

行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

高瞻計畫(內湖高工)--子計畫四:課程評鑑研究(3/3) 研究成果報告(完整版)

計畫類別：整合型
計畫編號：NSC 97-2514-S-009-001-GJ
執行期間：97年08月01日至98年07月31日
執行單位：國立交通大學生物科技學系(所)

計畫主持人：楊裕雄
共同主持人：吳明雄、李大偉、陳清煌、汪寶明
計畫參與人員：博士班研究生-兼任助理人員：羅淵仁

處理方式：本計畫可公開查詢

中華民國 99 年 01 月 10 日

中文摘要

本計畫之目的為建置生物電子技術實驗室基礎設施，其研究任務為：課程發展輔導、外部課程評鑑及師資培訓。課程發展輔導的事項有：指導生物電子實驗室設備建置與操作、實驗與成品製作指導及教材研發諮詢服務等；外部課程評鑑的內容，有課程內涵評估、教材評鑑、教學實驗實地觀察及課程滿意度調查等；師資培訓的方式，分融入式課程研習及專題製作課程研習兩類。期中報告內容分為三部分，包括一、生物電子課程發展輔導；二、生物電子教學儀器之開發(組裝式半導體生醫感測元件之設計與應用)；三、生物電子教學儀器相關學術研究。

關鍵詞：生物電子、課程評鑑、教學儀器。

英文摘要

The purpose of this project is to develop basic laboratory equipments for teaching in bioelectronics. The research tasks are: course development assistance, outer course evaluation and training of potential teachers. The issues of course development assistance are instructing the establishment and operation of equipment in biological electronics laboratory, instructing the experiment and product manufacture and offering services about development of instruction materials. The content of outer course evaluation include evaluation the inner thought of the course, evaluation of the instruction materials, in-field observation of the teaching experiment, and investigation of course satisfaction. The training of potential teachers has two categories: research and study of fusion, and that of project-making. This final report includes three parts. They are 1. The development of bioelectronics course; 2. Instrumentation for bioelectronics teaching; 3. Bioelectronics instrumentation related academic researches.

Key words: Bioelectronics, course evaluation, teaching instrumentation.

報告內容

一、生物電子課程發展輔導

1. 課程發展輔導

本計畫在課程發展輔導方面，主要目的針對其它子計畫中有關課程發展過程或成品的全部或部份，運用系統方法，收集分析課程發展的適切資訊，以判斷課程優劣或價值的程序，確保課程品質以產出優質的課程成品，並期待利害關係人(stakeholder)積極參與，對課程進行價值與結構或形式與實質等多層面檢視(郭昭佑，2000；謝美慧，2002；Guba & Lincoln，1989)。

2. 外部課程評鑑

評鑑能幫助我們分辨課程的好壞，指出改進的方向，並對其專業領域有更進一步的了解。整體課程的評鑑既複雜又費時，因此本計畫課程評鑑將聚焦在課程文件或材料(material)的評鑑。主要著重在檢驗電子技術領域，對準(alignment)如課程設計(含教學綱要及目標)、教材研發(含基礎篇及應用篇)、教學實驗(含融入式課程及專題製作)、研究成果(含課程內涵與通則、出版品)及教學媒體等向度。

評鑑責任可有組織內部人員負責，亦可由組織外的人員負責。Scriven 將由內部人員擔任評鑑者的評鑑，稱之為內部評鑑(amateur evaluation)，或是自我評鑑。由外部人員擔任評鑑工作，稱之為專業的評鑑(professional evaluation)，亦可稱為外部評鑑(Scriven，1994)。

3. 師資培訓研習

本計畫為培訓融入式課程與專題製作教學實驗師資，擬於暑期舉辦師資培訓工作坊，將邀請參與本計畫之高職教師，以及對生物電子技術有興趣的高職電機與電子群專業科目教師參加研習。

4. 研究目的

1. 輔導課程發展理念(包括資料蒐集、分析與評估、確立目標與內涵)。
2. 協助建置生物電子實驗室基礎設施，並培訓計畫成員使用新購置設備。
3. 輔導研發基礎篇生物技術教材。
4. 舉辦融入式師資培訓研習。
5. 撰寫第一年研究報告。

5. 文獻探討

• 外部課程評鑑指標之建構

黃政傑(1995)指出，課程發展過程中的每一個步驟皆需進行課程評鑑，而不是將評鑑置於課程發展的最後一個步驟。

為避免評鑑過於主觀性，學者同時也強調了專業評鑑的重要性。因為外部人員的評鑑較為客觀、專業。基於上述原因，可以知道外部人員提供評鑑，可以讓

課程更客觀與周延，發揮效能。

評鑑工作不論是由內部人員或外部人員負責，都各有其優點。因此，要使用何種方式的評鑑，可以根據評鑑責任的分配，以評鑑的性質係屬於形成性或總結性評鑑來決定應由何種人員進行評鑑工作。

Scriven 建議最理想的方法不是非彼即此的選擇，而是兩種人員混合，亦即不論形成性或總結性評鑑評鑑，最好是兩種人員都能納入研究之中，以進行評鑑工作(Scriven, 1994)。為了發揮兩種方式的優點，滿足課程及教材發展階段上不同階段的需要，本研究完整執行內外部評鑑，將能發揮評鑑的最大效能

因為我國高職發展新興科技課程處於啟蒙階段；所以，本計畫採用以下主要步驟來輔導課程發展，歸納如下(洪榮昭，1997；郭昭佑，2000)：

1) 發展檢核表

研究群須瞭解所要建構指標的評鑑客體內容，並發展檢核表草案，經討論並篩選，彙整出檢核表之內容與類別之草案。

2) 專家晤談

研究群分別與兩組專家晤談，每群專家至少四位專家組成，依其專長討論檢核表，在瞭解檢核表各項目之內容意義與其分類方式後，依其討論與想法提出參考意見，並據以調整指標項目與類別。

3) 比較專家晤談結果

研究群比較兩組專家群意見利用其意見相似或相異性，據以修正檢核表，發展下一個檢核表草案。然後不斷重複步驟 1 至 3，直到各組對檢核表草案之內容與分類沒有進一步意見為止。

4) 確認檢核表草案

研究群依修正檢核表過程之意見，整理檢核表，並經與兩組專家群討論無問題後確認檢核表內容。

5) 選取決定性的重要指標

由兩組專家各自討論後，給予各項目相對權重(1-5)，並對兩組專家所給的權重，依 Kappa 係數求其一致性，如兩組專家的權重達一致性(一般以 Kappa 值大於 0.7 以上者)，即可選取檢核表草案中最高分的指標為具決定性的重要指標。此方式係以專家一致性的效度來決定重要指標，包括組內討論後的一致性與組間在 Kappa 係數的一致性。

6) 修正檢核表優先順序

在兩組專家群對決定性指標意見達一致後，即依研究結果調整指標順序。

6. 研究方法

本計畫為輔導課程發展理念、建置生物電子技術實驗室及提供實驗與成品製作指導，採用「文獻分析」、「研究小組會議」、「工作坊」和「專家諮詢」等方法進行研究，各研究項目採用的研究方法詳如表 1 所示。

表 1 研究採用的研究方法

研究項目 \ 研究方法	文獻分析	研究小組會議	實地觀察	專家諮詢
適合高職電機與電子群生物電子技術內涵之評估與分析	•	•		•
提供研發基礎篇教材研發諮詢	•	•		•
提供生物設備建置與操作指導			•	•
提供實驗與成品製作指導			•	•
進行基礎篇教材評鑑	•	•	•	•
舉辦融入式師資培訓研習		•	•	•

(一)文獻分析

旨在針對國內外課程發展輔導、外部課程評鑑及師資培訓等相關理論之文獻，進行分析、歸納，以作為本計畫之立論依據。

(二)研究小組會議

配合各項研究工作的需求，本計畫定期召開研究小組會議。

(三)師資培訓工作坊

於暑假舉辦師資研習工作坊，將邀請參與本計畫之高職教師，以及對生物電子技術有興趣的高職電機與電子群專業科目教師，參加研習。

(四)實地觀察

採用實地觀察法進行評鑑，在課程發展的各個階段都非常有用。本計畫所使用之觀察法，不僅限於常用的實地觀察，也包含量化的系統觀察。

(五)專家諮詢

為使本計畫工作能順利完成，參與本計畫之大學教授、相關領域之專家與學者，將不定期提供意見諮詢。

(六)本計畫採用 Finch 和 Crunkilton (1993)之主張，以 CIPP (context-input-process-product)模式當本計畫課程評鑑的架構（見圖 1 及表 2）

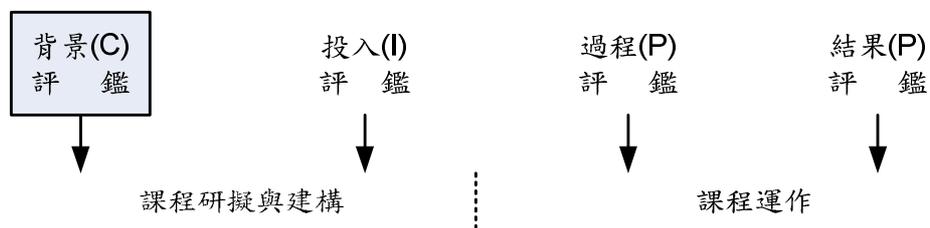


圖 1. 課程評鑑的 CIPP 架構

表 2. 本計畫採行之 CIPP 課程評鑑架構

評鑑	目的	典型問題	資料蒐集方法或技術
背景 (C)	旨在決定是否開設課程，參數含焦點、目的與目標	1.應否開設本課程？ 2.本課程服務的學生對象為何？ 3.本課程服務的產業範圍為何？ 4.本課程應含那些目的？ 5.本課程應有那些目標？ 6.本課程包含那些內容？	需求分析、任務分析、內省；自然評鑑法(如人種誌、歷史傳記、傳記)
投入 (I)	旨在決定那些資源和策略可用以達成課程目的與目標	1.在特定教育情境中，那些課程材料最有用？ 2.那些課程材料最適合於師生？ 3.教學如何實施得最好？ 4.不同課程材料對學生成就的相對效應為何？	團體共識、專家判斷、文獻與課程檢查、目標管理、先行實驗和準實驗法
過程 (P)	旨在決定課程對學生的過程效應，提供定值輝回饋，協助改進程序	1.學生的表現如何？ 2.教學和支援人員的品質為何？ 3.課程運作所需的成本為何？ 4.學生對教學的滿意程度為何？ 5.課程有何要件上的缺失？	採計證書／文憑／學位取得比例、學生修畢科目比例、學程修畢比例、學生在標準化測驗的成就；教師行為測量、教師評分測量、標準化成就測量、專家參照測量、和教師知能測量工具
結果 (P)	旨在檢視課程對學生的總結效應	1.已修畢課程學生的流動能力為何？ 2.已修畢課程學生對課程的滿意情形為何？ 3.業界僱主及上一級學校如何看待已修畢課程的學生？ 4.課程培養學生投入職場工作及升讀上一級學校的適切性為何？	能力調查、工作滿意度、工作滿意因素、課程評價；採計畢業生覓職及就職所需時間、就業率、入門薪資、薪資增加四分之一的速率、雇主和員工的滿意度；自然評鑑法

資料來源：Finch & Crunkilton, 1993, pp.269-272。

7. 計畫成果自評---結論與建議

(一)結論

本年度在執行計畫時所獲得的綜效，主要有下列兩點：

- 1) 藉由高瞻計畫建立與大學相關系所的夥伴關係，學習高等優良學府研究方法與精神，以增進學校專業之能並提升教學品質。
- 2) 參與計畫之成員，可增進生物電子技術、新興科技課程發展及科技教育研究等方面之專業能力。

執行計畫時所遭遇的困難，主要有下列兩點：

- 1) 執行本計畫期間，由於成員分屬不同學校，採購研究所需耗材等物品時，無法以中信局共同供應契約下單，導致計畫成員必須花費較多時間於行政作業上，因而拖延執行進度。此外，研究成員公假至夥伴大學學習，尚需更明

確規定辦理。

- 2) 研發生物電子技術教材為本校高瞻計畫的重要工作項目之一，但相關文獻蒐集較不易，增加課程發展輔導時及評鑑的困難度。

(二)建議

- 1) 計畫執行前，請國科會舉辦說明會，邀集學校人事承辦人員參加，明確說明辦理方式，以利計畫推動。
- 2) 各校研究模式可供高中職學校發展新興科技課程之相互參考，可辦理觀摩說明研習，經由相互觀摩而達砥礪提昇之功。

參考文獻

- 洪榮昭(1997)。精釋研究法在政策評量的應用。中等教育，48(5)，39-47。
- 黃政傑(1995)。課程設計，初版(六刷)。臺北市：東華。
- 郭昭佑(2000)。學校本位評鑑。臺北市：五南。
- 郭昭佑、陳美如(2001)。學校本位課程發展評鑑指標建構初探。師大學報：教育類，46:2，頁 193-211。
- 楊裕雄(2005)。高職電機電子學群導入生物電子技術之研究，國科會科教處 94 年度專題研究計畫申請案審查意見轉送函。
- 謝美慧(2004)。教育政策評估理論之研究-以北高兩市幼兒教育券政策為例。國立台灣師範大學教育研究所，未出版博士論文。
- 蘇芳慶(2005)。細胞生物工程整合教育研究計畫成果報告。國科會科教處 93 年度工程教育專題研究計畫成果討論會精簡論文。
- Guba, E., & Lincoln, Y. (1989). *Fourth generation evaluation*. California: Sage.
- Scriven, M. (1973). *Educational Evaluation: Theory and practice*. Belmont, C.A: Wadsworth.
- Scriven, M. (1994). Duties of Teacher. *Journal of Personnel Evaluation*

二、生物電子教學儀器之開發(組裝式半導體生醫感測元件之設計與應用)

在二十一世紀中，生物科技與電機資訊的結合是必然的趨勢。我們利用標準 CMOS(Complementary Metal Oxide Semiconductor)製程所製造的感光二極體 (N+/Pwell photo diode)，來定量酵素冷光反應，並且作酵素活性分析。我們的目的是能夠利用 CMOS photodiodes chip 建立一項平台技術來建構出一個掌上型、可攜式的光譜儀。

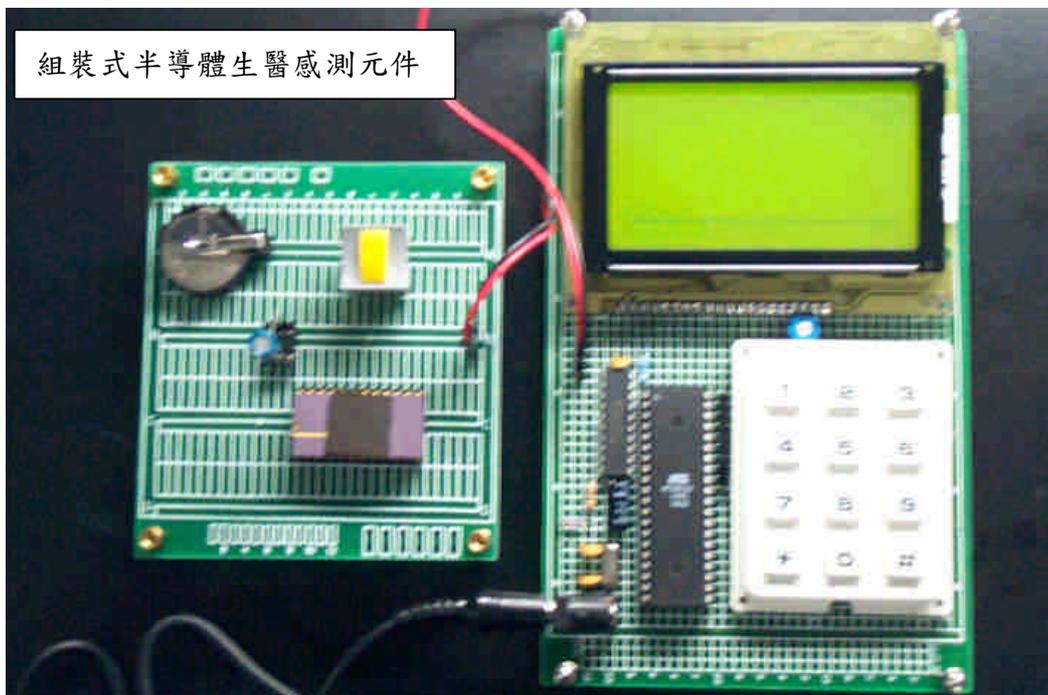
1. 為了解決多變化的生物學問題，現今傳統生化檢測儀器已經無法滿足人類在健康保健事業上的需求。隨著全球體外檢驗試劑市場的快速成長，醫院之醫護點與藥房或家庭用檢測儀器急需要微型化與多樣化的設計。目前臨床醫學檢測大多數仍以大型自動分析儀為主，不但價格昂貴且非常複雜。發展生物科技與半導體製程工業的結合，具有相當的潛力取代傳統大型生化檢測儀器。例如：互補式金氧半導體(Complementary metal oxide semiconductor；簡稱CMOS)光感測晶片是 $0.5\mu\text{M}$ 標準製程，體積小、成本低且使用便利。我們設計CMOS chip做為生化檢測之換能器，同時以標準且具有公認性的螢光儀 (Hitachi F-4500) 進行平行測試。以雙酵素偶聯催化反應(GOD coupled HRP-luminol-H₂O₂ system)檢測葡萄糖濃度為例，我們已經證明利用CMOS chip做為生化檢測器是可行的。
2. 我們設計了第一代的 CMOS 化學冷光感測晶片，並利用 HP 4145 Semiconductor Parameter Analyzer 來偵測並定量其訊號，並證實可行之後；為了將整個化學冷光感測晶片偵測系統微小化，我們又設計了第二代的晶片，並搭配上一台商品化的萬用電表(Agilent 34401A multimeter)來偵測並定量晶片的訊號，這樣的設計使我們將整個儀器架構縮減至桌上型的大小；而最後我們設計了一台掌上型的電壓顯示器來偵測並定量第二代晶片的訊號，這樣的設計使的整個儀器架構大幅縮小至手掌般的大小。這樣的平台技術可以提供傳統生化儀器冷光儀的功能，並且不論在體積、價格、耗電量上，擁有遠優於傳

統儀器的特性，非常適合作為可攜式或野外用儀器，也很合適發展成生物電子教學儀器。

3. 利用市售的光二極體 (photodiode, Hamamatsu S2387-1010R) 與發光二極體 (light emitting diode, LED) 組成一光感測器，搭配酵素法偵測膽固醇濃度。酵素法是以膽固醇氧化酵素 (Cholesterol oxidase) 催化膽固醇的氧化反應，反應產生的 H_2O_2 再與phenol 與 4-aminoantipyrine 作用，經由過氧化酵素 (Horseradish, HRP) 催化可生成紅色的產物 quinoneimine。藉由紀錄光子被光二極體吸收而後轉變的電流，可分析不同的光度變化對應的膽固醇濃度。同時我們以具有公認性的可見光/紫外光光譜儀 (Hitachi UV-3300) 進行平行測試，確保組裝式的感應平台可行性。實驗結果顯示：組裝式感測平台所測得的膽固醇氧化酵素 K_m 值為 $31.3 \pm 2.0 \mu M$ ，與可見光/紫外光光譜儀所測得之 K_m 值 $19.7 \pm 2.6 \mu M$ 相近。血清檢體做測試的結果也顯示：利用組裝式感測平台所測得的膽固醇量與全自動生化分析儀 (Hitachi 747)有高度相關。
4. 研究一個同時具有生物化學冷光訊號和發色物質偵測定量能力的互補式金氧半導體(CMOS)晶片。此互補式金氧半導體晶片首創被指出可用於多樣式的光學反應偵測，可直接偵測冷光訊號，並於組裝市售發光二極體後，進行發色物質定量。晶片偵測面積為1.28 毫米 × 1.28 毫米，經由0.35毫米半導體標準製程製成。在集成電路中設計的阻抗放大器可放大由化學冷光或發散光源所激發的訊號電流，並可藉調整晶片週期波頻率參數，針對不同強度光訊號設定最適應的掃描頻率。本實驗先以山葵過氧化氫酶 (過氧化氫酶) - 胺基苯二醯井 - 過氧化氫和過氧化氫酶 - 4-胺基安替琳-酚-過氧化氫系統為設立實用操作平台的範例，在待測物氧化反應生成過氧化氫後，連結上述系統而成不同的光學訊號。膽固醇 - 膽固醇氧化酵素(COD)和葡萄糖-葡萄糖氧化酵素(GOD)氧化反應皆各自與不同過氧化氫光學反應結合，證明其具備冷光物質及發色物質定量能力，極具應用於不同臨床分析的潛力。相較於早期晶片，此晶片具有多項優點，如高靈敏度、少量樣品體積需求、高度辨識範圍，同時

也證實，此晶片相較於組裝式商用感光二極體設備，擁有較高單位靈敏度。總結之，創新之互補式金氧半導體集成電路與商用電子元件相結合，可建立出實用且有力的多功能生物光學感測器。

5. 我們經由整合互補式金氧半導體製程所生產的光二極體感應晶片、耦合酵素催化反應，發展出一套生醫感測系統。由於生醫診斷上的重要性，我們選擇了葡萄糖與組織胺做為本系統的測量標的。我們發展的組裝系統所量測得到的葡萄糖與組織胺的Km值分別為4.9 and 125 μM ，其值與UV/Vis光譜儀所分別測量而得到的值(7.2 and 160 μM)相當接近。我們的系統對於葡萄糖與組織胺的最低量測濃度分別為1 μM 與 10 μM 。再者，我們的系統能測量到葡萄糖與組織胺的濃度線性量測範圍，分別為1 μM 至 5 mM 以及10 至 80 μM 。兩者的濃度線性量測範圍都小於人體血液中葡萄糖與組織胺正常含量的2到10倍。經由樣本的稀釋，我們的系統將能夠測量人體血液中的葡萄糖與組織胺的濃度。未來，我們的目標將特別針對多功能家用醫療診斷儀器進行進一步的研究。



三、與計畫所使用之生物電子教學儀器相關學術研究

(2007-2009 相關期刊論文兩篇與會議論文五篇)

1. Chang, Y.-W., Yu, P.-C., Huang, Y.-T. and Yang, Y.-S. (2009) A High-Sensitivity CMOS-Compatible Biosensing System Based on Absorption Photometry, *IEEE Sensors J*, **9**, 120-127.

An optical biosensing system based on a standard CMOS technology and absorption photometry is proposed. Within the compact prototype, a CMOS sensor consisting a P^+/N_{well} finger photodiode and a transimpedance amplifier was implemented in a standard 0.35- μm CMOS technology. The ABTS/ H_2O_2 HRP method was adopted to be coupled with various analytes of interest, such as glucose and histamine, which can serve as the basis for medical diagnosis. The experimental results demonstrate that the minimum concentrations successfully detected for H_2O_2 , glucose, and histamine are 1 μM , 1 μM , and 10 μM , respectively. The detection limits are at least one order of magnitude better than those of reported CMOS biosensors, and are even comparable to those of a commercial spectrophotometer.

Index Terms—Biomedical transducers, CMOS analog integrated circuits, medical diagnosis, optical receivers.

2. Chang, Y.-W., Dai, Y.-T., Huang, Y.-T. and Yang, Y.-S. (2009) A Phototransistor-Based High –Sensitivity Biosensing System Using 650-nm Light, *IEEE Sensors J*, **9**, 673-677.

A miniature optical biosensing system based on a PMOS phototransistor and absorption photometry is proposed. The phototransistor was manufactured in a standard 0.35- μm CMOS process, and it exhibited a responsivity higher than 1000 A/W for 650-nm light. For biochemical applications, the TMB/ H_2O_2 HRP method was adopted as a useful basis in our system. A sample volume of only 10

was required to be dropped on the slide above the phototransistor. Experimental results demonstrated that a high sensitivity of 2.5 $\mu\text{A}/\text{pM}$ was achieved, and the minimum HRP concentration successfully detected was 2.7 pM. This detection limit is three orders of magnitude better than that of a lately reported silicon biosensor, and is even comparable to that of a commercial spectrophotometer.

Index Terms—Biomedical transducers, medical diagnosis, photodetectors, phototransistors.

3. Lu, Y.-P., Lin, M.-Y., Chang, Y.-W., Kao, J.-S., Huang, Y.-T., and Yang, Y.-S. (2009) CMOS Phototransistor Device: A Total Soltion for Skin Whitening Assays, IEEE-NANOMED 2009, October 18-21, Tainan, Taiwan.
4. Tai, Y.-T., Chang, Y.-W., Lin, M.-Y., Yang, Y.-S. and Huang, Y.-T. (2008) A High-Sensitivity CMOS-Compatible Immunosensor Based on the HRP/TMB/Streptavidin System, International Conference on Sensing Technology (ICST 2008), 297-300, November 30-December 3, 2008, Tainan, Taiwan.
5. Chang, Y.-W., Tai, Y.-T., Huang, Y.-T. and Yang, Y.-S. (2008) A COMOS-Based Phototransistor for High-Sensitivity Biochemical Detection Using Absorption Photometry, International Conference on Sensing Technology (ICST 2008), 82-85, November 30-December 3, 2008, Tainan, Taiwan.
6. Zhan, F.-L., Kuo, L.-M., Wang, S.-W., Lu, M S.-C., Chang, W.-Y., Lin, C.-H., and Yang, Y.-S. (2007) An Electrochemical Dopamine Sensor with CMOS Detection Circuit, IEEE Sensors 2007 Conference, October 28-31, 2007, Atlanta, Georgia, USA., pp. 11448-1451
7. Chang, Y.-W., Yu, P.-C., Huang, Y.-T. and Yang, Y.-S., A CMOS-Compatible Optical Biosensing System Based on Visible Absorption Spectroscopy, 2007 IEEE International Conference on Electron Devices and Solid-State Circuits (IEEE EDSSC 2007), December 20-22, 2007, Tainan, Taiwan.