

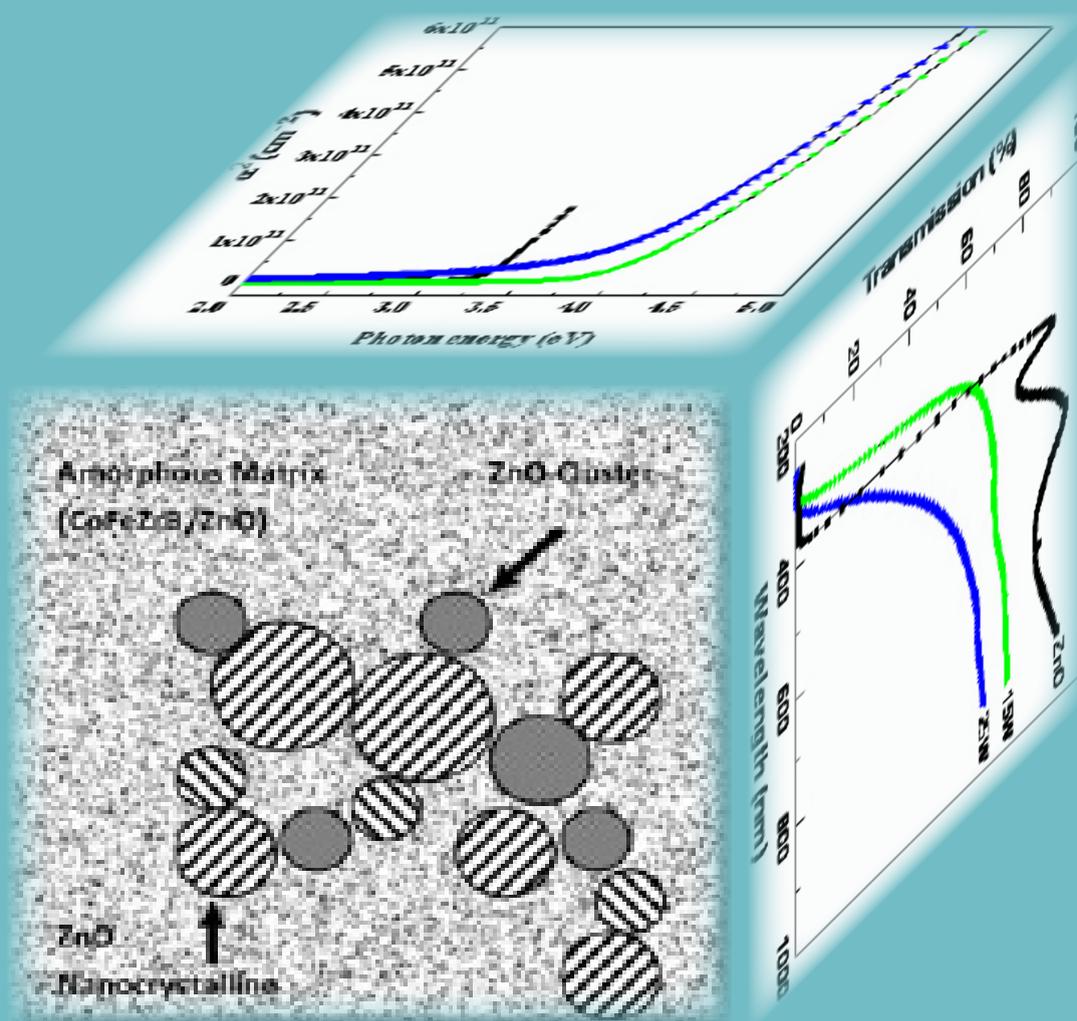
義大 研訊

Summer

2011

SEARCH & DISCOVERY

RESEARCH AT ISU & EDH



I-SHOU UNIVERSITY



E-DA HOSPITAL

02 消息報導

09 文摘

摻雜ZnO對Co-Fe-Zr-B複合膜之奈米結構及
光學性質影響

沒食子酸誘導人類白血病細胞生長停滯與細
胞凋亡

射頻濺鍍法製備Pt-CaO-SiO₂-SnO₂ 氣體感測
薄膜

利用拉普拉斯轉換法求解時變體積流率所引
起之柏格流體暫態流問題

42 活動

44 機會

57 編輯室



義大教授沈季燕學術、服務表現樣樣出色

榮膺IET院士

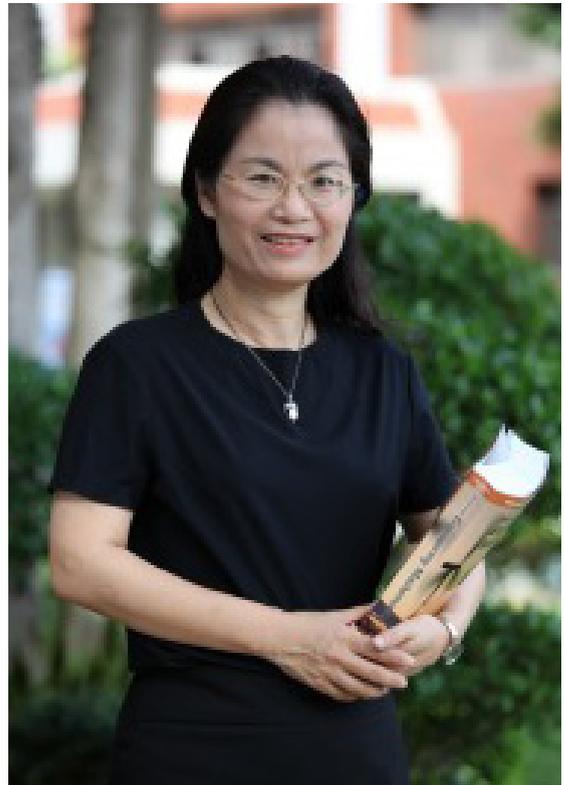
歐洲國際工程技術學會(IET)發佈院士名單，義守大學再度表現亮眼！義守大學電機工程系教授兼研發長沈季燕榮膺IET (Institution of Engineering and Technology)工程技術學會院士(Fellow)。沈教授致力學術研究不遺餘力，並多次參與國內外學會及研討會，將所學貢獻於社會。故受到國際學者推崇，榮獲院士(Fellow)資格。

國際工程技術學會(IET)前身為國際電機工程師學會(IEE)，為電子電機工程領域之國際知名專業學術團體，總部設在英國的Stevenage。IEE創立於1871年，最早名稱為電報工程師學會(Society of Telegraph Engineers)，1888年正式更名為國際電機工程師學會(IEE)。2006年國際電機工程師學會(IEE)和國際工業工程師學會(IIE)合併，才又更名為國際工程技術學會(IET，www.theiet.org)。

IET學會目前在全球擁有15萬以上的會員，為全歐洲規模最大且涉及工程領域最廣的工程學會。IET學會設有多種會員類型，包含學生會員(Student Member)、會員(Member)及院士(Fellow)等。而Fellow是該學會頒給在科學與工程技術領域具有領導能力，且有重要學術成就及傑出貢獻專業人士之最高榮譽。

IET會員必須具備下列條件方才具備有院士候選人資格，包含優越的領導才能、傑出的學術或專業表現、卓越的服務貢獻及至少五年以上傑出的個人表現與經歷。選拔過程中，更要有兩位國際知名學術組織的院士推薦；如一位IET院士與一位IEEE院士，最後經IET院士審核委員會投票，贊成通過後才可成為該學會之院士。

IET學會每年經推薦成為院士候選人來自世界各地，均為工程領域傑出人士。沈季燕教授主要以專業服務、研究及行政管理績效三方面的傑出表現獲得青睞。沈教授除管理本校研究發展事務績效卓越外，並致力於聲波通訊元件與生醫感測的研究，相關研究成果共發表SCI國際學術期刊論文、學術會議論文、專業報告和專書共123篇，以及2項美國發明專利和4項中華民國發明專利。除此之外，沈季燕教授還參與經濟部、國科會等政府機構輔導產業之產學合作計



畫，擔任顧問提供專業諮詢，加強產學界間的連結，致力將所學貢獻於社會。沈教授也積極參與國際學會活動，獲邀擔任過許多國際研討會之委員、主持人、演講者及許多知名國際期刊審查委員等。也因為沈教授致力於學術研究和在各領域的優秀工作表現，本次榮膺IET院士，實至名歸，並再一次讓國際肯定義守大學教師的傑出表現。



電腦輔助成型技術聯盟捐贈540萬元軟體

義守大學產學研訓新利器

產業、大學、法人、培訓合作新模式！為培育台灣科技產業量產所需模具人才，並提昇學子實作實務經驗，義守大學與台灣電腦輔助成型技術協會(Association of CAE Molding Technology)簽署產學研訓策略聯盟，其中台灣科盛公司、翔沛公司、映通公司、香港智誠公司、台科大林清安教授研究室等，聯合捐贈總價值新台幣540萬元合法授權的軟體（商業價值大約新台幣五千萬），義守大學成立「CAE模具成型技術中心」，進行研發與人才培育。



義守大學與電腦輔助成型技術協會於3月14日（一）假該校校本部，舉辦聯合捐贈儀式暨模具CAE技術發表論壇，由義守大學校長傅勝利與協會理事長張榮語共同簽約與揭牌，並自即日起正式加入CAE模具高校產學聯盟，預計該校將成為培育台灣科技產業CAE模具成型技術人才的重鎮之一。

張榮語理事長致詞表示，產學聯盟的宗旨在於建立CAE模具的成型技術資訊平台、整合產學資源、擴大技術交流，；此次捐贈與業界同步的軟體，提供最新模具CAE成型技術轉移，讓該校可培育出具完整系統實務經驗的優秀工程師。

義守大學傅勝利校長認為，加入CAE模具高校聯盟、校內建置「CAE模具成型技術中心」，在現有系列的電腦輔助技術CAD/CAM/CAE課程，整合逆向工程與快速原型技術，增加業界最新的模具成型分析核心技術及開發平台，讓學生們在進入職場之前，接受與業界同步技術的培訓。目前已有多家模具設計公司與機動系、化工系教師洽談產品開發及製程改善的專案計畫。在透過義守大學產學家族運作之下，預期能有效提升師生實作能力及與增加業界實務經驗，培育出具有系統垂直整合力的專業人才，增加國內科技產業競爭力。

金屬工業研究發展中心精密成型技術處陳偉仁先生，在論壇上就精微成型技術發表演講，其中提及模具是大量生產的工具，精微成型更是台灣產品高值化的核心技術，期望多增加模具與金屬相關人才培育，透過聯盟、法人、學校的合作，為國內產業提供相關技術服務。

義守大學產學合作中心徐祥禎主任表示，整合電腦輔助技術多被運用在機械設計、產品開發、製程改善，是機動系的專業特色領域之一，尤其是模具設計開發，多年來在優質平價的MIT產品貢獻良多，機動系除落實CAE模流分析人才培育外，將持續與產業界密切接觸進行專案開發、諮詢顧問的合作，創造師生、學校、業界三贏的契機。

義守教授楊智惠

全國十大傑出女青年獎 為校爭光

義守大學生物科技學系主任楊智惠，投入微球研究有成，獲得國際矚目！楊智惠主任研究設計微奈米級藥物劑型，並控制藥物在人體內的釋放與輸送系統，專利榮獲國際發明獎項無數，成果發表於國際期刊，論文等，提高台灣藥物研究國際能見度，同時也曾因服務與教學用心，獲頒「義守大學優良導師」殊榮。其表現甚佳，足以為青年楷模，因而獲頒中華民國第21屆十大女青年獎。

中華民國十大傑出女青年自民國55年舉辦首屆選拔以來，迄今四十五年間共選出20屆十大傑出女青年，計201位。今年也選拔出十位傑出女青年，旨以其優秀事蹟與表現，作為現代女性楷模與表率，其名單分別為空軍司令部第455戰術戰鬥機聯隊救護隊少校飛行官王慧蓉、台中市立立新國中教師林姉瑤、中山醫學大學公共衛生學系教授胡瓊文、台北市立體育學院學生莊佳容、財團法人瑪利亞社會福利基金會傳愛大使暨生命教育講師莊馥華、工業技術研究院機械與系統研究所先進製作核心技術組研究員許沁如、國立體育大學學生曾雅妮、義守大學生物科技學系副教授楊智惠、清華大學中文所博士班學生趙雪君、靜宜大學諮商輔導中心辦事員鍾宛貞。



每位傑出女青年皆有其艱辛奮鬥史及動人故事，可讓國人廣而流傳，並作為青年模範。義守大學生科系主任楊智惠從事科學研究已近10年，主要研究領域為藥物設計與劑型開發、藥物動力學、組織工程、結合奈米科技於靶向型藥物運送系統之研發等跨領域研究。從民國94年迄今，主持過行政院國家科學委員會、衛生署、南部科學工業園區、財團法人工業技術研究院及義守大學等單位共計22件研究計畫、擁有3件專利、3篇技術報告等。

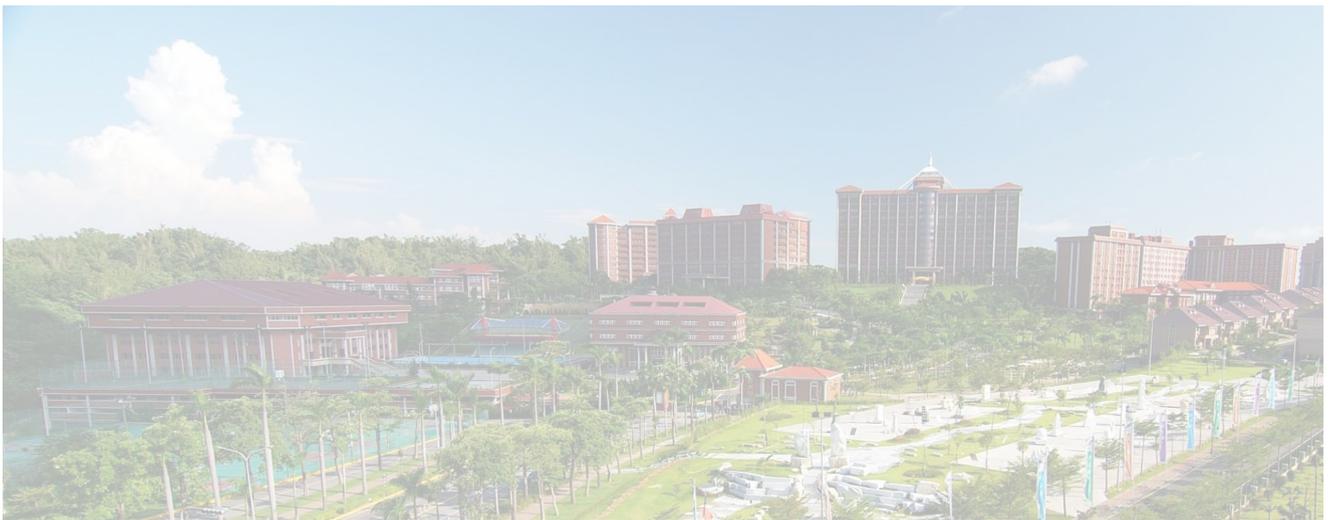
值得一提的是，楊智惠主任相關研究在「2009、2010台北國際發明暨技術交易展」及美、英、俄國際發明展皆奪下金牌等大獎，不僅為國爭光，也提高台灣發明在國際間知名度。種種表現足以彰顯出她對於研究的熱忱與努力，她表示，期望由個人吹起號角，引領青年自主獨立從事研究，藉由教育帶領新生代青年從事藥學領域研發，並整合跨領域科學，厚植國內專業研究人員。

國際醫事放射師研討會25-27日義大皇冠酒店登場

參與人數與國家盛況空前

由義守大學醫學影像暨放射科學系承辦「第18屆亞洲澳洲23國醫事放射師學術研討會」3月25至27日於義大皇冠假日酒店盛大舉行，大會主席由中華民國醫事放射師學會理事長林政勳擔任，義守大學醫學影像暨放射科學系丁慧枝教授兼系主任擔任學術研討會主席。本屆國際學術研討會聚集了亞洲、歐洲、美洲、澳洲、中國大陸等國際頂尖的6位放射科學權威進行專題演講演講，並有歐亞澳等23國約200位外國學者報名參與，國內參與人員除了放射師約2000人外，非會員學者有490人，國內醫學影像暨放射科學系的學生約500人。為近年來台灣最具規模的國際研討會。

本次學術研討會特別邀請23國專家學者以及全國十所放射科學相關系所之大專院校的教授擔任學術論文審查、發表會主持人與評審。本次學術研討會通過發表的論文中，主要以放射治療技術論文為重心，以壁報方式發表的論文則以電腦斷層技術為主。此外，由於日本因地震海嘯導致核電廠發生事故，此次研討會也特別規劃「從日本核爆談輻射外洩因應之道」，義守大學醫學影像放射學系系主任丁慧枝說，以目前輻射值均在安全範圍情況下，並無必要服用碘片，不如攝取蔬菜水果提升免疫力，否則萬一甲狀腺本來就有問題或免疫力差者，吃進過多碘反而有害。



2011年第39屆瑞士日內瓦國際發明展

義守大學研發團隊穿「金」戴「銀」

台灣發明作品驚艷瑞士日內瓦國際發明展，義守大學教授發明作品也大放異彩，奪下1金1銀1銅佳績！今年瑞士日內瓦國際發明展中，台灣發明作品備受矚目，其中義守大學學士後中醫系教授黃耿祥、生科系教授楊智惠及電機系教授沈季燕所領導的研究團隊，分別研發出「利用微流系統合成功能性微管」、「超均一粒徑微奈



米級粒子微流製備技術」及「具有表面聲波晶片之膠體封裝構件」等發明作品，奪下金牌、銀牌及銅牌佳績，充分展現出義守大學卓越的研發實力。

義守大學學士後中醫學系黃耿祥教授帶領的團隊所研發出「利用微流系統合成功能性微管」作品。此項技術是利用微流體晶片，只需單一製備過程即可產出均一的磁性微管，且無須使用傳統的界面活性劑，預期可開發成具有磁導向的藥物系統微管。此項技術皆提供高分子材料在生物醫學的研究與應用價值，也因其新穎性與未來性受評審高度肯定，榮獲金牌佳績。

義守大學生物科技學系教授楊智惠研究團隊曾參與過「2009、2010台北國際發明暨技術交易展」及美、英、俄國際發明展，且獲獎無數。此次發明展，楊教授所領導的研究團隊發明「超均一粒徑微奈米級粒子微流製備技術」，奪下銀牌佳績。此項技術成功的結合微流體技術以及外部固化的方法有效的製備出粒徑均一，相對標準偏差值小於5%的高分子微粒，而合成出來的微粒具有生物相容性以及生物可降解性、可應用於口服以及皮下注射，具備製造過程簡單、成本便宜、高再現性和高產率等優點。

另外一項最受矚目的作品則是由義守大學電機系教授沈季燕以「具有表面聲波晶片之膠體封裝構件」奪下一面銅牌，其技術在於提供一種新式膠體封裝構件，相較於表面聲波晶片現行特殊之封裝方式，可以有效降低生產成本，並可實施電路積體化。其作品也曾在「2010台北國際發明暨技術交易展」展出，獲得銀牌一面。



摻雜ZnO對Co-Fe-Zr-B複合膜之奈米結構及光學性質影響

陳國駒*，施永輝，郭仲傑

義守大學 材料與工程學系

*通訊作者：gjchen@isu.edu.tw

摘要

在此研究中, $\text{Co}_{52}\text{Fe}_{20}\text{Zr}_8\text{B}_{20}$ (Co-Fe-Zr-B) 和ZnO複合薄膜以雙槍濺鍍製備於7059玻璃基板。ZnO的含量影響複合薄膜的奈米結構和光學性質的影響;無ZnO摻雜之Co-Fe-Zr-B薄膜具有非結晶特徵的原子排列。從穿透式電子顯微鏡觀察, ZnO相以奈米顆粒的形式嵌入在非晶Co-Fe-Zr-B基質。不同的濺射功率影響ZnO晶粒尺寸;降低ZnO的濺射功率, Co-Fe-Zr-B複合薄膜的發射光譜產生藍位移從3.31 eV到4.10 eV。藍移現象是由於ZnO晶粒之量子尺寸效應和Co-Fe-Zr-B的基質誘發產生之非晶ZnO的相所造成。Co-Fe-Zr-B/ZnO複合薄膜光致發光光譜顯示主要發光光譜範圍從400到500nm, 主要峰產生在420nm和440nm。

關鍵字: 複合薄膜, 納米結構, 光學性質, 光致發光

前言

II - VI族化合物氧化體中, ZnO具有纖鋸礦結構, 晶格常數為 $a = 0.325 \text{ nm}$ 及 $c = 0.521 \text{ nm}$ 。ZnO具有寬的直接能階 ($E_g = 3.37 \text{ eV}$)



陳國駒 副教授

，具備高激子束縛能 (60 meV)，高機電耦合常數[1]。由於其不同的材料性質, ZnO薄膜具有成爲在透明導電電子元件, 紫外線 (UV) 光發射器, 氣體傳感器, 表面聲波器件 (SAW) 和自旋電子學等元件之潛在的候選材料。[2]。因此, 許多研究者付出了很大的努力來操縱ZnO的微觀結構, 光學特性, 以及電性能。大量的文獻報導使用不同製備方法生成ZnO奈米結構, 如奈米線, 奈米管, 納米環, 奈米甜甜圈, 奈米帶, 奈米牆和奈米螺旋槳等 [3-6]。近來, 奈米複合薄膜組成是藉

由奈米顆粒鑲嵌在其他基底相，藉此摻雜效應可以改變ZnO之量子尺寸效應進而改變其性質，奈米複合薄膜之研究已經備受關注[7]。在這項研究中，作者採用共濺射法製備非晶/結晶複合薄膜，通過改變Co-Fe-Zr-B和ZnO濺鍍鎗之相對濺射功率調整Co-Fe-Zr-B和ZnO相體積比以及複合薄膜的微觀結構。

實驗

本研究以雙磁控濺鍍槍共濺射法製備複合薄膜，在室溫下於康寧7059玻璃成長複合薄膜20分鐘。真空腔之基底壓力是 5×10^{-6} torr，濺鍍工作氣氛為氬氣，工作壓力固定在4 mtorr。Co₅₂Fe₂₀Zr₈B₂₀靶（Co-Fe-Zr-B）和ZnO靶分別放置在兩個濺射槍作為材料源。Co-Fe-Zr-B靶濺射功率設定為30W，而ZnO靶濺射功率（ W_{ZnO} ）從5W變化到25W。

樣品的晶體結構由掠射X射線繞射分析儀（GIXRD）在室溫下使用Cu-K α 輻射測定。透過式電子顯微鏡（FEI Tecnai G²）在200kV觀察薄膜的微觀結構及結構相解析，TEM附加能量分散光譜儀（EDS）檢測薄膜的成分。薄膜之光學特性以紫外-可見光光度計（Metertech SP-8001）量測薄膜光學穿透光譜。以螢光分光光度計（Hitachi F-4500）量測激發和發射光譜，光度計配備150W的氬燈作為激發源。

結果與討論

圖1顯示改變ZnO靶之功率之Co-Fe-Zr-B/ZnO複合薄膜的X射線繞射圖，ZnO靶材功率分別為（a）5W，（b）15W，和（c）25W。薄膜之厚度約為20nm。當ZnO靶材功率為5W時，薄膜結構相主要為Co-Fe-Zr-B相和次要的ZnO相。當第二相ZnO只有5.57 vol%時，

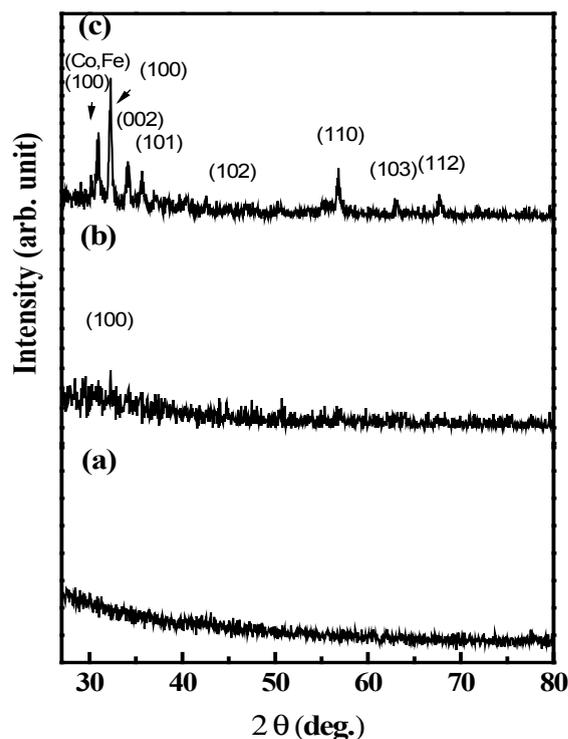


圖-1. 改變ZnO靶之功率之Co-Fe-Zr-B/ZnO複合薄膜的X射線繞射圖，ZnO靶材功率分別為（a）5W，（b）15W，和（c）25W。

Co-Fe-Zr-B/ZnO複合薄膜呈非晶質原子結構。ZnO靶功率大於15W時，可觀察到ZnO相產生。當ZnO功率達到25W時，ZnO含量的體積比從5.57 vol%增加至64.26 vol%。其ZnO相的結構為六方晶空間群為P6₃mc（JCPDS No.: 36-1451）。同時，(Co, Fe)相(100)平面也出現在圖譜中 $2\theta = 30.95^\circ$ 發現，此結晶相為非晶質Co-Fe-Zr-B膜於低溫退火中所產生的第一個穩定相[8]。在實驗中，我們發現非晶質基底相可以抑制ZnO相結晶。

圖2（a）顯示ZnO功率5W的Co-Fe-Zr-B/ZnO複合膜透過式電子顯微鏡照片。根據成分分析，在Co-Fe-Zr-B/ZnO複合薄膜之ZnO相的相對體積分率約5.57 vol%。明視野圖像顯示沒有任何結晶晶粒（基質或析出相）存在薄膜中。相應的電子繞射圖案也證實了原子結構的複合膜為非晶態。此外，在明視野圖裡

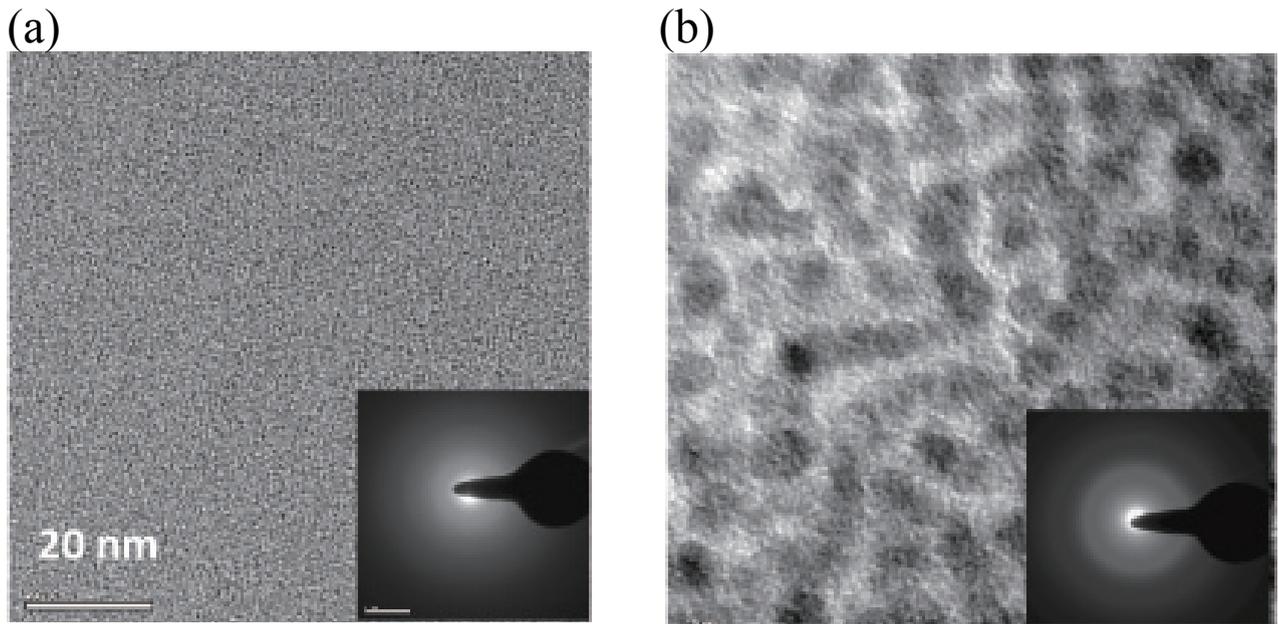


圖-2. Co-Fe-Zr-B/ZnO複合膜穿透式電子顯微鏡照片，ZnO功率 (a) 5W (b) 15W。

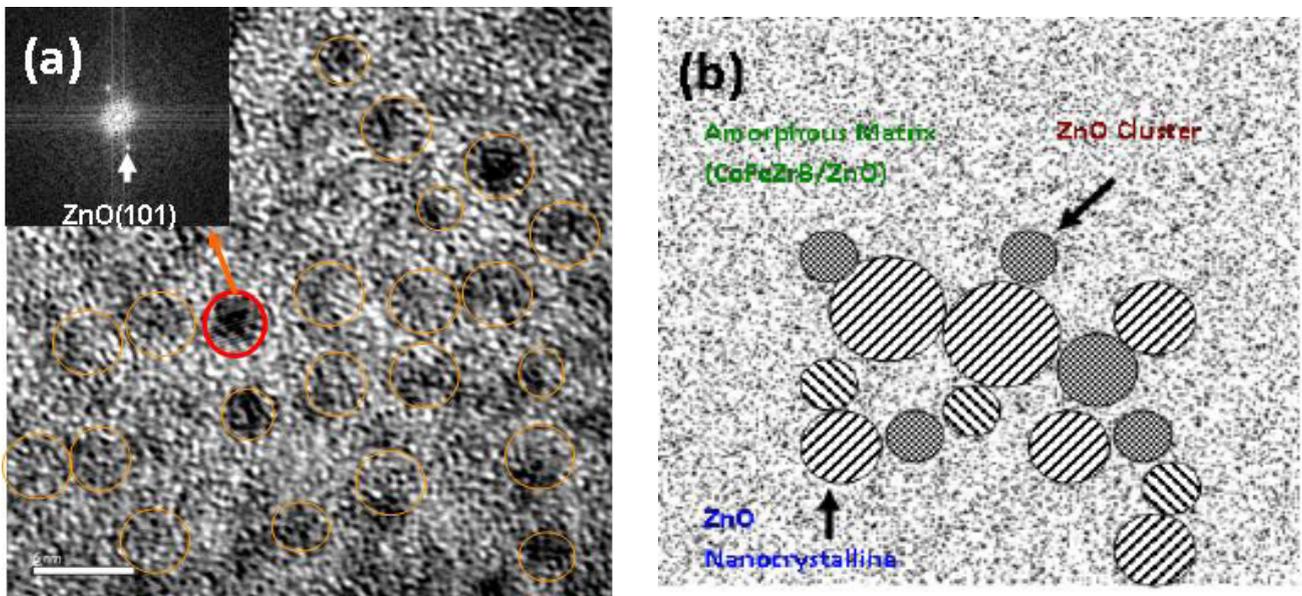


圖-3. Co-Fe-Zr-B/ZnO複合膜之奈米結構 (a) 高解析電鏡照片，插圖為粗體圓形區域進行快速富力葉轉換圖形，(b) Co-Fe-Zr-B/ZnO複合膜之奈米結構示意圖。

沒有明顯的質量厚度對比，表示非晶質ZnO相均勻分佈在薄膜。

圖2 (b) 為Co-Fe-Zr-B/ZnO複合膜在ZnO功率為15W的穿透式電子顯微鏡照片，發現複合膜中有奈米晶均勻析出在非晶基底相中，晶粒大小從2 nm到約5 nm。從相應的電子繞射，結晶相可以鑑定為ZnO。然而，從繞射圖之繞射環呈現擴散環暈得知ZnO的結晶相當差

。在 $W_{ZnO} = 15W$ ，複合膜裡ZnO的體積分率約為32.90 vol%。複合膜具備高ZnO的體積分率時，ZnO奈米晶會緊密相連成長。Co-Fe-Zr-B/ZnO複合膜的不同的奈米微觀結構及不同ZnO的體積分率，可能影響薄膜之光學性質。

為了進一步證實奈米結構析出相，透過觀察高倍率的高分辨穿透式電子顯微鏡鑑定。圖3(a)顯示在ZnO功率為15W的Co-Fe-Zr-B/

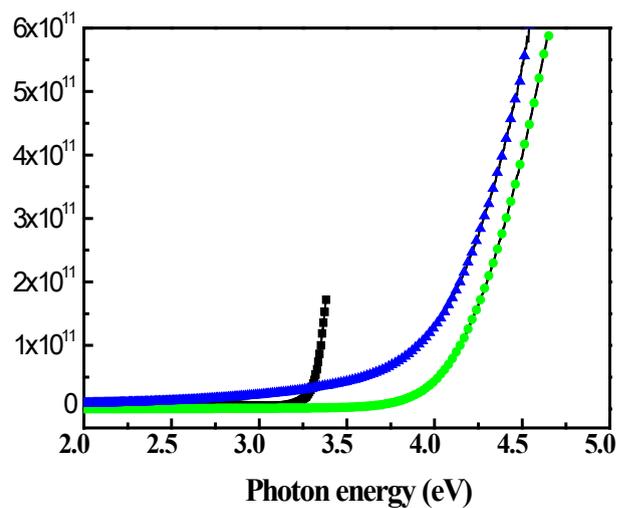
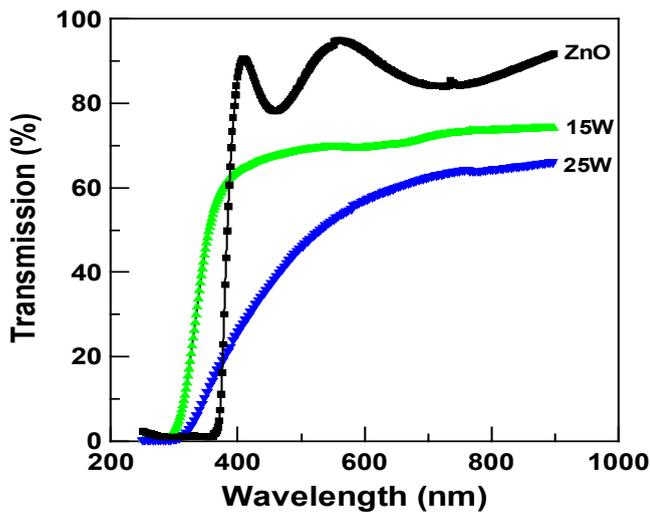


圖-4. (a) Co-Fe-Zr-B/ZnO複合膜在不同的ZnO功率成長的穿透光譜，(b) Co-Fe-Zr-B/ZnO複合膜的 $\alpha^2 \sim h\nu$ 曲線關係圖。

ZnO複合膜中的奈米結構，除了基底相外，部份為ZnO結晶析出物，部份只是ZnO非晶態原子團。由於Co-Fe-Zr-B/ZnO複合膜的ZnO的非晶相可能引發自Co-Fe-Zr-B的共濺射。圖3(b)簡要展示Co-Fe-Zr-B/ZnO奈米複合膜的奈米結構。Tan 等人亦曾成長類似的ZnO奈米結構 [9]，其以有機金屬化學氣相沉積成長ZnO非晶質薄膜。通過後續熱處理，薄膜產生ZnO結晶相。結晶相和非晶相的體積比與ZnO晶粒尺寸大小隨退火溫度增加而增加。通過控制ZnO晶體的晶粒尺寸，也調控薄膜的光學能隙。在這個實驗中，作者提出了其他不同的方法來獲得類似的ZnO結晶/非晶質混合奈米結構。Co-Fe-Zr-B/ZnO複合膜在不同的ZnO功率成長的穿透光譜如圖4(a)。單純ZnO薄膜在400~900nm波長範圍表現出高的透光率，薄膜穿透率在波長約375nm的陡變對應到純ZnO薄膜吸收邊緣，這也表明ZnO薄膜的高結晶度。加入Co-Fe-Zr-B後，ZnO的穿透吸收邊緣的位置隨 W_{ZnO} 降低而偏移到短波長。在 $W_{ZnO} = 5W$ 成長薄膜穿透強度太弱以致無法偵測。於ZnO成長功率15和25W的複合膜其吸收邊緣的位置估計大約為302和311nm。複合薄膜的光學能

階可以計算吸收係數 (α) 和薄膜的入射光子能量($h\nu$)之間的關係[10]：

$$\alpha h\nu = A(h\nu - E_g)^n \dots\dots (1)$$

其中A是一個常數， $n=1/2$ 為直接遷移能階指數， E_g 是薄膜的光學能階。同時，吸收係數 α 可藉由薄膜的穿透率近似如下：

$$\alpha = \frac{1}{t} \cdot \ln\left(\frac{1}{T}\right) \dots\dots (2)$$

其中 t 是薄膜的厚度而 T 是透光率。由方程式(1)，Co-Fe-Zr-B/ZnO複合 $\alpha^2 \sim h\nu$ 曲線關係在如圖4(b)所示。薄膜的直接能階 E_g 可以由曲線線性部分外推至 $h\nu$ 軸推算之。複合薄膜光學能階隨著ZnO的體積分率減少，從3.31 eV藍移至4.10 eV。從XRD和TEM的結果發現，複合薄膜的ZnO結晶度和晶粒尺寸隨著 W_{ZnO} 加強而增加。根據前人的報導[11]，ZnO奈米晶能階隨著ZnO的晶粒尺寸減小而改變，其藍移現象可以描述如下，

$$E_{(g,Q)} = E_{(gap,bulk)} + \frac{\pi^2 \hbar^2}{2R^2} \left(\frac{1}{m_e^*} + \frac{1}{m_h^*} \right) - 0.248 E_{Ryd}^* \dots\dots (3)$$

其中 E_{Ryd}^* ， R 和 \hbar 是激子束縛能，ZnO納米晶

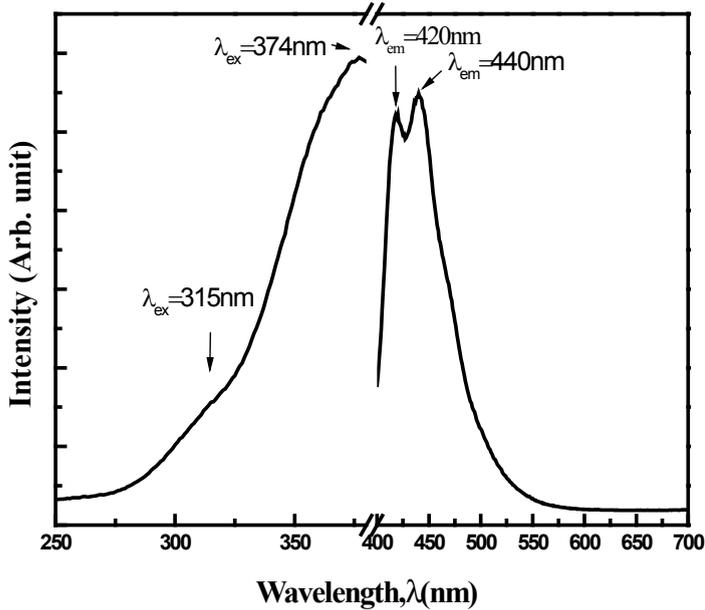


圖-5. 在W_{ZnO} = 15W成長Co-Fe-Zr-B/ZnO複合薄膜的PL光譜。

的半徑，和普朗克常數。依文獻參考 $E_{(gap,bulk)}$

$= 3.37 \text{ eV}$ ， $m_e^* = 0.24 m_0$ 和 $m_h^* = 1.8 m_0$ 是電

子和電洞的有效質量。從高解析穿透式電子

顯微鏡觀察，在W_{ZnO} = 15W的複合膜中ZnO奈

米晶平均晶粒尺寸約為 $2.89 \pm 0.77 \text{ nm}$ 。根據方

程式(3)，假設 E_{Ryd}^* 為60 meV，ZnO結晶光學

能階計算應為3.59 eV。然而，實驗結果顯示

薄膜能隙為4.10 eV。此理論及實驗間之誤差

歸因於量子尺寸效應和非晶相複合薄膜。

Kosacki等人[12]報告了ZrO₂奈米晶能階藍移現

象。在非常小的ZrO₂晶粒尺寸，他們觀察到能

階理論計算和實驗數據之間的誤差。他們解

釋此現象與晶體材料從結晶態轉變為非晶相

有關。

在W_{ZnO} = 15W成長Co-Fe-Zr-B/ZnO複合薄膜

的PL光譜測定如圖5所示。Co-Fe-Zr-B/ZnO複

於非晶ZnO。發光光譜量測是以入射最強激發光，即波長375nm時所完成。發光光譜可見兩個明顯的放射峰帶位於420和440 nm。其波長對應到間隙鋅能階和在導帶下約0.3~0.5 eV的氧空缺淺層施體能階。前人報導從氧空缺的淺層施體能階到價帶頂部的能階間隔約2.8eV [13]。由於所有的奈米複合膜皆在極度缺氧的濺鍍條件下製備，亦即沒有氧氣引入，因此間隙鋅和氧空缺可能是ZnO晶格的主要缺陷。

結論

在此研究中，Co₅₂Fe₂₀Zr₈B₂₀(Co-Fe-Zr-B)和ZnO複合薄膜製備以雙槍濺射法製備。通過控制ZnO靶的濺射功率，薄膜的奈米結構從非晶轉變為奈米晶/非晶質混合複合薄膜。從紫外-可見光穿透光譜得知，複合薄膜的光學能隙產生藍移，隨著ZnO體積分率的減少，光學能隙從3.31增加至4.1 eV。藍移效應可能緣自ZnO奈米晶量子尺寸效應和非晶ZnO具高薄膜的光學能隙所貢獻。在ZnO靶材為15W成長之Co-Fe-Zr-B/ ZnO複合薄膜，其PL光譜出現兩個明顯的激發峰在420 nm和440nm，與其相對應能階的為O_v缺陷能階和Zn_i缺陷能階。

參考文獻

1. Ü. Özgür, Ya. I. Alivov, C. Liu, A. Teke, M. A. Reshchikov, S. Do an, V. Avrutin, S.-J. Cho, and H. Morkoç, J. Appl. Phys., 98 (2005) 041301.
2. S.J. Pearton, D.P. Norton, K. Ip, Y.W. Heo, T. Steiner, Prog. Mater. Sci., 50 (2005) 293.
3. B. P. Zhang, N. T. Binh, K. Wakatsuki, Y. Segawa, Y. Yamada, N. Usami, M. Kawasaki, and H. Koinuma, Appl. Phys. Lett., 84 (2004) 4098.

-
4. P. X. Gao, and Z. L. Wang, Appl. Phys. Lett. 84 (2004) 2883.
 5. X. Y. Kong, Y. Ding, R. Yang, and Z. L. Wang, Science 303 (2004) 1348.
 6. Jason B. Baxter, Feng Wu, Eray S. Aydil, Appl. Phys. Lett., 83 (2003) 3797.
 7. Y. Y. Tay, S. Li, C. Q. Sun, and P. Chen, Appl. Phys. Lett., 88 (2006) 173118.
 8. Y. C. Pan, Soft magnetic properties of amorphous Co-Fe-Zr-B thin films with addition of carbon, master thesis, I-Shou Univ., 2005.
 9. S. T. Tan, B. J. Chen, X. W. Sun, W. J. Fan, H. S. Kwok, X. H. Zhang and S. J. Chua, J. Appl. Phys., 98 (2005) 013505.
 10. J. Callaway, Quantum Theory of the Solid State, Academic Press, New York, 1974.
 11. K.-K. Kim, N. Koguchi, Y.-W. Ok, T.-Y. Seong, and S.-J. Park, J. Appl. Phys., 84 (2004) 3810.
 12. Igor Kosacki, Vladimir Petrovsky, and Harlan U. Anderson, Appl. Phys. Lett., 74, (1999) 341.
 13. D. H. Zhang, Z. Y. Xue and Q. P. Wang, J. Phys. D: Appl. Phys., 35 (2002)2837.



沒食子酸誘導人類白血病細胞生長

停滯與細胞凋亡

葉濡端^{1,2} 蔡金川^{1,2} 陳榮洲^{1,2}

¹義守大學學士後中醫系

²義大醫院中醫部

摘要

本研究主要探討沒食子酸對人類白血病HL-60細胞的作用。我們的研究顯示GA對HL-60細胞株有細胞抑制的作用，可誘導HL-60細胞株細胞週期停滯於G0/G1期，透過上調 p53，活化 p21、p27 蛋白，使 cyclin D、cyclin E 表現量下降，而誘導 HL-60 細胞週期停滯於 G0/G1期。GA可誘導HL-60細胞的DNA損傷，促使細胞凋亡，造成凋亡的機制與粒線體膜電位、細胞內鈣濃度改變有關。

關鍵詞：沒食子酸(Gallic acid)、HL-60、白血病、細胞凋亡、細胞週期停滯



葉濡端 醫師

前言

近幾年來，癌症高居國人十大死因首位¹，其中，急性白血病是兒童最常見的癌症，在急性白血病的治療上僅管已經有較大的進展，但仍存在許多毒副作用與併發症。

已有不少文獻研究顯示許多天然產物存有

具化學防護作用、可對抗癌症的成分²，這些成分存在於許多天然蔬果、植物與草藥中，他們大都具有抗氧化的特性，可見於許多多酚類物質。沒食子酸就是一種多酚類，它富存於許多天然植物以及中藥中，像是綠茶、葡萄籽、白芍等等，很多研究指出沒食子酸可以抑制癌細胞生長，誘導癌細胞走向細胞凋亡³，包括人類胃癌細胞KATO III、結腸腺癌細胞COLO 205⁴、肺腺癌A549⁵以及人類前列腺癌DU145細胞株⁶等，但有關白血病並沒有明確的報告。

本研究中我們主要探討沒食子酸抑制HL-60細胞生長的作用，並進一步探討其機轉，希望對急性前骨髓細胞性白血病的治療上有所助益。

材料與方法

一、實驗材料

使用人類急性前骨髓性白血病細胞株 (Human promyelocytic leukemia cell line: HL-60)，購自台灣新竹食品工業發展研究所 (Food Industry Research and Development Institute)。實驗藥品使用沒食子酸 (Gallic acid, GA)，為購自Sigma chemical Co.的純化物。

二、實驗方法與步驟

(一) 細胞培養：

人類白血病HL-60細胞使用RPMI 1640培養基，並添加10%胎牛血清 (fetal bovine serum, FBS)，1% L-glutamine 及1% Penicillin Streptomycin之培養液。將HL-60細胞置於含有上述培養液之75 cm²培養瓶中，置於37 °C、5% CO₂ 及充分溼度下的細胞培養箱中培養，約一至二天更換一次培養液。

(二) 檢測細胞型態與存活率：

將HL-60細胞(2×10⁵ cells/well) 種入12孔

洞平盤，給予不同濃度的GA (0、10、25、50、75、100 μM)，在37 °C、5%CO₂的細胞培養箱中培養24小時後，於倒立式位相差顯微鏡下觀察細胞型態並照相。將HL-60細胞 (1×10⁵ cells/well)給予不同濃度之GA (0、10、25、50、75、100 μM)，培養24小時後，再收取細胞，使用流式細胞儀檢測細胞存活率。

(三) 流式細胞儀分析細胞週期：

將HL-60細胞(2×10⁵ cells/well)給予不同濃度之GA (0、10、25、50、75、100 μM)，培養24小時後，再收取細胞，使用流式細胞儀檢測細胞週期。

(四) DAPI 染色法：

將不同濃度 (10、25、50、75、100 μM) 的GA與 HL-60細胞 (2 x 10⁵ cells/mL)，共同培養24小時，收取細胞後使用DAPI染色法，在避光環境下加入DAPI染劑(4-6-diamidine-2-phenyl indole)，利用螢光顯微鏡觀察細胞所呈現的螢光狀態。

(五) 檢測細胞粒線體膜電位(MMP)、細胞活性氧化物(ROS)、細胞內鈣離子濃度之變化：

將HL-60細胞 (2 x 10⁵ cells/mL)經50 μM的GA分別處理0、3、6、12、24小時後，在個別時間點收取細胞，於避光環境下加入500 μl的MMP 染劑(10 μM的 DiOC6)，在37 °C培養箱作用30分鐘後，再利用流式細胞儀進行樣品分析。檢測細胞活性氧化物則將上述步驟之染劑改成500 μl的ROS染劑(H2DCF-DA)；檢測細胞內鈣離子濃度之變化則將染劑改成 Indo 1/AM (3 μg/ml)。

(六) 西方墨點法：

HL-60經加入或不加50 μM 的GA處理6、12、24 小時後，抽取蛋白質並定量，

利用SDS-PAGE系統(sodium dodecyl sulfate polyacrylamide gel electrophoresis)進行電泳跑膠，接著轉漬壓片後，分析特定蛋白質表現，包括cyclin D1/2/3、cyclin E、p53、p21、p27 蛋白。

(七) 統計分析(statistical analysis)：

所有資料於此報告中以三個獨立的實驗後以mean ± SD 評估。統計誤差以Student' s t-test檢定，當 $p < 0.05$ 表示統計上有顯著差異(以 *表示)， $p < 0.01$ 表示統計上有極顯著差異(以 **表示)， $p < 0.001$ 表示統計上有非常顯著差異(以 ***表示)。

結果

一、GA對HL-60細胞的生長抑制作用

(一) GA對HL-60 細胞形態與細胞存活率的影響：

將不同濃度的GA，與 HL-60 細胞共同培養24小時後，利用倒立式位相差顯微鏡觀察細胞形態變化，結果如圖1顯示，隨著GA濃度的增加，完整型態之HL-60細胞數漸減少，可觀察到細胞膜產生皺縮，濃度越高可觀察到越多變形、破裂的細胞。在流式細胞儀偵測下，結果如圖2，可發現隨著GA濃度的增加，細胞存活率逐漸下降。50 μ M之GA可使HL-60 細胞達到大約50% 之致死率；故GA可使HL-60 細胞產生細胞抑制，且呈現劑量依賴效應 (dose-dependent effect)。

二、GA對HL-60細胞週期的影響

(一) GA誘導HL-60細胞週期停滯

將不同濃度的GA與HL-60細胞共同培養24小時，在流式細胞儀下檢測細胞週期的分布，結果如圖3與圖4，可觀察到實驗組的G2/M 期與S期的細胞分布較少，隨著GA濃度的

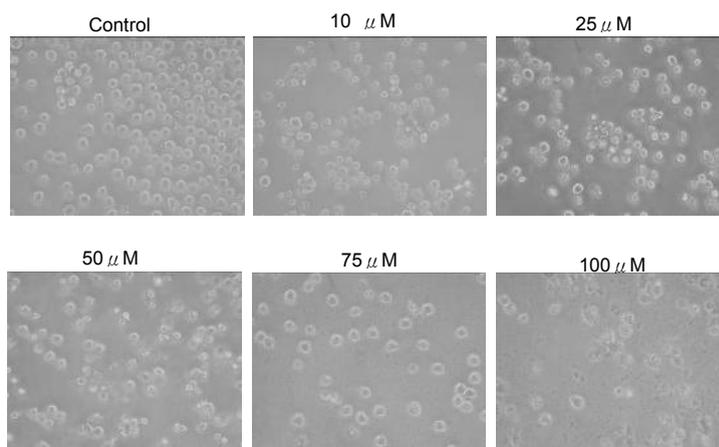


圖-1.HL-60細胞經不同濃度GA(0, 10, 25, 50, 75, 100 μ M)作用24小時後，於倒立式顯微鏡下觀察HL-60細胞型態之變化 (100 X)。

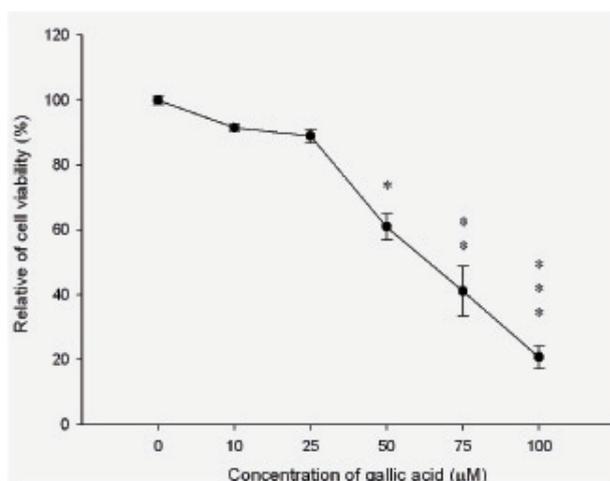


圖-2.使用流式細胞儀評估細胞的存活率-GA影響HL-60 細胞存活率呈現劑量依賴效應。

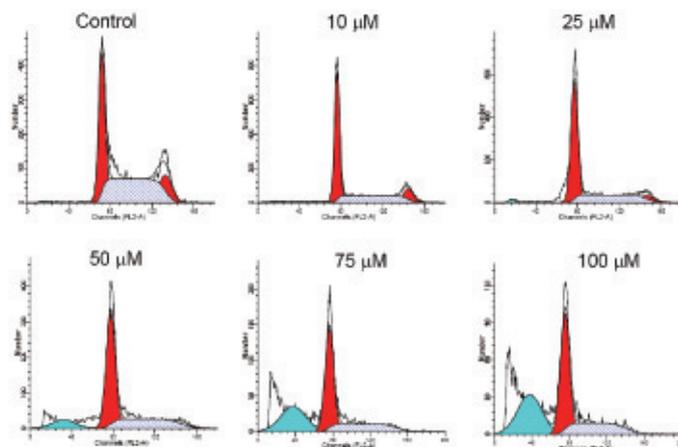


圖-3.HL-60細胞經不同濃度的GA (10, 25, 50, 75, 100 μ M)處理24小時後，利用流式細胞儀分析細胞週期的分布，GA 誘導HL-60細胞G0/G1 期停滯，並產生 sub-G1期細胞。

增加，G0/G1 期的細胞比例也隨之上升，由此顯示HL-60細胞在加入GA後，造成細胞停滯於G0/G1期。圖4也可看到sub-G1期的細胞，此顯示GA可誘導HL-60細胞凋亡，隨著GA濃度增加，sub-G1細胞比例也有上升情形。

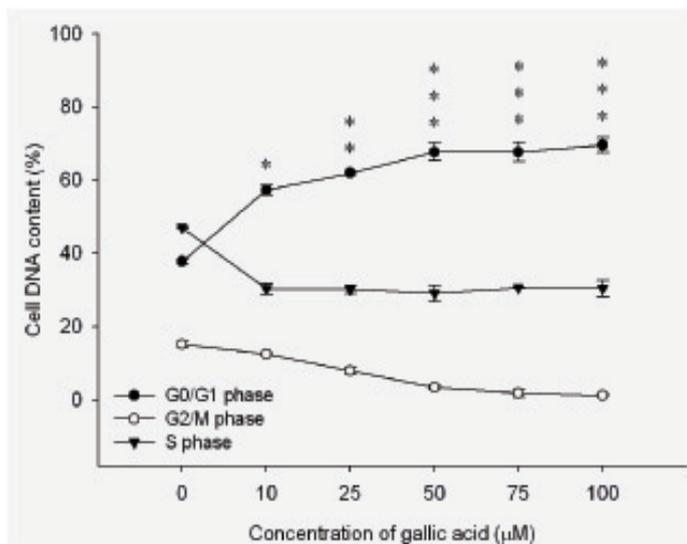


圖-4.HL-60 細胞經不同濃度的GA (10, 25, 50, 75, 100 µM)處理 24 小時後，利用流式細胞儀分析DNA含量比例。

(二) 西方墨點法檢測HL-60細胞週期停滯相關蛋白之活性

進一步使用西方墨點法檢測細胞週期停滯在G0/G1期的相關蛋白活性，HL-60細胞經加入或不加50 µM 的GA處理6、12、24、48 小時後，抽取蛋白質，利用西方墨點法分析，結果如圖5，cyclin D可看到表現下降情形，p53、p21 有表現增加的情形。

三、GA誘導HL-60細胞凋亡

(一) DAPI染色法檢測HL-60細胞之形態變化

將不同濃度 (10、25、50、75、100 µM) 的GA與 HL-60細胞 (2 x 10⁵ cells/mL)，共同培養24小時，收取細胞後使用DAPI染色法，

在螢光顯微鏡下觀察，結果如圖6所示，HL-60 細胞經DAPI 螢光染色後，隨著GA濃度的增加，細胞數明顯減少，螢光強度也隨之增強，表示細胞凋亡的情形越顯著。

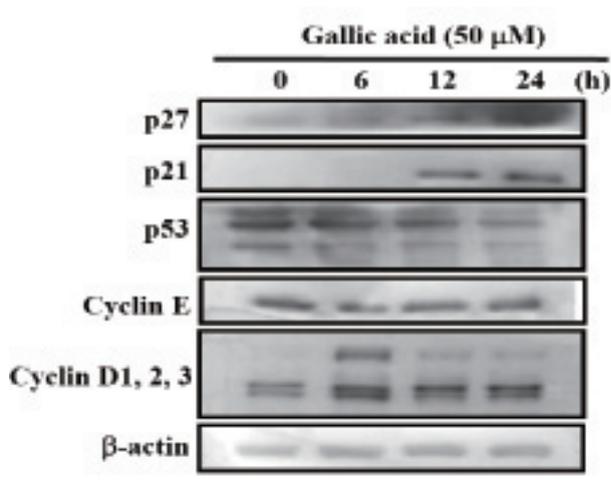


圖-5.HL-60經50 µM的GA處理 6、12、24小時後，利用西方墨點法檢測調控 G0/G1 期之蛋白表現

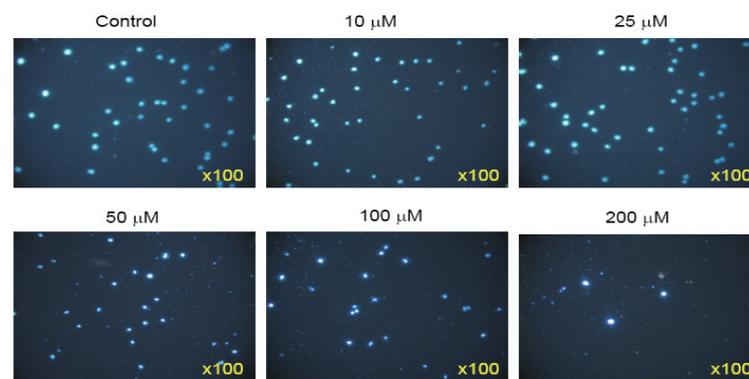


圖-6.：HL-60細胞經不同濃度 (0, 10, 25, 50, 100, 200 µM) 的GA處理24小時，以DAPI染色法，在200倍螢光顯微鏡下觀察細胞凋亡情形。

(二) GA對HL-60細胞內細胞粒線體膜電位 (MMP)、活性氧化物(ROS)、細胞內鈣離子濃度的影響

HL-60細胞經50 µM 的GA處理0、3、6、12、24小時後，藉細胞膜電位探針DiOC6與流式細胞儀檢測細胞粒線體膜電位，結果如圖7(A)，發現在處理3小時的GA，MMP即下降，在24小時則快速降低。在活性氧化物方

面，實驗結果顯示ROS有些微下降情形，但並無顯著差異，結果如圖7(B)。檢測HL-60細胞內鈣離子濃度，結果如圖7(C)，發現於6小時後快速上升。

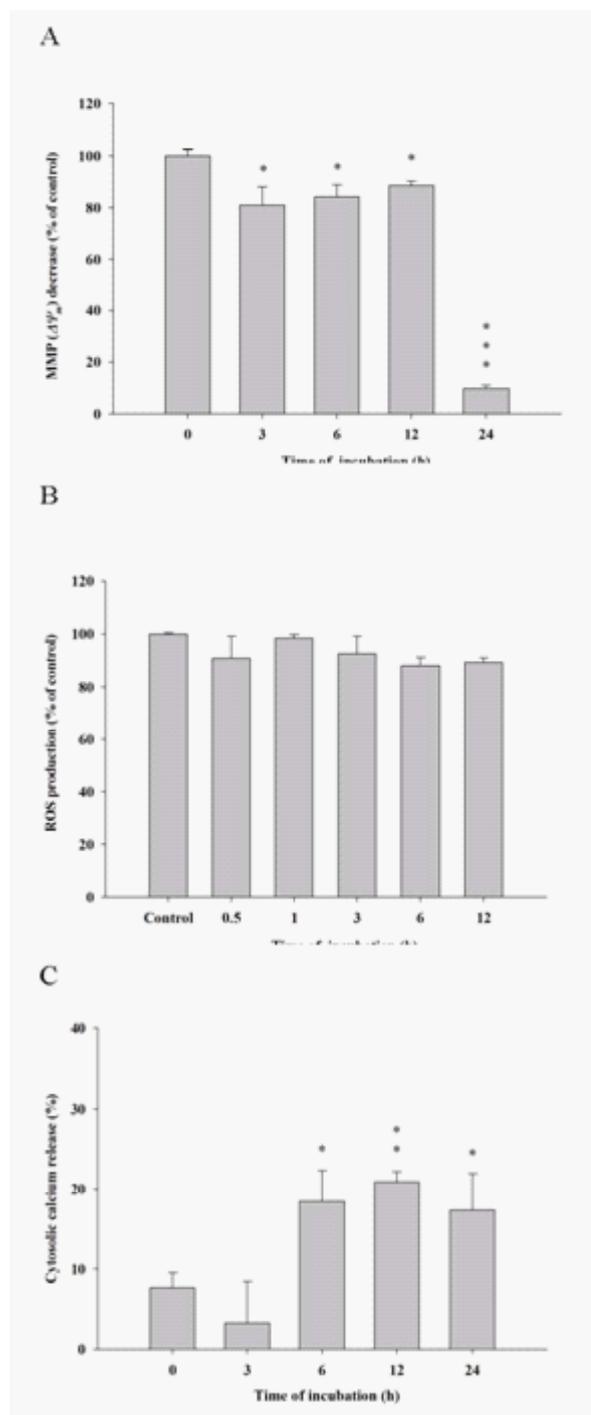


圖-7.HL-60細胞經50 μ M 的GA處理0、3、6、12、24小時後，利用流式細胞儀分析粒腺體膜電位之變化(A)，細胞活性氧化物(B)和細胞內鈣離子濃度(C)。

討論

早期的研究曾報導GA可誘導HL-60RG細胞走向細胞凋亡⁷，但在機轉上並未有明確的報告，而GA對於急性前骨髓細胞性白血病具代表性的HL-60細胞一直沒有相關的研究報告。經我們的實驗顯示GA對於HL-60細胞確實有細胞抑制的作用，倒立式相位差顯微鏡下，觀察到的細胞數明顯減少，且在型態學上可發現凋亡的證據，細胞膜皺縮、表面不平整等；由流式細胞儀檢測細胞存活率，發現GA對HL-60細胞的抑制作用呈現劑量依賴關係。在DAPI染色法亦證實GA可誘導HL-60細胞DNA產生損傷，產生細胞凋亡的情形。

此篇研究我們證實GA對HL-60細胞主要的作用在於(1)抑制HL-60細胞生長，(2)誘導HL-60細胞停滯於G0/G1期，(3)誘導HL-60細胞凋亡。我們進一步探討潛在的機制，由結果cyclin D1/2/3與cyclin E的表現減少，且p21、p27與p53的表現增加，推測GA主要藉由p53調節HL-60的細胞週期。p53是一種腫瘤壓制基因，可以調節細胞週期的許多重要蛋白⁸，上調p53可以活化p21與p27的表現，因此使cyclin D1/2/3與cyclin E的表現減少，使HL-60細胞無法順利由G1期進展到S期。

總結，GA藉由調節p53的作用而誘導HL-60細胞停滯於G0/G1期，且GA可誘導人類前骨髓性白血病HL-60細胞凋亡，但確切的機轉仍待進一步研究。

參考文獻

1. 行政院衛生署統計資料，2007。
2. L. Reddy, B. Odhava, K.D. Bhoobal. Natural products for cancer prevention: a global perspective. *Pharmacology & Therapeutics*.

-
- 99: 1– 13, 2003.
3. Inoue M, Suzuki R, Sakaguchi N, et al. Selective induction of cell death in cancer cells by gallic acid. *Biol Pharm Bull.* 18(11): 1526-1530, 1995.
 4. Yoshioka K, Kataoka T, Hayashi T, et al. Induction of apoptosis by gallic acid in human stomach cancer KATO III and colon adenocarcinoma COLO 205 cell lines. *Oncol Rep.* 7(6): 1221-1223, 2000.
 5. Kawada M, Ohno Y, Ri Y, et al. Anti-tumor effect of gallic acid on LL-2 lung cancer cells transplanted in mice. *Anticancer-Drugs.* 12(10):847-852, 2001.
 6. Chapla A., Alpna T. and Rajesh A. Gallic acid causes inactivating phosphorylation of cdc25A/cdc25C-cdc2 via ATM-Chk2 activation, leading to cell cycle arrest, and induces apoptosis in human prostate carcinoma DU145 cells. *Mol Cancer Ther.* 5(12): 3294-3302, 2006.
 7. Inoue M., Suzuki R., Koide T., Sakaguchi N., Ogihara Y. and Yabu Y. Antioxidant, gallic acid, induces apoptosis in HL-60RG cells. *Biochem Res Commun.* 204(2): 898-904, 1994.
 8. King KL., Cidlowski JA. Cell cycle regulation and apoptosis. *Annu Res Physiol.*, 60, 601-617. 1998.



射頻濺鍍法製備Pt-CaO-SiO₂-SnO₂

氣體感測薄膜

林宗榮 蔡志明

義守大學化學工程學系

摘要

濺鍍技術是半導體工業中被廣泛用來沈積不同物質薄膜在積體電路的製程當中，本研究使用射頻磁控濺鍍技術製備SnO₂ 薄膜氣體感測器偵測酒精蒸氣，探討摻雜Pt, SiO₂ 和 CaO在這薄膜上的效應，在一流動系統下檢測以SnO₂為主的感測器行為特別有關於其：靈敏度、應答、回復能力與再現性，結果顯示摻雜Pt可以明顯提高SnO₂薄膜的靈敏度，摻雜SiO₂(1mol%)能明顯改善薄膜的穩定性，摻雜CaO (1 mol%)可縮短回復時間，本研究將討論摻雜物共沈積所產生的加乘效應，也探討不同參數關於RF濺鍍的沈積製程如：濺鍍功率、底材溫度、沈積厚度和操作溫度，最後討論一些氣體感應機構。

關鍵詞: 酒精感測，二氧化錫，共沈積，RF濺鍍



林宗榮 副教授

1.前言

近年來隨著奈米技術的發達許多技術應用在感測薄膜的合成，使得感測器微小化得到了快速進展[1-5]，奈米結構薄膜經常具有相對高的比表面積和多孔的構造，這些構造導致奈米顆粒間許多的介面可以提供跟氣體分子作用，有效改善擴散特性進一步大幅提高材料的靈敏度[6-8]，無論如何，此奈米構造具有高表面能當溫度升高時容易產生燒結造成不穩定 因此對奈米感測薄膜有些缺點經

常被發現像是靈敏度迅速減少或者感測訊號產生明顯飄移，目前許多研究致力於控制煅燒溫度或添加抑制劑和結構促進劑去克服這些缺點[9-12]

一般而言，異類原子摻雜在氧化錫感測膜被視為一種催化劑對結構或電子方面的促進，它可以穩定和改善氣體感測的應答[13-17]。根據某些報告指出矽摻雜能有效抑制顆粒邊界的燒結[16]，當使用氧化鈣，視為一鹼性觸媒，能減低碳氫化合物的積碳問題，藉此減少燒結與延長感測壽命[17]。貴金屬摻雜已知能增加反應速度，增強靈敏度和縮短應答時間[20,21]

許多技術已經被報導可以用來製備氣體感測薄膜具奈米級的晶體材料，包括：濕式溶膠法[20,21]，和乾式物理或化學氣相沈積方法[24-27] 在一個乾式的製程下射頻磁控濺鍍技術可以應用來合成氣體感測薄膜使用各種固體的材料，它可以精確控制薄膜的厚度[28-33]，這是一種有意義的考量，對這組成份而

言，氣體感測器的製備方法是有潛力的影響其感測表現。本研究用RF磁控濺鍍產生一混合電漿沈積，期望經由散亂的沈積達到奈米級摻雜在這感測薄膜上，製備一多成分Pt-Ca-Si-Sn氧化物薄膜，進一步具有高穩定性和靈敏度的氣體感測行為，同時共沈積摻雜不同材料製備多成分氧化物薄膜，可以進一步洞察不同摻雜材料間的加乘效應。

2 實驗設計與方法

2.1 製備感測薄膜

本研究製備氧化錫薄膜是沈積在一在氧化鋁基材上， $10 \times 5 \times 0.65 \text{ mm}^3$ ，自製網印黃金電極如圖1所示。網印 RuO_2 電阻在氧化鋁的反面當成一個加熱器為控制反應的溫度，利用不同摻雜物粉末壓製成一個直徑3吋厚度1/2吋的靶材，此不同靶材透過RF濺鍍製備不同摻雜物(Pt, SiO_2 和 CaO)的氧化錫薄膜，本實驗使用一個傳統RF濺鍍系統如圖2所示，不同摻

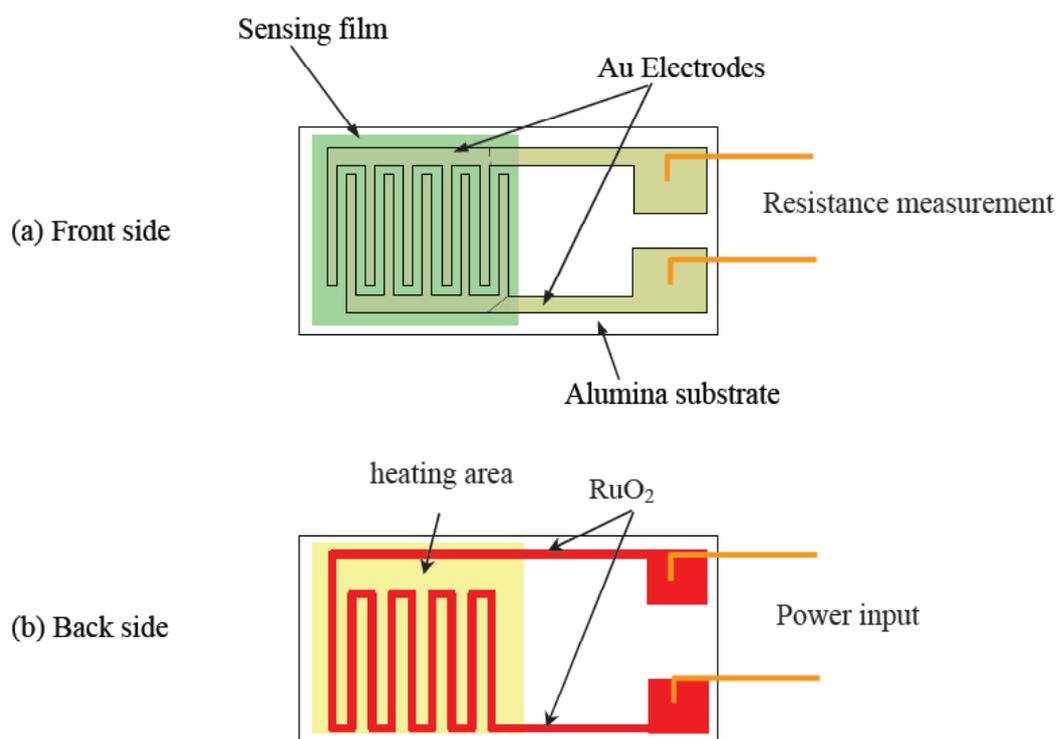
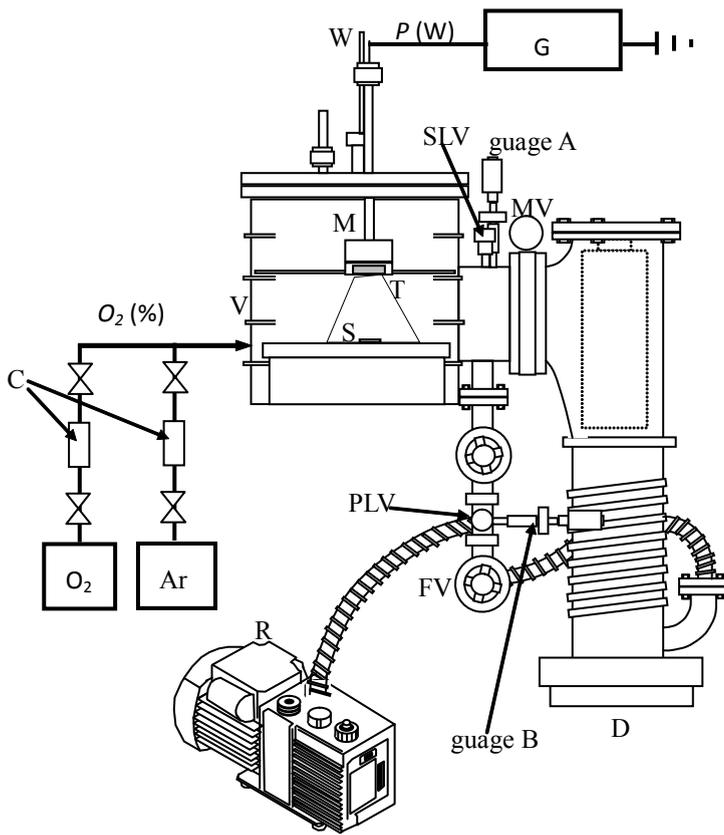


圖-1. 氣體感測器構造圖(a) 正面 和(b)背面。



- M: Magnetron sputtering cathode
- T: Target
- S: Substrate
- D: Oil diffusion pump
- R: Mechanical pump
- G: R.F. plasma generator
- V: Vacuum chamber
- W: Water cooling
- C: Mass flow controller

圖-2. 本實驗射頻RF濺鍍裝置圖

3. 結果與討論

雜物與氧化錫粉末以莫爾比1%透過研磨均勻混合，濺鍍系統中的壓力保持在 5×10^{-2} torr和基材溫度維持常溫下，固定RF濺鍍功率設定從30到90 Watts，反應氣體Ar:O₂混合比例維持80 : 20。

2.2 感應電阻的測量

使用流動注入系統來測量感測薄膜對酒精蒸氣的應答，酒精蒸氣的蒸發利用水浴控制蒸發瓶的溫度在20°C下，以乾空氣當成攜帶氣體沿管線使用了三個流量控制器，將氣體總流速控制在1000ml/min，酒精蒸氣將注入後感應測試在一個測試腔體中進行，用電阻器(Agilent 4339B)測量電阻改變進一步連接到電腦做資料分析。薄膜厚度用表面光度儀 Tencor Alpha Step 200 Surface Profilometer.測量。

3.1 沈積條件

對典型的SnO₂感測薄膜而言，已知不同沈積條件將影響其感測特性，因此設計一良好感測器必須有適當的製備方法，以濺鍍法而言，沈積薄膜的厚度可以被沈積條件所控制，像是：基材溫度，沈積壓力和反應氣體的壓力，本研究利用設定濺鍍功率和沈積時間來控制沈積的速率，圖3所示，在不同濺鍍功率下（30到90W）製備三種不同氧化錫薄膜對3000ppm酒精感測應答，沈積薄膜厚度控制相同下（600nm），濺鍍功率從30到90W觀察到電阻率改變從0.13到0.39，很明顯的在較低的濺鍍功率下獲得較高的氣體感測應答。

3.2 單獨摻雜SnO₂沈積薄膜的感應行爲

不同摻雜物Pt, SiO₂ 和 CaO被單獨與SnO₂共沈積形成薄膜在基材上，用30W濺鍍功率

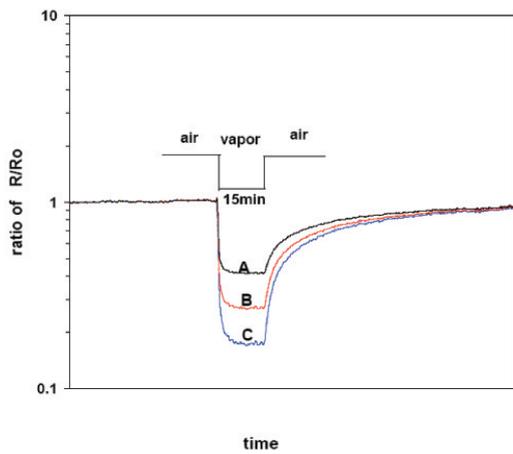


圖-3. 氧化錫薄膜感應標準化電阻，製備氧化錫薄膜在不同RF濺鍍功率下(A) 90W, (B) 60W,和 (C) 30W. 測試在空氣中進行和3000ppm酒精蒸氣下持續2h，操作溫度350°C，沈積的膜厚接近600nm。

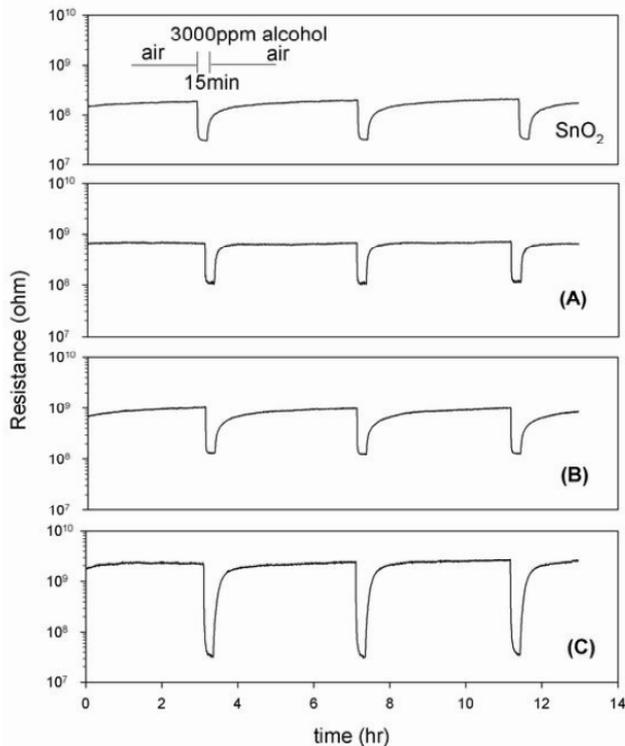


圖-4. 瞬時應答在氧化錫薄膜摻雜(1mol%)(A) SiO₂, (B) CaO, 和 (C)Pt.對3000 ppm酒精蒸氣在350 oC下，濺鍍功率30W製備薄膜（厚度1.2 μm）。

形成這些薄膜厚度約1.2 μm，其在350°C下測量對酒精的感測行為如圖4所示，每一次注入酒精蒸氣持續15min後關閉，其應答比例R/R₀如圖5所示，很容易看到Pt摻雜物戲劇性提高SnO₂薄膜的靈敏度，由於吸附氧與酒精分子產生活化作用[18]，無論如何，Pt摻雜薄膜在

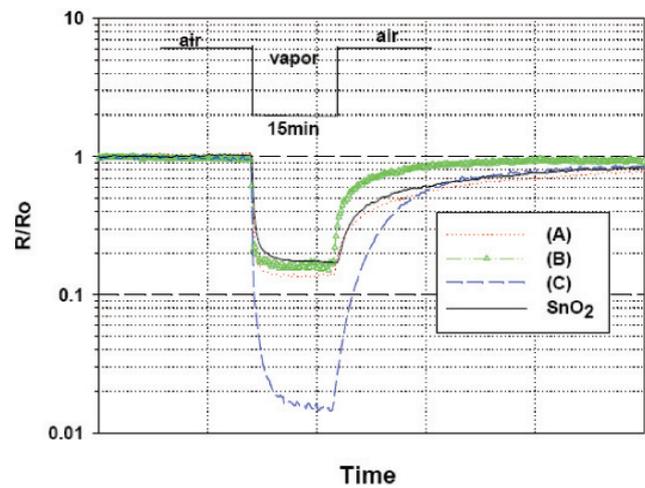
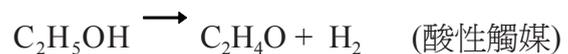
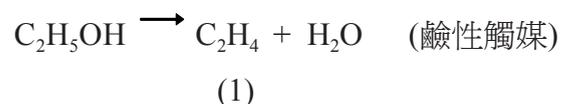


圖-5. 標準化瞬時應答在氧化錫薄膜感應摻雜(1mol%) (A) SiO₂, (B) CaO, 和 (C)Pt.對3000 ppm酒精蒸氣在350 oC下。

長時間測試下並不穩定如圖6所示，也許共沈積薄膜中Pt與SnO₂粒子並沒有良好的分散混合在一起。

CaO摻雜可以減少對酒精感測回復的時間，但是長期偵測下並不穩定，根據文獻[17]，鹼性觸媒即CaO，可能有利於酒精脫水反應由此轉化成乙烯而減低反應物與表面氧之間的作用，這可能可以解釋為何CaO摻雜在SnO₂薄膜回復的時間較短的原因。酒精的脫水與脫氫反應可以表示如下方程式（1）和方程式（2）：



在長時間的偵測下，SiO₂摻雜可以穩定SnO₂薄膜感測應答而且輕微的增加靈敏度如圖6所示，有報導指出SiO₂可以扮演抑制劑角色去減少氧化物邊界間的燒結[16]，因此用共沈積法摻雜SiO₂可以用來促進感測器長期的穩定性。

3.3 多元摻雜SnO₂沈積薄膜的感應行為

圖7所示多元摻雜的感應行為，SnO₂薄膜

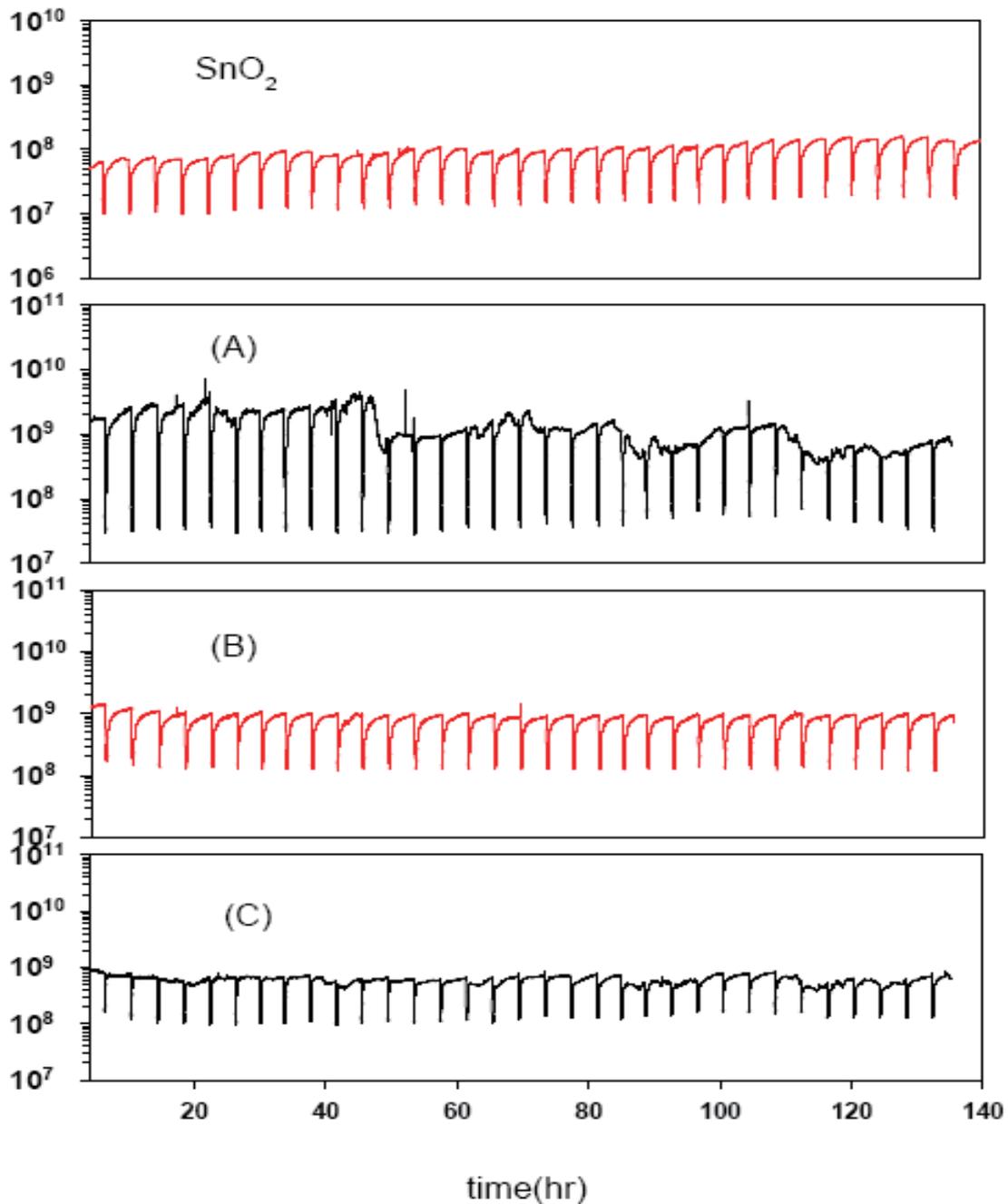


圖-6. 長時間的穩定性測試在氧化錫薄膜感應摻雜(1mol%)(A) Pt, (B) SiO₂ 和 (C) CaO. 每一個酒精感測進行持續15分鐘在350 oC下，濺鍍功率30W製備薄膜（厚度1.2 μm）

共沈積與摻雜物Pt-Ca, Pt-Si, Ca-Si 和 Pt-Ca-Si，這多元摻雜沈積薄膜組成莫爾比分別為 Pt: CaO: SnO₂ = 1 : 1 : 98，Pt: SiO₂: SnO₂ = 1 : 1 : 98, CaO: SiO₂: SnO₂ = 1 : 1 : 98 和Pt: CaO: SiO₂: SnO₂ = 1 : 1 : 1: 97，共沈積1mol%SiO₂ Pt和SnO₂. 有效改善感應的穩定性，這SiO₂異類原子可固定SnO₂晶粒邊界，無論如何多元摻雜CaO- SiO₂對酒精感應顯示並不穩定，對

CaO在多元摻雜Pt-SiO₂上的效應，Pt-SiO₂與Pt-CaO-SiO₂的標準化電阻(R/R₀)畫出如圖8所示，它可以看出CaO摻雜能縮短回復時間但是降低靈敏度。

3.4 SiO₂摻雜量在SnO₂沈積薄膜的感應行為

用RF濺鍍SiO₂摻雜在SnO₂沈積薄膜有效改善感測行為的穩定性，因此SiO₂摻雜量被測定如圖9所示，1mol% SiO₂摻雜顯示良好的行

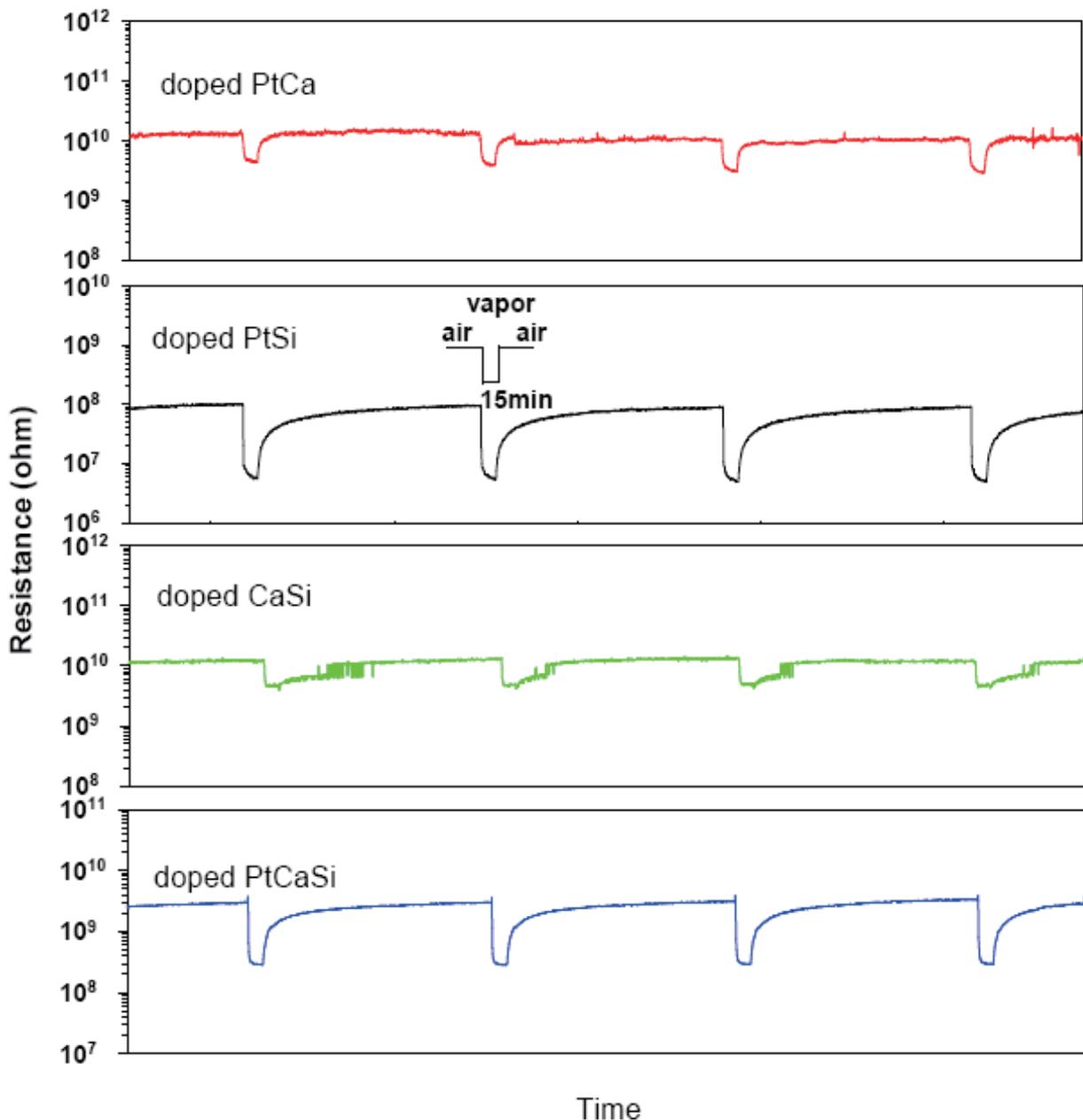


圖-7. 瞬時應答在氧化錫薄膜多元摻雜：Pt-CaO (Pt:CaO:SnO₂ = 1:1:98), Pt-SiO₂ (Pt:SiO₂:SnO₂ = 1:1:98), CaO-SiO₂ (CaO:SiO₂:SnO₂ = 1:1:98) 和 Pt-CaO-SiO₂ (Pt:CaO:SiO₂:SnO₂ = 1:1:1:97) 對3000 ppm酒精蒸氣在350 oC下，濺鍍功率30W製備薄膜。

為，較高的摻雜(5mol%) SiO₂可能失敗去穩定感應訊號，因此SiO₂摻雜量在SnO₂薄膜需要被最佳化去獲得良好的應答。

3.5 厚度對酒精感測的影響

感測薄膜的厚度是另一項重要因素影響靈敏度，圖10顯示多元摻雜Pt-CaO-SiO₂的SnO₂薄膜具有不同厚度：600, 1200 和 2400nm，很明顯的，較厚的薄膜對酒精具有較高的

靈敏度，無論如何，在相同的濺鍍功率下需要更多的時間至被感測薄膜。

3.6 感應機構

有系統的奈米級摻雜 Pt, CaO, 和SiO₂在氧化錫中對酒精感測的機構被提出如圖11所示，當還原性氣體出現下，表面的吸附氧被減少，因此減少了晶粒界面間的電子濃度，每一種摻雜物扮演著促進劑的角色去改善感測

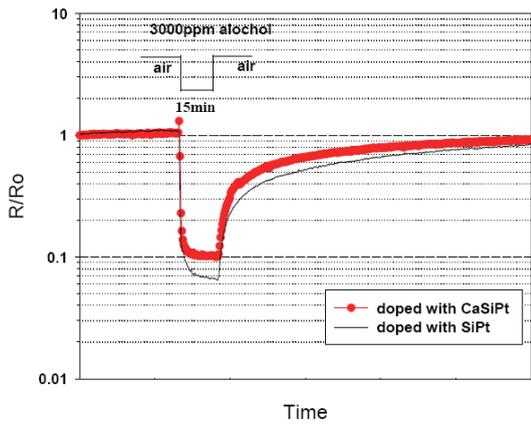


圖-8. 標準化瞬時應答在氧化錫薄膜多元摻雜： Pt-SiO_2 ($\text{Pt:SiO}_2:\text{SnO}_2 = 1:1:98$) 和 Pt-CaO-SiO_2 ($\text{Pt:CaO:SiO}_2:\text{SnO}_2 = 1:1:1:97$) 對3000 ppm酒精蒸氣在350 oC下。

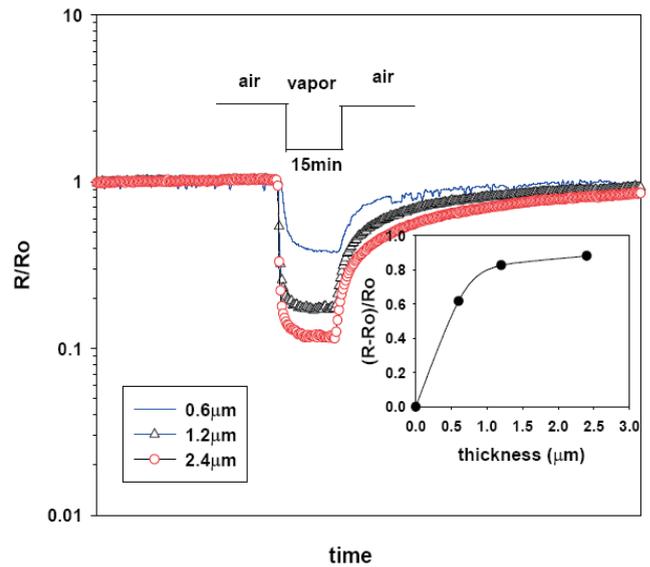


圖-10. 標準化瞬時應答在氧化錫薄膜摻雜 Pt, CaO 和 SiO_2 (每一個1 mol%) 對3000 ppm酒精蒸氣在350 oC下，這摻雜膜沈積濺鍍功率30W。

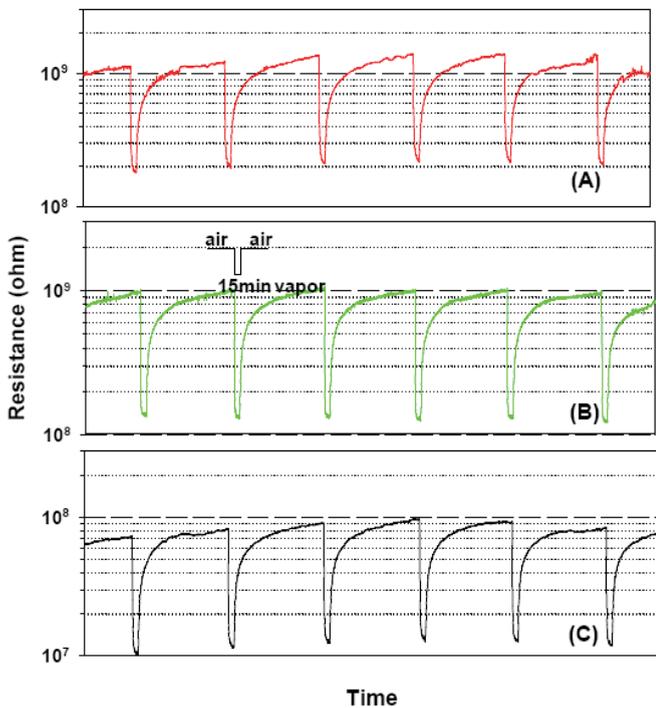


圖-9. 瞬時應答對氧化錫薄膜中 SiO_2 摻雜量的效應對3000 ppm酒精蒸氣在350 oC下，這摻雜膜製備濺鍍功率30W， SiO_2 (mol%): (A) 0, (B) 1 和 (C) 5。

的行為，Pt摻雜可以活化表面氧與酒精分子之間的反應，CaO摻雜降低了反應分子的吸附和 SiO_2 摻雜抑制了氧化錫的燒結能明顯穩定長時間的感測性質。儘管如此，在多元成分摻雜系統中 SiO_2 最佳成分的組合仍需進一步研究。

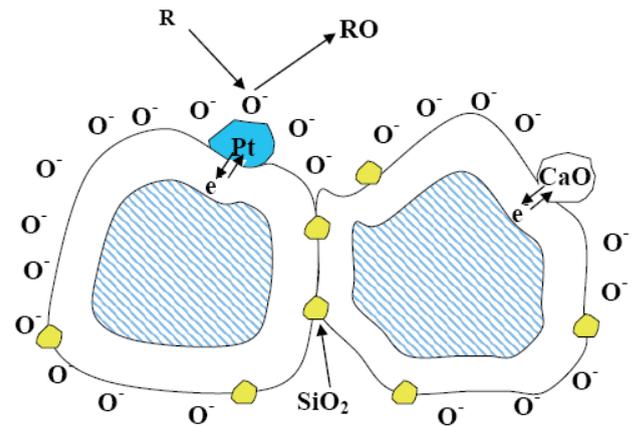


圖-11. 奈米摻雜Pt, CaO 和 SiO_2 的行為在 SnO_2 對酒精感測機構圖，R：還原性氣體。

4. 結論

藉由RF濺鍍系統研究奈米級摻雜物Pt, SiO_2 , 和 CaO在 SnO_2 薄膜對酒精偵測影響效應，摻雜物共沈積改善了酒精感測的表現，1 mol%CaO摻雜可縮短感測的回復時間和1 mol% Pt摻雜可增加靈敏度，但是兩者對長期的感測穩定不佳， SiO_2 (1 mol%)摻雜可明顯改善其長期偵測的穩定性，但是太多 SiO_2 (5

mol%)摻雜將失去其對酒精感測的穩定性，較低濺鍍功率可獲得較高的靈敏度的薄膜，由於其有較小沈積顆粒，對多元成分的摻雜所產生的加乘成效應，導入共沈積技術將提供了改善感測表現的潛力，我們相信最佳製程是值得進一步研究的。

5. 參考文獻

1. Chun-Ching Hsiao, Kuo-Yi Huang and Yuh-Chung Hu, Fabrication of a ZnO pyroelectric sensor, *Sensors* 8 (2008) 185-192.
2. N.H. Al-Hardan, M.J. Abdullah, A. Abdul Aziz, Sensing mechanism of hydrogen gas sensor based on RF-sputtered ZnO thin films, *International Journal of hydrogen energy* 35(2010) 4428-4434.
3. C. Wang, Y. Hu, Y. Qian, and G. Zhao, A novel method to prepare nanocrystalline SnO₂, *NanoStructure Materials*, Vol.7, No.4 (1996) p421-427.
4. Z. Jin, H. J. Zhou, Z. L. Jin, R. F. Savinell, C. C. Liu, Application of nano-crystalline porous tin oxide thin film for CO sensing, *Sensors and Actuators B* 52(1998) 188-194.
5. A. Dieguez, A. Romano-Rodrigor, J. R. Morante, U. Weimar, M. Schweizer-Beberich, W. Gopel, Morphological analysis of nanocrystalline SnO₂ for gas sensor applications, *Sensors and Actuators B* 31 (1996)1-8.
6. G. Korotchenkov, V. Brynzari, S. Dmitriev, SnO₂ film for thin film gas sensor design, *Materials Science and Engineering B*56(1999) p195-204.
7. A.M. Servent, et..al, Transmission electron microscopy investigation of SnO₂ thin films for sensor devices, *Nanostructure Materials* Vol.11, No.6, (1999) p813.
8. S.kaciulis, et al. Investigation of thin films of mixed oxides for gas-sensing applications, *Surface Interface Analysis* 34 (2002)p672-676.
9. D. H. Yoon and G. M. Choi, Microstructure and CO gas sensing properties of porous ZnO produced by starch addition, *Sensor and Actuators B* 45 (1997) 251-257.
10. G. Li and S. Kawi, MCM-41 modified SnO₂ gas sensors: Sensitivity and selectivity properties, *Sensor and Actuators B* 59 (1999) 1-8
11. Yude Wang, Xinghui Wu, Yanfeng Li, Zhenlai Zhou, Mesostructured SnO₂ as sensing material for gas sensors, *Solid-state Electronics* 48(2004) 627-632.
12. Gyeong-Geun Lee, Suk-Joong L. Kang, Formation of large pore and their effect on electrical properties of SnO₂ gas sensors, *Sensors and Actuators B* 107(2005) 392-396.
13. J.H. Park, and K. H. Kim, Improvement of long-term stability in SnO₂-based gas sensor for monitoring offensive odor, *Sensors and Actuators B* 56 (1999) p50-58
14. V. Guidi, et al., Nanosized Ti-doped MoO₃ thin films for gas-sensing application, *Sensors and Actuators B* 77(2001) p555-560.
15. G. Blaser, Th Ruhl, C. Diehl, M. Ulrich, D. Kohl, Nanostructured, semiconductor gas sensors to overcome sensitivity limitations due to percolation effects, *Physica A* 266(1999) p218-223.

16. S.C. Ray, M.K. Karanjai, D. Dasgupta, Preparation and study of doped and undoped tin dioxide films by the open air chemical vapour deposition technique, *Thin Solid Films* vol .307(1997)p221-227.
17. Il Jin Kim, Sang Do Han, Ishwar Singh, Hi Doek Lee, Jin Suk Wang, Sensitivity enhancement for CO gas detection using a SnO₂-CeO₂-PdO_x system, *Sensors and Actuators B* 107(2005) 825-830.
18. N.L. Wu, S.Y. Wang, and A. Rusakova, Inhibition of crystallite growth in the sol-gel synthesis of nanocrystalline metal oxide, *Science* vol.285 (1999) 1375-137
19. Tetsuro Seiyama, "Chemical Sensor Technology" , Kodansha ,Tokyo, Vol 1, (1988) pp15~38.
20. M. Schweizer-Berberich, J. G. Zheng, U. Weiman, W. Gopel, N. Barsan, E. Pentia, A. Tomescu, The effect of Pt and Pd surface doping on the response of nanocrystalline tin dioxide gas sensors to CO, *Sensors and Actuators B* 31 (1996) 71-75.
21. A.V. Tadeev, G. Delabouglise, M. Labeau, Influence of Pd and Pt additives on the microstructural and electrical properties of SnO₂-based sensors, *Materials Science and Engineering B*57 (1998) 76-83.
22. O.K. Varghese, L.K. Malhotra, and G.L. Sharma, High ethanol sensitivity in sol-gel derived SnO₂ thin films, *Sensors and Actuators B*55 (1999) p161-165
23. C.H. Shek, J.K.L. Lai, and G.M., Grain growth in nanocrystalline SnO₂ prepared by sol-gel route, *NanoStructure Materials*, Vol.11, (1999)p887-893
24. S. Xue, W. Ousi-Benommar, R.A. Lessard, α Fe₂O₃ thin films prepared by metalorganic deposition (MOD) from Fe(III) 2-ethylhexanoate, *Thin Solid Films* 250 (1994) 194–201.
25. C.C. Chai, J. Peng, B.P. Yan, Preparation and gas-sensing properties of alpha-Fe₂O₃ thin films, *J. Electron. Mater.* 24 (1995) 799–804.
26. F. Edelman, E-gun sputtered and reactive ion sputtered TiO₂ thin films for gas sensors, *Inst. Electron Technol.* 33 (2000) 89–107.
27. Y. Liu, W. Zhu, O.K. Tan, Y. Shen, Structural and gas-sensing properties of ultrafine Fe₂O₃ prepared by plasma enhanced chemical vapor deposition, *Mater. Sci. Eng. B* 47 (1997) 171–176.
28. V.V. Kissine, S.A. Voroshilov, and V.V. Sysoev, Oxygen flow effects on gas sensitivity properties of tin oxide film prepared by r.f. sputtering, *Sensors and Actuators B* 55 (1999) p55-59.
29. K. Aguir. C. Lemire., D.B.B. LoHman, Electrical properties of reactively sputtered WO₃ thin films as ozone gas sensor, *Sensors and Actuators B* 84(2002)p1-5.
30. N.Y. Shishkin, I.M. Zharsky, V.G. Lugin, and V.G. Zarapin, Air sensitive tin dioxide thin films by magnetron sputtering and thermal oxidation technique, *Sensors and Actuators B* 48(1998)p403-408
31. Y. Hayashi, K. Kondo, K. Murai, T. Moriga, I. Nakabayashi, H. Fukumoto, K. Tominaga, ZnO-SnO₂ transparent conductive films deposited by opposed target sputtering system

-
- of ZnO and SnO₂ targets, Vacuum 74 (2004) 6070611.
32. K. Guerin, K. Aguir, M. Bendahan, C. Lambert-Mauriat, Thermal modeling of a WO₃ ozone sensor response, Sensors and Actuators B 104(2005) 289-293.
 33. S.G. Ansari, et al, Characterization of SnO₂-based H₂ gas sensors fabricated by different deposition techniques, J of Materials in Electronics 8(1997) p23-27



利用拉普拉斯轉換法求解時變體積 流率所引起之柏格流體暫態流問題

陳俊益

義守大學工業工程與管理學系

摘 要

本研究求解兩平行板中柏格流體流動之非穩態問題，主要求解不可壓縮柏格流體之速度場與壓力梯度。本研究中，流體流動於兩無限大平板間，利用一已知任意隨時間改變入口流率所引起之流動，並根據此流動條件，分別求解突然啟動與等加速度等兩種基本流動情形，爾後，再將此兩個結果應用至實際的例子，稱為梯形活塞運動，此活塞運動包括三個階段，分別以等加速度從靜止啟動至某一固定之速度，然後維持此速度一段時間之後，再以等減速至完全靜止為止。除此之外，本研究並求解擺盪流動之情形。本研究結果顯示，鬆弛時間與延遲時間對於速度場與壓力梯度具有顯著的影響。

關鍵字：柏格流體、入口體積流率、解析解、留數定理



陳俊益 教授

1. 前言

一般而言，材料之流變性質(rheological properties)由其構造方程式(constitutive equations)所代表，眾多材料中以牛頓流體之構造方程式最為簡潔，運動方程式以那維爾-史托克方程式(Navier-Stokes equation)代表

之，但是於許多專業領域中，如食品工業、鑽孔作業與生物工程中，所使用之流體不論是合成或是天然的，均為諸如水、懸浮粒子、油、細胞與其它長鏈分子所組成，此所組成之流體具有強非牛頓流體之性質，此流體之黏滯函數與剪力率具有非線性關係，且延長效應亦會影響彈性性質，因此此流體被視為黏彈流體(viscoelastic fluids)，由於這些流體之複雜性質，因此無法以單一的構造方程式展現非牛頓流體之所有特性，職是之故，許多非牛頓流體之構造方程式大都是經驗式(empirical)或是半經驗式(semiempirical)，於眾多模型中，黏彈流體模型為最常被使用，許多研究[1-12]已經從事相關探討，所使用的統馭方程式比那維爾-史托克方程式[13-15]更為複雜。

於近期研究中，許多學者[16-18]探討黏彈流體模型中的柏格流體(Burgers' s model)，此模型通常被用於模擬混凝土之流動情形，這些研究均假設混凝土為黏彈材料，同時有些研究[19-29]使用彈簧類比法(spring dashpot analogy)於建構柏格模型或其它黏彈流體建構方程式[30-34]，更甚於此，柏格流體模型已經被用來描述如起司[35]、食用油[36]等食品特性，及被用來模擬細晶粒多晶矽橄欖石之高溫黏彈特性[37,38]，並被用來計算地殼與後冰河時期上浮之暫態潛變特性[39-42]，近期，Ravindran等人[18]探討柏格流體於正交流變計(orthogonal rheometer)之穩態流動特性。

根據以上之研究動機，探討柏格流體之非穩態流動解自然是水到渠成，根據作者所收集之文獻，目前並無文獻發表有關非穩態柏格流體之研究結果，因此，本研究將針對此為研究主體。由已知的壓力梯度所引起的層流解已經於許多文獻[43-46]中發表，但

是，於實際的應用中，壓力梯度均為未知，而已知的為入口體積流率，職是之故，Das等人[47]探討了許多時變入口體積流率所引起的牛頓流體流動解析解，同時輔以實驗證明[48]，Pascal等人[49]利用相似的方法求解幂次流體(power law fluid)之解，之後，相似的分析方法被Chen等人[50-52]推廣至Voigt、賓漢(Bingham)與二階流體。

本研究之目的有二，第一，發展柏格流體之非穩態流動之數學模式，第二，求解由時變體積流率所起柏格流體流動之解析解，本研究所採用之數學方法為拉普拉斯轉換，所獲得之解析解較其它黏彈性流體更為通用，其它黏彈性流體可視為本研究之特解。

2. 統復方程式與問題定義

考慮兩片距離 $2h$ 之無窮大平板，其間具有單一方向性之柏格流體於其間流動，其流動為被入口之已知體積流率所引起，對線性流動而言，必須考慮連續性方程式，同時運動方程式以純量表示為如下所示：

$$-\frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial y} = \rho \frac{\partial u}{\partial t}, \quad (1)$$

$$-\frac{\partial p}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{yy}}{\partial y} = 0, \quad (2)$$

$$-\frac{\partial p}{\partial z} = 0, \quad (3)$$

其中 p 為壓力、 x 為運動方向、 y 為垂直動之方向、 ρ 為流體密度、 t 為時間、 u 為 x 方向之流動速度、 τ_{xy} 為剪應力與 τ_{yy} 為正應力。注意，方程式(3)表示壓力 p 不為 z 之函數。柏格流體之構造方程式表示為[17]：

$$\vec{T} = -P\vec{I} + \vec{\tau}, \quad (4)$$

$$\left(1 + \lambda \frac{\delta}{\delta t} + \beta \frac{\delta^2}{\delta t^2}\right) \vec{\tau} = -\mu \left(1 + \theta \frac{\delta}{\delta t}\right) \vec{A} \quad (5)$$

其中 \vec{I} 為規一張量(identity tensor)、 λ 與 β 為鬆弛時間(relaxation times)、 μ 為動遲滯係數(retardation time)、 θ ($< \lambda$) 為上對流時間(upper convected time)、導數 $\frac{\delta}{\delta t}$ 與第一階 Rivlin-

Ericksen 張量 \vec{A} 分別被表示成：

$$\frac{\delta \vec{\tau}}{\delta t} = \frac{d \vec{\tau}}{dt} - \vec{L} \vec{\tau} - \vec{\tau} \vec{L}^T, \quad (6)$$

$$\vec{A} = \vec{L} + \vec{L}^T, \quad \vec{L} = \text{grad } \vec{V}, \quad (7)$$

其中 d/dt 為物質導數(material derivative)，

$\vec{V} = (u, 0, 0)$ 為速度

根據(5)至(7)，可以表示成如下：

$$\begin{aligned} & \left(1 + \lambda \frac{\partial}{\partial t} + \beta \frac{\partial^2}{\partial t^2}\right) \tau_{xx} - 2 \left[\lambda \frac{\partial u}{\partial y} \tau_{xy} + \beta \frac{\partial}{\partial t} \left(\frac{\partial u}{\partial y} \tau_{xy} \right) + \beta \frac{\partial u}{\partial y} \left(\frac{\partial \tau_{xy}}{\partial t} - \frac{\partial u}{\partial y} \tau_{yy} \right) \right] \\ & = -2\mu\theta \left(\frac{\partial u}{\partial y} \right)^2, \end{aligned} \quad (8)$$

$$\begin{aligned} & \left(1 + \lambda \frac{\partial}{\partial t} + \beta \frac{\partial^2}{\partial t^2}\right) \tau_{xy} - \left[\lambda \frac{\partial u}{\partial y} \tau_{yy} + \beta \frac{\partial}{\partial t} \left(\frac{\partial u}{\partial y} \tau_{yy} \right) + \beta \frac{\partial u}{\partial y} \frac{\partial \tau_{yy}}{\partial t} \right] \\ & = \mu \left(1 + \theta \frac{\partial}{\partial t}\right) \frac{\partial u}{\partial y}, \end{aligned} \quad (9)$$

$$\left(1 + \lambda \frac{\partial}{\partial t} + \beta \frac{\partial^2}{\partial t^2}\right) \tau_{yy} = 0. \quad (10)$$

從流體靜止至 $t=0$ 時，令 $\tau_{yy} = 0$ ，因此方程式

(2)、(8)及(9)被化簡成

$$-\frac{\partial P}{\partial y} = 0 \quad (11)$$

$$\left(1 + \lambda \frac{\partial}{\partial t} + \beta \frac{\partial^2}{\partial t^2}\right) \tau_{xx} - 2 \left[\left(\lambda + \beta \frac{\partial}{\partial t} \right) \frac{\partial u}{\partial y} \tau_{xy} + \beta \frac{\partial u}{\partial y} \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial t} \right] = -2\mu\theta \left(\frac{\partial u}{\partial y} \right)^2, \quad (12)$$

$$\left(1 + \lambda \frac{\partial}{\partial t} + \beta \frac{\partial^2}{\partial t^2}\right) \tau_{xy} = \mu \left(1 + \theta \frac{\partial}{\partial t}\right) \frac{\partial u}{\partial y}, \quad (13)$$

其中方程式(11)表示壓力 p 與 y 無關，僅為 x 與 t 之函數。

從方程式(1)與(13)消去 τ_{xy} 後，可得：

$$\left(1 + \lambda \frac{\partial}{\partial t} + \beta \frac{\partial^2}{\partial t^2}\right) \frac{\partial u}{\partial t} = -\frac{1}{\rho} \left(1 + \lambda \frac{\partial}{\partial t} + \beta \frac{\partial^2}{\partial t^2}\right) \frac{\partial p}{\partial x} + \nu \left(1 + \theta \frac{\partial}{\partial t}\right) \frac{\partial^2 u}{\partial y^2}, \quad (14)$$

其中 ν 靜黏滯係數(kinematic viscosity)。邊界條件為：

$$u(h, t) = 0 \quad , \quad (15)$$

$$\frac{\partial u(0, t)}{\partial y} = 0 \quad . \quad (16)$$

假設初始狀態為靜止，因此，初始條件為 $u(h, 0) = 0$ ，但是，若是壓力梯度函數為已知，則此問題有解，於本研究中，壓力梯度為利用入口體積流率所間接推導出。速度與體積流率之關係為：

$$\int_{-h}^h u(y, t) dy = 2hu_p(t) = Q(t) \quad . \quad (17)$$

於上式中， $u_p(t)$ 與 $Q(t)$ 分別為平均入口速度與入口體積流率。

3. 解題方法

方程式(14)與條件(15)-(17)之解法為採用拉普拉斯轉換法[50-52]，為避免重複說明，詳細解法說明予以省略。速度分佈與壓力梯度以下式所表示：

$$u(y, t) = \frac{1}{2\pi i} \int_{r-i\infty}^{r+i\infty} u_p(s) \Omega(y, s) e^{st} ds \quad , \quad (18)$$

$$\frac{dp(x, t)}{dx} = -\frac{\rho}{2\pi i} \int_{r-i\infty}^{r+i\infty} s \Psi e^{st} ds \quad , \quad (19)$$

其中

$$\Omega(y, s) = \frac{(\cosh mh - \cosh my)}{\left(\cosh mh - \frac{1}{mh} \sinh mh\right)} \quad , \quad (20)$$

$$\Psi = \frac{u_p(s)}{\left(1 - \frac{\sinh mh}{mh \cosh mh}\right)} \quad , \quad (21)$$

$$m = \left(\frac{\beta s^3 + \lambda s^2 + s}{\nu(\theta s + 1)}\right)^{1/2} \quad . \quad (22)$$

s 為拉普拉斯轉換參數。

4. 實例說明

為了解牛頓流體與柏格流體之間的差異，本研究利用Das等人[48]之例子作為研究範例。第一個例子為，活塞速度 $u_p(t)$ 以等加速度前進，第二個例子為活塞突然從靜止啟動，然後維持此速度持續運動。然後，這兩個例子被應用於活塞梯形運動(trapezoidal motion of the piston)，也就是活塞就有三個運動階段，活塞從等靜止至等加速、維持等速度一段時間、然後等減速度至完全停止。最後，本研究考慮擺盪活塞運動(oscillatory piston motion)。

例子(1) 等加速度活塞運動

等加速度活塞運動可以表示成

$$u_p(t) = a_p t = \left(\frac{U_p}{t_0}\right) t \quad , \quad (23)$$

其中 a_p 為等加速度、 U_p 為等加速度後之末速度、 t_0 為等加速度之時間，

將方程式(23)取拉普拉斯轉換，並使用代入方程式(18)中，可得

$$u(y, t) = \frac{1}{2\pi i} \int_{r-i\infty}^{r+i\infty} \frac{U_p (\cosh mh - \cosh my)}{t_0 s^2 \left(\cosh mh - \frac{1}{mh} \sinh mh\right)} e^{st} ds \quad . \quad (24)$$

根據上述表示式，此積分可利用Arpaci[53]書中所採用之複變函數理論解出，因 $s = 0$ 時為二階極點，因此 $s = 0$ 之留數(residue)為

$$\text{Res}(0) = \frac{U_p}{t_0} \left[\frac{3}{2} t \left(1 - \left(\frac{y}{h}\right)^2\right) - \frac{h^2}{40\nu} \left(5\left(\frac{y}{h}\right)^4 - 6\left(\frac{y}{h}\right)^2 + 1\right) \right] \quad . \quad (25)$$

其它之奇異點為滿足下列超越方程式之所有根。

令 $m = i\alpha$,

$$mh \cosh mh - \sinh mh = 0 \quad (26)$$

$$\alpha h \cos \alpha h - \sin \alpha h = 0 \quad (27)$$

若 $\alpha_n, n=1,2,3,\dots, \infty$ 為方程式(27)之所有零點,

則 s_{1n}, s_{2n} 及 $s_{3n}, n=1,2,3,\dots, \infty$ 為滿足下列方程式之所有極點

$$\beta s_n^3 + \lambda s_n^2 + (1 + \alpha_n^2 \nu \theta) s_n + \alpha_n^2 \nu = 0$$

若 $\beta \neq 0$, 上式可以重新整理成

$$s_n^3 + a s_n^2 + b s_n + c = 0 \quad (28)$$

其中 $a = \lambda / \beta$ 、 $b = (1 + \alpha_n^2 \nu \theta) / \beta$ 、 $c = \alpha_n^2 \nu / \beta$

使用 $s_n = \omega - \frac{a}{3}$, 方程式(28)可以被簡化成

$$\omega^3 + \eta \omega + q = 0 \quad (29)$$

方程式(29)之三個根為

$$\omega_1 = \sqrt[3]{-\frac{q}{2} + \sqrt{\left(\frac{q}{2}\right)^2 + \left(\frac{\eta}{3}\right)^3}} + \sqrt[3]{-\frac{q}{2} - \sqrt{\left(\frac{q}{2}\right)^2 + \left(\frac{\eta}{3}\right)^3}}$$

$$\omega_2 = \sqrt[3]{-\frac{q}{2} + \sqrt{\left(\frac{q}{2}\right)^2 + \left(\frac{\eta}{3}\right)^3}} \theta + \left(\sqrt[3]{-\frac{q}{2} - \sqrt{\left(\frac{q}{2}\right)^2 + \left(\frac{\eta}{3}\right)^3}} \right) \theta^2$$

$$\omega_3 = \sqrt[3]{-\frac{q}{2} + \sqrt{\left(\frac{q}{2}\right)^2 + \left(\frac{\eta}{3}\right)^3}} \theta^2 + \left(\sqrt[3]{-\frac{q}{2} - \sqrt{\left(\frac{q}{2}\right)^2 + \left(\frac{\eta}{3}\right)^3}} \right) \theta$$

其中 $\theta = (-1 + i\sqrt{3})/2$, $\eta = b - a^2/3$ and

$$q = 2(a/3)^3 - ab/3 + c.$$

當 $\left[\left(\frac{q}{2}\right)^2 + \left(\frac{\eta}{3}\right)^3 \right] > 0$, Z方程式(29)具有兩個

虛根, 因此速度具有擺盪現象, 整個流動系統展現黏彈行爲, 另一方面而言, 方程式(29)亦具有實根, 使得流體系統具有黏滯流體之特性。

這些極點均為簡單極點, 這些極點之留數可以表示成

$$\text{Res}(s_{jn}) = \frac{2U_p \alpha_n \nu (1 + \theta s_{jn})^2 (\cos \alpha_n h - \cos \alpha_n y) e^{s_{jn} t}}{t_0 h s_{jn}^2 (2\beta \theta s_{jn}^3 + (3\beta + \lambda \theta) s_{jn}^2 + 2\lambda s_{jn} + 1) \sin \alpha_n h} \quad , j=1,2,3. \quad (30)$$

將方程式(25)及(30)相加後, 可得完全解

$$\begin{aligned} \frac{u(y,t)}{U_p} = & \frac{1}{t_0} \left[\frac{3}{2} t \left(1 - \left(\frac{y}{h}\right)^2 \right) - \frac{h^2}{40\nu} \left(5\left(\frac{y}{h}\right)^4 - 6\left(\frac{y}{h}\right)^2 + 1 \right) \right] \\ & + \frac{2\nu}{t_0 h} \sum_{n=1}^{\infty} \sum_{j=1}^3 \frac{\alpha_n (1 + \theta s_{jn})^2 (\cos \alpha_n h - \cos \alpha_n y) e^{s_{jn} t}}{s_{jn}^2 [2\beta \theta s_{jn}^3 + (3\beta + \lambda \theta) s_{jn}^2 + 2\lambda s_{jn} + 1] \sin \alpha_n h} \end{aligned} \quad (31)$$

上述之速度分佈表示式為兩項之總和, 方程式(31)右側之第一項與黏彈參數無關, 而第二項卻具非常強的相關性, 於 $t=t_0$, 第一項為穩

態解, 對所有時間 t , 速度均會改變, 值得一提的是, 方程式(31)的第一項與Das等人[47]之解完全一樣。

使用與求解速度的程序一樣，壓力梯度可以解得：

$$\frac{dp(x,t)}{dx} = -\frac{\rho U_p}{t_0} \left\{ \left[\frac{6}{5} + (t-\lambda+\theta) \frac{3v}{h^2} \right] + \frac{2v}{h} \sum_{n=1}^{\infty} \sum_{j=1}^3 \frac{(1+\theta s_{jn})^2 \alpha_n \cot \alpha_n h e^{s_{jn} t}}{s_{jn} [2\beta\theta s_{jn}^3 + (3\beta + \lambda\theta) s_{jn}^2 + 2\lambda s_{jn} + 1]} \right\} \quad (32)$$

例子(2) 活塞突然啓動運動

對於兩平行板中突然啓動之情形可以定義爲：

$$\begin{aligned} u_p &= 0, & \text{for } t \leq 0, \\ \text{與 } u_p &= U_p, & \text{for } t > 0, \end{aligned} \quad (33)$$

其中 U_p 爲等速度。於此情形下，速度分佈與壓力梯度爲：

$$\frac{u(y,t)}{U_p} = \frac{3}{2} \left[1 - \left(\frac{y}{h} \right)^2 \right] + \frac{2v}{h} \sum_{n=1}^{\infty} \sum_{j=1}^3 \frac{\alpha_n (1+\theta s_{jn})^2 (\cos \alpha_n h - \cos \alpha_n y) e^{s_{jn} t}}{s_{jn} [2\beta\theta s_{jn}^3 + (3\beta + \lambda\theta) s_{jn}^2 + 2\lambda s_{jn} + 1]} \sin \alpha_n h \quad (34)$$

$$\frac{dp(x,t)}{dx} = -\frac{U_p \mu}{h^2} \left\{ 3 + 2h \sum_{n=1}^{\infty} \sum_{j=1}^3 \frac{\alpha_n (1+\theta s_{jn})^2 \cot(\alpha_n h) e^{s_{jn} t}}{[2\beta\theta s_{jn}^3 + (3\beta + \lambda\theta) s_{jn}^2 + 2\lambda s_{jn} + 1]} \right\} \quad (35)$$

例子(3) 梯型活塞運動

已知之活塞速度假設隨時間做如下之變化：

$$\begin{aligned} u_p(t) &= \frac{U_p}{t_0} t & \text{for } 0 \leq t \leq t_0 \\ &= U_p & \text{for } t_0 \leq t \leq t_1 \\ &= U_p \frac{(t_2-t)}{(t_2-t_1)} & \text{for } t_1 \leq t \leq t_2 \\ &= 0 & \text{for } t_2 \leq t \leq \infty \end{aligned} \quad (36)$$

$$\begin{aligned} u_p(t) &= \frac{U_p}{t_0} t H(t) - \frac{U_p}{t_0} t H(t-t_0) + U_p H(t-t_0) - U_p H(t-t_1) \\ &\quad + U_p \frac{t_2-t}{t_2-t_1} H(t-t_1) - U_p \frac{t_2-t}{t_2-t_1} H(t-t_2). \end{aligned}$$

對於不同時間階段之解分別爲：

(i) 從靜止至等加速度階段 ($0 \leq t \leq t_0$)

使用海夫賽德單位位階函數(Heaviside unit step function)，活塞運動可以表示成：

$$u_p(t) = \frac{U_p}{t_0} H(t) \quad (38)$$

$$\begin{aligned} \frac{u(y,t)}{U_p} &= \frac{1}{t_0} \left[\frac{3}{2} t \left(1 - \left(\frac{y}{h} \right)^2 \right) - \frac{h^2}{40v} \left(5 \left(\frac{y}{h} \right)^4 - 6 \left(\frac{y}{h} \right)^2 + 1 \right) \right] \\ &\quad + \frac{2v}{t_0 h} \sum_{n=1}^{\infty} \sum_{j=1}^3 \frac{\alpha_n (1+\theta s_{jn})^2 (\cos \alpha_n h - \sin \alpha_n y) e^{s_{jn} t}}{s_{jn}^2 [2\beta\theta s_{jn}^3 + (3\beta + \lambda\theta) s_{jn}^2 + 2\lambda s_{jn} + 1]} \sin \alpha_n h \end{aligned} \quad (39)$$

$$\frac{dp(x,t)}{dx} = -\frac{\rho U_p}{t_0} \left\{ \left[\frac{6}{5} + (t-\lambda+\theta) \frac{3v}{h^2} \right] + \frac{2v}{h} \sum_{n=1}^{\infty} \sum_{j=1}^3 \frac{(1+\theta s_{jn})^2 \alpha_n \cot(\alpha_n h) e^{s_{jn} t}}{s_{jn} [2\beta\theta s_{jn}^3 + (3\beta + \lambda\theta) s_{jn}^2 + 2\lambda s_{jn} + 1]} \right\} \quad (40)$$

(ii) 等速度階段 ($t_0 \leq t \leq t_1$)

$$u_p(t) = \frac{U_p}{t_0} t H(t) - \frac{U_p}{t_0} t H(t-t_0) + U_p H(t-t_0) \quad (41)$$

$$\frac{u(y,t)}{U_p} = \frac{3}{2} \left[1 - \left(\frac{y}{h} \right)^2 \right] + \frac{2\nu}{t_0 h} \sum_{n=1}^{\infty} \sum_{j=1}^3 \frac{\alpha_n (1+\theta s_{jn})^2 [e^{s_{jn}t} - e^{s_{jn}(t-t_0)}] (\cos \alpha_n h - \cos \alpha_n y)}{s_{jn}^2 [2\beta\theta s_{jn}^3 + (3\beta + \lambda\theta)s_{jn}^2 + 2\lambda s_{jn} + 1]} \sin \alpha_n h, \quad (42)$$

$$\frac{dp(x,t)}{dx} = -\frac{U_p \mu}{h^2} \left\{ 3 + \frac{2h}{t_0} \sum_{n=1}^{\infty} \sum_{j=1}^3 \frac{\alpha_n (1+\theta s_{jn})^2 [e^{s_{jn}t} - e^{s_{jn}(t-t_0)}] \cot \alpha_n h}{s_{jn} [2\beta\theta s_{jn}^3 + (3\beta + \lambda\theta)s_{jn}^2 + 2\lambda s_{jn} + 1]} \right\} \quad (43)$$

(iii) 等減速度階段 ($t_1 \leq t \leq t_2$)

$$u_p(t) = \frac{U_p}{t_0} t H(t) - \frac{U_p}{t_0} t H(t-t_0) + U_p H(t-t_0) - U_p H(t-t_1) + U_p \frac{t_2-t}{t_2-t_1} H(t-t_1), \quad (44)$$

$$\frac{u(y,t)}{U_p} = \frac{3}{2} \frac{t_2-t}{t_2-t_1} \left[1 - \left(\frac{y}{h} \right)^2 \right] + \frac{h^2}{40\nu(t_2-t_1)} \left[5 \left(\frac{y}{h} \right)^4 - 6 \left(\frac{y}{h} \right)^2 + 1 \right] + \frac{2\nu}{h} \sum_{n=1}^{\infty} \sum_{j=1}^3 \frac{\alpha_n (1+\theta s_{jn})^2 (\cos \alpha_n h - \cos \alpha_n y)}{s_{jn}^2 [2\beta\theta s_{jn}^3 + (3\beta + \lambda\theta)s_{jn}^2 + 2\lambda s_{jn} + 1]} \sin \alpha_n h \left[\frac{[e^{s_{jn}t} - e^{s_{jn}(t-t_0)}]}{t_0} - \frac{e^{s_{jn}(t-t_1)}}{(t_2-t_1)} \right], \quad (45)$$

$$\frac{dp(x,t)}{dx} = \frac{\rho U_p}{t_2-t_1} \left[\frac{6}{5} + (\theta - \lambda) \frac{4\nu\lambda}{h^2} \right] + \frac{3\mu U_p (t-t_2)}{h^2 (t_2-t_1)} - \frac{2U_p \mu}{h} \sum_{n=1}^{\infty} \sum_{j=1}^3 \left\{ \frac{\alpha_n (1+\theta s_{jn})^2 \cot \alpha_n h}{s_{jn} [2\beta\theta s_{jn}^3 + (3\beta + \lambda\theta)s_{jn}^2 + 2\lambda s_{jn} + 1]} \left[\frac{[e^{s_{jn}t} - e^{s_{jn}(t-t_0)}]}{t_0} - \frac{e^{s_{jn}(t-t_1)}}{(t_2-t_1)} \right] \right\}. \quad (46)$$

(iv) 於活塞停止後 ($t_2 \leq t \leq \infty$), $u_p(t)$ 與方程

式(37)相同

$$\frac{u(y,t)}{U_p} = \frac{2\nu}{h} \sum_{n=1}^{\infty} \sum_{j=1}^3 \frac{(1+\theta s_{jn})^2 \alpha_n (\cos \alpha_n h - \cos \alpha_n y)}{s_{jn}^2 [2\beta\theta s_{jn}^3 + (3\beta + \lambda\theta)s_{jn}^2 + 2\lambda s_{jn} + 1]} \sin \alpha_n h \times \left[\frac{[e^{s_{jn}t} - e^{s_{jn}(t-t_0)}]}{t_0} - \frac{[e^{s_{jn}(t-t_1)} - e^{s_{jn}(t-t_2)}]}{(t_2-t_1)} \right], \quad (47)$$

$$\frac{dp(x,t)}{dx} = -\frac{2U_p \mu}{h} \sum_{n=1}^{\infty} \sum_{j=1}^3 \frac{\alpha_n (1+\theta s_{jn})^2 \cot \alpha_n h}{s_{jn} [2\beta\theta s_{jn}^3 + (3\beta + \lambda\theta)s_{jn}^2 + 2\lambda s_{jn} + 1]} \left[\frac{[e^{s_{jn}t} - e^{s_{jn}(t-t_0)}]}{t_0} - \frac{[e^{s_{jn}(t-t_1)} - e^{s_{jn}(t-t_2)}]}{(t_2-t_1)} \right]. \quad (48)$$

例子 (4) 擺盪活塞運動(Oscillatory piston motion)

與本例中，考慮活塞從靜止至進行擺盪運動，活塞運動可以函數表示成

$$u_p(s) = \frac{U_0 \omega}{s^2 + \omega^2} \quad (49)$$

將方程式(49)取拉普拉斯轉換可得

$$u_p = 0 \quad \text{for } t \leq 0, \\ = U_0 \sin(\omega t) \quad \text{for } t > 0. \quad (50)$$

將方程式(50)代入方程式(18)以求得速度分佈，極點均為簡單極點，且出現於 $s = \pm i\omega$ 與 $\alpha h \cos \alpha h - \sin \alpha h = 0$ 方程式之所有，因此，速度分佈與壓力梯度之解為

$$\frac{u(y,t)}{U_0} = \frac{i}{2} \left[e^{-i\omega t} \Omega(y, -i\omega) - e^{i\omega t} \Omega(y, i\omega) \right] \\ + \frac{2\nu\omega}{h} \sum_{n=1}^{\infty} \sum_{j=1}^3 \frac{\alpha_n (1 + \theta s_{jn})^2 (\cos \alpha_n h - \cos \alpha_n y) e^{s_{jn} t}}{(s_{jn}^2 + \omega^2) [2\beta \theta s_{jn}^3 + (3\beta + \lambda \theta) s_{jn}^2 + 2\lambda s_{jn} + 1]} \sin \alpha_n h \quad (51)$$

$$\frac{dp(x,t)}{dx} = -\frac{\rho U_0 \omega}{2} \left[e^{i\omega t} \Gamma(i\omega) + e^{-i\omega t} \Gamma(i\omega) \right] \\ - \frac{2\mu U_0 \omega}{h} \sum_{n=1}^{\infty} \sum_{j=1}^3 \frac{\alpha_n s_{jn} (1 + s_{jn})^2 \cot(\alpha_n h) e^{s_{jn} t}}{(s_{jn}^2 + \omega^2) [2\beta \theta s_{jn}^3 + (3\beta + \lambda \theta) s_{jn}^2 + 2\lambda s_{jn} + 1]} \quad (52)$$

其中
$$\Gamma(s) = \frac{\cosh mh}{\left(\cosh mh - \frac{\sinh mh}{mh} \right)} .$$

5. 結論

於本研究中，所使用之流體為柏格流體，其構造方程式較Oldroyd-B流體、馬可斯威爾(Maxwell)流體、二階(second grade)流體與牛頓流體更加廣泛(general)。本研究推導出柏格流體之非穩態統御方程式，並利用拉普拉斯轉換將推導出之統御偏微分方程式轉換成常微分方程式，並求出轉換後積分之閉合解(closed form)。同時，本研究求出四個例子之速度分佈與壓力梯度解析閉合解，發現流體之速度分佈與壓力梯度之解均受流體之性質極大的影響，解析解中的第一項與文獻[47]之牛頓流體解完全一樣，而黏彈性的影響主要表現在第二項。同時，本研究之結果可以推廣至Oldroyd-B流體、馬可斯威爾(Maxwell)流體、二階(second grade)流體與牛頓流體

等四種流體，只要分別設定 $\beta = 0, \beta = \theta = 0, \beta = \lambda = 0$ 與 $\beta = \theta = \lambda = 0$ 即可，同時亦可用來作為研究結果正確性之數學驗證方式。

6. 文獻

- [1] Rajagopal, K.R., Bhatnagar, R.K.: Exact solutions for some simple flows of an Oldroyd-B fluid, Acta Mech. 113, 223-239 (1995).
- [2] Hayat, T. Asghar, S., Siddiqui, A.M.: Some unsteady unidirectional flows of a non-Newtonian fluid, Int. J. Eng. Sci. 38, 337-346 (2000).
- [3] Rajagopal, K.R., Gupta, A.S.: Flow and

- stability of a second grade fluid between two parallel plates rotating about noncoincident axes, *Int. J. Eng. Sci.* 19, 1401-1409 (1981).
- [4] Bandelli R., Rajagopal, K.R.: Start up flows of second grade fluids in domains with one finite dimension, *Int. J. Non-Linear Mech.* 30, 817-839 (1995).
- [5] Rajagopal, K.R.: On the creeping flow of the second grade fluid, *J. Non-Newtonian Fluid Mech.* 15, 239-246 (1984).
- [6] Hayat, T., Khan, M., Siddiqui, A.M., Asghar, S.: Transient flows of a second grade fluid, *Int. J. Non-Linear Mech.* 39, 1621-1633 (2004).
- [7] Hayat, T., Wang, Y., Hutter, K.: Flow of a fourth grade fluid, *Math. Models and Methods in Appl. Sci.* 12, 797-811 (2002).
- [8] Erdogan, M.E., Imrak, C.E.: An exact solution of the governing equation of a fluid of second grade for three-dimensional vortex flow, *Int. J. Eng. Sci.* 43, 721-729 (2005).
- [9] Tan, W.C., Feng, X., Lei, W.: An exact solution of unsteady Couette flow of generalized second grade fluid, *Chinese Sci. Bull.* 72, 1780-1783 (2002).
- [10] Tan, W.C., Masuoka, T.: Stokes' first problem for an Oldroyd-B fluid in a porous half space, *Phys. Fluid* 17, 023101-023107 (2005).
- [11] Chen, C.I., Chen, C.K., Yang, Y.T.: Unsteady unidirectional flow of an Oldroyd-B fluid in a circular duct with different given volume flow rate conditions, *Heat and Mass trans.* 40, 203-209 (2004).
- [12] Fetecau, C.: Analytical solutions for non-Newtonian fluid flows in pipe like domains, *Int. J. Non-Linear Mech.* 39, 225-231 (2004).
- [13] Rajagopal, K.R.: On boundary conditions for fluids of the differential type, in A. Sequire (Ed.), *Navier-Stokes equations and related non-linear problems*, Plenum press, New York, 273-278, 1995.
- [14] Rajagopal, K.R., Kaloni, P.N.: Some remarks on boundary conditions for fluid of the differential type, in G. A. C. Graham, S. K. Malik (Eds.), *Continuum mechanics and its applications*, Hemisphere, New York, 935-942, 1989.
- [15] Rajagopal, K.R., Gupta, A.S.: An exact solution for the flow of a non-Newtonian fluid past an infinite plate, *Meccanica* 19, 158-160 (1984).
- [16] Krishnan, J.M., Rajagopal, K.R.: Thermodynamic framework for the constitutive modeling of asphalt concrete: theory and applications, *J. Mater. Civil Eng.* 16, 155-166 (2004).
- [17] Krishnan, J.M., Rajagopal, K.R.: Review of the uses and modeling of bitumen from ancient to modern times, *Appl. Mech. Rev.* 56, 149-214 (2003).
- [18] Ravindran, P., Krishnan, J. M., Rajagopal, K.R.: A note on the flow of a Burger' s fluid in an orthogonal rheometer, *Int. J. Eng. Sci.* 42, 1973-1985 (2004).
- [19] Lee, A.R., Markwick, A.H.D.: The mechanical properties of bituminous surfacing materials under constant stress, *J. Soc. Chem. Ind.* 56, 146-154 (1937).

- [20] Burgers J.M.: Mechanical considerations-model systems- phenomenological theories of relaxation and of viscosity, in: J. M. Burgers (Ed.), First report on viscosity and plasticity, Nordemann Publishing Company, New York, 1935.
- [21] Saal, R.N.J.: Physical properties of asphaltic bitumen: Rheological properties. The properties of asphaltic bitumen, J. P. Pfeiffer, ed., Elsevier, Amsterdam, The Netherlands, 49-76, 1950.
- [22] Van der Poel, C.: On the rheology of concentrated dispersions, *Rheo. Acta* 1, 198-205 (1958).
- [23] Saal, R.N.J., Labout, J.W.A.: Rheological properties of asphalts. *Rheology: theory and applications*, E. R. Eirich, ed., vol. II, Academic, New York, 363-400, 1958.
- [24] Reiner, M.: *Deformation, Strain and flow- An elementary introduction*, Lewis, London, 1960.
- [25] Monismith, C.L., Secor, K.E.: Viscoelastic behavior of asphalt concrete pavements, Rep., Inst. of California, Berkley, Calif., 1962.
- [26] Secor, K.E., Monismith, C.L.: Analysis and interrelation of stress-strain time data for asphalt concrete, *Trans. Soc. Rheol.* 8, 19-32 (1964).
- [27] Pagen, C.: Rheological response of bituminous concrete, Highway Research Record 67, Highway Research Board, Washington, D. C., 1-26, 1965.
- [28] Monismith, C.L., Alexander, R.L., Secor, K.E.: Rheologic behavior of asphalt concrete, *Proc. Assoc. Asphalt Paving Technol.* 35, 400-450 (1966).
- [29] Huschek S.: The deformation behavior of asphalt concrete under triaxial compression, *Proc. Assoc. Asphalt Paving Technol.* 54, 407-431 (1985).
- [30] Davis, E.F., Krokosky, E.M., Tones, E.: Stress relaxation of bituminous concrete in tension, Rep. No. R 63-40, School of Engineering, Massachusetts Inst. of Technology, Cambridge, Mass, 1963.
- [31] Huang, Y.: Deformation and volume change characteristics of a sand asphalt mixture under constant direct and triaxial compressive stresses, Highway Research Record 178, Highway Research Board, Washington, D. C., 60-74 1967.
- [32] Moavenzadeh, F., Soussou, J.: Viscoelastic constitutive equation for sand-asphalt mixture, Highway Research Record 256, Highway Research Board, Washington, D. C., 36-52 1968.
- [33] Perl, M., Uzan, J.: A. Sides, Viscoelastic-Plastic constitutive law for a bituminous mixture under repeated loading, Transportation Research Record 911, Transportation Research Board, Washington, D. C., 20-27 1983.
- [34] Kim, Y., Little, D.N.: One-dimensional constitutive modeling of asphalt concrete, *J. Eng. Mech.* 116, 751-772 (1990).
- [35] C.A. Tovar, C.A. Cerdeirina, L. Romani, B. Prieto, J. Carballo, Viscoelastic behavior of Arzua-Ulloa Cheese, *J. Texture Stud.* 34 (2003) 115-129.

- [36] Wang, M.C., Lee, K.Y.: Creep behavior of cement stabilized soils, Highway Research Record 442, 36-52 (1973).
- [37] Chopra, P.N.: High-temperature transient creep in olivine rocks, Tectonophysics 279, 93-111 (1997).
- [38] Tan, B.H., Jackson, I., Gerald, J.D.F.: High-temperature viscoelasticity of fine-grained polycrystalline olivine, Phys. Chem. Miner. 28, 641-664 (2001).
- [39] Peltier, W.R., Wu, P., Yuen, D.A.: The viscosities of the earth mantle, in: F. D. Stacey, M. S. Paterson, A. Nicholas (Eds.). An elasticity in the Earth, American Geophysical Union, Colorado, 1981.
- [40] Yuen, D.A., Peltier, W.R.: Normal modes of the viscoelastic earth, Geophys. J. R. Astronom. Earth 69, 495-526 (1982).
- [41] Muller, G.: Generalized Maxwell bodies and estimates of mantle viscosity, Geophys. J. R. Astronom. Soc. 87, 1113-1141 (1986).
- [42] Rumpher, G., Wolf, D.: Viscoelastic relaxation of a Burgers half-space: implications for the interpretation of the Fennoscandian uplift, Geophys. J. Int. 124, 541-555 (1996).
- [43] Szymanski P.: Some exact solution of the hydrodynamic equations of a viscous fluid in the case of a cylindrical tube, J. Math. Pure Appl., 11, 67-107 (1932).
- [44] Rahaman, K.D., Ramkissoon, H.: Unsteady axial viscoelastic pipe flows, J. Non-Newtonian Fluid Mech., 57, 27-38 (1995).
- [45] Hayat, T., Siddiqui, A.M., Asghar, S.: Some simple flows of an Oldroyd-B fluid, Int. J. Eng. Sci., 39, 135-147 (2001).
- [46] Huang, J., Liu, C.: An analytic solution and investigation of character of viscoelastic fluids in double-gap concentric cylinder rheometer, Science in China, 38(12), 1510-1519 (1995).
- [47] Das, D., Arakeri, J.H.: Unsteady laminar duct flow with a given volume flow rate, ASME J. Appl. Mech., 67, 274-281 (2000).
- [48] Das, D., Arakeri, J.H.: Transition of unsteady velocity profiles with reverse flow, J. Fluid Mech., 374, 251-283 (1998).
- [49] Pascal, J.P., Pascal, H.: On some non-linear shear flows of non-Newtonian fluids, Int. J. Non-Linear Mech., 30, 487-500 (1995).
- [50] Chen, C.I., Chen, C.K., Yang, Y.T.: Unsteady unidirectional flow of a Voigt fluid between the parallel surfaces with different given volume flow rate conditions, Appl. Math. Comp., 144, 249-260 (2004).
- [51] Chen, C.I., Chen, C.K., Yang, Y.T.: Unsteady unidirectional flow of Bingham fluid between the parallel plates with different given volume flow rate conditions, Appl. Math. Modelling, 28, 697-709 (2004).
- [52] Chen, C.I., Chen, C.K., Yang, Y.T.: Unsteady unidirectional flow of second grade fluid between the parallel plates with different given volume flow rate conditions, Appl. Math. Comp., 137, 437-450 (2003).
- [53] Arpaci, V.S.: Conduction heat transfer, Addison-Wesley, USA. 1966.





【演講】

- **2011年消息理論及通訊秋季研討會暨國科會成果發表會」暨「2011年台港聯合消息理論與通訊研討會**

主講人：義守大學通訊工程學系、國立中山大學通訊工程研究所共同舉辦

日期：2011年08月18日、8月19日

地點：行政大樓十樓演講廳

- **從歐美針灸現況談針灸之發展**

主講人：張永賢教授(中國醫藥大學副校長及附設醫院副院長)

日期：2011年07月02日

地點：六樓會議廳

- **醫療使用管制藥品管理實務探討**

主講人：李欣南技士(高雄市衛生局藥政科)

日期：2011年07月07日

地點：六樓會議廳

- **中心靜脈導管相關血流感染之預防措施與改善**

主講人：林俊農部長(義大醫院急重症醫學)

中心日期：2011年07月09日

地點：六樓會議廳

- **肺炎暨呼吸器相關感染**

主講人：義大醫院重症醫學部黃煜為副部長

日期：2011年08月06日

地點：六樓會議廳

- **癌症登記組課程-臺灣癌症登記發展與醫院癌症資料庫之運用**

主講人：李明陽主任(嘉義基督教醫院血液腫瘤科)

日期：2011年08月13日

地點：六樓會議廳

- **敗血症的輸液治療：高張溶液的角色(Fluid Resuscitation in Sepsis: Role of hypertonic solution)**

主講人：廖文進主任(三軍總醫院麻醉部)

日期：2011年08月20日

地點：六樓會議廳



國科會消息

• 「台灣科普傳播事業發展計畫」政策導向推動整合型計畫

1. 國科會科學教育發展處為推動「台灣科普傳播事業發展計畫」，有效整合輔導各執行計畫，並建置優質的科普傳播發展環境與拓展國際合作，特徵求「政策導向」的單一整合型推動計畫。
2. 訊息相關網址：<http://web1.nsc.gov.tw/>
3. 計畫截止日：2011年6月28日

• 100年度補助「科學傳播人才培育計畫」

1. 為加強培育「說科學故事的人才」，使科學知識、原理、語彙、意涵等艱澀資訊，藉由創意表現及影音、圖像、動畫等形式，轉化為社會大眾易於吸收閱聽的資訊，進而提升科普產學人力素質及科普產品品質，滿足科普市場需求，落實科普傳播事業之推動與發展。準此，科教處擬徵求學界跨領域合作計畫，開發科學傳播人才培育教案與教材，分階段（級）培訓有志投身科普傳播人士，使其在兼顧理論知識與實務技能下，有效學習科普傳播內容之設計與創製。
2. 訊息相關網址：<http://web1.nsc.gov.tw/>
3. 計畫截止日：2011年6月30日

• 2011/2012年度台英(NSC-RS)合作交流互訪計畫

1. 國科會與英國皇家科學院(Royal Society in London)為鼓勵台灣與英國雙方研究人員於自然科學領域進行合作研究，於2008年簽署合作研究備忘錄以共同補助合作計畫執行下之人員交流訪問費用。
2. 訊息相關網址：<http://www.nsc.gov.tw/int/mp.asp>
3. 計畫截止日：2011年6月30日

• 100年度「傳播調查資料庫」專題研究計畫

1. 國科會人文處為強化人文及社會科學之研究環境，並鼓勵學者依據實證資料分析當代台灣種種社會現象，特規劃各學門領域建立特定主題之台灣經驗實證資料庫研究計畫。本次公告徵求主題為「傳播調查資料庫」，計畫需以長期收集建構實證資料庫為主要規劃內容，採用抽樣調查方法收集一手資料者，調查母體必須涵蓋全台灣人口。計畫之研究成果為公共財，所收集建構之資料庫資料需公開提供學術界共同使用。

2. 訊息相關網址：<http://web1.nsc.gov.tw/>
3. 計畫截止日：2011年6月30日

• 100年度「科技倫理教育」課程教學研究發展整合型計畫

1. 國科會依據國家科學技術發展計畫，為發展科技倫理教育課程及教材，特徵求整合型計畫，鼓勵研究者組成跨領域團隊，探討科技倫理應如何融入各級教育中，並針對各級教育學生或科學師資培育，發展科技倫理教材、課程、教學方法及策略，一方面讓科技教育能以全面關照科技倫理之面向來進行科技文化的系統性瞭解；另一方面讓科技教育落實到面對科技爭議與科技風險的多元思考中，以期能讓未來公民具有在公共領域中具備多元思辯與達成共識的能力與素養。
2. 訊息相關網址：<http://web1.nsc.gov.tw/>
3. 計畫截止日：2011年6月30日

• 100年度國科會科教處政策導向「人才培育」計畫

1. 國為配合國科會科教處推動新興科技人才培育任務需求，有效整合並推廣相關自由型研究計畫成果、建置優質的科技學習環境與拓展國際合作，國科會特推動「政策導向型人才培育計畫」。
2. 訊息相關網址：<http://web1.nsc.gov.tw/>
3. 計畫截止日：2011年6月30日

• 2012年台德（NSC-DAAD）雙邊計畫下人員交流（PPP）計畫

1. 為增進我國年輕學者及研究人員國際學術合作經驗，國科會自1998年起與德國學術交流總署(DAAD)簽署以計畫為基礎之人員交流計畫(Project-based Personnel Exchange Program, PPP)，期促進雙方研究人員為執行合作研究所需之人員互訪活動並提供補助，同時作為雙方研究團隊共同發展大型研究計畫之育成階段。
2. 訊息相關網址：<http://www.nsc.gov.tw/int/>
3. 計畫截止日：2011年6月30日

• 101年貴重儀器共同使用服務計畫

1. 為結合大專校院充實並有效運用貴重儀器資源，提供研究人員使用，特訂定貴重儀器共同使用服務計畫。
2. 訊息相關網址：<http://web1.nsc.gov.tw/lp.aspx?CtNode=979&CtUnit=500&BaseDSD=5&mp=1>
3. 計畫截止日：2011年7月15日

• 台德博士生短期研究(又稱三明治計畫)

1. 國科會為促進台德年輕研究人員交流與其學術研究視野、提高國內博士班研究水準，以擴大台德雙方學術合作，與德國DAAD共同議訂博士生短期研究(又稱為三明治計畫)兩項補助活動。
2. 訊息相關網址：<http://www.nsc.gov.tw/int/lp.asp?CtNode=1214&CtUnit=876&BaseDSD=7&xqxCat=O>
3. 計畫截止日：三明治計畫下2012春季班—2011年7月31日

• 2011/2012台奧（NSC-FWF）雙邊共同合作研究計畫及研討會

1. 國科會為加強與奧地利之學術合作，於2007年10月與奧地利國家科學基金會議定自2008年起以共同補助合作研究計畫及研討會方式落實雙方協議。
2. 訊息相關網址：<http://www.nsc.gov.tw/int/>
3. 計畫截止日：雙邊研討會第二期—2011年7月31日

• 100年度「傑出研究獎」

1. 行為獎勵研究成果傑出之科學技術人才，長期從事學術或產學研究，以提升我國學術研究水準及國際學術地位，並強化我國產業技術研究成效及提升產業技術研發能力，增強國家科技實力，國科會特訂定「行政院國家科學委員會傑出研究獎遴選作業要點」。
2. 訊息相關網址：<http://web1.nsc.gov.tw/>
3. 計畫截止日：2011年7月29日下午6時前完成線上申請

• 國科會補助赴國外從事博士後研究

1. 為配合國家長期發展，鼓勵我國年輕優秀博士赴國外從事博士後研究以提升國際研究能力，汲取先進國家研發經驗，國科會訂定「行政院國家科學委員會補助赴國外從事博士後研究作業要點」。
2. 訊息相關網址：<http://web1.nsc.gov.tw/>
3. 計畫截止日：2011年8月1日中午12時

• 國科會補助博士生赴國外研究

1. 行政院國家科學委員會為配合國家長期科技發展需要，鼓勵國內公私立大學校院培育在校優秀博士生國際研究經驗。
2. 訊息相關網址：<http://web1.nsc.gov.tw/>
3. 計畫截止日：2011年8月1日中午12時

• 101年度人文及社會科學領域學者國內訪問研究計畫

1. 為培育人文及社會科學研究人才，提升國家人文及社會科學之學術發展，國科會特推動「補助人文及社會科學領域學者國內訪問研究試辦方案」。
2. 訊息相關網址：<http://web1.nsc.gov.tw/>
3. 計畫截止日：2011年8月1日

• 101年度（第50屆）補助科學與技術人員國外短期研究

1. 為因應國家科技發展，加強國際雙邊科技合作與人才交流，補助科學與技術人員赴國外大學校院、研究機構或專業機構短期研究，國科會特補助科學與技術人員進行國外短期研究。
2. 訊息相關網址：<http://www.nsc.gov.tw/int/ct.asp?xItem=5407&ctNode=1213>
3. 計畫截止日：2011年8月1日

• 100年度第2期「補助任務導向型團隊赴國外研習試辦方案」 (簡稱龍門計畫)計畫

1. 為補助國內優秀人才赴國科會所指定之國外世界級公私立研究機構，研習我國未來迫切需要之關鍵科技項目，以培育我國未來發展所需關鍵科技之研發人才，並掌握自主研發能力，進而促成我國科技創新水準之躍升，國科會特訂定「補助任務導向型團隊赴國外

研習試辦方案」。

2. 訊息相關網址：<http://www.nsc.gov.tw/int/ct.asp?xItem=19302&ctNode=1212>
3. 計畫截止日：2011年8月15日

• 2011年台印(度)雙邊科技合作計畫

1. 訊息相關網址：<http://www.nsc.gov.tw/int/>
2. 計畫截止日：2011年8月30日

• 2012-2014年國科會與日本JST協議下雙邊共同合作專題研究計畫

1. 國科會於2007年9月與日本科學技術振興機構(JST)簽署科技合作備忘錄，雙方同意共同促進台日兩國科學交流，為落實前述備忘錄，雙方將以選擇特定領域之共同合作研究計畫為主要補助活動。
2. 訊息相關網址：<http://web1.nsc.gov.tw/>
3. 計畫截止日：2011年8月31日

• 100年度「全球架構下的臺灣發展：典範與挑戰」跨學門整合型計畫

1. 人文社會科學研究的主要目的，不但在收集資料描繪現象，更要對現象作有意義的分析及詮釋，據以探究解決當前國家社會面臨的各種問題。人文處依此原則推動一系列的專案，除了要求研究計畫有其學術基礎，另更期待對國家社會發展有所助益。「全球架構下的臺灣發展：典範與挑戰」專案鼓勵學者將研究觀點回歸到人文社會科學的哲理基礎，將視野置於全球化的架構，探討、反省臺灣社會百態。
臺灣近代以來在經濟、政治、社會、文化各層面的長足發展，未必能從歐美經驗及理論來解釋，卻可作為一種借鏡或典範。快速發展的過程中，也遭逢重要問題及困境，亟需藉助跨學科之整合型深入探討，協助政府研擬因應之道。
本次推動之「全球架構下的臺灣發展：典範與挑戰」專案，從跨學門或跨領域之宏觀視野，立基於臺灣發展之經驗，針對當前及可預見之未來臺灣面臨的重要議題，進行以政策建議為導向之學術研究。本專案預期藉由學術研究之成果轉化為具體政策建議，檢討目前施政之優劣及擘畫改善方向及未來對應方針。藉由臺灣經驗之研究成果，或可供作華人世界及其他社會之參考借鏡。本計畫鼓勵跨時空背景之比較研究（包括跨時期、跨國、跨地域等）。

2. 訊息相關網址：<http://web1.nsc.gov.tw/>
3. 計畫截止日：2011年8月31日

• 「人文及社會科學研究中心」設置計畫

1. 國科會為促進國內人文及社會科學學術研究之卓越化，自民國八十八年起設置「人文學研究中心」、「社會科學研究中心」。推動至今歷經兩階段（每階段六年）已初步完成國內人文及社會學學術期刊資料庫建置雛型、學門前瞻研究學術報告、培育年輕學者研習、推動專書補助等有助於人文及社會科學研究長遠發展之規劃案。國科會為延續此一推動學術研究的活力，並進一步統整人文及社會科學的跨領域密切合作，擬重新對全國人文及社會科學相關學術研究機構公開徵求設置「人文社會科學研究中心」。申請機構可就本公告，提供更具創意的設置理念及運作規劃，以提昇國內人文及社會科學研究。
2. 訊息相關網址：<http://www.nsc.gov.tw/hum/ct.asp?xItem=19812&ctNode=1147>
3. 計畫截止日：2011年8月31日

• 101年度全國性學術團體辦理學術推廣業務計畫

1. 為國科會為提升學術水準，促進學術交流，補助全國性學術團體在國內辦理學術推廣業務，特訂定本計畫。
申請機構須同時具備下列資格條件：
(一)以推展學術研究及促進教育發展為宗旨及任務，依內政部人民團體法及社會團體許可立案作業規定，經中央主管機關核准立案五年以上之全國性學術團體。
(二)定期辦理理監事改選，且其理監事成員中現任大專院校或研究機構之教學研究人員占五分之三以上者。
(三)近五年內每年均定期出版科技類四次或人文社會科學及科學教育類二次以上之學術性期刊。
(四)近三年內曾主辦科普教育活動、學術研討會及其他學術推廣活動(如學術競賽、展覽及研習)。
2. 訊息相關網址：<http://www.nsc.gov.tw/cen/ct.asp?xItem=19819&ctNode=1204>
3. 計畫截止日：2011年8月31日

• 2011年「臺法科技獎」

1. 「臺法科技獎」係依國科會與法蘭西學院自然科學院2003年2月10日簽署之「台法科技基金協議」辦理，每年雙方議訂專長領域並頒發獎項予共同致力推動科學合作研究之法國與台灣學者團隊。

2. 訊息相關網址：<http://www.nsc.gov.tw/int/>
3. 計畫截止日：2011年9月1日

• 2012~2013年臺灣義大利雙邊共同合作研究計畫

1. 國科會為推動與南歐國家之科技合作，於2007年10月26日與義大利國家研究委員會(The National Research Council of Italy, CNR)簽署雙邊科學合作協議(Agreement on Scientific Cooperation)，雙方同意促進兩國科技交流，而以共同合作計畫、研究人員互訪及雙邊學術研討會為主要合作活動；並於同日簽訂合作計畫(Cooperative Programme of the Agreement on Scientific Cooperation)，以作為未來雙方共同推動合作之作業準則。
2. 訊息相關網址：<http://web1.nsc.gov.tw/newwp.aspx?act=Detail&id=402881d03031992b01307218822c0263&ctunit=31&ctnode=42&mp=1>
3. 計畫截止日：2011年9月30日

• 2012台斯(NSC-SAS)雙邊共同合作研究計畫

1. 國科會於1993年起與斯洛伐克科學院(SAS)簽署協議後，陸續進行人員、研討會、PPP等多項合作，復於2008年11月與該院議定新增一項合作研究計畫方案，並自2009年起共同徵求暨補助，期能深耕台、斯兩國之學術合作。
2. 訊息相關網址：<http://www.nsc.gov.tw/int/>
3. 計畫截止日：2011年9月30日



產學消息

• 鼓勵中小企業開發新技術 – SBIR (經濟部技術處)

1. SBIR計畫就是「小型企業創新研發計畫 (Small Business Innovation Research)」，它是經濟部為鼓勵國內中小企業加強創新技術或產品的研發，依據「經濟部促進企業開發產業技術辦法」所訂定的計畫，期望能以此協助國內中小企業創新研發，加速提升中小企業之產業競爭力，以迎接面臨之挑戰。
2. 申請資格：依公司法設立之中小企業
3. 受理期間：計畫為政府持續推動與支持之計畫，廠商可隨時提出申請，並無特定的申請截止日期。
4. 訊息相關網址：<http://www.sbir.org.tw/SBIR/Web/Default.aspx>

• 主導性新產品開發輔導計畫(經濟部工業局)

1. 政府為鼓勵民營事業研究開發主導性新產品，發展高科技之新興產業，提升技術層次，調整工業結構，提高國際競爭力，促進經濟成長，依據行政院「加速製造業升級及投資方案」第三項措施「加速資本及技術密集工業之發展」，訂定「主導性新產品開發輔導辦法」，以提供研究開發補助經費方式，鼓勵國內新興高科技工業具有研究發展潛力之廠商，參與本項輔導計畫。
2. 申請資格：依公司法設立之公司(詳細資格條件請參閱網站)
3. 受理期間：計畫為政府持續推動與支持之計畫，廠商可隨時提出申請，並無特定的申請截止日期。
4. 訊息相關網址：<http://leading.itnet.org.tw/index.php>

• 經濟部「業界科專計畫」(經濟部技術處)

1. 為鼓勵企業從事技術創新及應用研究，建立研發能量與制度，經濟部開放企業界申請「業界科專」計畫，藉以政府的部分經費補助，降低企業研發創新之風險與成本，且研發成果歸廠商所有，以積極鼓勵業者投入產業技術研發工作，在業界提出申請及執行計畫過程中，輔導業界建立研發管理制度、強化研發組織、培育及運用科技人才、誘發廠商自主研發投入與後續投資，並促進產、學、研之間的交流與合作，健全業界整體發展能力，達到政府「藏技於民」的美意
2. 申請資格：依公司法設立之本公司或從事與創新服務研究發展活動相關具稅籍登記之事務所及醫療法人、財務健全、其專業團隊具從事提供知識之創造、流通或加值之工作經驗且有實績者，均可提出計畫申請。

3. 受理期間：計畫為政府持續推動與支持之計畫，廠商可隨時提出申請，並無特定的申請截止日期
4. 相關連結：http://www.isu.edu.tw/interface/showdoc.php?dept_id=4&levelid=5358&dept_mno=27

● 協助傳統產業技術開發計畫 - CITD(經濟部工業局)

1. 為落實照顧傳統產業政策，經濟部工業局積極透過「協助傳統產業技術開發計畫」，將近投入新台幣4億元，協助並鼓勵傳統產業進行新產品開發、產品設計及聯合開發，預計將嘉惠290家以上傳統產業業者，提升其競爭力。
2. 申請資格：須為民間傳統產業業者(詳細資格條件請參閱網站)
3. 受理期間：約為每年12月～隔年1月
4. 相關連結：http://www.sirdp.org.tw/s_ser_main.php?id=NDM=
5. 99年度「協助傳統產業技術開發計畫」- 提案暨計畫書撰寫說明會之連結：<http://www.citd.moeaidb.gov.tw/EDM/symposium%20-DM10.htm>

● 高雄市政府地方型SBIR計畫

1. 為協助各直轄市、縣(市)政府，經濟部特配合匡列相對經費，俾利各直轄市、縣(市)政府擁有加倍之經費得以辦理地方特色產業創新研發計畫之推動，帶動中小企業積極投入地方特色產業之研發，而提升具地方特色產業聚落創新研發之能量，以鼓勵中小企業創新研發之政策得以在地方紮根。基此，特規劃由各直轄市、縣(市)政府辦理「地方產業創新研發推動計畫」(地方型SBIR)。
2. 申請資格：依公司法設立之中小企業，且其本公司住所設於高雄市並取得高雄市政府核發之營利事業登記證者；或依法取得高雄市政府核發工廠登記證之工廠。(詳細資格條件請參閱網站)
3. 受理期間：約為每年6-7月(依網站公告為主)
4. 相關連結：<http://sbir.sid.iii.org.tw/main.php>

● 國科會補助「高科技設備前瞻技術發展計畫」

1. 為激勵廠商投入高科技設備前瞻技術之研究發展，有系統地推動製程設備產業上下游自發性整合與投入提升製程零組件前瞻技術，促進產業轉型與技術升級及提昇機械設備價值，進而提升國內製程設備之接受度與使用率，增加設備與關鍵零組件產值，並引進學術界力量，強化產學合作資源整合，協助推動高科技設備之前瞻技術發展，提升國家產業競爭力。

2. 申請資格：依公司法設立之公司(詳細資格條件請參閱網站)。
3. 受理期間：即日起至101年底
4. 訊息相關網址：http://www.hted.ncnu.edu.tw/index.php?option=com_content&view=article&id=425&catid=107

● 經濟部「學界開發產業技術計畫」TDPA --- 「在地型產業加值學界科專計畫」

1. 基於政策推動延續性之考量，並因應在地產學合作之趨勢，經濟部技術處持續開放「在地型產業加值學界科專計畫」受理申請，期能利用學界研發能量扶植特定產業技術或帶動區域產業發展，強化產學合作之連結，達到以產助學、以學輔產之目的。
2. 申請資格：台灣地區依中華民國大學法設立之公私立大學
3. 受理期間：本案自97年1月1日起受理申請，視計畫收件及預算使用情形再公告截止收件日期。
4. 訊息相關網址：
http://tdpa.tdp.org.tw/content/application/tdp_tdpa/common_info/guest-cnt-browse.php?cnt_id=580

● 國科會補助「產學合作研究計畫」

1. 整併原有的大產學、小產學及數位產學相關補助要點，並建構產業需求導向之產學合作模式，以整合運用研發資源，發揮大學及研究機構之研發力量，以期能透過產學的團隊合作與相互回饋的機制，提升國內科技研發的競爭力。分為「先導型」、「應用型」及「開發型」計畫。
2. 申請資格：
 - *申請機構（以下稱計畫執行機構）：係指公私立大專校院、公立研究機構及經本會認可之財團法人學術研究機構。
 - *合作企業：係指依我國相關法律設立之獨資事業、合夥事業及公司，或以營利為目的，依照外國法律組織登記，並經中華民國政府認許，在中華民國境內營業之公司，並以全程參與本會產學合作研究計畫為原則。
3. 受理期間：
 - *先導型產學合作計畫，申請日期約為每年2月。
 - *應用型產學合作計畫，申請日期為2月及7月。
 - *開發型產學合作計畫，申請日期為2月及7月。
4. 相關聯結：http://www.isu.edu.tw/interface/showdoc.php?dept_id=9&levelid=7335&dept_mno=27

● 國科會補助「跨國產學合作交流及專業人才培訓計畫」

1. 為推動國內學術界與國外產業合作研究，進行研究人員實質互訪交流，並選送國內優秀學生赴國外產業機構或應用研究機構（以下簡稱國外合作機構），進行新技術研習及專業培訓，以作為國內發展新興產業時之種子部隊。
2. 申請資格：符合國科會專題研究計畫申請人資格之公私立大專院校或其他經過本會認可之研究機構之專職人員得為計畫主持人，並得以其執行中之專題研究計畫為基礎申請本計畫。國外合作機構以外國合法公司並設有研發部門者，或與產業相關應用研究機構為限。
3. 受理期間：隨時受理
人員互訪：預定出/來訪前2個月提出
人才培訓：預定研習前3個月提出
4. 訊息相關網址：<http://www.nsc.gov.tw/int/ct.asp?xItem=10758&ctNode=1212>

● 教育部「補助重要特色領域人才培育計畫」

1. 本計畫目標學校之體質及學生之素質皆非「學術研究導向」，應以產學連結人才培育機制為具體目標，相關進師進修（如研討會、進修受訓等）及課程運作皆建置明確產學連結機制，將以協助學校應依地域及教師專長等利基，建立產學對話平台為重點。
2. 申請資格：台灣地區依中華民國大學法設立之公私立大學（申請學校需為未獲教育部教學卓越補助者）
3. 受理期間：每年10月-11月左右
4. 相關連結：http://www.isu.edu.tw/interface/showdoc.php?dept_id=4&levelid=5374&dept_mno=27

● 教育部「補助跨領域綠色科技人才培育先導型計畫」

1. 為鼓勵各大專校院培育綠色科技整合應用人才，增進學生跨領域綠色科技素養，推廣綠色科技創意活動，結合綠色科技在產業界、學界及研究界之人力與資源，建立我國綠色科技教育環境，作為發展綠色產業及永續經濟之堅實基礎。
2. 申請資格：台灣地區依中華民國大學法設立之公私立大學
3. 受理期間：每年12月-1月左右
4. 相關連結：http://www.isu.edu.tw/interface/shownews.php?id=9130&dept_id=1&dept_mno=03

• 行政院勞工委員會職業訓練局「補助大專校院辦理就業學程實施計畫」

1. 由申請補助單位運用既有制度或課程，結合「業界實務課程與講座」、「職場體驗」及「職涯相關教育」等面向，針對特定職能所設計之整合性課程。各項訓練內容學科數由申請補助單位自行規劃，並決定是否計入必修或選修學分。
2. 申請資格：台灣地區依中華民國大學法設立之公私立大學
3. 受理期間：每年3月左右
4. 相關連結：<http://etraining.sunlight.tw/plan.asp>

• 教育部「大專畢業生創業服務計畫」

1. 縮短大專校院學生畢業與就業間連結之平台落差，建立產學合作創業就業機制，結合各部會產業發展之資源，引導大專校院學生就業機會，實施大專畢業生創業服務計畫。
2. 申請資格：
設有育成單位之公私立大專校院。
創業團隊由各大專校院畢業生至少三人組成，其中應有三分之二以上成員為近三學年度(應屆及前二學年度)畢業生，每人限參與一組團隊，且各團隊之代表人應為近三學年度畢業者。(團隊及團員未曾接受本計畫之補助)
3. 受理期間：每年6月左右
4. 相關連結：<http://ustart.moe.edu.tw/picpage.aspx?CDE=CGE20090519101140JR5>

• 經濟部「學界協助中小企業科技關懷計畫」

1. 旨在鼓勵更多中小企業投入產業技術研發，透過「認養計畫」之推動，由國內大專院校之學者專家擔任中小企業的短期顧問，協助廠商標定問題並進行技術諮詢與服務。
2. 申請資格：
參與專家資格：全國各公私立大專院校任教之現職專任教師。
參與廠商資格：依法辦理公司登記或商業登記且符合「中小企業認定標準」之公司或企業。
3. 受理期間：
本計畫採逐月審查，額滿為止。目前暫定受理期間為每年5~6月左右。
4. 相關連結：<http://sita.stars.org.tw/index.aspx>

● 高雄縣政府地方產業創新研發推動計畫(地方型SBIR)

1. 透過政府創新研發資源的補助，來協助海洋生技、食品、金屬、電子、塑膠及橡膠、服務業等六大重點產業，讓地方產業在高雄縣既有優勢中進行創新升級，及產業鏈的整合，並提升產業群聚的磁吸效應。
2. 申請資格：籍設高雄縣轄內之中小企業。
3. 受理期間：每年6月左右。
4. 相關連結：<http://www.kscg1000.org.tw/index.htm>



Back



義守大學 研究發展處

高雄市大樹區學城路1段1號

電話：07-657-7711

傳真：07-657-7471

Mail : research@isu.edu.tw



義大醫院 醫學研究部

醫學教育部

高雄市燕巢區角宿里義大路1號

電話：07-615-0011

傳真：07-615-5352

Mail : ed103390@edah.org.tw/

ed100075@edah.org.tw

發行人： 傅勝利 校長

杜元坤 院長

總編輯： 柯明道 副校長

蔡淳娟 副院長

沈季燕 研發長

沈德村 特別助理

編輯部： 黃克穠組長、林文祥組長、
劉孟雯小姐、王依雯小姐、
羅伊真小姐、王毓雯小姐

方怡月課長、鄭靜茹小姐、
陳妙慈小姐



Back