

氣相層析儀中的增強型等離子放電檢測器 (Epd) 介紹

1.0 氣相層析儀中常見的檢測器:

市場上有幾種 GC 檢測元件。其中一些具有普遍性應用，而另一些則用在特定於化合物家族。有些檢測元件是取決於待測分子質量相依性，有些是取決於濃度相依性。

以下介紹幾種是最普遍的檢測元件:

FID: 它需要 H₂ 燃料和乾淨的助燃空氣來檢測大多數有機化合物。它也用於檢測 CO 和 CO₂，但是需要一個甲烷轉化器將它們轉化為 CH₄ 再作檢測。

ECD: 主要用於檢測鹵化物，氮化物，有機金屬化合物。它是一種非常靈敏的檢測器。但是，它需要放射源，該放射源常有特定的法規，需要操作允許和文書工作來處理用過的偵測器。

FPD: 可檢測硫、磷、錫、硼、砷、銻..。它需要 H₂ 和清潔的空氣才能運行。

PID: 檢測脂肪族、芳烴、酮、酯、醛、胺、有機硫和一些有機金屬化合物。它也是 VOC 測量的強大工具，具體取決於紫外燈的能量水準，它需要較頻繁更換燈管。

DID 和 PDID: 可以歸類為通用型檢測器，但大多數時候它們用於永久性氣體。通常用氬氣作載氣，這需要更複雜的層析組件的配置，以消除樣品背景。否則，它將導致戲劇性的基線紊亂和未分離的峰值波形。在某些情況下，使用 PDID，使用混合摻配的載氣，用於降低其對特定背景的敏感性。

TCD: 也是一種通用型檢測器，但靈敏度相對較低，某些分子會有出現負回應。它也可能被反應性雜質損壞，具體取決於應用上所使用的設計。

MS (質譜儀) 檢測器具有通用型響應，對於許多應用，需要 GC 前端來改善分離或消除 MS 電離部分中反應性樣品背景的負面影響。與質譜一起使用的前端 GC 可減少光譜中的片段數量來簡化光譜分析，從而消除干擾。一個很好的例子是當樣品同時包含 CO 和 N₂ 時，因為 m/z 比率相同，即 28。這在氣體分析中很常見。

除 MS 檢測器系統外，上面提到的其他檢測器，為使用者提供相關的原始電子信號。沒有雜訊過濾，往往靠軟體作的數據處理。然而，MS 檢測器必然具有的數據處理演算法，並且還可以包括易於數據解釋的質譜資料庫。



2.0 介質阻擋氣體放電(DBD)

載氣形成等離子體:

某種氣體在通過高溫或強電磁場的作用時，此時該氣體內本身存在的游離電子會被加速，並撞擊該氣體的諸中性粒子，使該氣體中各類中性粒子中的電子轉成為游離電子，而該中性粒子也會因缺少了電子而成為陽離子。這些分離出來的游離電子又會被該電場加速，再與其他中性粒子碰撞，此時該氣體擁有陰陽離子，有一部份粒子則維持中性。離子化後的氣體成為由各類陰陽離子、游離電子、中性粒子等多種粒子所組成的電中性物質，其中陰離子的電荷量總和與陽離子的電荷量總和相等，這就是物理學上所謂「電漿」或稱「等離子體」，此時物質廣義上的總電荷是零。

本節簡要描述了通過介電阻隔器來保持等離子體。這種系統稱為介質阻擋放電或 DBD。

Epd 檢測器基於氣體放電(稱為等離子體)，通過介電阻隔器或更確切地說是電容屏壁來維持。這是一種部分電離的介質，它被定義為物質的第四態。

部分電離意味著並非所有分子都被電離。

電離度定義為 $\alpha = N_i / (N_i + N_n)$ 。

其中 N_i 是離子密度的數，

N_n 是中性離子的密度數。

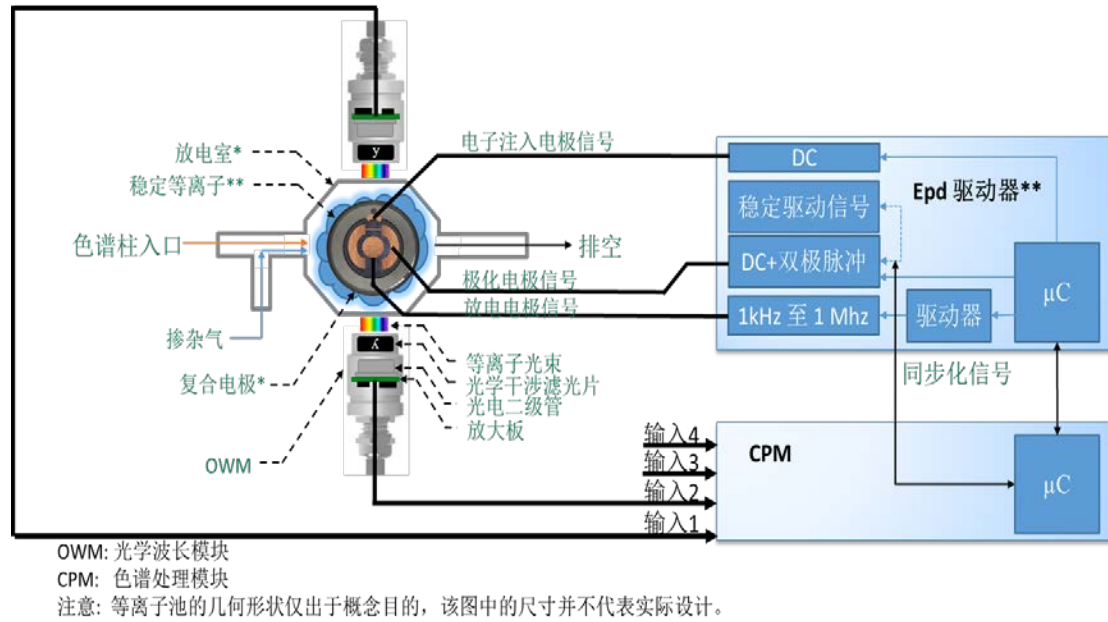
像 He 或 Ar 這樣的純單原子氣體的等離子體由電子，正離子，中性粒子和亞穩態物質，自由基，準分子和高能光子組成。當有一種以上的氣體進入等離子體時，會產生副產物併發生其他現象，例如由於化學反應而產生的副產物，以及在某些情況下產生自然界中通常找不到的不穩定化合物，如 ArO。

等離子體對電場或磁場非常敏感。我們將利用這一特性來提高穩定性，

使用 dielectric barrier 來產生等離子體，此放電被歸類為弱電離，即 $10^{-6} < \alpha < 10^{-1}$ 。它也被稱為低溫等離子體。電離度接近 1 的等離子體被表徵為高度或完全電離，即像太陽這樣的聚變等離子體。我們的等離子體據說處於非局部熱力學平衡狀態。這意味著等離子體區中的各種顆粒並不具有相同的溫度。

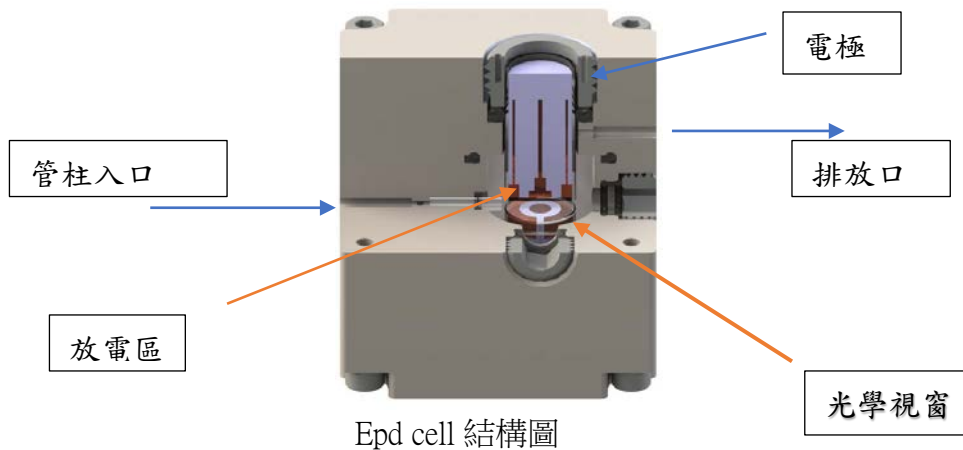
對中性氣體(此處為載氣)施加交變電場來啟動和維持放電狀態。中性氣體總是含有一些電子和離子，這些游離電荷被電場加速，當它們與氣體中的原子和分子或與浮動電極(如選擇注射電極)的表面碰撞時，可能會產生新的顆粒，這些電極也可以塗覆催化劑以改善產物的產生或轉化。藉由由電荷載流子損耗平衡，因而形成穩態等離子體。

3.0 增強型等離子放電檢測器 (Epd) 和光學波長選擇模組(OWM)

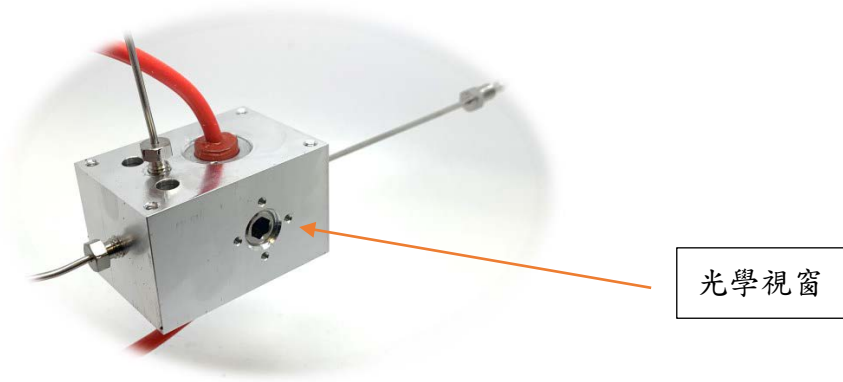


簡單的再敘述一次 Epd 和 OWM 的工作行為:

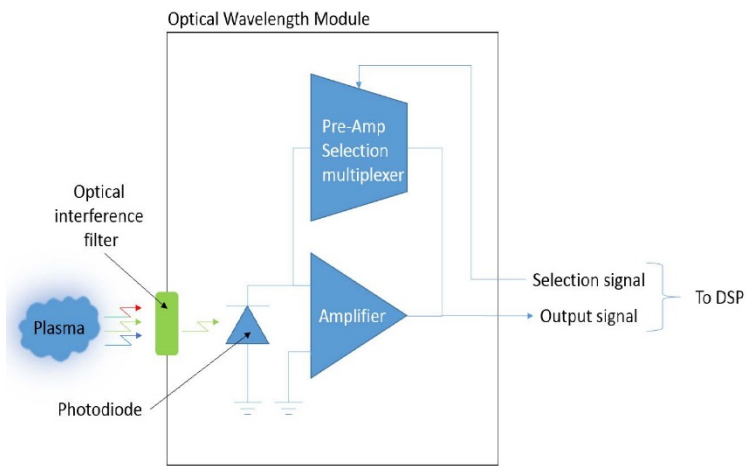
1. 在檢測器的 cell 池體周圍加以高頻、高強度的電磁場，在高頻、高強電磁場的作用下載氣被電離為等離子體 (plasma)。
2. 當樣品進入檢測器的 cell 池體之後，被等離子體電離並發出不同波長的光，光信號經光電二極體轉化為電信號，電信號強度的大小與樣品的濃度成正比。
3. 根據不同成分發出不同波長的光，使用特定的濾光片過濾掉干擾信號，只保留欲量測的特定波段的發射光譜，所以 Epd+OWM 形成一種選擇性的通用檢測器。
4. 可使用氫、氮、氬、氧和氫氣為載氣(亦即形 plasma 的主體)。



Epd cell 結構圖



Epd 的外觀



光學波長選擇模組(OWM) 信號方塊圖



OWM 外觀圖



Ka 6000 型 層析分析儀運用了 Epd、OWM 裝成 1 台 19" 上架式連續自動分析儀。可配 4 個 oven，5 個色譜閥，3 個 EPC，2 個檢測器。量測大宗高純度氣體氫、氮、氫、氧、氮、CO₂ 中的 $\leq 0.1\text{ppb}$ 之雜質。