

探討摩擦起電

陳長德

壹、前言

摩擦起電充斥於我們的生活，通過摩擦的方式使得物體帶上電荷。摩擦起電的步驟，是使用兩種不同的物體相互摩擦，使得它們的最外層電子得到足夠的能量發生轉移，摩擦起電後兩物體必帶等量異性電，透過生活中的實例與課本、新聞媒體等等的所見所聞，來帶著大家好好認識在活在於我們生活中的「摩擦起電」現象。

貳、正文

一、認識摩擦起電

摩擦起電效應 (Triboelectric effect, 或稱 Triboelectric charging), 是接觸起電(Contact electrification) 現象中的一種, 指的是當兩種不同材料經過接觸後, 其表面會開始產生帶電的現象, 當兩物體互相摩擦時, 一物體的部分電子由於受到力的作用, 轉移到另一物體上, 故失去電子的物體帶正電, 獲得電子的物體帶負電, 稱為摩擦起電。摩擦起電不能創造額外的電荷, 電荷只是發生移。相互摩擦的兩物體所帶的電, 其電性相反、電量相等。較適用於絕緣體。例如: 用毛皮摩擦塑膠尺, 電子會由毛皮轉移到塑膠尺上, 故毛皮帶正電, 塑膠尺帶負電。例

如:

用絲絹摩擦玻璃棒, 電子會由玻璃棒轉移到絲絹上, 故玻璃棒帶電, 絲絹帶負電。



圖一：摩擦起電實例

〈資料來源 <https://m.dgjs123.com/ask/202012/21732.html>〉

二、摩擦起電例子

在乾燥的春季, 當你脫下毛線衣、毛料或尼龍、滌綸類化纖衣服, 以及從床上拉起確良被罩時, 就會聽到“噼噼啪啪”的響聲, 在晚上同時還可看到閃爍的火花。不僅如此, 當你的手指觸及門把、水龍頭、椅背等金屬器物時會有電擊感; 還有穿著化纖衣服在地毯上行走, 也時有針刺般的觸電感; 化纖廠工人在紡織化纖時, 手觸紡線也有觸電感, 這些都是生活中常見的靜電現象。

三、摩擦起電應用

自 2012 年起, 美國喬治亞理工學院 (Georgia Institute of Technology) 的王中林教授 (Professor Zhong Lin Wang) 研究團隊, 成功翻轉了摩擦起電效應的

負面形象，將之發展成可以有效轉換環境中機械能的關鍵技術，他也將這關鍵技術

摩擦起電



圖二：摩擦序列表

〈資料來源 https://pb.ps-taiwan.org/catalog/ins.php?index_m1_id=5&index_id=545〉

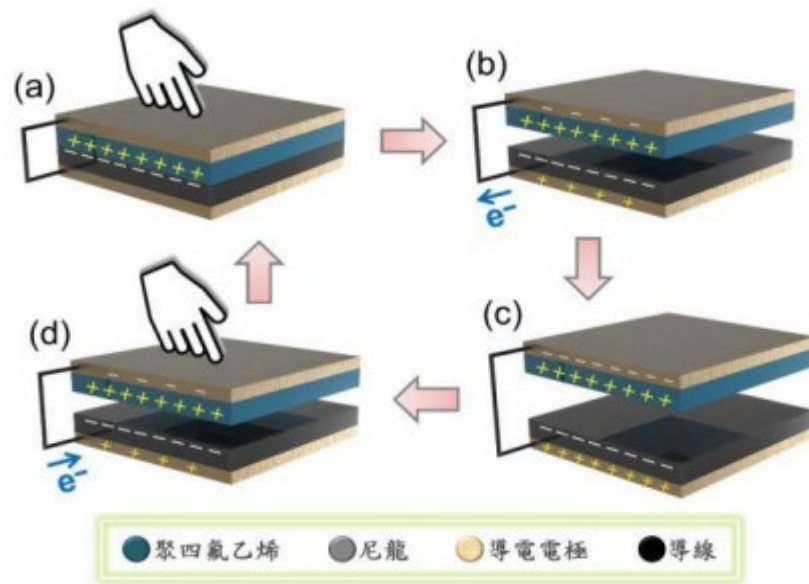
為摩擦奈米發電機 (Triboelectric Nanogenerator, 縮寫為 TENG)[1]。摩擦奈米發電機發展至今，已被成功驗證不僅具能源收集功能，更因其本身轉換的電輸出會隨施加的環境因素程度而有所不同。即意味本身也可以用來感測施加的環境因素，且不需外部電源即可工作。這種特性，就是自驅動感測器 (Self-Powered Sensor) 的精髓。製作摩擦奈米發電機所需的設備及流程並不複雜，且元件的大小及規格可輕易變換，幫助其在不同領域的應用都可以提供切入點做結合。因此在這幾年已演變成機械能收集及自驅動感測器等研究領域最熱門的技術。

- 當摩擦奈米發電機受外力而導致尼龍及聚四氟乙烯接觸時，由於摩擦起電的效應，會導致尼龍表面的電子轉移至聚四氟乙烯的表面，使尼龍表面帶正電，聚四氟乙烯表面帶負電。
- 當施加於摩擦奈米發電機的外力消失，同時將表面帶電的尼龍及聚四氟乙烯分開，此時會導致一電位差的產生，為了平衡此電位差，電子便會從聚四氟乙烯下方的導電電極流向尼龍上方的導電電極，產生電輸出。
- 最終因達到電位的平衡而不再有電輸出。
- 當外力又開始施加於摩擦奈米發電機使尼龍及聚四氟乙烯靠近時，由於存在於尼龍及聚四氟乙烯表面的電荷並不會馬上消失，靠近的行為便會導致電位差的減小，電子此時會從尼龍上方的導電電極流向聚四氟乙烯下方的導電電極，產生另一波的電輸出，最終因尼龍及聚四氟乙烯完全接觸而使電位差回歸到零。

摩擦奈米發電機的技術演變至今，主要提出了四種工作原理以配合不同的應用方向。包括了垂直接觸分開 (Vertical Contact-Separation, 縮寫為 CS) 模式、水平滑動 (Lateral-Sliding, 縮寫為 LS) 模式、單電極 (Single-Electrode,

縮寫為 SE) 模式和非接觸摩擦起電層模式 (Freestanding Triboelectric-Layer

的
的，縮寫為 FT) 等。圖二所解釋的便是垂直接觸分開模式。圖三則是四種工作模式的示意圖。



圖三：垂直接觸分開模式之工作原理示意圖

〈資料來源 https://pb.ps-taiwan.org/catalog/ins.php?index_m1_id=5&index_id=545〉

參、結論

從小到大常常會發生關於摩擦起電的現象，例如在玩溜滑梯時，衣物與溜滑梯表面摩擦，當皮膚碰到表面時，會觸電一下、塑膠梳子梳過頭髮，會發出霹靂啪啦聲響…等等，或許我們生活中都時常看到這些物理現象的發生，但對它們的相關原理卻不是很了解，透過這次的報告，在找尋資料的過程中，發現許多關於摩擦起電的相關知識，而其中我好奇的將摩擦起電中的電能吸收形成另類能源，也是都有相關發明在進步，因此在這個世代有許多物理與科學新知等著我們去發覺，無論是否是相關科系，都可以透過日常生活見聞與老師講解等等去做啟發，這次的課程與報告製作讓我收穫滿滿，也充實了我的知識。

肆、引註資料

一、摩擦起電效應 - 維基百科，自由的百科全書 (wikipedia.org)

二、摩擦起電 - 翰林雲端學院 (ehanlin.com.tw)

三、摩擦奈米發電機

https://pb.ps-taiwan.org/catalog/ins.php?index_m1_id=5&index_id=545 物理雙月刊