需覆蓋之環境溫度必須維持在一定的高溫(舊版：750°C/新版：450°C)，新版所要求的環境溫度有大幅降低，終於能夠應用在衛星載黑體校準系統。但這樣的需求仍然無法廣泛利用於日常生活，使得在基材的選擇方面會有較高的限制門檻。Vantablack 塗層的覆蓋是以化學氣相沉積 (Chemical Vapor Deposition, CVD) 的方式進行，過程相對複雜，並且需要有一定技術、相關設備以及嚴格的環境，才有辦法覆蓋在目標物體上。也因為 Vantablack 塗層內部的精細構造，所以 Vantablack 塗層需要避免覆蓋在會有直接接觸塗層的表面，或是覆蓋在儀器內部的表面，以減少塗層受磨損之傷害。

二、Vantablack S-VIS

(一) Vantablack S-VIS 的發展優勢及相關應用分析

Vantablack S-VIS 是以噴塗的方式覆蓋物體，並非以化學氣相沉積的覆蓋方式，使用起來相對比較方便，靈活性也比較高，可應用的層面也比較廣。Vantablack S-VIS 的靈活性也反映在覆蓋的物體上。Vantablack S-VIS 所覆蓋的基材熔點只須高於 100°C，讓基材的選擇更多元，跨越到奢侈品的隔熱面或飾面，讓 Vantablack 普及化。Vantablack S-VIS 可以噴塗在表面積更大、結構更複雜的三維物體上，例如：相機的光學元件，減少光學元件內部的反射光，使感光元件更靈敏。而 Vantablack S-VIS 以化學方式結合後所變成的開放式珊瑚狀結構 (open coral-like structure)，可以更有效的吸收入射光線，減少光線的反射。

(二) Vantablack S-VIS 的發展限度分析

雖然 Vantablack S-VIS 是以噴塗的方式覆蓋物體，並非以化學氣相沉積的方式，使用起來相對比較方便，但也不是一般人可以購買並自行噴塗的塗料，仍需要與 Surrey Nano Systems Ltd 簽約後（目前只授予藝術家 Anish Kapoor 此項權利），經過特殊訓練，以及符合環境、技術要求等條件，才可以使用。與 Vanatblack 相同，因為 Vanatblack S-VIS 塗層內部的精細構造，所以 Vanatblack S-VIS 塗層需要避免覆蓋在會有直接接觸塗層的表面，或是覆蓋在儀器內部的表面，以減少塗層受磨損之傷害。

三、Vantablack 與 Vanatblack S-VIS 的差異

Vantablack 和 Vanatblack S-VIS，雖然皆是由奈米碳管所製成，但本質上還是有許多差異，以下將以表一呈現 Vantablack 和 Vanatblack S-VIS 之比較：

表一：Vantablack 與 Vanatblack S-VIS 之比較

材料塗層 比較項目	Vantablack	Vanatblack S-VIS
入射波吸收率	99.965%	99.8%
反射率	0.036%	0.2%
吸收波長之範圍	從紫外線到可見光和遠紅外線。	從紫外線到紅外線波段的起點。
覆蓋所需溫度	舊版 Vantablack：750°C/新版 Vantablack：350°C	100°C
基材熔點限制	舊版 Vantablack：750°C以上 /新版 Vantablack：350°C以上	100°C以上

表一資料來源：研究者製

四、Vantablack VBx2 的發展優勢及相關應用分析

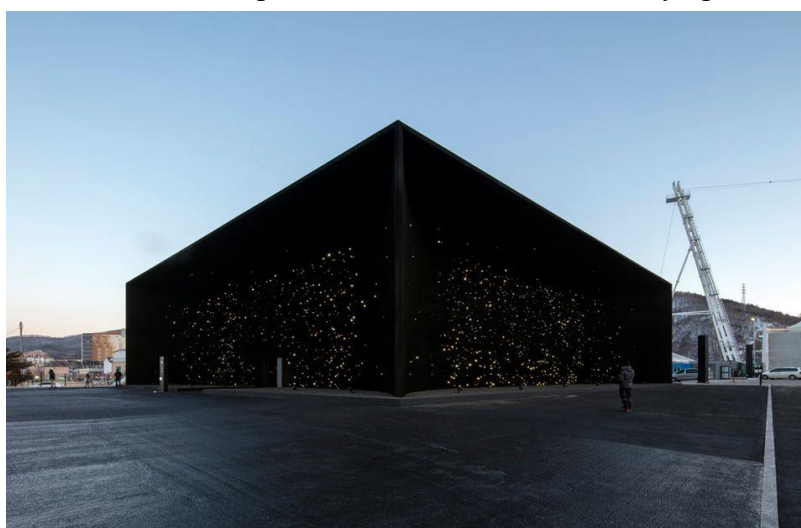
Vantablack VBx2 的使用並沒有尺寸上或基材上的限制，也不會因長期曝曬或淋雨而被溶蝕分解，於是有汽車業者看上這點特性，推出 BMW VB X6 Vantablack，如圖五。而這項優點亦被利用在建築工業上。西元 2018 年 Asif Khan 利用 Vantablack VBx2 打造平昌冬奧會館，如圖六。

圖五：BMW VB X6 Vantablack



圖五資料來源：BMW GROUP（無日期）。BMW VB X6 Vantablack。2021 年 6 月 6 日，取自 [Blacker than black: the first Vantablack car | BMW.com](#)

圖六：Asif Khan's pavilion for the 2018 Winter Olympics



圖六資料來源：Luke Hayes（無日期）。Asif Khan's pavilion for the 2018 Winter Olympics。2021 年 6 月 6 日，取自 [Unveiled: Winter Olympics pavilion painted in blackest colour in existence | The Art Newspaper](#)

四、研究結果

綜合上述三大材料（Vantablack、Vanatblack S-VIS 和 Vantablack VBx2）之分析結果，發現 Vantablack 較 Vanatblack S-VIS 和 Vantablack VBx2 來說，基材選擇的門檻較高，也較不普及、生活化；而 Vantablack VBx2 的應用則是技術性較低，應用範圍較廣，使用

上也容易操作；最後，Vanatblack S-VIS 則是介於兩者之間。以上 Vantablack、Vanatblack S-VIS 和 Vantablack VBx2 的差異如表二所示：

表二：Vantablack、Vanatblack S-VIS 和 Vantablack VBx2 優、劣勢以及應用領域之比較、統整

塗層材料 比較項目	Vantablack	Vanatblack S-VIS	Vantablack VBx2
基材選擇的限制	舊版 Vantablack 基材熔點須高於 750°C / 新版 Vantablack 基材熔點須高於 350°C。	基材熔點須高於 100°C。	無限制。
覆蓋方式	化學氣相沉積 (CVD)。	以噴塗方式疊加厚度。	噴塗。
使用上的限制	需專業設備、嚴苛環境條件以及專業技術。	較 Vantablack 簡單，但仍需一定噴塗環境以及專業技術。	只需專業噴塗技術。
可被覆蓋物之範圍	能承受化學氣相沉積之材料。	可噴塗在結構較 Vantablack 可覆蓋物複雜之三維物體上，以及表面積較 Vantablack 可覆蓋物大之三維物體上。	無限制。
磨損、脫漆	需覆蓋在受保護的地方以避免磨損與脫漆。	需覆蓋在受保護的地方以避免磨損與脫漆。	不會因為長期日曬、淋雨而磨損或脫漆。
應用領域	天文、軍事國防。	光學儀器、美學。	建築、汽車工業。

表二資料來源：研究者製

伍、研究結論與建議

一、研究結論

- (一) 西元 2007 年，Vanta 塗層就已悄悄誕生，再經過 7 年時間的淬鍊，Vanta 塗層蛻變為 Vantablack。Vantablack 可以吸收 99.965% 的入射波，並同時具備低釋氣、低質量損失，以及強疏水性的優點。Vantablack 在 2014 問世後，經過多次

改良，彌補其需覆蓋在高溫基材上的缺點，成功運用在原本發明 Vantablack 的目的——衛星載黑體校準系統。

(二) Vanatblack S-VIS 和 Vantablack VBx2 是 Vantablack 的延伸發明，擁有較 Vantablack 多元的應用面向，例如：建築、汽車、奢侈品……等；操作方式也較 Vantablack 簡單許多；基材限制也較寬鬆，與日常生活較有關係。

(三) Vantablack 是擁有極高入射波吸收率的極黑物質，能大幅減少雜散光，是精密光學儀器的最佳拍檔，不過因其以化學氣相沉積的法覆蓋在基材，故在操作上需要專業技術，應用範圍較狹窄。而 Vanatblack S-VIS 是以噴塗的方式對被覆蓋物進行疊加，以達到減少反射波的目的方便很多，但卻受到版權的限制，只有藝術家 Anish Kapoor 可使用。Vantablack VBx2 則是在 Vantablack、Vanatblack S-VIS 和 Vantablack VBx2 三者之中可運用範圍最靈活的材料，基材並無限制，且塗層也不太容易受外力磨損而脫落，最便於利用於日常生活。

二、建議

研究主題太新，是本篇小論文在撰寫過程中遇到的最大困難。因為主題太新，參考資料非常的稀少，也很難找到中文文獻，所以耗費了大量時間在閱讀英文文本上，導致在文獻探討的部分結構較為薄弱；也因如此造成撰寫時間延長。雖然 Vantablack 從 2014 年就問世了，但因為是一項較冷門，且操作技術性較高的材料。而 Vantablack 的應用也沒有非常普及，在日常活中非常罕見，希望未來的技術可以更加進步，拓展到我們的日常生活，例如：應用在時尚產業，破壞三維結構，使皺褶隱藏，讓黑色衣服增添神秘感；抑或是成為大眾皆可使用的藝術媒材，促使藝術發展更多元；還可以利用在隔熱、太陽能光電、雷射……等領域，充分利用其特性，將光源困在奈米碳管黑體中，集中能量，達到能源利用的最大化，盡可能的減少能量的流失，在能量轉換中產生更大的效益，善用自然能源，使環境能永續發展。期望筆者對於 Vantablack 的願景在未來都能實現促進全人類的生活便利，許全世界一個美好未來。

陸、參考文獻

- Evangelos Theocharous, Christopher J. Chunnillall, Ryan Mole, David Gibbs, Nigel Fox, Naigui Shang, Guy Howlett, Ben Jensen, Rosie Taylor, Juan R. Reveles, Oliver B. Harris, and Naseer Ahmed (2014, March 21). The partial space qualification of a vertically aligned carbon nanotube coating on aluminium substrates for EO applications. *Journal of the Optical Society of America*, 22(6), 1-4. <https://www.osapublishing.org/oe/fulltext.cfm?uri=oe-22-6-7290&id=282123>
- Daniel Do Rosario and Lauren Chiu (2016, April 04). Vantablack S-VIS: Super-Black Spray Coating. *Stylus*. <https://www.stylus.com/vantablack-svis-superblack-spray-coating>

Surrey Nano Systems Ltd (無日期)。Vantablack 塗層覆蓋在一張充滿皺褶的鋁箔片上。2021 年 6 月 5 日，取自 <https://www.surrenanosystems.com/news-media/images-videos>

Surrey NanoSystems (無日期) ABOUT VANTABLACK。2021 年 6 月 5 日，取自 [About Vantablack | Surrey NanoSystems](#)

Surrey Nano Systems Ltd (無日期)。Vantablack 塗層的強疏水性。2021 年 6 月 5 日，取自 <https://www.surrenanosystems.com/news-media/images-videos>

BMW GROUP (無日期)。BMW VB X6 Vantablack。2021 年 6 月 6 日，取自 [Blacker than black: the first Vantablack car | BMW.com](#)

Luke Hayes (無日期)。Asif Khan's pavilion for the 2018 Winter Olympics。2021 年 6 月 6 日，取自 [Unveiled: Winter Olympics pavilion painted in blackest colour in existence | The Art Newspaper](#)