

行政院及所屬各機關出國報告

(出國類別：實習)

(裝訂線)

研習二氧化碳處理之微量化學分析技術並參加第 12 屆全球暖化國際技術會議

服務機關：臺灣電力公司

出國人 職 稱：化學師

姓 名：張玉金

出國地區：英國

出國日期：90 年 4 月 3 日至 4 月 13 日

報告日期：90 年 6 月 7 日

行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：研習二氧化碳處理之微量化學分析技術並參加第 12

屆全球暖化國際技術會議

頁數 21 含附件： 是 否

出國計畫主辦機關/聯絡人/電話：台灣電力公司人事處/陳德隆

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話：張玉金/台灣電力公司/

電力綜合研究所/化學師/26815424-233

出國類別： 1 考察 2 進修 3 研究 4 實習 5 其他

出國期間：90 年 4 月 3~13 日 出國地區：英國

報告日期：90 年 6 月 7 日

分類號/目

關鍵詞：溫室效應、全球暖化、感應耦合電漿質譜儀

內容摘要：(二百至三百字)

隨著科技文明的發展，人類生活品質大幅的提昇，但對地球生態環境的衝擊也相對的提高，以使用化石燃料為例，造就了我們日常生活中種種的便利，但卻形成了溫室效應，破壞環境，後果仍將由全人類承擔。

由於經濟的成長與溫室氣體的排放量兩者是成正比關係，因此，在追求經濟成長的同時，如何減少溫室氣體排

放是一大挑戰，在此次研習中有兩個研究方向值得注意，其一是新能源的開發：傳統的化石燃料燃燒後必會產生溫室氣體 - 二氧化碳，雖然目前對二氧化碳的管制尚未開始，但國際間管制排放的驅勢是無可避免的，因此，台電應更積極的投入開發新能源、再生能源，如：風力發電、太陽能發電、生質能(biofuel)發電等，如此，俟國際間管制二氧化碳排放時，即可多一因應方案。其二是發電效率的提升：煤炭氣化、流體化床、負載管理等等提升效率的方法，應該盡力去研究或引進台電，除了可增進發電效率、降低二氧化碳排放外，未來為因應民營化，增加台電的競爭力是刻不容緩的事情。

本文電子檔已傳至出國報告資訊網 (<http://report.gsn.gov.tw>)

目錄

壹、	緣由	1
貳、	實習行程說明	2
參、	Thermo Elemental 公司實習	2
肆、	第 12 屆全球暖化國際技術會議	8
伍、	研習心得與建議	15

壹、緣由：

由於溫室效應造成全球暖化，對地球環境生態的衝擊相當大。1997年12月於日本京都召開第三次締約國大會，簽訂具有法定約束力的「京都議定書」，明定為管制的溫室氣體成份共有6種，其中以二氧化碳對整個溫室效應的影響程度最大，因此如何提出適當的解決對策以有效降低大氣中二氧化碳濃度，實為目前人類所公認具迫切性的重要課程。對本公司而言，二氧化碳為化石燃料燃燒後伴隨產生不可避免的副產物，其排放量約佔全國排放總量的三分之一強。如何針對現行二氧化碳處理技術進行探討研究，以儘早規劃因應之道，相信將可有效減輕未來二氧化碳管制所造成的衝擊。

我國為因應「氣候變化綱要公約」，環保署於85年已指示各相關部門分別進行因應措施，其中本公司需協辦項目「加強抑制溫室氣體排放措施之科技研發」，指定電研所需進行電廠二氧化碳攫取與減少釋放之技術研究，本所自86年至91年進行之項目包括：(1)電廠排放煙氣中二氧化碳分離與回收技術的建立。(2)觸媒-氫化反應技術建立。(3)二氧化碳在水處理應用上的研究。(4)化學沉澱處理技術固定二氧化碳的研究。(5)生物法固定二氧化碳的研究。(6)物理法儲置二氧化碳的研究。職於86~89年進行「二氧化碳氫化反應技術研究」計劃，利用觸媒化學法固定二氧化碳，並將其轉化成可再利用的能源 - 甲烷

國際間為期各國在二氧化碳減量排放議題上所採取的相關對策和措施能充分交流、溝通和互相了解，進而達成相關研究工作有效整合的目標，因此，每年均舉辦相關的國際性研討會議，為配合本公司將來對於二氧化碳削減排放因應策略的需求與後續相關實驗、研究，職將參加第十二屆全球暖化國際技術會議，研習固定二氧化碳相關技術與至英國 Thermo Elemental 公司研習 ICP-Mass 應用於

二氧化碳處理之微量化學分析研究。

貳、實習行程說明：

下表所示為職本次赴英國 Thermo Elemental 公司研習二氧化碳處理之微量分析技術與參加第 12 屆全球暖化國際技術會議之行程：

表一、赴英實習行程概要表

日期	工作紀要
90 年 4 月 3 日	往程 (台北 - 曼谷 - 倫敦)
90 年 4 月 4~6 日	英國 Thermo Elemental 公司研習
90 年 4 月 8~11 日	參加第 12 屆全球暖化國際技術會議
90 年 4 月 12~13 日	返程 (倫敦 - 曼谷 - 台北)

參、Thermo Elemental 公司實習：

本所目前擁有 Thermo Elemental 公司之 VG Plasma Quad 3 ICP-MS 微量分析儀器 (如圖 1 所示), 由於 ICP-MS (感應耦合電漿質譜儀) 乃結合感應耦合電漿 (Inductively Coupled Plasma) 極佳的游離分子能力與質譜儀 (Mass Spectrometry) 的高感度、同位素測定能力, 因此, 迅速成為微量分析領域中最重要之技術之一, 為學術研究、環境檢測、化學工業及半導體業不可或缺的分析工具。與傳統的分析儀器比較, ICP-MS 具有迅速的多元素分析、低偵測極限、極佳的線性範圍 (wide linear dynamic working range)、同位素分析與光譜簡單等優點。圖 2 為 ICP-MS 與感應耦合電漿 (ICP)、石墨爐原子分析儀 (GFAAS) 偵測極限與線性範圍的比較, 除了 HR (高解析度) ICP-MS 的偵測極限與線性範圍優於 Quad ICP-MS 外, Quad ICP-MS 的偵

測極限可到 ppt (pg./ml) 範圍，已較一般傳統分析上的偵測極限 ppm (ug./ml)、ppb (mg./ml) 低約 10^3 、 10^6 ，且線性範圍約有 10^9 ，較傳統 ICP 的 10^5 與 GFAAS 的 10^3 為佳，因此，不僅對極微量 ppt 範圍的濃度可加以分析外，對高濃度的樣品也可進行分析。

ICP-MS 儀器具有極佳的分析能力，主要乃因結合 ICP 與 MS 兩種儀器的優點，其分析流程如圖 3 所示，分析的樣品以溶液為主，但固體樣品亦可使用，如使用雷射激發使之變成離子態(本所亦有相關的配備)，唯仍以液體樣品較多。液體樣品經由霧化器 (nebulizer) 霧化後進入於大氣壓力下操作的 ICP，樣品於 ICP 電漿中進行離子化，經由適當的界面(如 sampler、skimmer)減壓、取樣後，進入含有一系列離子透鏡 (ion lenses) 的真空室，藉由離子透鏡來收集、聚焦和傳送樣品離子束，進入在真空系統下操作的質譜儀中量測。至目前為止，大部分的 ICP-MS 均使用四極式質量分析器 (Quadrupole Mass analyzer)，分析的元素質量可到 $m/z=300$ (質荷比)，而且可得到單位質量 (1 amu) 的解析度。在電腦控制下的質量分析器可做相當迅速的連續掃描 (1 秒內可多次掃描 $m/z=1\sim m/z=250$ 範圍)，或是選擇特定 m/z 值來回跳躍測定，經過質量分析器後的離子再進入電子倍增器 (Electron multipliers) 作偵測。

由圖 3 的分析流程可知，一般的 ICP-MS 可分為 (1) 樣品導入系統 (2) 感應耦合電漿 (3) 取樣界面 (4) 離子透鏡 (5) 四極式質量分析器 (6) 偵測器等幾部分。Thermo Elemental 公司就儀器各部分的原理與構造進行詳盡的介紹：

(1) 樣品導入系統：

一般的 ICP-MS 最常利用於液體樣品的分析，但亦可針對不同樣品需求，配合其他導入系統直接分析固體樣品。最常使用的樣品導入系統有：氣動式霧化器 (Pneumatic Nebulizer)、超音波霧化器 (Ultrasonic Nebulizer，

USN)、微小同心式霧化器(Microconcentric Nebulizer, MCN)、直接注入霧化器(Direct Injection Nebulizer, DIN)、電熱式揮發法(Electrothermal Vaporization, ETV)、雷射剝蝕法(Laser Ablation, LA)等方式。以下便針對最常用的氣動式霧化器樣品導入系統進行介紹：

氣動式霧化器是 ICP-MS 最常使用之液體樣品輸入方式，其乃是利用 Venturi effect 的原理，由快速的氣體流動產生壓力差，將液體吸入氣流中並加以分裂成不同的大小顆粒，約 0.1~200 μm ，形成煙霧質(Aerosol)，再利用噴霧室(Spray Chamber)，將大顆粒的液滴沉積，只讓較小且均勻的 0.1~10 μm 液滴進入 ICP 內。氣動式霧化器一般有兩種設計：交叉流式(cross-flow)，與同心圓式。由於 Venturi effect 的緣故一般都不需使用幫浦，液體樣品即會自動被吸入，但若樣品黏度與表面張力不同時，最好藉由蠕動幫浦以減少流速的差異。氣動式霧化器的樣品輸送效率(transport efficiency)為 1~3% (粒徑 < 10 μm 之 Aerosol)，約有 97~99% 的樣品會經由噴霧室(如圖 4 所示)排出，進入廢液桶。ICP-MS 通常使用氬氣當作霧化氣體，流量約 0.8~1L/min。

(2)感應耦合電漿

電漿乃是一種含高密度電子的離子化氣體，故需要有源源不斷的氣體以供電漿之生成，目前 Argon(Ar)是最佳的氣體，不論在價格或是由它所產生電漿的穩定性、離子化效率(溫度)等等，都較其他惰性氣體(如 He、Ne.....)等為佳。因電漿為高密度的正負電荷，所以極容易與磁場作用，若磁場隨時間改變，則可與電漿產生感應耦合現象。

圖 5 為 ICP 游離源的結構圖，噴燈(Torch)乃是由三層石英管所構成，氬氣經由石英管下端進入，以進行不同的功能，外層石英管以切線方向導入流量約 15 L/min 的氬氣，此外層氬氣形成電漿、冷卻石英管，並使電漿能於石

英管內穩定形成，稱此外層氣體為"冷卻氣體"(Cool Gas)，中間層石英管供應流量約 1 L/min 的氫氣，為輔助氣體(Auxillary Gas)，其目的主要為調整電漿的產生與取樣的位置，避免樣品注入管(Sample Injection Tube)過熱熔化。最內層石英管為"樣品注入管"，其功能為載送霧化樣品進入電漿。石英管口繞以感應線圈(Inductive Coil)，此線圈連接至無線電頻率產生器(Radio Frequency Generator，頻率約數十 MHz)，當感應線圈導入電流時，則線圈周圍產生同頻率、方向與線圈垂直的磁場，此時由位於外層冷卻氣體石英管上方 Tesla Coil 高壓放電而使石英管內的氫氣游離，所產生之自由電子及氫氣離子受高頻磁場影響，在石英管內形成電渦流(eddy current)。由於磁場強度及方向隨時間改變，造成電漿中電子加速運動，若在運動過程中和其他氣體分子(如 Ar)相互碰撞，則會因電子受到阻力，而產生焦耳加熱現象(Joule heating)，使得更多氣體分子(如 Ar)游離。此過程快速且重覆進行，氣體分子(如 Ar)瞬間大量游離產生高達 9000~10000K 之高溫電漿，如圖 6 所示。若此時將待測樣品送入電漿中，則此高溫電漿能將樣品氣化、原子化、進而離子化。

利用 ICP 為製作離子的來源，有以下幾個優點：(1) 大部分的元素在電漿的溫度下 ($> 6000\text{K}$)，除了 As(52%)、Se(33%)、S(14%)、 $\text{F}(9 \times 10^{-4})$ 等四個元素解離程度較差外，90% 以上均會解離成離子。(2) 氫氣感應耦合電漿優先產生帶一價正電荷的離子，產生帶兩價離子與氧化物(oxide molecules)的機率極少。(3) 利用氫氣感應耦合電漿產生離子所需之能量介於 2~10eV 間，除了所需離子能極小外，少量散射的能量對四極式質譜儀亦是極佳的選擇。

(3) 取樣界面

由於 ICP 需在大氣壓力下進行，而質譜儀需在高真空環境下操作，故需要一個界面(interface)將離子樣品減壓

並導入真空環境中，稱此界面為"取樣界面"(Sampling Interface)，如圖 7 所示。取樣界面是由一台轉動幫浦(Rotary Pump)及兩個小孔(Orifice)組成，此兩個小孔稱為 Sampling Cone、Skimmer Cone，介於 Sampling Cone、Skimmer Cone 間的是"膨脹室"(Expansion Chamber)。

Sampling Interface 乃是從大量的電漿中將樣品離子取出，並維持在一定真空度下將樣品離子持續且穩定的導入系統分析，如此一來 sampling cone 內徑大小就相當重要。sampling cone 內徑不得小於 100 倍的氣體平均自由徑，以 Argon 在 7500K 之平均自由徑為 $1.6\mu\text{m}$ ，因此，sampling cone 內徑不得小於 $100 \times 1.6\mu\text{m}$ 即 0.16mm ，故 sampling cone 內徑設計成 1mm ，即可維持真空度又可維持樣品離子持續且穩定的導入系統。

利用轉動幫浦將膨脹室壓力抽至 2mbar ，因此一大氣壓力下樣品離子經由 Sampling Cone 進入膨脹室，約減壓 10^3 倍，因壓力驟減，使得樣品離子在膨脹室內產生"超音速噴射現象"(Supersonic jet)，並快速通過 Skimmer Cone，位於 Skimmer Cone 後面的是 Extractor，Extractor 加上一負電位以吸引帶正電之離子，並阻止帶負電之粒子進入 Intermediate Chamber。

(4)離子透鏡

Intermediate Chamber 內有一系列離子透鏡(Lens Stack)，其壓力需小於 $1.0 \times 10^{-4}\text{mbar}$ ，離子透鏡之功能是将正電荷之離子限制在特定的飛行路徑上，使其能進入分析室內(內含四極式質譜儀)，並阻止其他帶負電或不帶電粒子進入。另外在離子透鏡之組合中通常會加入阻光柵(photon stop)，以防止來自 ICP 的散射光(紫外光)到達偵測器而增加背景訊號。

(5)四極式質量分析器

帶正電的離子樣品進入 Intermediate Chamber 後，經

離子透鏡收集、聚焦及傳送後進入分析室內(其真空壓力需小於 2.0×10^{-6} mbar), 樣品離子再經四極式質量分析器過濾分析, 只讓特定 m/z 值的離子進入偵測器作測定。

傳統四極式質量分析器, 如圖 8 所示, 主要是由四根圓棒所組成的電極, 以四方形之對角線排列而成, 並將直流電壓(DC Voltage)及無線電頻電壓(Radio Frequency voltage, RF)通入每一對電極, 只是 X 軸對的直流電壓為正電, Y 軸對的直流電壓為負電, 且 X 軸對的無線電頻電壓與 Y 軸對的無線電頻電壓相位相差 180 度, 如圖 9 所示, 只有一定值之 m/z 能順利通過四極柱而達到偵測器, 其餘 m/z 值的離子將由於不穩定之運動路徑碰撞到四極柱電極表面, 其電荷被中和, 經由真空系統排掉。另一方面藉著改變 V_{dc} 與 V_{rf} 電壓的方式掃描, 便能使一系統不同 m/z 值的離子在不同時間通過四極柱而到達偵測器, 完成質量掃描。使用四極式質量分析器具有體積小、便宜、掃描時間短(掃描整個質量範圍可以在幾個微秒內完成)等優點。

離子由 ICP 進入膨脹室、Intermediate Chamber 與分析室內, 壓力由一大氣壓降至 10^{-6} mbar, 該如何使壓力降低而不致於影響儀器的感度, VG Plasma Quad 3 ICP-MS 採用三段式抽真空的方式, 如圖 10 所示, 第一段將壓力抽降至 2 mbar, 第二段將壓力抽降至 10^{-4} mbar, 第三段續將壓力抽降至 10^{-6} mbar, 由於過程採三段式抽氣漸進減壓, 因此, 系統中離子得以穩定的由 ICP 到達分析室內。

(6) 偵測器

樣品離子經四極式質量分析器過濾分析, 讓特定 m/z 值的離子通過後, 隨即進入偵測器作測定。ICP-MS 常用的偵測器為電子倍增器(Electron multipliers), 其工作原理為一個離子撞擊到電子倍增器的表面後, 產生 $10^{+4} \sim 10^{+5}$ 個電子, 在將這些電子引出, 形成一電流訊號, 電流訊號再轉換成電壓訊號, 電壓訊號轉換成頻率訊號, 此頻率訊

號經由電腦轉換處理後，成為可判別之圖譜式數據。一般電子倍增器可分為不連續式與連續式之硬體設計，如圖 11 所示。而訊號偵測則可分為 Analogue、Pulse-Counting 與 Dual Mode 三種方式。

由於 ICP-MS 具有迅速的多元素分析、低偵測極限、極佳的線性範圍、同位素分析與光譜簡單等多方優點，因此已廣泛的應用在分析技術上，可應用的範圍很廣，如：環境、生態、核能、半導體、石油化學、金屬、濃縮分析、食物、一般化學、生命科學等領域。

肆、第 12 屆全球暖化國際技術會議：

隨著科技文明的發展，人類生活品質大幅的提昇，但對地球生態環境的衝擊也相對的提高，以近來造成全球暖化的溫室效應 (Greenhouse Effect) 為例，便是人類科技文明下的產物。當太陽光照射地球表面時，約有 48 % 的太陽光 (主要是可見光與紫外光) 可穿透大氣層抵達地球表面，其能量可讓地球生態系吸收利用。於吸收利用的過程中，部份太陽光電磁波會轉變成波長較長的電磁波 (如紅外線) 釋放至外太空，此時，若於大氣層中存在會吸收此種電磁波的氣體，則會減少此類電磁波返回外太空的機會，亦即表示這些電磁波所帶有的能量無法釋放回太空，會存在於地球表面，使地球表面的溫度升高，稱為溫室效應。由於溫室效應的影響，專家預計，在下一個世紀，地球表面溫度將上升 1~3.6 度，由於地表溫度的上升，海洋亦會因冰山的溶化而在 2100 年升高 30~60 公分，除此之外，溫室效應亦會造成氣候的改變，氣溫冷熱急遽變化、洪水、暴風雨、紫外線曝露量增加及感染性疾病增加等對人體健康有害的影響。

由於溫室效應對地球環境生態的衝擊相當大，因此，已引起國際間對此問題的重視，於 1992 年 6 月在巴西里約

熱內盧舉行的聯合國環境與發展會議 (UNCED) 中決議簽訂「氣候變化綱要公約」，1996 年 7 月在瑞士日內瓦舉行聯合國「氣候變化綱要公約第二屆締約方會議」，決議訂定溫室氣體減量議定書。在 1997 年 12 月於日本京都召開第三次締約國大會，會議中更實際簽訂具有法定約束力的「京都議定書」，將二氧化碳 (CO₂)、甲烷 (CH₄)、氧化亞氮 (N₂O) 及三種有害臭氧層的氟氯碳化物 (CFC-11、CFC-12 及 CFCs) 等六種碳鹵化合物溫室氣體全部列入管制，更明定歐洲聯盟必須在 2008 年到 2010 年前，將這 6 種溫室氣體的排放量降至比 1990 年標準減少 8 %、美國及日本則分別減少 7 % 及 6 %，其他工業國家則應較減少 5.2 %。由此可看出，國際間對溫室氣體的排放已進入要各國實質承擔與分攤責任的階段。臺灣雖非聯合國的會員，但基於身為地球村的一份子與對國際社會的責任，降低溫室氣體的排放量亦是刻不容緩的事情。

本公司的火力電廠，使用的燃料不論是煤炭、石油或天然氣，經燃燒後，均會生成二氧化碳，初步估計可算出本公司火力電廠所排出之二氧化碳量約佔全國二氧化碳排放總量的 32 %，即約佔全國二氧化碳排放總量的三分之一左右 (環保署，民國 86 年)。由於所佔的比例相當高，未來台電除了擬定電業發展策略以因應二氧化碳排放趨勢外，如果能將電廠排放的二氧化碳加以回收、固定、利用，不僅全國較易達到「京都議定書」中協商 2010 年二氧化碳減量的排放目標，亦可對保護地球生態環境盡一份心力。

正因為溫室效應所造成的問題是全球性的，所以，引起科學家們廣泛的研究，每年固定舉辦相關的研討會就有兩個，其中之一為全球暖化國際技術會議，是由位於美國芝加哥的全球暖化國際中心所舉辦，今年是第 12 次會議，於 4 月 8 日至 11 日在英國劍橋大學的 New Hall 舉行。

於發表論文前，邀請英國環境、運輸及區域部

(Department of the Environment, Transport and the Regions)的官員 David Warrilow 進行演講，其講題為”Climate Change-Disaster or Opportunity”，茲將相關內容介紹如下：

David 首先針對全球氣候變化問題 (Natural Climate Change Problem)的特性進行介紹，其摘要如下：

- global
- complex/uncertain details
- long term
- caused due to fundamental humans activities
- raises issues of equity
- no simple solution

David 明確指出氣候變化問題是全球性的，不是單一國家或區域的問題，且由於牽涉的範圍與層面相當廣，因此也是複雜且未確定性極高的問題，由於問題複雜，因此解決的方法也不是唯一、簡單的方法便能解決。造成此問題的原因主要乃導因於人類的基本活動，只要有人類，溫室氣體一定會排放，又由於各國經濟發展的不同，排放溫室氣體的量又各不相同，因此如何在增加公平性的前提下，尋求解決溫室氣體排放的方法，是大家關心且重要的課題。

在尋求解決溫室氣體排放方法的同時，亦引起大家對解決此問題的疑問，其中最為大家關心的問題如下：(1) 氣候真的改變了？(2) 真的是人類的責任？(3) 影響很大嗎？(4) 太陽黑點 (sunspot) 與冰河時期 (ice age) 的影響又如何？(5) 會不會太早因應？(6) 所花費用太高？

經歷了 1992 年 6 月在巴西里約熱內盧決議簽訂「氣候變化綱要公約」後，世界各國在這 10 年內面對溫室氣體排

放減量，所遭遇到的挑戰如下：

- (1) 京都議定書明定世界各國必須在 2008 年到 2010 年前，將溫室氣體的排放量降至比 1990 年標準減少至少 5%，但是由於人口的增加、經濟活動頻繁的發生，溫室氣體排放劇增情況下，1997 年所計算溫室氣體需減少的量已經明顯不足，若依當時計算的依據，溫室氣體的排放量應降至比 1990 年標準減少至少 17%，才足以減低溫室效應對地球環境生態的衝擊，因此，京都議定書明定溫室氣體排放減少至少 5% 僅是第一步而已。
- (2) 由於溫室氣體減量需逐步進行，因此，各國已有 2000 年需將溫室氣體減量至 1990 年排放標準的準備，但事實上大部份已開發國家均未能達到此項要求，尚有一些國家其排放亦增加，因此，初步的目標若未能達成，則後續減量過程將會遭遇到更大的困難。
- (3) 在溫室氣體減量的時程與百分比等等議題上，多由已開發國家領導開發中國家、未開發國家。但事實上，已開發國家的經濟發展多已趨向平衡，溫室氣體的排放量較大亦較穩定，而開發中國家、未開發國家則經濟剛在起飛，溫室氣體的排放量與成長趨勢多呈快速甚或是倍數的成長，因此，若以 1990 年的排放為基準，對開發中國家與未開發國家並不盡公平，所以開發中國家與未開發國家對京都議定書明定的減量標準多不表贊同，而諸如：歐洲、北歐等國則希望能儘速達到京都議定書的減量標準。由於各國間歧見尚多，如何取得共識是一大挑戰。

最後 David 提出解決氣候變遷的一些方法 (solutions)，如：

- (1) increase efficiency：由於使用能源必然會產生溫室氣體，但因有人類必有經濟活動的產生，能源的使用是

必然的，因此，若能增加使用能源的效率，即相當減少能源的消耗，亦可減少溫室氣體的排放。

- (2) new technology-low or no emission：使用傳統的石化能源必有溫室氣體的產生，若能嘗試尋求新技術使溫室氣體的排放量降低或不排放，則可解決問題。
- (3) sequestration：利用 sequestration 約束各國來降低溫室氣體的排放。
- (4) trading：經由買賣或交易的方式，溫室氣體產生量大的國家向排放量低的國家購買排放量，經由一定的控制使溫室氣體產生量維持一特定平衡。
- (5) adaptation：由於氣候變遷的速度是越來越快，若仍無法儘快將溫室氣體減量，人類應試著適應將來氣候改變後地球的環境。

開會期間適逢美國總統布希已宣佈不簽訂京都議定書，引起會場上大家一陣的譴責，但由於美國是全球第一大國，具有領導示範作用，因此，在與全球暖化國際中心此次會議負責人李博士的討論中，她指出布希的背景與他背負的競選支票使他不得不拒簽議定書，因此希望能透過其他方法遊說布希，讓他了解溫室氣體減量的重要性，更希望布希此次的宣示是他執政的短期目標 (short term goal)，而非長期目標 (long term goal)。

本次研討會分七個主題，發表論文 83 篇，於三個會議室分別進行研討。七個主題與所研討的內容分別介紹如下：

- (1) Kyoto: Strategies for Mitigation of Greenhouse Gas Emission & Energy & Natural Resources Future
- (2) Greenhouse Gas Emission & Global Climate
- (3) Human Health in a Changing Climate

- (4) Kyoto : Food & Agriculture Impacts & Reforestation & Carbon Budget
- (5) Extreme Events , Global Warming , Climate Future & Climate History
- (6) Kyoto : Policy , Strategies & Economics
- (7) Climate Change & Ecology

於減量策略方面，加拿大學者提出減少住宅能量使用與降低碳排放的政策，德國學者指出應利用都市環境政策降低二氧化碳的排放，尤其是需從公共行政建築開始，捷克與黎巴嫩的學者則分針對捷克與開發中、已開發等國家的溫室氣體排放與減量策略進行介紹，而英國學者則提出面對氣候變遷所採取的策略與哲學。

在新能源研究方面，有德國學者提出的利用氫氣製造 Hydrogen powered fuel cell 取代現有運輸使用的能源，以降低二氧化碳排放。亦有利用風力、太陽能等之相關論文。

在氣候變遷方面，挪威學者提出歐洲溫室氣體排放與污染物間關連方法之研究，尚有一些學者利用不同方法，如輻射求出大氣中溫室氣體的含量，並尋求建立溫室氣體基準 (baseline) 計算的方法，亦有學者利用輻射的改變求出地表變動與空氣溫度間之關係，而墨西哥學者利用熱力學氣體模型進行氣候變遷的模擬，俄羅斯、芬蘭學者則指出利用湖泊來作為氣候變遷的指標，在 Bahrain 則可明顯看出溫度與降雨趨勢之改變。氣候變遷對生態的影響亦有多位學者提出相關的論文研究。

在農業方面，美國學者提出由於氣候的改變，影響到美國棉花的產區與產期，而來自北京的學者則指出氣候變化在中國則嚴重衝擊到 Loess Plateau 的生態與農業，另有學者於美國南部嘗試利用植樹來固定二氧化碳並計算其

經濟價值,瑞典學者則研究柏樹於 20 世紀暖化環境下所受之影響,墨西哥學者則發表在氣候改變下不同季節對昆蟲生態的影響。

亦有多位學者發表在溫室效應下,直接或間接對不同經濟體系所會造成的衝擊與回應相關之論文。而因溫室效應進而導致全球氣溫上升,進而影響到一些藥品的保存、運送,甚至於增加一些疾病的發生率等研究結果,亦引起大家廣泛的注意與討論。

與發電有關的研究論文有下列三篇:(1)A Method of Minimizing the Rate of the CO₂ Emission From a Variable-load Power Plant Fired with Fuel Oil:作者 V.I.Kouprianov 等人利用位於泰國 1230-MW 的燃油發電廠進行實驗,實驗方式乃是應用動力線性程式(dynamic linear program)來決定 24 小時內電廠的負載,欲達到的目標有二,一是減少每日燃料量,進而降低 CO₂ 的量,一是考慮進入、輸出成本與 NO_x、SO_x 含量等因素,增加鍋爐效率進而降低總操作成本。由實驗結果可知,利用此系統可得到 24 小時最佳的負載分佈情形,並可使 CO₂ 排放量減少 3%。(2)Technology Development in Finland to Support the CO₂ Reduction: M.Kara 等人提出於芬蘭建立 pilot plant 經驗,認為改善電廠效率即相對可減少 CO₂ 排放,所研究最新的技術有下列幾種: biofuel power plant、circulating fluidized bed boiler、recycled fuel gasification plant。(3)Emission of Arsenic and Gaseous Pollutants from Power Generation in Northern Thailand: Impacts on Ecosystem and Human Health: V.I.Kouprianov 等人研究位於泰國北部發電量 2625MW 之 Mae-Moh 電廠,1995 至 1999 年期間電廠附近氣體污染物(SO_x、NO_x、CO₂)排放及砷的含量,並由氣體污染物之值求得一評估值 CL,利用 CL 值可求出對生態之影響,由結果得知,砷的含量均遠低於 50ppb,而超過 75% 的生態環境

會受到 CL 值影響。

伍、研習心得與建議：

隨著科技文明的發展，人類生活品質大幅的提昇，但對地球生態環境的衝擊也相對的提高，以使用化石燃料為例，造就了我們日常生活中種種的便利，但卻形成了溫室效應，破壞環境，後果仍將由全人類承擔。

由於經濟的成長與溫室氣體的排放量兩者是成正比關係，因此，在追求經濟成長的同時，如何減少溫室氣體排放是一大挑戰，在此次研習中有兩個研究方向值得注意，其一是新能源的開發：傳統的化石燃料燃燒後必會產生溫室氣體 - 二氧化碳，雖然目前對二氧化碳的管制尚未開始，但國際間管制排放的驅勢是無可避免的，因此，台電應更積極的投入開發新能源、再生能源，如：風力發電、太陽能發電、生質能 (biofuel) 發電等，如此，俟國際間管制二氧化碳排放時，即可多一因應方案。其二是發電效率的提升：煤炭氣化、流體化床、負載管理等等提升效率的方法，應該盡力去研究或引進台電，除了可增進發電效率、降低二氧化碳排放外，未來為因應民營化，增加台電的競爭力是刻不容緩的事情。

於研習 ICP-MS 的過程中，經由 Thermo Elemental 公司詳盡的介紹後，不僅對本所現有之 VG Plasma Quad 3 ICP-MS 微量分析儀器原理及構造有深刻的了解，於實驗分析的過程中更了解到精密的微量分析與傳統分析上的差距，尤其在樣品前處理上，如何保持樣品不受污染是一大技巧，本年度計畫「電廠二氧化碳攫取與減少釋放之技術研究」即可使用 ICP-MS 應用至相關之微量分析上。

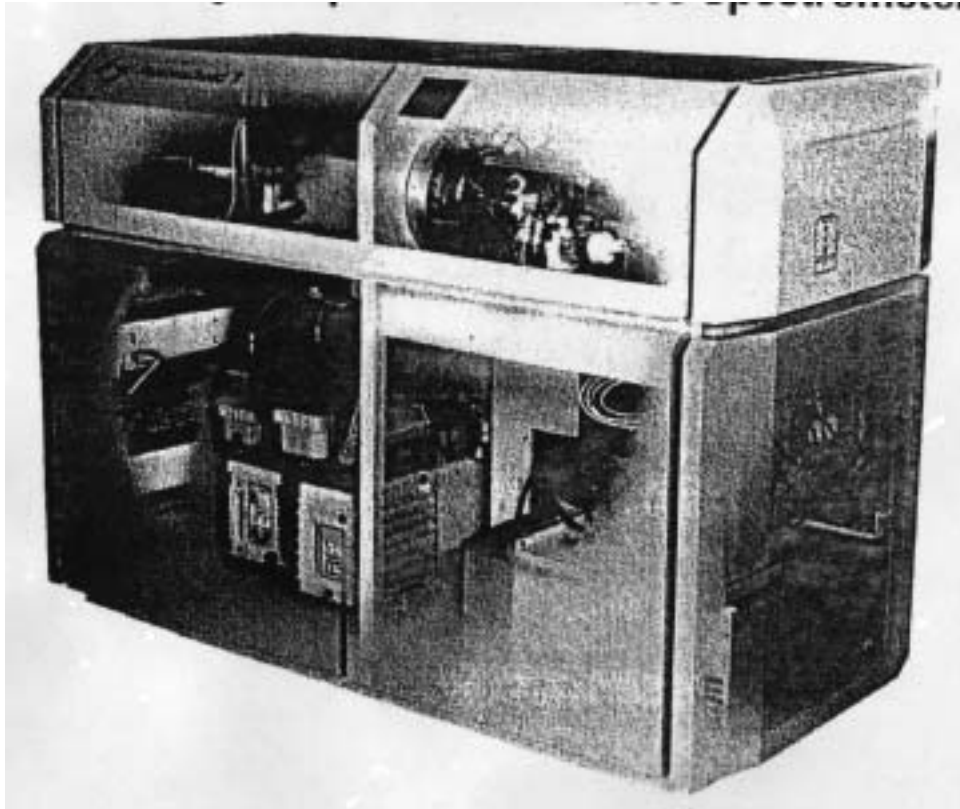


圖 1、VG Plasma Quad 3 感應耦合電漿質譜儀

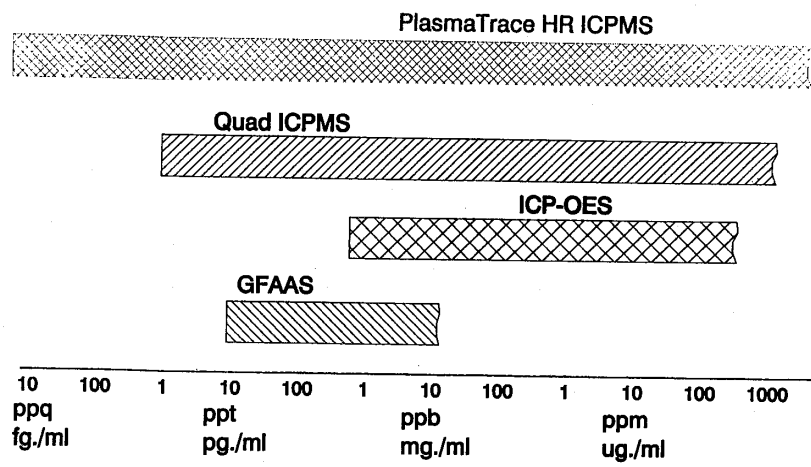


圖 2、偵測極限與線性範圍的比較

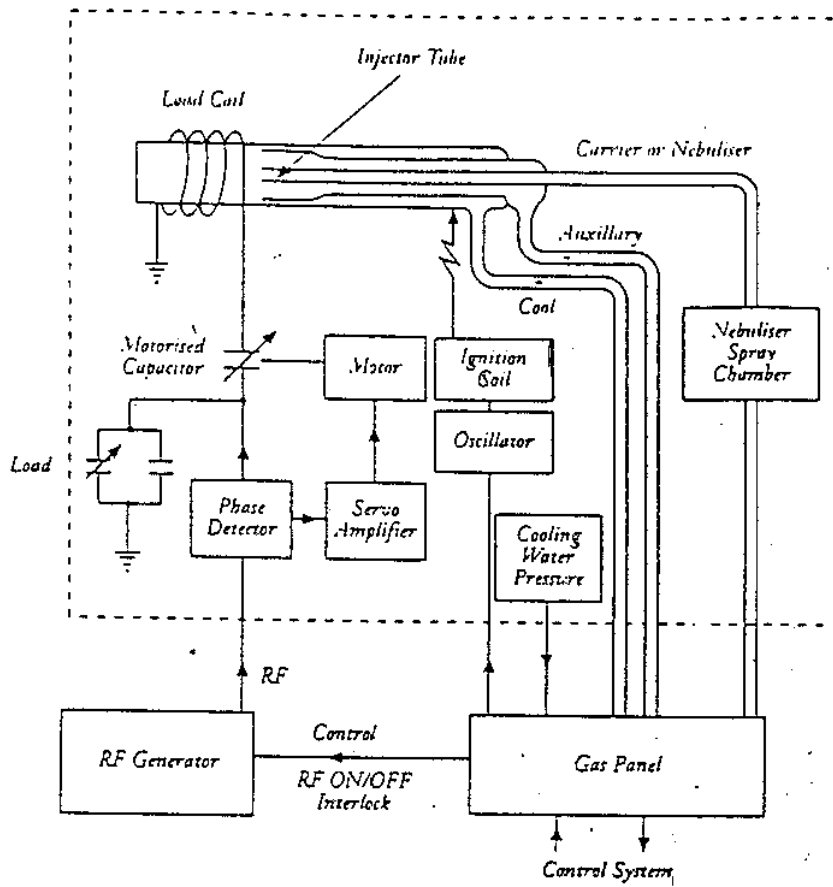


圖 3、ICP-MS 分析流程

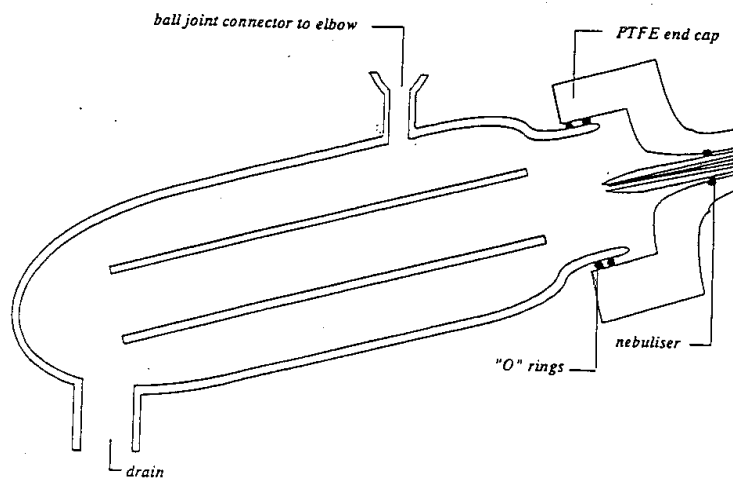


圖 4、噴霧室

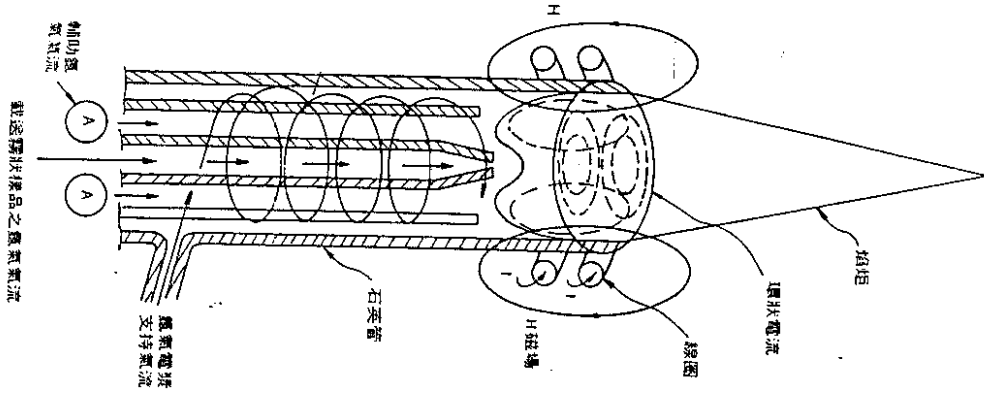


圖 5、噴燈及感應耦合電漿結構

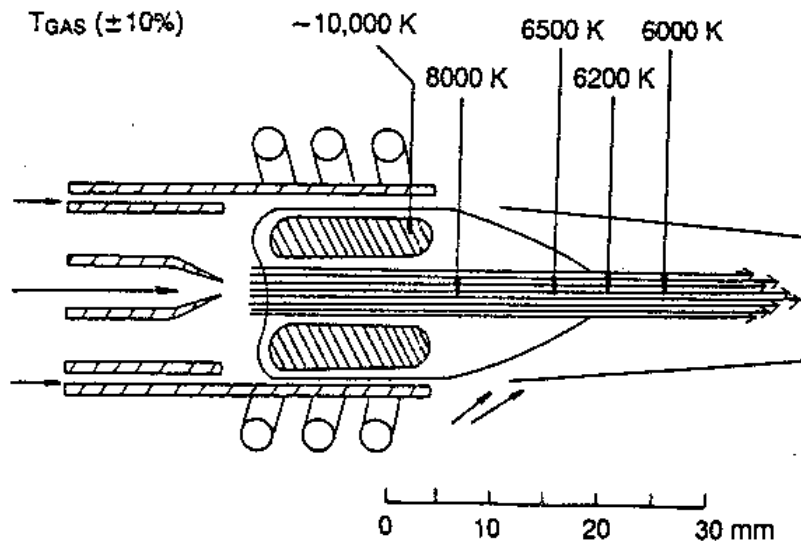


圖 6、感應耦合電漿溫度分佈圖

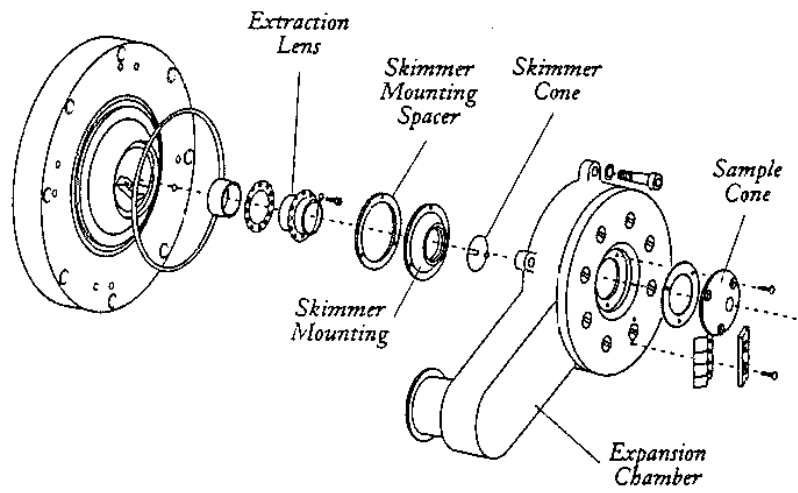


圖 7、取樣界面

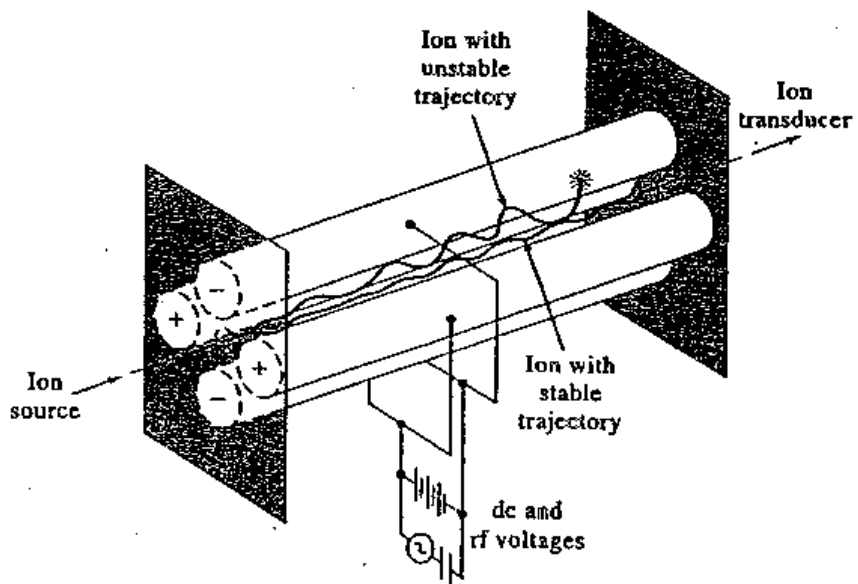


圖 8、傳統四極式質量分析器

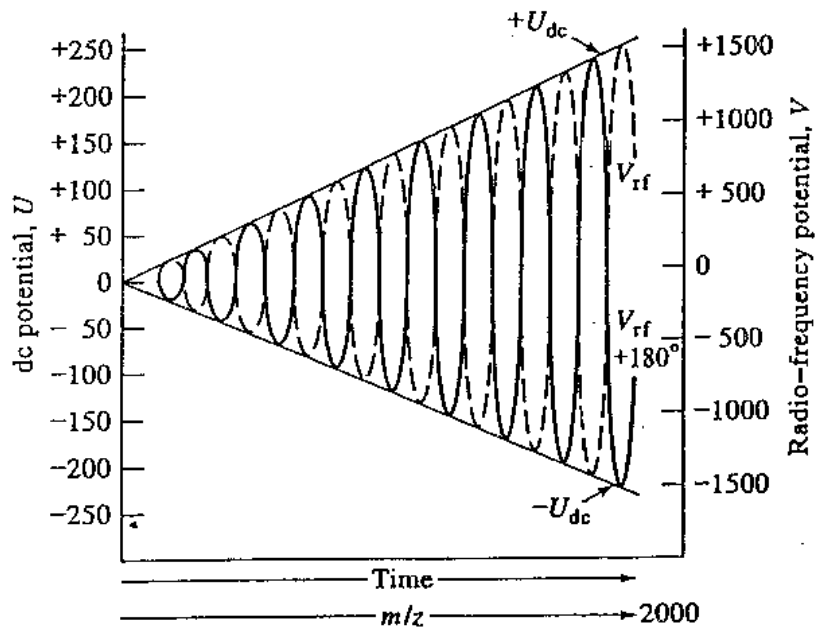


圖 9、直流電壓 V_{dc} 、無線電頻電壓 V_{rf} 與 m/z 值之關係

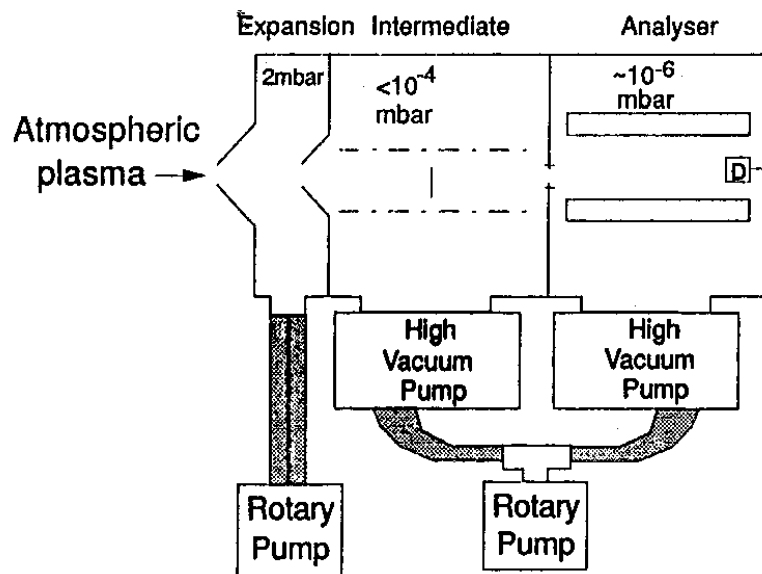


圖 10、三段式抽真空

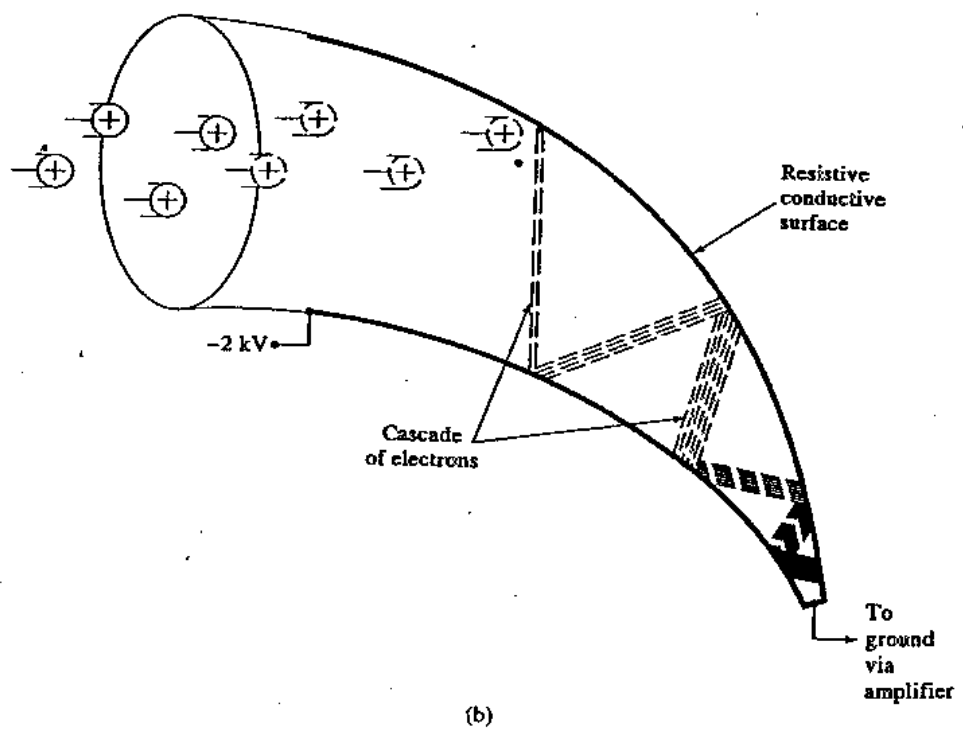
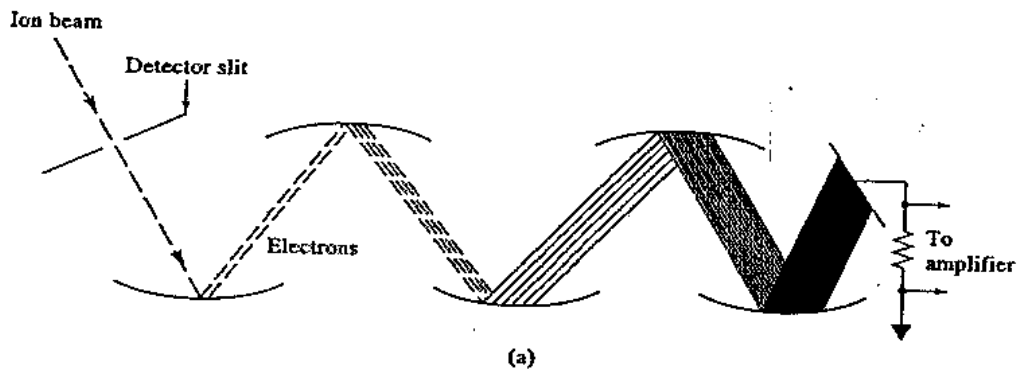


圖 11、(a)不連續式與(b)連續式之電子倍增器