

國家科學及技術委員會

112 年度科技行政研究發展計畫結案報告

南科光電、半導體產業創新及轉型

生醫產業策略研析

研究單位：國家科學及技術委員會南部科學園區管理局

研究時間：自 112 年 1 月至 112 年 12 月止

研究人員：陳錦裕副組長

摘要

鑒於生技醫療之前瞻性及重要性，我國自 106 年起推動 5+2 產業創新-生醫產業，建構生醫產業創新的優質生態環境，挹注資源以帶動國內創新發展。近年來因應全球數位化及大數據應用的發展趨勢，以及全球生醫產業朝向精準化、個人化、價值導向之「精準健康(Precision Health)」發展，自 110 年起，我國精準健康政策透過持續執行 5 +2 產業創新外，亦加入 6 大核心戰略產業-臺灣精準健康共同推動，並以生醫產業為核心，醫療及資通訊業優勢為後盾，推動生醫產業朝向涵蓋保健、預防、診斷、治療、照護之全齡健康願景發展。

精準健康政策之推動將聚焦「完善生態體系」及「扶植產業鏈」2 大主軸，透過「完善生態體系」、「建構永續之健康大數據平台」、「推動跨域科技創新」、「完備防疫科技能量」及「國際鏈結等策略布局」等 5 大策略，驅動我國生醫產業轉型與創新，建構國家長遠競爭力及增進全民健康福祉。

南科六大產業以半導體產值最高且持續成長，有機會單一產業產值破兆，藉由我國半導體關鍵領先地位，有機會藉由半導體帶動通訊、車用、智慧機械及生醫等產業發展。南科光電產業產值僅次於半導體，然平面顯示器、LED、太陽能光電等產業，因各項產業因素，整體光電產業產值持續下滑，光電產業有待轉型，其中以光電技術至生醫產業為可行方案之一，南科目前已多家光電產業實際投入生醫產業研發生產，未來可預見將有更多光電產業轉型至生醫產業。

半導體及光電產業為南科二大聚落，本研究以南科光電、半導體產業聚落為核心，研析產業創新及轉型生醫產業策略，亦期待藉由南科光電及半導體等 AIOT+ICT 產業所發展的關鍵零組件，帶動並提升南科生醫 Bio 產業領域相關技術及產業發展，藉此研析提出發展策略，產政學研醫跨領域整合，協助現有園區產業技術及產值提升，提出新設基地招商布局，強化整體生醫產業發展。有關南科光電、半導體產業創新及轉型生醫產業策略建議，首先應用南科既有人才培育計畫、人才培訓計畫、新興科技應用計畫、南科育成中心、創新創業激勵計畫(FITI)政策工具，結合國科會臺灣科技新創基地(TTA)、晶創臺灣方案、精準健康研發與聚落發展計畫等平台，以跨

領域整合方式協助所需技術及人才培訓、新創公司落地南科、既有南科產業創新轉型等，符合我國六大核心戰略產業推動方案及國科會精準健康產業創新政策指標，提升我國產業競爭力。

關鍵字：光電、半導體、生醫

Keyword: Optoelectronics, Semiconductor, Biomedical

目錄

摘要	2
目錄	4
表目錄	6
圖目錄	7
第 1 章 緒論	9
1.1 研究動機與目的	9
1.2 研究架構	10
1.3 研究方法及步驟	10
第 2 章 半導體轉生醫產業探討	11
2.1 生物晶片原理及轉型生物晶片面臨問題探討	11
2.1.1 生物晶片製程不穩定、除錯難、未標準化、良率低	12
2.1.2 生物晶片生產期長、規模小、難排產	13
2.1.3 生物晶片仍使用傳統法規標準且驗證難度高	14
2.2 仿生技術	15
2.2.1 人工電子眼	15
2.2.2 人工電子耳	16
2.2.3 Neuralink 腦訊息處理器系統案例探討	18
第 3 章 光電轉生醫產業探討	22
3.1 光電產業簡介	22
3.2 生醫光電技術發展與醫療應用趨勢	23
3.3 光基本介紹	29
3.4 LED 於生醫應用	30
3.4.1 LED 醫療照明、診斷及治療應用	31
3.4.2 LED 於醫美應用	34
3.4.3 LED 應用於穿戴式裝置契機	34
3.5 雷射生醫應用	37
3.5.1 雷射金屬積層製造	38
3.5.2 皮膚雷射的治療原理	40
第 4 章 南科光電、半導體及生醫產業現況	42
4.1 南科生醫廠商	42
4.2 南科光電半導體及其他相關產業轉型生醫	44
4.2.1 群創光電(睿生光電)	46

4.2.2	友達(佳世達醫療器材事業群)	47
4.2.3	晶元光電(進康醫電)	48
4.2.4	中強光電(宇康醫電)	49
4.2.5	台達電(達爾生技)	50
4.2.6	頂正公司(神經電刺激器)	52
4.2.7	3M(人工皮、生物晶片)	53
4.2.8	瑞昱公司進軍生醫領域	54
4.2.9	智邦科技(智宇生醫)	55
4.2.10	緯創資通集團/緯穎/啟基(緯創醫學)	56
4.2.11	廣泰金屬(康聚醫學)	57
4.2.12	東台攜手奇美醫	58
4.2.13	思創(分子生物影像分析系統)	59
4.2.14	開物(檢驗試劑)	60
第 5 章	策略及建議	62
5.1	晶片驅動臺灣產業創新方案策略建議	62
5.2	精準健康計畫南科策略建議	64
5.3	新興科技應用計畫南科優先徵求主題策略建議	66
5.4	人才培育計畫南科策略建議	68
5.5	專技人培計畫南科策略建議	70
第 6 章	結論	73
	參考文獻	74

表目錄

表 1 光與組織的交互作用.....	24
表 2 生醫光電技術分類.....	26
表 3 普通光、LED 與雷射的差異	30
表 4 南科生醫廠商來源分析.....	42
表 5 南科光電半導體及精密機械產業轉型生醫	45
表 6 112 年南科新興科技應用計畫優先徵求主題.....	67
表 7 半導體製程與實作培訓班.....	71

圖目錄

圖 1 執行進度甘特圖.....	10
圖 2 微陣列晶片作用原理圖.....	12
圖 3 人工電子眼.....	16
圖 4 人工電子耳.....	18
圖 5 Neuralink 腦訊息處理器系統示意圖.....	19
圖 6 Neuralink 絲線植入大腦機器人.....	19
圖 7 Neuralink 讓猴子透過意念打字.....	20
圖 8 各項光電技術市場成熟度與發展潛力.....	22
圖 9 2020 年臺灣光電各產業年成長率(%).....	23
圖 10 電磁波光譜圖.....	29
圖 11 LED 應用於醫療產業分類.....	31
圖 12 LED 手術燈.....	32
圖 13 LED 心率及血氧感測示意圖.....	33
圖 14 紅外線或紅光 LED 照光示意圖.....	33
圖 15 穿戴式裝置產品配戴方式.....	35
圖 16 穿戴式裝置感測器功能區分.....	36
圖 17 穿戴式裝置感測器應用區分.....	36
圖 18 穿戴裝置功能需求與四大感測技術.....	37
圖 19 雷射應用於醫療產業分類.....	38
圖 20 雷射金屬積層製造.....	39
圖 21 雷射金屬積層製造發展之應用.....	39
圖 22 南科 TFT-LCD 產業聚落-光電轉型生醫.....	45
圖 23 睿生光電 X 光平板感測器.....	46
圖 24 佳世達醫療器材事業群.....	47
圖 25 進康醫電智慧生理感測貼片.....	48
圖 26 宇康醫電智能健康運動照護.....	49
圖 27 達基全自動核酸檢測系統.....	51
圖 28 頂正公司神經電刺激器.....	52
圖 29 3M 微流道技術.....	53
圖 30 IC 設計大廠瑞昱.....	54
圖 31 智宇生醫為智邦科技投資生醫公司.....	55
圖 32 緯創醫學分子檢測儀器.....	56

圖 33 康聚醫學科技醫療線材和導引線.....	57
圖 34 東台與奇美醫學中心合作研發「全方位導管零點偵測儀」...	58
圖 35 思創分子生物影像分析系統.....	59
圖 36 開物呈色分析儀.....	60
圖 37 開物生醫檢驗試劑.....	61
圖 38 南科策略相關計畫關聯圖.....	62
圖 39 行政院晶創臺灣方案.....	63
圖 40 南科晶創臺灣方案策略圖.....	64
圖 41 醫療器材產品發展歷程及相關價值比例.....	66
圖 42 南科新興科技應用計畫策略圖.....	68
圖 43 南科人才培育計畫策略圖.....	70
圖 44 南科專技人培計畫策略圖.....	72

第1章 緒論

1.1 研究動機與目的

鑒於生技醫療之前瞻性及重要性，我國自 106 年起推動 5+2 產業創新-生醫產業，建構生醫產業創新的優質生態環境，挹注資源以帶動國內創新發展。近年來因應全球數位化及大數據應用的發展趨勢，以及全球生醫產業朝向精準化、個人化、價值導向之「精準健康(Precision Health)」發展，自 110 年起，我國精準健康政策透過持續執行 5 +2 產業創新外，亦加入 6 大核心戰略產業-臺灣精準健康共同推動，並以生醫產業為核心，醫療及資通訊業優勢為後盾，推動生醫產業朝向涵蓋保健、預防、診斷、治療、照護之全齡健康願景發展。

精準健康政策之推動將聚焦「完善生態體系」及「扶植產業鏈」2 大主軸，透過「完善生態體系」、「建構永續之健康大數據平台」、「推動跨域科技創新」、「完備防疫科技能量」及「國際鏈結等策略布局」等 5 大策略，驅動我國生醫產業轉型與創新，建構國家長遠競爭力及增進全民健康福祉。

南科六大產業以半導體產值最高且持續成長，有機會單一產業產值破兆，藉由我國半導體關鍵領先地位，有機會藉由半導體帶動通訊、車用、智慧機械及生醫等產業發展。南科光電產業產值僅次於半導體，然平面顯示器、LED、太陽能光電等產業，因各項產業因素，整體光電產業產值持續下滑，光電產業有待轉型，其中以光電技術至生醫產業為可行方案之一，南科目前已多家光電產業實際投入生醫產業研發生產，未來可預見將有更多光電產業轉型至生醫產業。

本研究以南科光電、半導體產業聚落為核心，研析產業創新及轉型生醫產業策略，亦期待藉由南科光電及半導體等 AIOT+ICT 產業所發展的關鍵零組件，帶動並提升南科生醫 Bio 產業領域相關技術及產業發展，藉此研析提出發展策略，產政學研醫跨領域整合，協助現有園區產業技術及產值提升，提出新設基地招商布局，強化整體生醫產業發展。有關南科光電、半導體產業創新及轉型生醫產業策略建議，首先應用南科既有人才培育計畫、人才培訓計畫、新興科技應用計畫、南科育成中心、創新創業激勵計畫(FITI)政策工具，結合國科會臺灣科技新創基地(TTA)、晶創臺灣方案、精準健康研發

與聚落發展計畫等平台，以跨領域整合方式協助所需技術及人才培訓、新創公司落地南科、既有南科產業創新轉型等，符合我國六大核心戰略產業推動方案及國科會精準健康產業創新政策指標，提升我國產業競爭力。

1.2 研究架構

本研究以目前南科光電、半導體及生醫產業趨勢現況進行分析，並就現況產業優劣勢進行探討，並分析政策工具提供策略及建議。除第 1 章緒論外。第 2 章半導體轉生醫產業探討，第 3 章光電轉生醫產業探討，第 4 章南科光電、半導體及生醫產業現況，第 5 章策略及建議，第 6 章結論為本文作最後總結。

1.3 研究方法及步驟

1. 資料收集：

本研究計畫將收集國內外光電、半導體及生醫產學研醫現況、法規及專利智慧財產權、專業雜誌及報導、碩博士及期刊論文及政府輔導措施等資料，作為研究之參考。

2. 國內外資源分析：

本研究計畫將就收集之資料進行分析，找出可用資源及成功發展模式。

3. 技術及產業趨勢分析：

本研究計畫將分析光電、半導體及生醫技術、法規及產業發展趨勢，尋找適合南科產業發展之關聯及應用。

4. 撰寫研究報告：

最後我們將進行報告之撰寫。

5. 執行進度甘特圖(如圖1)：

工作項目 \ 月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1. 資料蒐集	█												
2. 國內外資源分析			█										
3. 製造設計分析					█								
4. 撰寫報告									█				
進度累計百分比(%)	5	10	15	20	30	40	50	60	70	80	90	100	

圖 1 執行進度甘特圖

(作者自行繪製)

第2章 半導體轉生醫產業探討

半導體轉生醫產業，半導體相關應用，除其原本 5G 通訊、人工智慧(Artificial Intelligence, AI)、物聯網(Internet of Things, IOT)、半導體晶片、感測器等功能可直接結合生醫產業應用外，更可廣泛含括生物晶片(實驗室晶片、微陣列晶片)、仿生技術(如人工器官、腦機介面)、半導體生醫(如精準檢測、生物製造)及精準農業(如精準環控、新興監/檢測技術開發應用)等，相關原理、問題整理及分述如下：

2.1 生物晶片原理及轉型生物晶片面臨問題探討

生物晶片(Biochip)又稱生醫晶片，泛指在石英、玻璃或高分子聚合物等基材上透過微機電製程系統(Micro Electro Mechanical Systems, MEMS)所製成之多功能微小化分析裝置，其是利用微電子技術，在基材上放置可與檢體產生特異性生化反應的生物材料，且能被高靈敏偵測系統定量反應訊號的微型裝置。總和而言，生物晶片運用微電子學、微流體學、分子生物學、生物技術、基因檢測、分析化學等原理進行設計，並以矽晶圓、玻璃或高分子為基材，配合微機電自動化、或其他精密加工技術，所製作之高科技元件，有如半導體晶片一般能快速進行繁複運算；生物晶片具有快速、精確、低成本之生物分析檢驗能力，在分子生物學，生物晶片基本上是小量化的實驗室，可以同時執行數百個或數千個生化反應。相較於傳統生化分析設備，其具有精確性高、分析速度快及所需樣品與試劑少等優點，由於生物晶片可在短時間內獲取大量生物資訊進而加速新藥篩選、醫學檢測及生物試驗，故被喻為是將改變人類生活型態之新世代明星產業。依據環球生技 2022 年報導引述美國 Advance Science News 報告樂觀指出，全球生物晶片市場將以 11.7% 的速度成長，預計在 2026 年達到 2,397 億美元(生物晶片，2023；林群哲、林謙德，2007；黃軍浩，2022；吳錫御，2017)。

目前發展中之生物晶片可大略分成：實驗室晶片(Lab-on-a-chip)與微陣列晶片(Microarray)(如圖 2)兩類。實驗室晶片又稱為微流體晶片(Microfluidic chip)，其應用案例包括可以進行電泳分析之毛細管電泳晶片、從細胞中純化核酸之樣品前處理晶片、整合光學偵測之電泳晶片等。微陣列晶片又可分為基因晶片(Gene chip or DNA microarray)及蛋白質晶片(Protein chip)。基因晶片是所有不同種類之生物晶片發展最快的一種，基因晶片指的是在數平方公分之面積上安裝數千或數萬個核酸探針，經由一次測驗，即可提供大量基因序列相關資訊。蛋白

質晶片與基因晶片的基本原理相似，是將蛋白質固定於一小塊載體的表面，然後再和其他蛋白質進行反應，如酵素結合免疫分析法 (Enzyme-Linked Immunosorbent Assay, ELISA)，用於檢測抗原或抗體。相對於基因晶片，因為蛋白質的合成較去氧核糖核酸 (Deoxyribonucleic acid, DNA) 難，且固定時容易發生結構改變而導致蛋白質失去原性，因此蛋白質晶片的製造技術比 DNA 晶片來得複雜 (生物晶片，2023；林群哲、林謙德，2007；徐慶昇，2001；黃軍浩，2022；吳錫御，2017)。

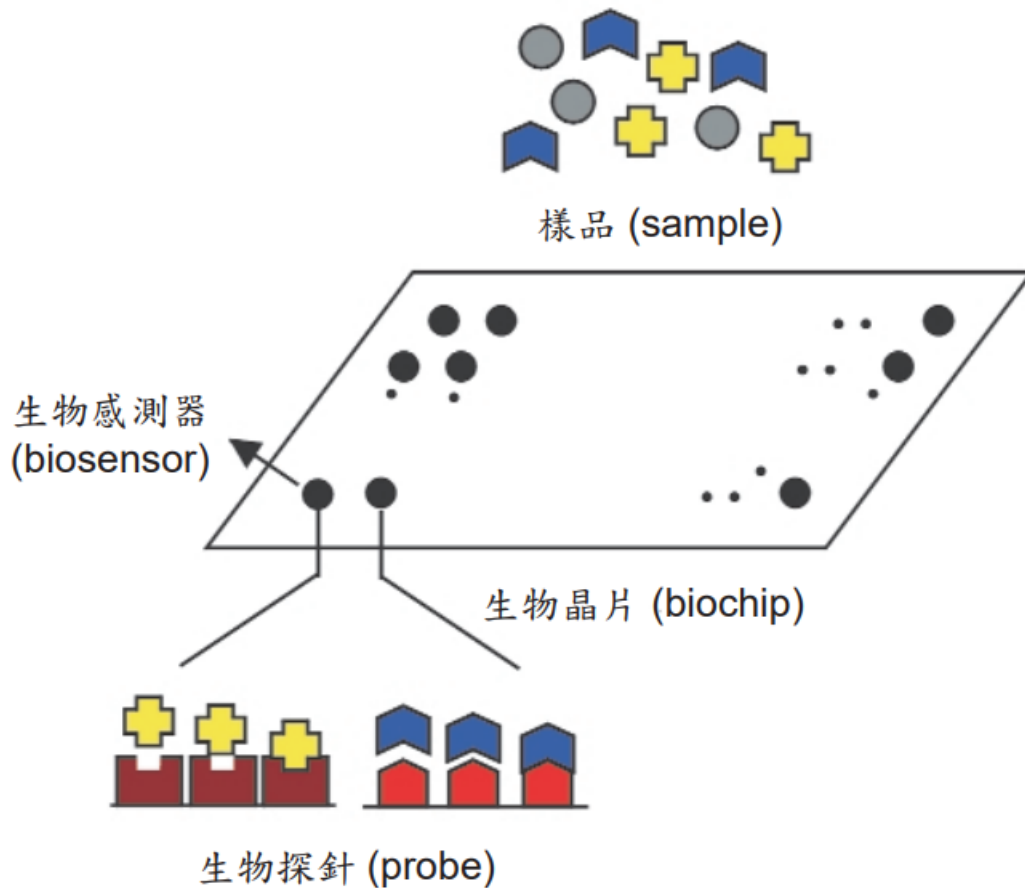


圖 2 微陣列晶片作用原理圖
(周正中、白果能，2001)

2.1.1 生物晶片製程不穩定、除錯難、未標準化、良率低

有關生物晶片與半導體晶片最大差異，是生物晶片有一層連接點 (Linker) 讓生物分子探針 (例如抗體) 可以接上，以此做為生物感測探頭；換句話說，要讓半導體晶片獲得生物分子感測的功能，首先得在晶片表面加上一層連接點，讓探針可以接上生物分子，這需要非常穩定且均勻

的表面化學修飾技術，也是所有將半導體生醫感測晶片用於生物分子檢測應用的業者，必須克服的門檻。這些生物分子探針必須在晶片上分布均勻、排列整齊、方向均一，否則就會影響到電訊號的靈敏度，甚至是檢測結果的可重複性(Repeatability)。此涉及奈米製程技術，有相當難度。然而，傳統的光學檢測是用 ELISA 的螢光訊號，即使生物分子連接檢測試片排列不整齊也沒關係，但對利用電訊號提供高靈敏度檢測結果的半導體晶片來說，生物探針分子的製程處理品質，往往就是降低失敗率的關鍵(吳培安，2022)。

另一項重大挑戰，則是存在於半導體和生醫兩大技術領域的交錯，半導體和生醫各自的領域知識都非常深、也不同，當創新發生在兩者接觸的介面上，就會產生許多未知的挑戰。如果直接用半導體表面去偵測檢體的檢測晶片，就像是 Dry Lab(乾實驗室：注重通過各種儀器進行計算，以歸納出實驗材料的物理模型)和 Wet Lab(濕實驗室：在進行實驗時，需要用到較多的化學試劑，實驗室需要經過專門設計，對安全防護的要求相對較高，實驗室成員入室前，一般要經過專門培訓)兩端的複雜知識撞在一起，跨領域除錯(Trouble-Shooting)變得非常困難。尤其半導體晶片在不同離子溶液時，會造成晶片腐蝕或晶片本身的漏電和雜訊等問題，即使接近百分之百良率的半導體晶片，泡到溶液裡面良率就剩不到二成！但生醫的人也會覺得自己的濃度控制和操作流程都一樣，導致很難找出真正的問題出在哪裡、如何解決，而且標準化方法至今都還沒有出現。不過，近幾年在經過生醫人員和半導體廠合作夥伴多年的開發，一些生物晶片開發公司已經製造出即使浸泡在溶液中，良率也能高達 95%的晶片，當然，這些技術也成為公司吸引國外投資人目光的競爭優勢(吳培安，2022)。

2.1.2 生物晶片生產期長、規模小、難排產

半導體晶圓生產速度和數量上的先天性條件，也是造成半導體生醫領域無法普及的原因。半導體晶圓代工投片生產，至少需要 2 到 3 個月，有時候甚至要半年，如要檢測不同生物分子，可能要修改晶片布局設計後重新投片，開發期程(Iteration)較長，且半導體生醫晶片要生產的量可能已是生醫界相當龐大的數量，對半導體產業來說，可能還尚未達到投片生產量，產線會往大量需求且高利潤產品線調整，半導體生醫晶片甚至搶不到半導體產線投片。相較於同樣用途的生醫光學檢測產品，如螢光或旋光等技術，光學產線單純，且不會和其他應用產品搶產線，除生產期程短，如前所述光學檢測產品生物分子連接檢測試片排列不整

齊也沒關係，其更換試劑配方的速度也遠比半導體來得快，所以，光學生醫檢測為目前檢測市場的主流。另對半導體業來說，晶片的生命週期大概就是1年至1年半，就會被下一代晶片給取代；但對生醫晶片來說，成功開發一個晶片要可以賣到20年，半導體及生醫兩者差異非常大。臨床醫療端在採用新技術的速度，和IT產業、半導體產業相比天差地遠，所以在整合兩邊人才時，會有很大的文化差異需要面對。為解決上述問題，一些生醫公司投入『通用型檢測晶片+軟體調控』的開發，如果同一種晶片方案能夠滿足各種不同的檢測需求、只需要在軟體設計調整，就可以把晶片需求量極大化，分攤掉晶片研發和生產製造的成本，最終才有獲利的空間。另一種解套的方式，是鎖定高成本治療商機，例如某些國外公司視網膜生醫感測晶片治療視網膜色素病變(Retinitis Pigmentosa)，一次治療就要近百萬元新臺幣，雖然每年治療的人不多，但只要相當數量治療案例，就能回收晶片的研發成本，但據報導，這些開發公司面臨財務困難瀕臨破產停止開發或宣布解散，影響測試患者權益，未來是否還有廠商願意投入研發生產仍是未知數，要有何機制讓生物晶片研發、投產及營運能夠更順利，也讓患者獲得治療，是未來重要議題(吳培安，2022)。

2.1.3 生物晶片仍使用傳統法規標準且驗證難度高

最後，由於目前的半導體生醫檢測晶片，仍有靈敏度夠、專一性不足問題，容易受到環境或雜訊影響的「偽陽性」(False Positive)，而這正是法規單位在面對這項新技術時，極度關心的問題。國內的相關法規雖然鼓勵新技術投入，但在檢測的法規標準層次上，還是停留在聚合酶連鎖反應(Polymerase Chain Reaction, PCR)或是ELISA方法，因此半導體生醫檢測晶片在說服法規單位接受新技術上，需要相當多、且不厭其詳的溝通，檢測產品要獲得法規單位的認可，都會需要一個比對品，而比對品的選擇，就會大大影響到後續的發展速度、難度，甚至是市場後續的競爭。例如，半導體晶片是透過晶片上的核酸探針與病毒核酸序列的結合(約60個基長度)，產生的電訊號判別病毒的存在，雖然因此省去核酸擴增的步驟和時間、使得結果更快出爐，但必須向法規單位提出證據說明產品的專一性夠高，不會交叉檢測到其他的核酸序列。不過，臨床檢測除了靠實際數據說話，臨床使用端的接受度也很重要，臨床使用端其實並不會在乎檢測是用半導體還是光學原理，他們最看重的還是夠不夠可靠、穩定、又快又好。此外，以單次使用的花費上，半導體檢測相較於光學檢測原理產品來說是相對高，這依然會影響到醫療檢測市

場的接受程度，且單一品項的檢測(例如 COVID-19、血糖、驗孕)幾乎都是早期通過認證的光學檢測產品。也許在市場發展趨勢上，多標的分析陣列(Multi-Target Array)、藥物篩選或是高單價的癌症檢測是半導體生醫檢測晶片比較適合的領域。不過，雖然多標的檢測可以賣比較多錢，但要做多標的檢測之前，還是得先把單一檢測做好，而且如果是多標的檢測，要額外付出標準化、調整不同標的訊號的心力，要花上的時間可能會比 5~10 年還要久，所以業界目前還沒有出現真正符合體外診斷醫療器材(In Vitro Diagnostic Devices, IVD)批准資格的產品出現。然而，雖然遇到諸多挑戰，半導體生醫晶片在微量生物分子的檢測上，依然是非常有優勢的創新技術，不只是在於 COVID-19 等流行病檢測，像是需要經過培養才能確認感染源的疾病，遺有需要先轉成互補 DNA(Complementary DNA, cDNA)才能擴增的核糖核酸(Ribonucleic acid, RNA)檢測，及判斷急重症風險的生物標誌檢測，甚至是在預防醫學、精準醫療上。況且，如前述大家相當注重晶片量產、穩定的問題，但『系統』是最難超越的，事實上除了晶片本身外，至少還存在三個系統，且只談產品部分，就必須包括 Probe(探針)、Reader(讀取)、資料輸出整合 AI+Cloud(雲端)，幾個系統的交錯組合，很複雜、很難超越。未來要打醫療團體戰，要從線上、線下到後勤；從治療、出院、追蹤到甚至康復都要整體布局，再投入這個領域(吳培安，2022)。

2.2 仿生技術

目前科學家、半導體及生醫產業積極投入人工電子眼(仿生眼)、人工電子耳(仿生耳)、仿生味覺、可穿戴的腎臟、可攜式胰腺、仿生義肢、腦修復術等仿生技術(如人工器官、腦機介面)領域開發，其中較為人熟知的為人工電子眼及人工電子耳，目前最具新聞性的話題為 Neuralink 腦訊息處理器系統案例，在相關開發過程中會有研發生產及產品耐用性等技術問題、動物及人體試驗及道德倫理議題、產品確效及法規問題、資金及臨床需求問題。

2.2.1 人工電子眼

視網膜中具有兩種感光細胞，負責日間視覺的錐細胞以及負責夜間視覺的桿細胞，正常的視覺傳遞路徑，當光線進入眼睛後，會透過角膜和水晶體聚焦後，再投射到視網膜，視網膜中央窩是感光細胞聚集的地方，因此在中央是視野最清楚的地方，焦傳金形容感光細胞就像是 CCD camera，而視網膜除了感光細胞，還包括雙極細胞、節細胞和視神經層等非感光細胞，就像是 Photoshop 負責處理顏色、速度等不同視覺訊息，

當眼睛接收到視覺訊息後，會由視網膜將視覺訊息分成不同的平行通道處理後傳送至大腦，由大腦彙整呈現出完整的影像，因此當任一視覺傳遞路徑受阻，便會造成視力受損。基因治療、細胞移植和幹細胞治療、間接基因治療、人工視網膜，為視覺受損後四種不同治療策略，前三種為生物醫學方法，而人工視網膜則是利用生醫電子工程的電刺激方法的來解決視障問題。

電刺激最早出現於 1791 年，由義大利科學家 Luigi Galvani 透過青蛙實驗發現電與神經反應之間的關係，時至今日，電刺激已經被廣泛的被使用在醫療上面，例如人工電子耳、深腦刺激(癲癇、帕金森氏症)、痛覺控制、腦機介面及人工電子眼等，在人工電子眼部分成功發展出四種應用方法：電刺激視網膜、電刺激視神經、電刺激視丘、電刺激視覺皮質，目前最成功的就是電刺激視網膜。人工視網膜最早於 1956 年由澳洲醫生提出人工視網膜晶片的發想，利用電刺激的方式產生影像，並成功申請美國專利，現在於人工視網膜發展主要有前視網膜晶片、下視網膜晶片、上脈絡膜晶片三種發展模式，依據不同的視障治療需求進行應用。由於現行大部分的人工電子眼(如圖 3)需要配戴具有照相機功能的眼鏡裝置，因此外部供電不足問題以及使用者需依靠頭部轉動掃描外部影像的不便性，是目前人工電子眼的兩大挑戰。目前人工視網膜的應用已具有很多成功案例，未來如何更增進手術安全性、改善視覺殘影、滿足色彩視覺及提升夜間視覺等，都是人工電子眼的研發挑戰(焦傳金，2019；趙博鈞，2008；宋偉傑，2015)。

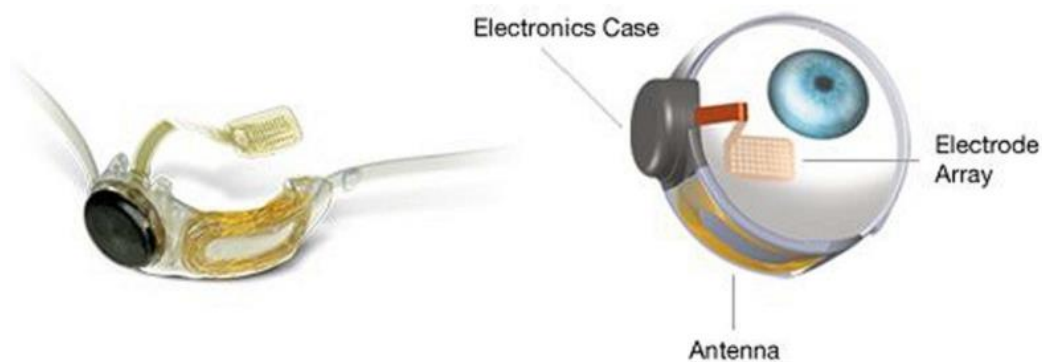


圖 3 人工電子眼
(中央社，2017)

2.2.2 人工電子耳

如果生活中少了聲音，會有什麼不便呢?過馬路時會產生焦慮，與人溝通不良造成人際關係的問題或影響幼兒語言學習。不同部位的損害

對聽力的影響也不一樣，有些病患可以透過適當的治療而恢復，有些則須利用助聽器放大聲音，狀況較為嚴重者則可能需要透過電子耳等裝置改善聽力。

耳朵所聽見的聲音，由聲波行經中耳耳道使鼓膜產生震動後令內耳耳蝸內的毛細胞產生電訊號，進而由聽神經傳到腦部形成聽覺。聽力喪失主要原因有 2 種：感覺性聽力喪失及傳導性聽力喪失。傳導性聽力喪失起因於中耳或耳道的機械性問題，阻斷聲音的傳導，這類聽力喪失通常可以經由藥物、手術或助聽器復原及改善；感覺性聽力喪失起因於內耳、聽神經或腦部神經路徑受損，多數可以經由助聽器獲得助益；少數感覺性聽損較嚴重程度者，傳統助聽器無法獲致良好的語音聽辨力，這時需利用人工電子耳才有可能大幅改善患者的聽力。人工電子耳(如圖 4)有兩大部分，內部分是接受器與電極，須經由醫師手術植入；外部分是有線圈與聲音處理器，須由聽力師幫忙術後開頻。人工電子耳藉由懸掛在耳後聲音處理器的麥克風接收聲波傳送至埋於內耳耳蝸內的線路，使耳蝸將訊號傳至聽神經以產生聽覺。

人工電子耳在國內屬於需要取得許可證的高風險第三等級醫療器材，適用於重度或極重度以上的聽損程度、戴助聽器三個月以上有限受益者等。然而，並非所有聽障者都適宜植入人工電子耳，必須經由醫療團隊詳細評估，若是聽神經缺損或萎縮、中樞的聽覺認知系統受損、植入耳的外耳或中耳感染、耳蝸未發育完全、鼓膜穿孔以及有任何醫學跡象顯示不適合做中耳或內耳手術者都不適合植入電子耳。在植入人工電子耳前，病患及家屬應充分了解電子耳的功能與限制，清楚知道可能得到的幫助和預期的術後結果，更應積極配合術後聽語復健(食品藥物管理署，2018；錢信宏，2018)。



圖 4 人工電子耳
(溫惟昇，2019 年)

2.2.3 Neuralink 腦訊息處理器系統案例探討

由矽谷「鋼鐵人」伊隆·馬斯克 (Elon Musk) 創辦，以融合人腦與電腦，打造「生化人」為終極目標的神經科技公司 Neuralink，成立以來始終保持著神秘，但為了招募更多傑出人才，馬斯克決定曝光開發進展。在 Neuralink 的設想中，一根根直徑僅 4 至 6 μm (微米)，比頭髮更纖細的絲線 (Threads) 將串連癱瘓者大腦與處理器，這些絲線內部含有數十枚電極，可偵測腦部活動，並且比目前的腦機介面 (Brain-Computer Interface, BCI) 材料更不容易對大腦造成傷害，一套系統共有 3,072 個電極，分佈在 96 根絲線上，植入上千枚電極，大腦連上電子產品將成真，電極偵測到的腦波活動，會透過頭部外側的處理器傳遞給電子設備，此舉將賦予行動不便的癱瘓者們，透過腦中想法操控手機或電腦的能力，絲線中的上千枚電擊會偵測腦部控制訊息，將訊息傳遞到外部的處理器，再透過藍牙連結電子產品(如圖 5) (張庭鈺，2019；錢玉紘，2022；張詠鈞，2016)。

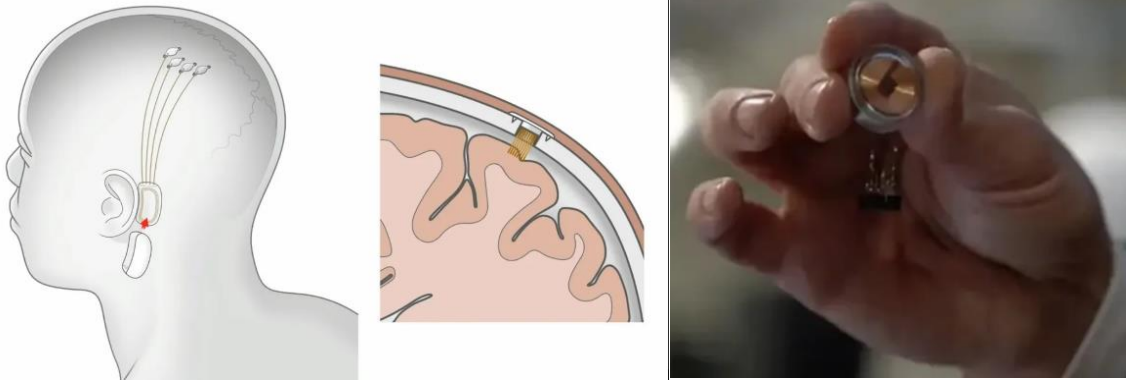


圖 5 Neuralink 腦訊息處理器系統示意圖
(張庭鈺，2019)

為了達成這樣複雜的任務，Neuralink 也開發出一台負責將絲線植入大腦的機器人(如圖 6)。這台機器人外觀像是有著顯微鏡的縫紉機，能夠透過機器視覺避開血管，在植入細絲時將對大腦的傷害減至最低。Neuralink 表示，目前植入這項裝置需要醫師用鑽頭在頭顱上穿孔，但期望未來能以雷射燒穿頭骨，減少不適感，以一種微創手術的方式，為患者創造類似雷射屈光角膜層狀重塑術 (Laser Assisted in Situ Keratomileusis, LASIK) 的無痛體驗(張庭鈺，2019)。

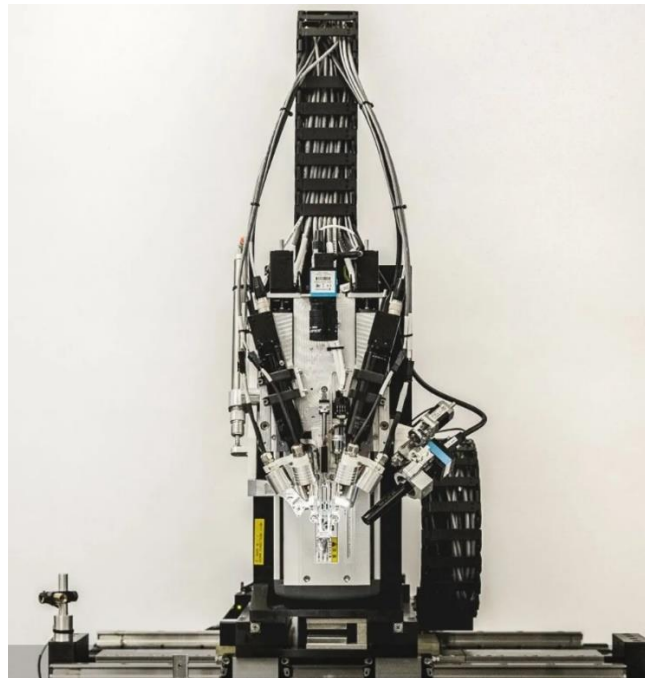


圖 6 Neuralink 絲線植入大腦機器人
(張庭鈺，2019)

在發表會上，神經科學新創公司 Neuralink 讓猴子透過意念打字(如圖 7)。同領域的專家不覺得很酷炫，因為在發表前就已經有人利用類似的技術，讓人類靠意念輸入訊息，只是當時的設備較笨重，需要用線路將人與一台電腦連結。專家也提出幾個值得探討問題：

1. 動物試驗議題：Neuralink 表示已經在羊、豬、靈長類等動物上試驗過，有專家提出參與動物是否造成不必要的痛苦和死亡，且可能違反「動物福利法」等倫理議題。
2. 人體試驗議題：FDA 是否核准?是否有人願意參與等議題。
3. 治療效果議題：是否真有辦法達到視力恢復、脊椎損傷的病患恢復全身功能等治療效果議題。
4. 耐用性議題:例如大腦內的生理鹽水環境會讓許多塑膠製品變質，其如何維持耐用性亦是一個需要探討議題(錢玉絃，2022；莊儼宇，2023)。



圖 7 Neuralink 讓猴子透過意念打字
(張詠晴，2022)

美國食品藥物管理局(Food and Drug Administration, FDA)2023年核准 Neuralink 展開人體試驗後，Neuralink 於 9 月開始為其首次人體試驗招募受試者。根據路透報導，FDA 今年 3 月原本一度拒絕了 Neuralink 的申請，理由是連接大腦晶片的線路可能在受試者頭部內亂跑，或是晶片可能過熱等安全疑慮。該公司在部落格發文表示，正在尋找因脊髓損傷或肌萎縮性脊髓側索硬化症(俗稱漸凍症)(Amyotrophic Lateral Sclerosis, ALS)而四肢癱瘓的人。Neuralink 希望最終能製

造出一種裝置，在人類和機器間建立共生關係，讓人只要透過「想法」便可發送訊息或玩遊戲。不過，該公司的首要目標是協助神經系統疾病患者。根據報導，Neuralink 的大腦晶片植入手術，會先由外科醫生進行開顱手術，切除一小塊頭蓋骨，再由機器人把一套電極和超細電線接入大腦。最後再裝上一塊 25 美分硬幣大小的電腦晶片。這塊晶片的目的是分析和讀取受試者的腦活動，並將訊息以無線傳輸的方式送至附近的筆電或平板電腦。為符合試驗目的，最理想的候選人是年齡在 40 歲以下、四肢癱瘓的成年人。Neuralink 會將植入物植入受試者前運動皮層的手旋鈕區域，該區域控制手掌、手腕和前臂活動。此次試驗目標是要證明裝置可安全地從患者大腦收集有用數據。這將是 Neuralink 在將人的想法轉化為電腦可理解指令上的關鍵一步。范思說，雖然已有數千人表達對 Neuralink 腦植入物有興趣，但該公司仍在尋找那願意接受植入手術的第一人(葉亭均、易起宇，2023)。

第3章 光電轉生醫產業探討

3.1 光電產業簡介

光電相關產業範圍其實廣泛，依據不同屬性，致可分成大類別/次產業，包括:LED 面板、太陽能、影像感測、光儲存(Optical Storage)、光顯示器、光通訊(Optical Fiber Communication)、雷射應用、精密光學(Precision Optics)、生醫光電(BioPhotonic)(如圖 8)，其中生醫光電無論技術成熟度與市場發展潛力正處在中段，顯示生醫光電已經是一門跨領域結合且快速成長的科學。又依據光電科技工業協進會(Photonics Industry & Technology Development Association, PIDA) 2020 年臺灣光電各產業年成長率(如圖 9)，數據顯示臺灣光電產業衰退最多的 3 種類別為太陽光電(-140%)、其次是 LED 與照明(-7.7%)、光儲存(-4.4%)，整光電產業整體持續出現衰退現象。然而，最多的 3 種類別為雷射應用(+11.4%)、生醫光電(+11.0%)、光通訊(+6.6%)，由此可見生醫光電極具發展潛力(彭梓涵，2021)。

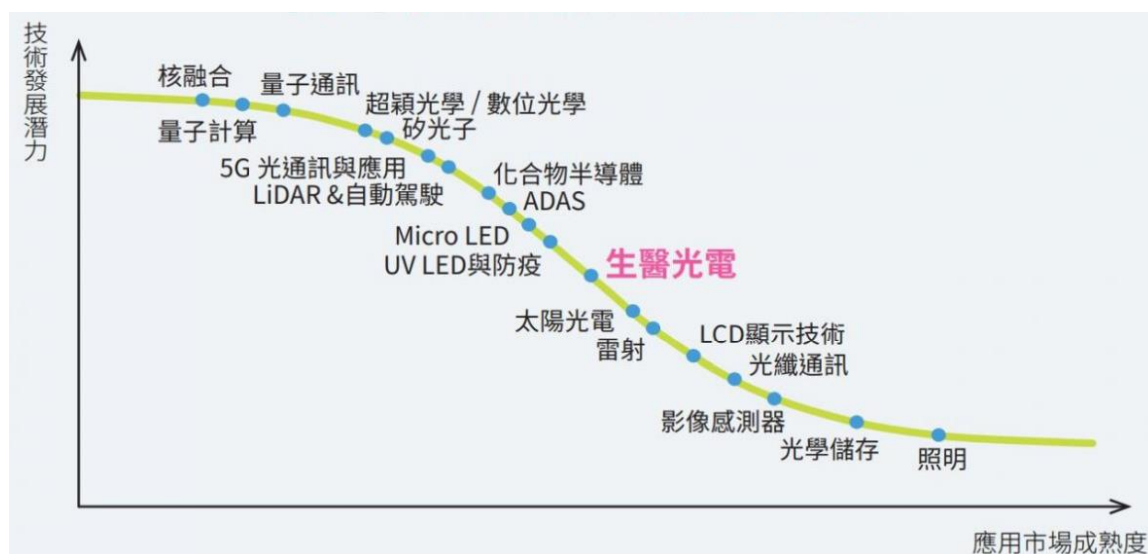


圖 8 各項光電技術市場成熟度與發展潛力
(彭梓涵，2021)



圖 9 2020 年臺灣光電各產業年成長率(%)
(彭梓涵，2021)

3.2 生醫光電技術發展與醫療應用趨勢

生醫光電 (Biophotonics) 為一新興且快速成長的科學，它的目標在於利用光電科技偵測、造影與操控生物反應和材料，及包括用於上述目的的光電技術的開發和應用。此乃基於光可以通過光與物質交互作用過程（例如，反射、散射，吸收和發射）與生物體相互作用的原理（如表 1）。雖然「生醫光電」一詞可能是近幾十年創造出來的，但它可以追溯到十六世紀，當時光學顯微鏡的發明是為了使生物組織可視化。如今，隨著 2014 年諾貝爾化學獎獲得認可的超分辨率螢光顯微鏡的出現，能夠以低至 10 奈米的超高空間分辨率來探索細胞和分子層次的結構、功能與作用機制，提供利用光電技術發現生命科學的新方法；而在醫學領域應用上，則可用來研究組織到人體，從微觀到巨觀的尺度，以非侵入性的方式進行感測、篩檢、診斷，及治療疾病，因此通過生醫光電技術的研究和進步可徹底改變診斷和治療方法，以提高生活品質，促進更好的醫療保健。另外由於光可探測的空間和時間範圍極為廣泛，因此光電技術可以產生大量和多種類型的生物醫學數據。生醫大數據的可用性亦推動了機器學習及其在生物學、醫學、藥學、環境科學和農業應用的迅速發展(郭文娟，2020)。

表 1 光與組織的交互作用

分類	作用反應
散射	1. 彈性散射(入射和散射光子具有相同頻率): (1)瑞利散射(Rayleigh scattering):被尺寸小於光波長的粒子散射。 (2)米氏散射(Mie scattering):被尺寸與光波長相近的粒子散射。 2. 非彈性散射(入射和散射光子具有不同頻率): (1)布里淵散射(Brillouin scattering):入射光和散射光的能量差產生聲子。 (2)拉曼散射(Raman scattering):入射光和散射光的能量差會在生物分子中產生振動激發。
吸收	光吸收主要可引起光誘導的細胞效應，當可見光的能量傳遞給些可吸光的分子時(例如氨基酸、血紅素、黑色素、DNA 和 RAN、輔酶 I、水分子)，其中的電子會因吸收能量而誘導兩個電子態之間的躍遷(電子將從基態躍升為激發態或振動躍遷)
發光	來自組織各種成分的自體螢光。
不發光的其他作用	1. 光爆破:高脈衝強度下所產生衝擊波的機械力，可使用於雷射手術中的組織切割和分裂。 2. 電漿子引起的剝離:由高強度短脈衝光導致介電崩潰，所產生游離的電漿子，其與光相互作用產生組織剝離。 3. 光切除:高能紫外光能直接打斷細胞結構。 4. 光化學:即使在很低的光功率下，仍可產生激發態反應。光化學可用以修飾細胞功能通過改變生物過程來治療疾病。 5. 熱效應:光被組織吸收轉為熱能，目標組織對光的響應取決於特定組織中溫度和水含量的增加程度。低強度雷射和發光二極體已被皮膚科、牙科和外科醫生廣泛地運用於各個方面。這些光源功率較低，可產生生物刺激(即通過雷射光刺激活細胞或生物的過程)。這過程不產生會破壞生物組織的熱量，而是通過深入組織而促進治療作用，使光化學作用得以發展，然而嚴重的熱效應亦可引起凝固、汽化、碳化、溶解等組織反應。

(郭文娟，2020)

光電技術的獨特性為感測、監測、診斷和治療疾病提供了一種非接觸、有效、快速且無痛的方式，應用於生命科學、微生物學(病

毒和細菌分析)、藥物分析、醫學和臨床診療等方面具有多個突出的優勢，分述如下：

1. 空間尺度的多樣性：可以被光探測或操控的生物體尺寸範從奈米（生物分子）到厘米（生物組織），涵蓋大小超過幾個數量級。例如，超高分辨率螢光顯微鏡可以對蛋白質和 RNA 在細胞內的定位進行成像；而內視鏡則可通過早期發現體內腫瘤降低癌症的發生率和死亡率。
2. 時間尺度的多樣性：可以被光探測或操控的生物體的時間範圍從大約飛秒（註：生物分子中的電子躍遷所花的時間）到幾天（註：進行縮時攝影的連續觀察時間），涵蓋了約 20 多個數量級的範圍。例如，利用雷射光進行的激發-偵測（Pump-probe）技術可實現感光細胞蛋白質中電子躍遷的飛秒化學研究，呈現極短的時間內化學反應的過程；而利用長期監測細胞增殖、分泌、代謝和分化則有助於我們了解細胞異質性，優化代謝工程並控制做為細胞治療和再生醫學的幹細胞品質。
3. 功能的多樣性與高相容性。由於光通過多種過程與生物體相互作用，因此為生物醫學應用開發了許多獨特的觀察和操控工具（如表 2），可達到單個分子的超靈敏檢測，及利用光譜學特徵的超高特異選擇性，包含光學捕捉到各式光譜術。且由於不同波長的光之間相互作用很弱，可以分開檢測，因此可以同時使用各種光學感測和操控工具而不會相互干擾，也可以在多個時空範圍內使用。例如，可以同時在顯微尺度和宏觀尺度上使用多種不同的光學診斷和治療技術。光與物質的弱相互作用還有助於同時使用非光學技術，例如搭配原子力顯微鏡(Atomic Force Microscope, AFM)、掃描電子顯微鏡(Scanning Electron Microscope, SEM)、微流體、奈米粒子等。這種易於組合的特點，有利於形成多模態造影，可基於不同光學特性的融合來增強生物組織診斷。
4. 實用性強：與超音波、電腦斷層掃描(X-Ray Computed Tomography, X-ray CT)和核磁共振成像(Magnetic Resonance Imaging, MRI)等臨床放射醫學影像相比，這些儀器大、笨重且昂貴；光電成像技術則相對具有高可用性、高緊湊性和低成本。且由於光與生物體雖相互作用但作用微弱，這提供了以微創、安全，且通常是無接觸的方式探測、造影和操縱生物體的優勢，而不會造成生物組織重大修改或損壞，為改善病床邊或手術室的診斷，治療和疾病

預防皆提供了很大的可能性。例如採用近紅外雷射的光學同調斷層掃描術(Optical Coherence Tomography, OCT)已是眼科方面很重要的診斷工具(郭文娟, 2020)。

表 2 生醫光電技術分類

分類	技術名稱
以光散射為主的技術	拉曼散射光譜法、動態光散射、相干反斯托克斯拉曼散射(Coherent anti-Stokes Raman scattering, CARS)、受激拉曼散射(stimulated Raman scattering, SRS)、表面增強拉曼散射(surface-enhanced Raman scattering, SERS)、尖端增強拉曼散射(tip-enhanced Raman scattering, TERS)與散斑感應等。
以光吸收為主的技術	V-VIS 光譜、紅外光譜、微波光譜、THz 光譜、傅立葉轉換紅外光譜(Fourier transform infrared spectroscopy, FTIR)與光聲成像等。
以發光為主的技術	螢光檢測、多光子螢光檢測、螢光共振能量轉移(fluorescence resonance energy transfer, FRET)、螢光原位雜交技術(fluorescent in situ hybridization, FISH)、流式細胞儀(Fluorescence activated cell sorting, FACS)等
造影成像技術	螢光顯微鏡;超分辨率奈米顯微鏡(例如:受激放射耗乏顯微術(stimulated emission depletion, STED)、隨機光學重建顯微術(stochastic optical reconstruction microscopy, STORM)、光啟動定位顯微術(photoactivated localiation microscopy, PALM)、超分辨率光學波動成像(super-resolution optical fluctuation imaging, SOFT)與結構照明顯微術(structured illumination microscopy, SIM);體積成像(例如:共軛焦顯微鏡、多光子與倍頻顯微鏡以及光學同調斷層攝影術 OCT);振動成像(例如:拉曼顯微鏡、CARS 成像、SRS 成像以及 TERS 成像);螢光生命週期成像術(FLIM);相位造影術;時間拉伸成像以及內視鏡等。
光操控與感測技術	光學捕捉、光子、光穿孔、光遺傳學、雷射手術、雷射顯微取樣術、流式細胞術、微流體以及表面電漿子感測等。

(郭文娟, 2020)

除了使用非游離輻射，相較於放射造影的生物安全性，以及基於不同光子吸收和散射特性，對特定組織產生對比度且在軟組織之間進行區分的優異能力，我們還可根據光的波長和強度來調節光侵入的程度。因此強大的雷射光也可以用於治療，如雷射手術中的組織切割(準分子雷射角膜層狀切除弧度重塑術(Laser Assisted In Situ Keratomileusis, LASIK))或將光纖和內視鏡結合使用以進行侵入性較小的成像和內部器官手術，可使用光纖將高強度的雷射傳輸到人體的內部區域以治療腫瘤。以上這些優點並不是獨立存在的，而是可以同時存在攜手並進，因而在生醫光電技術的開發和應用中帶來了許多自由和便利度。

生醫光電技術種類眾多，表 2 依光與組織交互作用的不同原理整理，提供有興趣的讀者做進一步參考。整體而言，未來研究發展趨勢包括，更大的維度：從一維、二維、三維到四維(包括時間維度)；更高的空間分辨率：從顯微鏡到奈米顯微鏡；更高的時間分辨率：從死細胞的靜態成像到活細胞的功能成像；更高的靈敏度：從光電二極體偵測到使用光電倍增管(Photomultiplier, PMT)或雪崩光偵測器(Avalanche Photodiode, APD)的單光子計數，以及自發拉曼光譜到相干拉曼光譜；更高的特異性：從單色螢光檢測到多重分子感測；更高的實用性與更多的轉譯醫學研究：從實驗室測試到可在家裡使用，從組織活檢到液體活檢，以及從離體測試到體內診斷；更多形式：從單獨診斷到多模式診斷，以及診療合併；單細胞分析：從對細胞活性的整體測量到感測許多單細胞的活性以研究細胞異質性；與數據科學和電腦計算工具的緊密合作：人工智慧、機器學習、大數據分析、數據挖礦以及壓縮感測等。

生醫光電是一個持續快速增長的領域，其主要增長因素是來自先進國家的人口迅速老齡化，使患有慢性疾病(例如癌症、糖尿病、帕金森氏病、心血管疾病和感染性疾病)的患者人數顯著增加。深度學習的興起也驅動了生醫光電的發展。由於醫療技術日益進步，使得人類平均壽命提高，間接也創造了健康照護的市場。尤其在醫療器材技術日新月異，先進國家重視個人健康概念，居家照護及遠距醫療等服務逐漸盛行等因素驅動下，光電感測產業更已成為生醫光電領域最耀眼的明星。尤其在智慧穿戴裝置興起後，加上巨量資料分析技術的成熟，生理訊號監測系統與無線通訊設備的相結合，可望將各種個人生活習慣與醫學標準數據整合傳送至醫療機構，不但

可提供個人化醫療服務，同時也可提供重要資訊，以改進醫療技術或保健成本效益，也是光電感測產業未來性備受看好的主因。生醫感測可分成侵入式與非侵入式兩種形式量測，侵入式包含血糖儀、肝炎檢測儀、基因、血液檢測儀等；非侵入式則涵蓋血壓、心跳、血氧、心電圖、體溫等檢測儀，檢測方式與光學技術關係密切。

目前已開發國家的政府，已經將生醫光電技術視為解決緊迫的醫療問題以及政府和個人患者相關財務負擔的主要解決方案之一，例如，歐盟和美國政府分別啟動了 Photonics4Life 和 National Research Center on Biophotonics(國家生醫光電研究中心)，以促進生醫光電領域的研究活動，許多相關的新創公司也因此應運而生，產業領域的主要參與者進一步擴大了相關的研發和產品商業化。由於生醫光電是一門整合光電、資訊、精密機械、物理與化學的新領域，它是因應解決生命科學與醫學上的問題所發展出來的。因此需要多個領域的專家進行跨學科的交流和合作，以取得有意義的結果。相較而言，目前政府與產業投入的資源及從事此方面跨領域研究的人口卻是相對少。由於此領域有望在未來十年乃至以後持續快速地增長，臺灣逐漸邁向高齡化社會，此整合性之跨領域科技人才的培育更顯得重要及刻不容緩(郭文娟，2020；黃欽勇，2015)。

3.3 光基本介紹

光是一種「電磁波」。「電磁波」有波長的基準，由長到短可分成電波、紅外線、可視光、紫外線、X光、伽瑪射線等。電磁波當中，肉眼可見的波長範圍的光稱為「可視光」（如圖 10）。可視光的短波長為 360 至 400 nm，長波長為 760 至 830 nm，只要波長超出「可視光」的範圍，不論波長是長是短，肉眼都看不到（中田有，2023）。

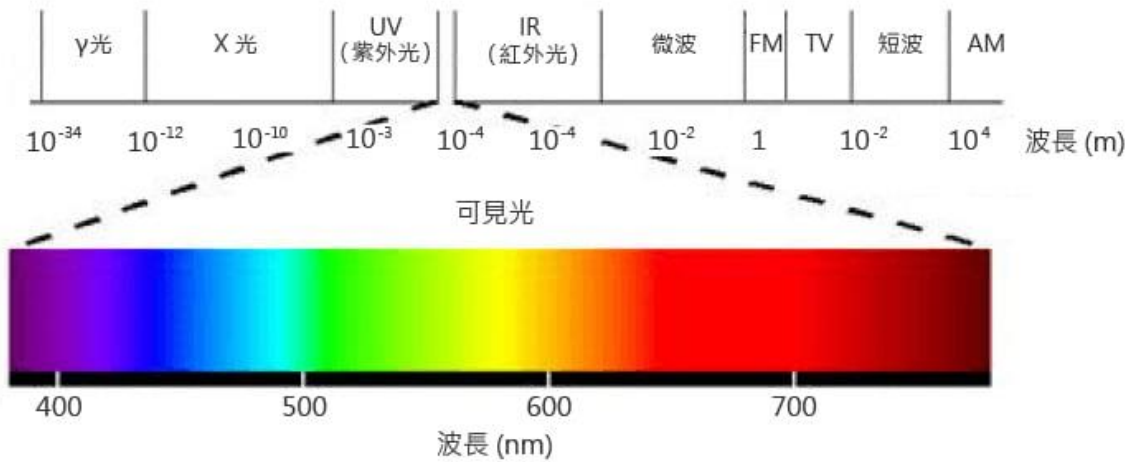
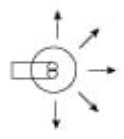
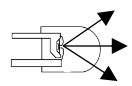

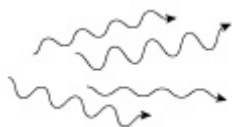
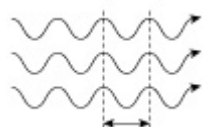
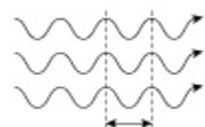
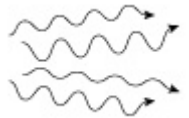
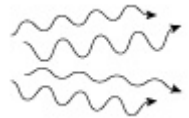



圖 10 電磁波光譜圖
(中田有，2023)

目前最常使用的光源為普通光（如燈泡）、發光二極體 (Light-Emitting Diode, LED) 和雷射光 (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation, LASER)，其三者差異如表 3 所示。首先燈泡是使用高融點的鎢絲（約 3400°C）做成的，鎢絲所產生紅外線大於可視光，電力所消耗的 80% 大概均發出紅外線（熱），僅約 20% 發出可視光可以利用，鎢在熔點以下就開始蒸發，因而燈絲會逐漸變細，不久就到達最終了的位置而斷掉；其次，LED 是利用二極體內，電子與電洞結合過程中能量轉換產生光的輸出，LED 特性為冷性發光不產生熱，元件壽命長（十萬小時以上）、反應速度快、體積小、適合量產，具高可靠度。最後，雷射是透過刺激原子導致電子躍遷釋放輻射能量而產生的具有同調性的增強光子束，其特點包括發散度極小、亮度（功率）很高、單色性好、相干性好等，產生雷射需要「激發來源」、「增益介質」、「共振結構」這三個要素，然而根據產生雷射的媒質，可以把雷射器分為液體雷射、氣體雷射及固體雷射等，而現在最常見的半導體雷射又稱雷射二極體 (Laser Diode, LD) 算是固體雷射的一種（中田有，2023）。

表 3 普通光、LED 與雷射的差異

	普通光(燈泡)	LED	雷射光
			
指向性 (準直性)	無	無	有
單色性 (單一波長)	多波長 	單一波長 	單一波長 
同調性 (Coherence)	相位不同(波峰 波谷不一致) 	相位隨機(波峰 波谷不一致) 	單一相位(波峰 波谷一致) 

(中田有，2023；吳文傑，2017)

3.4 LED 於生醫應用

發光二極體(LED)或雷射光(LASER)，已廣泛應用在各項方位及生理等物理性質量測，然而雷射光源相對於 LED，雷射光源體積大、成本高及維護不易，隨著 LED 技術進展，陸續開發出各種低成本體積小的 LED 光學生醫應用。過去 LED 在醫療設備應用上侷限在單純的指示燈、螢幕顯示等，隨著 LED 照明技術的不斷進步，運用其冷光、窄波域及高演色性的特質，可解決傳統光源使用上的種種限制，也使得 LED 照明技術，進而拓展到 LED 無影手術燈、血管照明、窄頻光源(Narrow Band Imaging, NBI)、口腔照明、LED 內視鏡、手術光波定位系統、病灶診斷與 LED 美容燈光療等醫療應用領域中。

LED應用於醫療產業分類

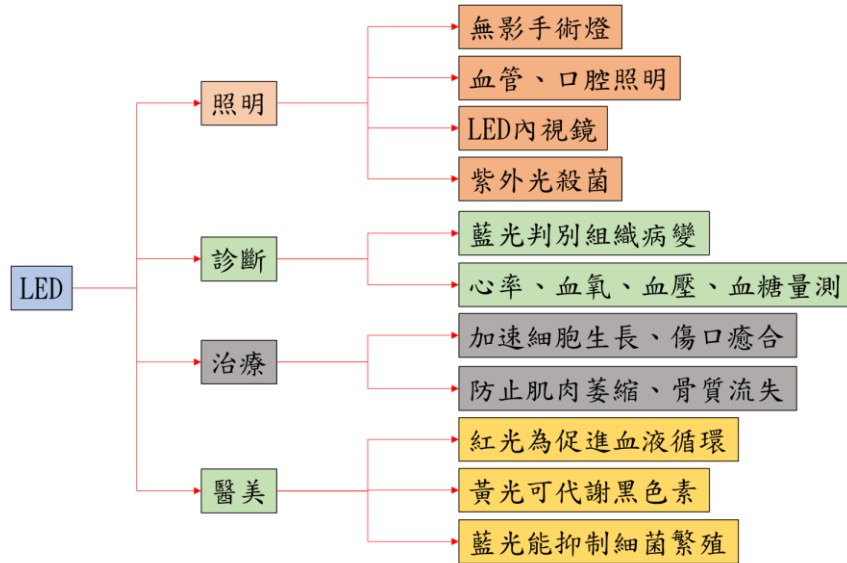


圖 11 LED 應用於醫療產業分類
(作者自行繪製)

3.4.1 LED 醫療照明、診斷及治療應用

LED 照明技術的突飛猛進，不僅在照明領域大放光明，在醫療產業的應用上也是日漸普及。LED 照明在醫療產業的應用可分三大類，依序為：醫療照明、診斷與治療等，每個類型所需照明技術不盡相同。

醫療照明泛指應用於醫療機構、空間或場所使用的照明產品，包括一般檢驗燈、手術燈、手術頭燈、牙科診療燈等等，像是被廣泛應用於醫院中的 LED 手術無影燈、口腔照明設備，是運用到 LED 燈泡易控制光線散射角度的特性，經精密計算打造出無照射死角的手術照射環境，同時突破傳統鹵素燈泡的無法調色溫、長時間溫度攀升等限制，有效解決醫護人員長時間工作後，可能產生視覺疲勞和手術區域溫度升高等問題，讓手術進行與口腔治療過程發揮預期效果。另 LED 燈源體積小巧，也非常適合安裝在內視鏡、膠囊胃鏡上使用，且因傳統燈泡溫度過高，無法在病人身體內長時間使用，而結合 LED 光源的檢視器材技術變革，讓檢驗師以最餘裕時間為病患進行最完整的檢查，找到初期潛在的病因。過去市面上常見多醫療設備均配備傳統汞燈或氙燈的螢光顯微鏡，使用前需先經過一定時間的預熱程序；當改用單波段或多波段 LED 燈泡的螢光顯微鏡設

備，則具備醫療機台快速開機、立即使用的特性，節省病患的看診時間，也成為醫療設備採購的首選。這類醫療照明產品，對光源品質與穩定性要求極高、允許誤差範圍小，且需符合國際規範與通過認證，才能維持醫療環境品質的穩定。另一個光源特殊用途為殺菌，使用波長 280nm 的深紫外光(Deep Ultraviolet；DUV) LED 照明技術具備長壽、低溫、節能的特性，可以取代傳統汞燈紫外光源做為醫學上殺菌消毒之用(魏淑芳，2017)。



圖 12 LED 手術燈
(魏淑芳，2017)

LED 醫療診斷部份，當全球醫療費用不斷攀升，台灣健保嚴審與刪減醫療支出以杜絕浪費的趨勢下，國內外均醫療機構均積極推動早期健康檢查，盼在疾病發生初期便提前治療，降低後續與整體醫療費用，運用人體組織暴露在紫外線和藍光下，會發散出淡淡螢光的特性，來判別健康組織與病變組織的光診斷技術。另一個特殊應用為運動科技及健康照護，低成本體積小的 LED 光學感測器，應用於穿戴式生醫感測，其中心率及血氧值等非侵入光學穿戴式裝置應用最為普遍，如圖 13 及圖 14 所示其光學測量方法有穿透或反射二種方式，係利用紅外線或紅光 LED 照射手指、耳垂或其他部位，因心臟發送血液時血管中含氧量及血流量的變化，使穿透光或反射光

強度發生變化，藉由非侵入光學感測器接收量測分析心率及血氧值等，亦同時結合各種感測元件及 APP 軟體進行睡眠、運動及照護等感測及提醒功能(魏淑芳，2017)。

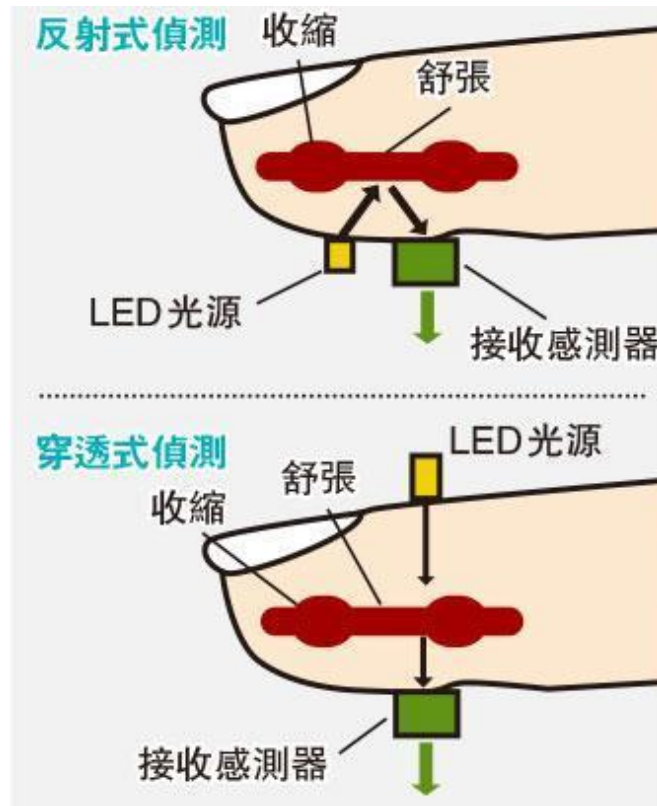


圖 13 LED 心率及血氧感測示意圖
(麥永昌，2022)

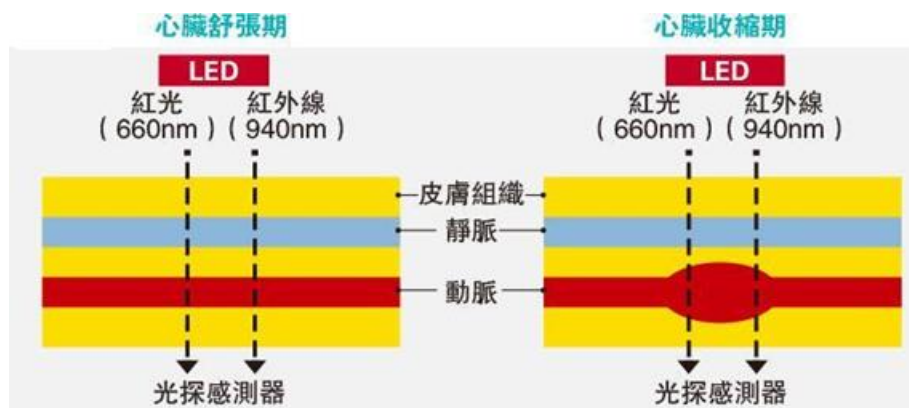


圖 14 紅外線或紅光 LED 照光示意圖
(麥永昌，2022)

另 LED 在治療應用部份。美國航空與太空總署(NASA)與威斯康新醫學院(Medical College of Wisconsin; MCW)合作，發現以特定

波長 LED 照射，具備刺激大腦或照射部位細胞生長、加速傷口癒合 2 倍、防止肌肉萎縮、骨質流失等功效。英國醫療研究公司 Virulite 的道格醫師與英國巽德蘭(Sunderland)大學，一同研發裝 700 個紅外線 LED 燈的頭盔，讓 57 歲的美國商人的失智症病情得以緩解。歐司朗(OSRAM)在疼痛診療中心開發出以 LED 照明緩解疼痛的技術。荷商飛利浦集團發表 BlueControl 醫療產品，用以治療輕度和中度的牛皮癬患者，並且提供從診所到醫療院所各種醫療健康照明解決方案，從手術無影燈、發光天花板與減少冰冷氣氛的照明環境的塑造(魏淑芳，2017)。

3.4.2 LED 於醫美應用

LED 在醫美領域的應用上，藉由特定波長、能量較弱的 LED 光源，激發人體自然的新陳代謝，達到去痘、淡斑、美白、縮小毛孔及煥膚等美容效果。但 LED 光療程也比傳統光療程還要長。根據工研院的研究指出，LED 紅光醫療效果為促進血液循環、助於排除廢物、加速傷口癒合，促進皮膚的膠原蛋白及彈力蛋白增生，進而達到淡化細紋、黑斑的效果。LED 黃光則為可代謝黑色素、幫助吸收保養品的養分，改善過敏皮膚等。而 LED 藍光則能有效抑制細菌繁殖的特性，若同時搭配 LED 紅光則可減少皮膚皮脂腺的分泌，降低粉刺產生。LED 光療技術應用部分，不少醫美診所藉著 LED 光療更推出肌膚活化、再生與改造等美容療程。市面上亦有生技業者為醫美診所推出 LED 光療儀，以及在消費市場販售 LED 光療面膜(魏淑芳，2017)。

3.4.3 LED 應用於穿戴式裝置契機

穿戴式裝置技術結合非侵入光學感測器、無線通訊元件及手機應用程式 APP 來追蹤日常作息管理、健身運動及嬰幼兒與高齡者居家照護，為光學於生醫應用未來發展趨勢。非侵入光學技術使用 LED，已廣泛應用在各項方位及生理等物理性質量測，然而雷射光源相對於 LED，雷射光源體積大、成本高及維護不易，隨著 LED 技術進展，陸續開發出各種低成本體積小的 LED 光學感測器，應用於穿戴式生醫感測，其中心率及血氧值等非侵入光學穿戴式裝置應用最為普遍，漸次發展到血壓、血糖等生理感測，亦同時結合各種感測元件及 APP 軟體進行睡眠、運動及照護等感測及提醒功能。

全球穿戴式裝置技術自 60 年代發展迄今，伴隨無線傳輸、微型感測器、行動通訊裝置與物聯網的發展，也使相關應用市場日趨成熟。穿戴式裝置的應用發展，可發現產品逐漸從單一功能應用，邁

向可結合多元功能交互應用之隨身載具，且相關系統多具備智慧通訊連結能力（如 Zigbee、藍牙、Wi-Fi、GSM 等）以便進行資料即時傳輸。如圖 15 所示目前產品配戴方式大致可歸納為(A)頭戴式：如智慧眼鏡、智慧頭盔等；(B)手錶型；(C)穿著式：如智慧衣、智慧手套、智慧襪、智慧鞋等；(D)配戴式：如智慧手環、智慧戒指等；與(E)貼附式：皮膚感測貼片、墊子胸章等種類。就銷售量來看，配戴式裝置為目前主流產品，其次則為貼附式、頭戴式、手錶型裝置，穿著式裝置目前雖然銷量較低，但未來有可能成為成長最快的產品類別。穿戴式裝置技術結合人工智慧、物聯網、元宇宙等科技技術，對於居家照護及運動休閒的應用，可更豐富多元(陳錦裕，2021)。



圖 15 穿戴式裝置產品配戴方式
(陳錦裕，2021)

如圖 16 嵌入穿戴裝置之各類感測器，透過採集位置、方向、角度、速度、聲音、光線、影像、氣體、溫度、力量、壓力、流量、電量、血氧、血壓、心電、血糖…等物理性質或化學性質多方訊息，進行運算處理與資訊回饋後，才得以進一步展開感測資訊連動驅動智慧聯網情境(如圖 17 及圖 18)，不僅扮演著人體與物件的五感角色，也是為落實穿戴裝置與現實世界感知連結的關鍵零組件(陳錦裕，2021)。

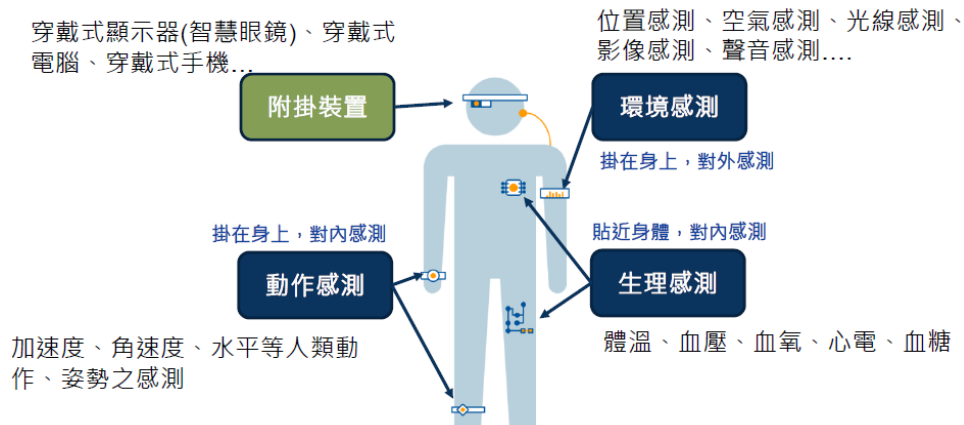


圖 16 穿戴式裝置感測器功能區分
(陳錦裕，2021)

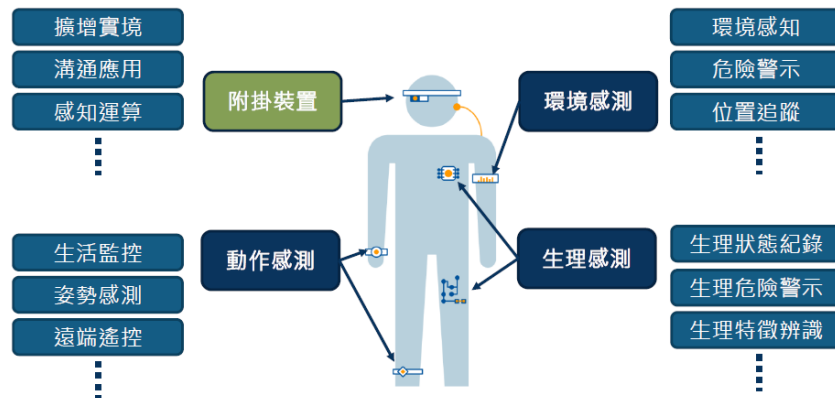


圖 17 穿戴式裝置感測器應用區分
(陳錦裕，2021)

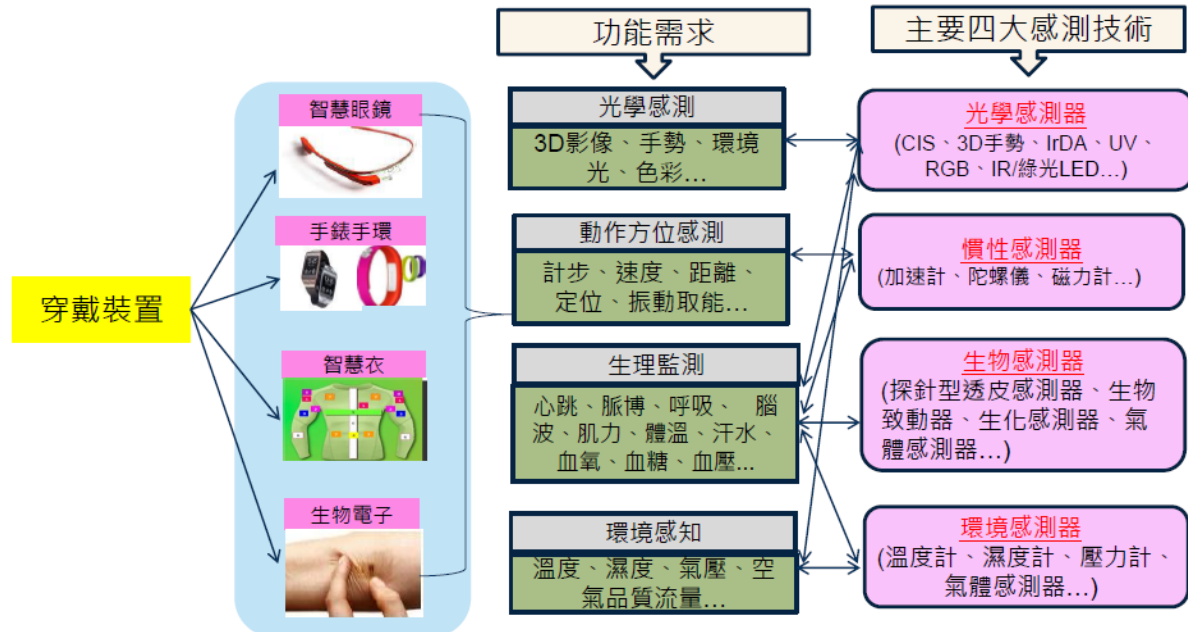


圖 18 穿戴裝置功能需求與四大感測技術
(陳錦裕，2021)

3.5 雷射生醫應用

雷射在醫學領域的應用上，依雷射技術分類來看，主要有四大類技術應用於醫療器材產業，包括雷射積層製造、雷射表面處理、雷射精微加工、雷射波長應用。雷射於積層製造技術應用在骨科、牙科中的器械、骨釘、骨板、心臟支架、齒顎矯正、人工關節等醫療器材製造，特色在於可根據需求不同而客製化產品；另不論早期量產型電腦數值控制(Computer Numerical Control, CNC)加工機或客製化雷射積層製造醫療器材，亦可應用雷射做後續表面處理及精微加工，提供了更佳的产品品質改善方法。而不同波長的雷射光波可應用於不同的醫療及醫學美容領域中，準分子雷射應用於眼科中的屈光矯正、雷射虹彩切開術使用於青光眼治療；或是臨床手術中進行切除、止血、溶解等項目治療，以及癌症的癌細胞清除。醫美領域中更是依照雷射光波不同而達到不同美容效果，雷射波長 660nm 主要產生紅光，利於製造膠原蛋白，改善細紋、毛孔粗大現象；雷射波長 590nm 為黃光，可刺激淋巴及神經系統，對表皮、基底層的黑色素細胞有破壞效果，達到淡斑、改善色素沉澱情況；雷射波長 410nm 屬於低波長，為藍光，可舒緩肌膚並增強抗過敏功能，具消炎、治療暗瘡等功效(陳婉玲，2013)。

雷射應用於醫療產業分類

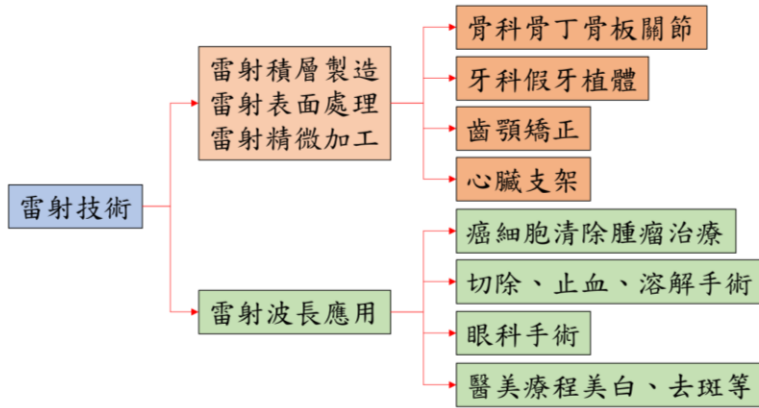
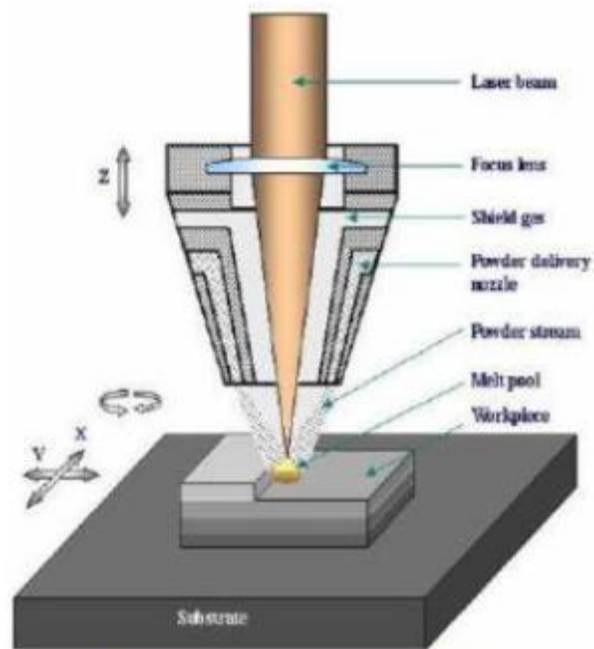


圖 19 雷射應用於醫療產業分類
(陳婉玲，2013)

3.5.1 雷射金屬積層製造

雷射金屬積層製造 (Additive Manufacturing; AM)，又名金屬 3D 列印 (3D Printing)、直接金屬雷射燒結 (Direct Metal Laser Sintering, DMLS)，其將金屬粉末的堆疊與雷射的灼燒聯動起來 (如圖 20)，僅在需要的地方佈置材料粉末，並使用大功率雷射光束加快燒結成型的過程。由於這種雷射聚焦後的高溫幾乎可以融化任何金屬或是合金，所以這種方法成為加工某些難加工金屬部件的首選方法，正成為快速原型製造中金屬製造的主流 (陳士凱等，2014)。為近年新興製造技術，適合複雜形貌、輕量及特殊內部結構元件設計，可協助航太、醫材、模具及熱交換等領域應用的創新，但其製造與相應設計理念比起傳統製造工法差異甚大，且各種金屬粉料品項有限，最佳製程參數開發耗時；缺乏製作預測工具，以致創新設計的實現不確定性高；製造端前處理 (如支撐建立) 與製程監看費時；設備端因採開迴路控制易造成不當停機等。如圖 21 所示，因應特殊模具、醫材植入物與航太零組件應用需求，目前列印材料以鈦合金、鎳基及鋁合金等材料進行組件系統化技術開發，可應用於局部透氣與內部複雜流道整合一體之模具、高骨整合效果之客製化醫材植入物及輕量化航太機組件 (工研院，2023；陳錦裕，2014)。



Laser

圖 20 雷射金屬積層製造
(陳錦裕，2014)



圖 21 雷射金屬積層製造發展之應用
(工研院，2023)

3.5.2 皮膚雷射的治療原理

皮膚組織有三種雷射作用的目標，稱為「載色體」(Chromophore)：黑色素、氧合血紅素，與水分子。每種標的物各有合適的吸收波長，故可選擇相對應雷射來將它們破壞。皮膚的各種構造具有不同的「熱緩解時間」(Thermal relaxation time)，亦即組織吸收能量昇溫後，在未傳導熱量至鄰近組織的情況下，90%的組織立即降溫至最高溫度一半所需之時間，此時間約與組織直徑平方成正比。標的物暴露於雷射光束的時間稱為「脈衝寬度」(Pulse duration)。每單位面積接受的雷射能量稱為「能量密度」(Fluence)。若以特定波長，能量密度充足的雷射光束，以小於或等於標的物「熱緩解時間」的「脈衝寬度」照射皮膚，則可選擇性地以熱能分解標的物，但不使這些熱能釋放至周圍的組織，減少不必要的傷害，此即「選擇性光熱分解」(Selective Photothermolysis)的治療原理。

皮膚雷射種類繁多，但一般而言，可分類為磨皮雷射、色素雷射、血管雷射等，簡介常見者如下：

(一) 磨皮雷射(Resurfacing Laser)：磨皮雷射利用紅外線波段，使水分子吸收，產生汽化作用，將軟組織依序由表淺的部位層層去除，適用於除痣、除疤(凹陷性疤痕、凹洞痘疤)等情況。

1. 二氧化碳雷射(Carbon Dioxide Laser)：二氧化碳雷射波長高達10,600 奈米(nm)，為最早用於磨皮的雷射，亦具止血效果，但易造成肥厚性疤痕的副作用，目前已較少單獨運用傳統大面積磨皮於皮膚美容用途，較常改為點陣式輸出的模式，即所謂的「二氧化碳飛梭雷射」，可治療青春痘凹洞痘疤、疤痕、汗管瘤等疾病。
2. 鉕雅克雷射(Er:YAG Laser)：波長為2940 nm，可汽化與切割軟組織，與傳統二氧化碳雷射相比，較不會造成周邊組織的熱傷害，可用於去除痣、脂漏性角化症(俗稱「老人斑」)、汗管瘤(好發於下眼皮的膚色丘疹)，亦可磨去痘疤、外傷疤痕重建、除皺。
3. 分段式換膚雷射(飛梭雷射、點陣式激光，Fractional Resurfacing Laser)：對皮膚而言，雷射治療是種利用破壞方式達到再生的治療方式。分段式換膚雷射的原理，是以雷射探頭產生微陣式光學圓錐，同時放出數條微光束(光點大小僅約100-200 μm)微創皮膚，因此每次探頭照射下，僅有部份皮膚受到破壞，避免大面積同時治療所可能的副作用，如反黑、感染等問題。

(二) 色素雷射(Pigment Laser)：色素雷射的波長可被黑色素(Melanin)吸收，進而產生破壞作用，因此可用於除斑、除毛，

以及除刺青。

1. 紅寶石雷射(Ruby Laser)：波長 694 nm(紅光)，是目前色素雷射中效果最好的雷射，但亦有其缺點，皮膚在術後會出現浮腫，對東方人的膚色，也可能會出現術後「反黑」，即「發炎後色素沉著」的惱人情況，所幸「反黑」在數月之後，會逐漸淡化。。
2. 紫翠玉雷射(Alexandrite Laser)：波長 755 nm (紅光)，與紅寶石雷射皆為紅光雷射，但因波長較長，所以穿透深度稍深。依照雷射脈衝時間長短，有不同應用，短脈衝可移除與紅寶石雷射治療目標相似的色素病灶，長脈衝則可設計為用於除毛的機型。
3. 鈦雅克雷射(Nd:YAG Laser)：鈦雅克雷射具備 532nm(綠光)與 1064nm(紅外線)雙重波長的模式，可依需要調整兩種波長，對淺層色斑可用 532nm，而對深層病灶則使用 1064nm。

(三) 血管雷射(Vascular Laser)：血管雷射(Vascular Laser)是用來清除皮膚紅色病灶的雷射，包括染料雷射、氬雷射、長脈衝鈦雅克雷射等。

1. 氬雷射(Argon Laser)：波長為 418nm(藍光)與 514nm(綠光)，為最早應用於血管性病灶，如血管瘤、葡萄酒色斑。但常伴隨色素永久性脫失(俗稱「反白」)與肥厚性疤痕的副作用，目前已經很少使用。
2. 染料雷射(Dye Laser)：染料雷射的波長介於 577 至 600nm(黃光)，一般皆以 585 或 595nm 來治療。配合冷卻系統，可降低治療時的疼痛感。進行多次治療後，可有效減小血管瘤的病灶，為目前血管性雷射的最佳選擇之一。

(四) 其它雷射：

1. 低能量雷射：如氦氖雷射(Helium Neon Laser)(波長 632.8nm)與半導體雷射(Diode Laser)(波長 780nm)，利用生物刺激作用(Biostimulation)，可治療分節型白斑、慢性潰瘍、褥瘡、皰疹後神經痛。
2. 準分子雷射(Excimer Laser)：利用惰性氣體與鹵素產生波長 308nm 的紫外線雷射，可治療白斑、乾癬等皮膚疾病，因具高強度的紫外線能量，不可長時間過量照射，使用時亦須注意加強眼睛的保護，避免產生白內障(王修含，2013)。

第4章 南科光電、半導體及生醫產業現況

4.1 南科生醫廠商

南科園區生醫廠商，依序分類為製藥、食品(保健食品及健康食品)、牙科、骨科、美容、檢測(檢測試劑及檢測儀)、再生醫學、軟體(人工智慧 AI、電腦輔助設計 CAD 及管理軟體)、照護及其他如表 4 所示。南科醫材聚落初期廠商以牙科及骨科為主，廠商來源以南部螺絲及模具廠商轉型升級及中北部至南科擴廠為最多，中北部現有醫材廠商佔全國七成以上，藉由獎補助誘因、聚落吸引及計畫辦公室輔導加速於南部設廠，然因公司南下需要克服技術人員移動或不足、供應鏈重新調整建立等問題，另整廠遷移需面臨重新辦理認證等問題。另近年以再生醫學、美容、檢測試劑、AI 軟體、照護等廠商為主，有一部分來自大專院校技術衍生公司，另一部分來源為生技公司之子公司，也有一部分來自科技公司轉投資，整體而言有利於精準健康照護產業發展。近期光電及半導體轉型生醫產業慢慢成熟，雖然初期南科廠商由光電及半導體轉型生醫產業數量不多，以群創轉型睿生及群富二家公司於南科設立為代表，然隨著產業趨勢發展及相關政策引導，未來會有將會有更多光電及半導體轉型生醫產業，下一節將再進一步探討南科現有光電及半導體轉型生醫產業型態。

表 4 南科生醫廠商來源分析

	南科廠商	產品名稱	來源分析
1	睿生	X 光感測器	南科 光電 科學事業群創轉投資
2	群富	X 光感測器	南科 光電 科學事業群創轉投資(日本技術合作)
3	康聚	醫療級金屬線材	南科精密機械科學事業廣泰轉投資
4	台灣神隆	原料藥	臺南在地食品生技業統一集團轉投資
5	港香蘭生技	中草藥	臺南在地生技業港香蘭藥廠轉投資
6	建誼	抗菌胜肽新藥	臺南在地生技業南光製藥轉投資
7	鴻君科技	人工牙根、骨釘骨板	高雄在地精密機械產業鴻君模具轉投資
8	全球安聯	人工牙根、骨釘骨板	高雄在地精密機械產業安拓實業轉投資
9	皇亮醫材	人工牙根、骨釘骨板	高雄在地精密機械產業皇亮精密轉投資
10	京達醫材	人工牙根、針灸針	高雄在地精密機械產業慶達轉投資
11	廷鑫分公司	3D 列印鎂合金	高雄在地產業廷鑫興業南科設立分公司
12	友荃	氫美氧生機	高雄在地氫能應用產業轉型生醫應用
13	鼎晉	新型肉毒桿菌素新藥	中北部生技業台灣浩鼎轉投資
14	長陽分公司	3D 牙套及顱顏補塊	中北部生技業南科設立分公司(震旦集團)
15	東昕精密	3D 齒雕機	中北部生技業南科設立分公司
16	昆霖分公司	牙科診療椅	中北部生技業南科設立分公司

	南科廠商	產品名稱	來源分析
17	傑奎分公司	脊椎固定與融合系統	中北部生技業南科設立分公司
18	訊聯分公司	幹細胞	中北部生技業南科設立分公司
19	微體分公司	檢驗試劑	中北部生技業南科設立分公司
20	科頂	牙科用手機	中北部生技業移轉到南科設廠
21	泉沂	檢驗試劑	中北部生技業益生設立分公司，後由新投資人承接
22	豐源生	血小板濃縮採血管	中北部源河生技轉投資
23	聯合骨科	人工關節、骨釘骨板	竹科擴廠
24	居禮	檢驗試劑	竹科擴廠
25	松瑞	抗生素原料藥	原台灣神隆離職主管創業，後由潤泰集團承接
26	耕鼎	抗生素原料藥	原台灣神隆離職主管創業，後由衛普集團承接
27	霖揚	蛋白質新藥	原台灣神隆離職主管創業
28	普蒙	乾粉式吸入製劑	原台灣神隆離職主管創業
29	亞果	膠原蛋白	原双美離職主管創業
30	科鼎國際	牙科用手機	原科頂轉投資，後由新投資人承接
31	漢達	降血壓新藥	美國漢達南科設子公司
32	艾克夏	眼科雷射	美國艾克夏南科子公司
33	双美	膠原蛋白	美國臺人技術回國籌資創立
34	亞洲基因	核酸探針檢驗試劑	美國臺人技術回國籌資創立
35	大員	腸安膠及大員油	成大教授/醫生創業
36	創姓	膠原蛋白	成大教授/醫生自行創業
37	醫百	牙科臨床導引系統	醫生自行創業
38	柏瑞醫	智慧化多功能理學檢查	醫生自行創業
39	天岳	安全手術鉗	醫生自行創業
40	台灣牙易通	牙科診所管理系統	醫生團隊創業
41	禮曼	18F 氟去氧葡萄糖注射液	醫生團隊創業
42	鴻曜醫學	幹細胞製劑	醫生團隊創業
43	景岳	益生菌及原料藥	原醫生自行創業，後由新投資人承接
44	光晟	細胞分子生物學檢測	原醫生自行創業，後由光晟承接
45	太冠瑪	奈米銀凝膠	藥師自行創業
46	千美	3D 列印牙科產品	牙技師自行創業
47	里特	醫療級鎳鈦合金	金屬中心技轉籌資設立，後由新投資人承接
48	台灣植體	牙科植體及導引系統	金屬中心技轉籌資設立
49	開物	生醫光學檢測機	原工研院育成中心培育，後由新投資人承接
50	喜樂	骨水泥	成大教授創業
51	凱恩	膠原蛋白	成大教授創業
52	德英	黃水茄中草藥及敷料	高醫教授創業
53	巧醫	3D 軟體及牙科導板	成大教授技轉畢業研究團隊創業
54	偉喬生醫	親蛋白質尿毒素檢測試劑	成大教授技轉畢業研究團隊創業
55	睿谷	生醫陶瓷及骨水泥	高醫教授技轉畢業研究團隊創業

	南科廠商	產品名稱	來源分析
56	台灣恩寧	動物腫瘤熱銷融	成大教授技轉畢業研究團隊創業
57	惠合	膠原蛋白	初期成大教授技轉，後由新投資人承接
58	鐳鼎	牙科雷射	原義大教授創業，後由生技公司承接
59	俊質	奈米質譜生醫相關檢測	由成大、高醫、清大、中研院技轉籌資設立
60	錫德斯	細胞、分子及動物實驗	成大及中山畢業研究團隊創業
61	翔安生醫	脫針漏血警示系統	由成大及南台科大等大專院校團隊技轉籌資設立
62	怡忠	血泵心室輔助器	成大教授技轉畢業研究團隊創業
63	生展	益生菌及原料藥	原桐核麥由台大、南台技轉，後由生達集團承接
64	元樟	抗生素原料藥	負責人自行創業
65	台灣愛玉	滴丸製劑	負責人自行創業
66	辰和生醫	動物用藥	負責人自行創業
67	原創生醫	奈米複合微胞類新藥	負責人自行創業
68	濟陞	皮膚製劑	負責人自行創業
69	生合	益生菌	負責人自行創業
70	金穎	菇蕈微生物發酵	負責人自行創業
71	棕茂	生醫陶瓷材料	負責人自行創業
72	美萌	齒科矯正器	負責人自行創業
73	泰陞	傷口照護敷料	負責人自行創業
74	健鑫生醫	奈米敷材凝膠	負責人自行創業
75	瀧儀	傷口修復電漿機	負責人自行創業
76	台灣創新	3D 牙冠	負責人自行創業
77	可成生技	3D 植入物	負責人自行創業
78	亞力士	3D 齒雕機	負責人自行創業
79	聯華生技	檢驗試劑	負責人自行創業

(資料來源：作者自行整理)

4.2 南科光電半導體及其他相關產業轉型生醫

如前所述，南科廠商由光電及半導體轉型生醫產業，以群創轉型睿生及群富二家公司於南科設立為代表，目前南科光電半導體及其他相關產業轉型生醫亦有於區外設立或還在研發階段，研發階段廠商雖尚未設立，但已有發布相關訊息，目前有相關轉型生醫產業情形整理如表 5 所示，南科半導體產業產值持續成長，與半導體相關資通訊產業及精密機械產業也隨之成長，但南科光電廠商產值持續減少，其轉型較具急迫性，轉型生醫如圖 22 所示，相關案例分述如下：

表 5 南科光電半導體及精密機械產業轉型生醫

項次	公司名稱	產業	產品	轉型生醫
1	群創	光電	顯示器及感測器	X光感測器(睿生、群富)
2	友達	光電	顯示器及彩色濾光片	智慧醫療(佳世達)
3	中強光電	光電	背光模組	智能健康運動照護(宇康醫電)
4	晶元光電	光電	LED 磊晶片	智慧生理感測貼片(進康醫電)
5	台達電	光電	放大器及能源轉換	核酸檢測設備(達爾生技)
6	頂正	光電	平面顯示器用光罩	神經電刺激器
7	3M	光電	聚光片	人工皮、生物晶片
8	瑞昱	半導體	IC 設計	助聽器及醫學圖像傳導系統
9	智邦	通訊	網路通訊	智慧照護系統(智宇生醫)
10	啟碁	通訊	通訊陣列模組	智慧照護系統(緯創醫學)
11	緯穎	電腦及週邊	雲端伺服器	智慧照護系統(緯創醫學)
12	廣泰	精密機械	自動焊接線	醫療級金屬線材(康聚)
13	東台	精密機械	工具機	全方位導管零點偵測儀
14	思創	精密機械	智慧影像分析系統	分子生物影像分析系統
15	開物	精密機械	光學量測系統	檢驗試劑

(資料來源：作者自行整理)

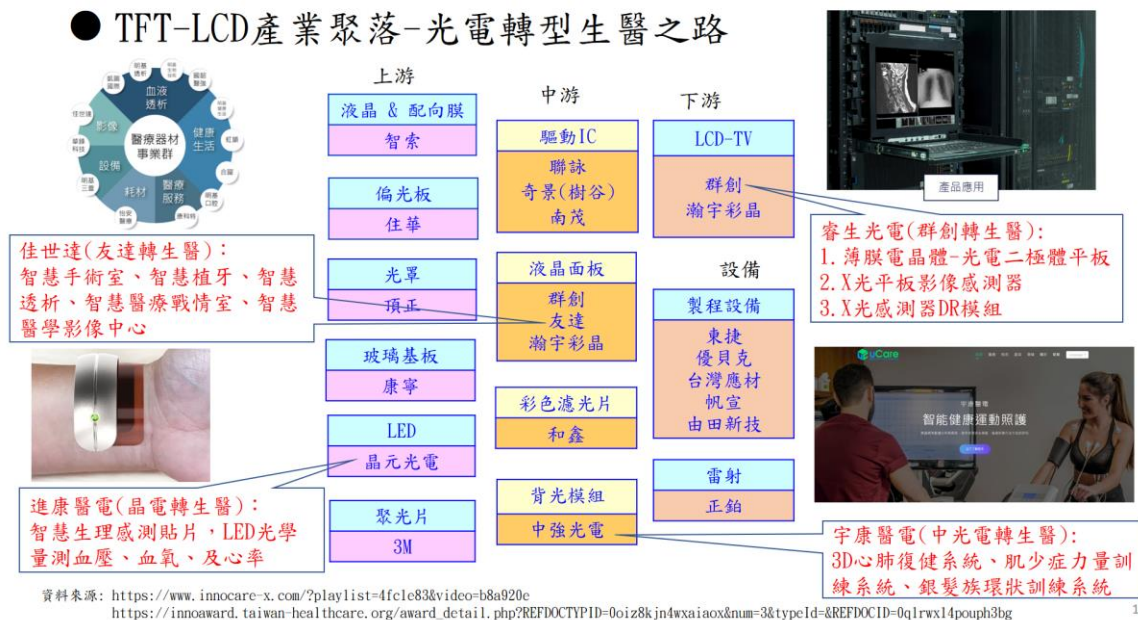


圖 22 南科 TFT-LCD 產業聚落-光電轉型生醫
(作者自行繪製)

4.2.1 群創光電(睿生光電)

群創光電藉由其南科面板優勢將部份產能轉型生產 X 光平板感測器，初期於南科奇美電子階段與日本合作成立群富公司，竹科群創光電合併南科奇美電子後群富繼續與日本合作營運，群創光電為建立國際品牌及通路再成立睿生光電，自主設計及研發的數位 X 光平板感測器產品，為主要生產 X 光平板感測元件及模組之專業製造廠(如圖 23)。睿生光電的創始股東群創光電為全球薄膜電晶體液晶顯示器(Thin Film Transistor Liquid Crystal Display, TFT-LCD)大廠，多年來致力於薄膜電晶體的產品及技術發展，睿生光電於此基礎上進一步研究加上光電二極體(Photodiode, PD)的製程，並在此領域具有全球領導領先地位。睿生光電在 X 光平板感測器領域為全球領先之具備整合薄膜電晶體-光電二極體(Thin Film Transistor Photodiode, TFT-PD)、閃爍體(Scintillator) X 光 TFT 感測模組及平板感測器(Flat Panel Detector Module OEM)之研發、設計與製造的廠商(睿生光電股份有限公司，2023)。

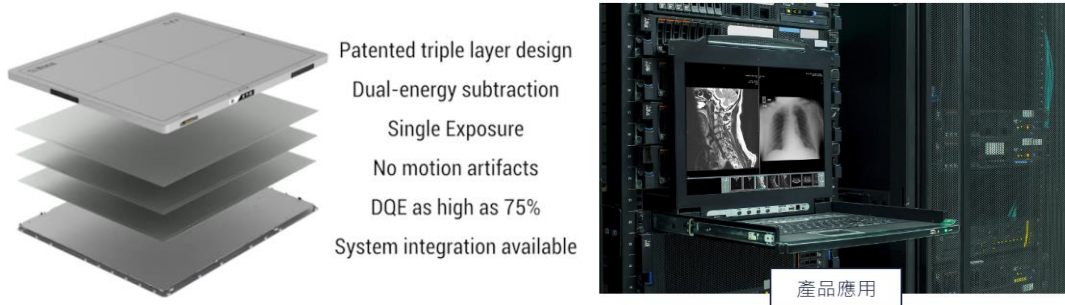


圖 23 睿生光電 X 光平板感測器
(睿生光電股份有限公司，2023)

4.2.2 友達(佳世達醫療器材事業群)

友達總部在中科臺中園區，在南科高雄園區主要從事彩色濾光片生產，佳世達醫療器材事業群為其集團公司，其主要為智慧醫療領域，例如智慧手術室、智慧植牙中心、智慧透析中心、智慧醫療戰情室、智慧醫學影像中心、聽力中心、醫美中心和醫用耗材等。佳世達成立於1984年(如圖24)，為一橫跨資訊產業、醫療事業、智慧解決方案及網路通訊事業之全球科技集團。佳世達在液晶顯示器和投影機等領域居全球領導地位。具備橫跨多領域全方位電子設計代工能力，產品與技術領域包括高階及專業用顯示器，如電競類、繪圖用、廣電用、醫療用之顯示器等；光學精密電子相關產品，如投影機與車載應用產品等；工/商業電腦機器及周邊設備，如熱感條碼列印機(POS printer)，條碼掃描器(Barcode scanner)與熱測儀(Thermal camera)等。為加速高附加價值型態事業的經營，佳世達以聯合艦隊策略，投資集結醫療、解決方案、網路通訊領域的隱形冠軍。醫療領域涵蓋醫療服務、醫療設備、醫用耗材、數位口腔、透析、聽力等事業；智慧解決方案則涵蓋智慧製造、企業、零售、校園、醫療、能源等領域，協助客戶進行數位轉型、賦能成長；5G網通事業則融合有線無線的網路通訊技術，提供客戶全方位的寬頻網路服務(佳世達科技股份有限公司，2023)。



圖 24 佳世達醫療器材事業群
(佳世達科技股份有限公司，2023)

4.2.3 晶元光電(進康醫電)

晶元光電於南科生產 LED 產品，與隆達電子策略聯盟換股成立富采控股集團，進康醫電源自於全球 LED 晶粒領導供應品牌晶元光電，故亦屬富采控股集團成員，進康醫電以 LED 技術為基礎，進一步發展健康及醫療器材，提供 AIoT 應用之光學感測方案(如圖 25)。進康醫電公司之核心技術為整合晶電的光學模組設計以及交大電機的電路設計、演算法開發，延伸核心技術所提供之產品適用於生理監控、運動器材、智慧家庭、即時檢測(Point of Care Testing, POCT)等場域中。主要產品項目包含 LED/PD 光學感測元件、光學感測貼片及客製化模組、光學感測解決方案，應用於光學式血壓、血氧、心率等。尤其是血壓檢測方案，搭配特殊的讀取電路及 AI 血壓演算法，並在台大新竹分院心臟科做與水銀式血壓計比較做臨床測試(進康醫電股份有限公司，2020)。

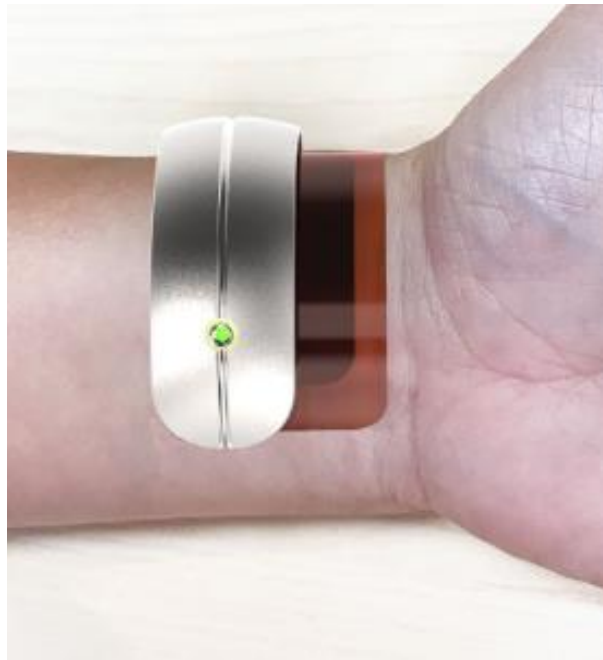


圖 25 進康醫電智慧生理感測貼片
(進康醫電股份有限公司，2020)

4.2.4 中強光電(宇康醫電)

背光模組廠中強光電子公司宇康醫電將展出體適能檢測系統、智慧復健系統。宇康醫電產品 3D 心肺復健系統、肌少症力量訓練系統、銀髮族環狀訓練系統，同時結合智慧互動、即時感測及人工智慧 (AI) 技術，盼能為智慧復健及健康運動應用領域帶來全面創新解決方案。宇康醫電說明，體適能檢測系統將與合作廠商的身體組成儀自動化量測共同展出，透過科學化分析，將檢測數據化並提升精準度，再結合 3D 深度影像、2D 彩色影像辨識、穿戴式生理感測與常模分析等技術，可提供 12 項體適能檢測與評估功能，並於檢測後立即呈現個人化診斷報告。另外，個人化診斷報告也可再透過智慧復健系統的雙向溝通機制，串連使用者體適能檢測資料、運動處方及訓練結果分析，達到正向循環的有效訓練(如圖 26)(中央社，2019)。

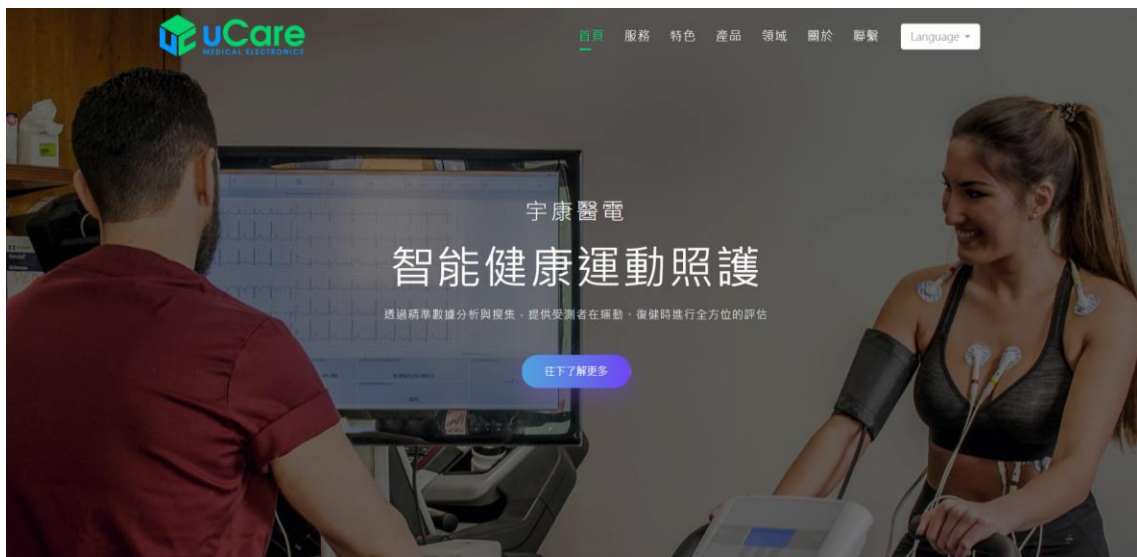


圖 26 宇康醫電智能健康運動照護
(宇康醫電股份有限公司，2013)

4.2.5 台達電(達爾生技)

台達電旗下子公司達爾生技之新冠肺炎 COVID-19 病毒之檢測產品「達基全自動核酸檢測系統」(如圖 27)，已取得衛福部防疫專案製造核准文號 1096819804。依據達爾生技公布的「達基全自動核酸檢測系統」，具備精準、快速、安全三大特點，適用多種液態樣本，可同時檢測多基因段，僅需 1.5 小時即可得知高準確度的檢測結果，且密閉式處理過程非常適合第一線門診或急診使用。有鑒於 2020 年起，新冠肺炎疫情在全球肆虐，對世界經濟以及全人類健康都造成極大影響，台達電已取得疾管署核准技轉「新冠病毒快速鑑定檢驗試劑」授權，開發 SARS-CoV-2 檢測試劑，搭配「達基全自動核酸檢測系統」，可提供第一線醫檢人員精準檢測以及含有核酸檢測曲線值之專業判讀報告。近年來積極提倡精準醫療，在新冠肺炎疫情下，擁有快速、準確、可靠且報告數據被全球認可的檢測結果是非常重要的。標準即時定量聚合酶連鎖反應 (Real-time Quantitative Polymerase Chain Reaction, qPCR) 測試法，所出具之報告含有 Ct 值可協助判別病毒量，並與全球標準檢測方式之報告接軌，與傳統實驗室所需判讀的資訊相同，可提供專業醫護更清楚的判斷依據。「達基全自動核酸檢測系統」不僅具備上述功能，且可自動化完成萃取至反轉錄聚合酶連鎖 (Reverse Transcription-Polymerase Chain Reaction, RT-PCR) 步驟，達成檢體入、報告出的一鍵式簡易操作，並將傳統核酸 PCR 檢測時間從 4 小時大幅縮減至 1.5 小時。特殊的卡匣設計，提供同一檢體最高 24 種病原聯檢同時檢測，可精準診斷病原後進而提供醫師用藥指引。採用即時檢測 (POCT) 的設計概念，簡易操作、輕巧便利、安裝簡易、支持隨到隨檢並立即產出報告的應用方式，適合急症病房、管制閘口、海關、偏遠地區檢測站，甚至臨時性檢測站點使用，可即時檢測、即時處置，減少疫情帶來之危害衝擊。專利的密封式卡匣設計，兼顧生物安全以及操作便利性，更適於緊急使用時機，為全球防疫帶來新契機(台達電子工業股份有限公司，2023)。



圖 27 達基全自動核酸檢測系統
(台達電子工業股份有限公司，2023)

4.2.6 頂正公司(神經電刺激器)

頂正公司為日系企業，在南科生產平面顯示器用光罩，主要為平面顯示器相關上游產業。該公司於日本開發生產維樂夢神經電刺激器(如圖 25)醫療器材產品，可針對隨意運動所產生的肌電，即時輸出等比例的電刺激，能給予神經促通刺激，改善肌肉萎縮，產品也獲衛福部輸入銷售許可，因我國顯示器產業漸萎縮亟需轉型，未來有機會藉由現有場域，引進此生醫技術於國內精進開發生產頂正科技股份有限公司(2023)。

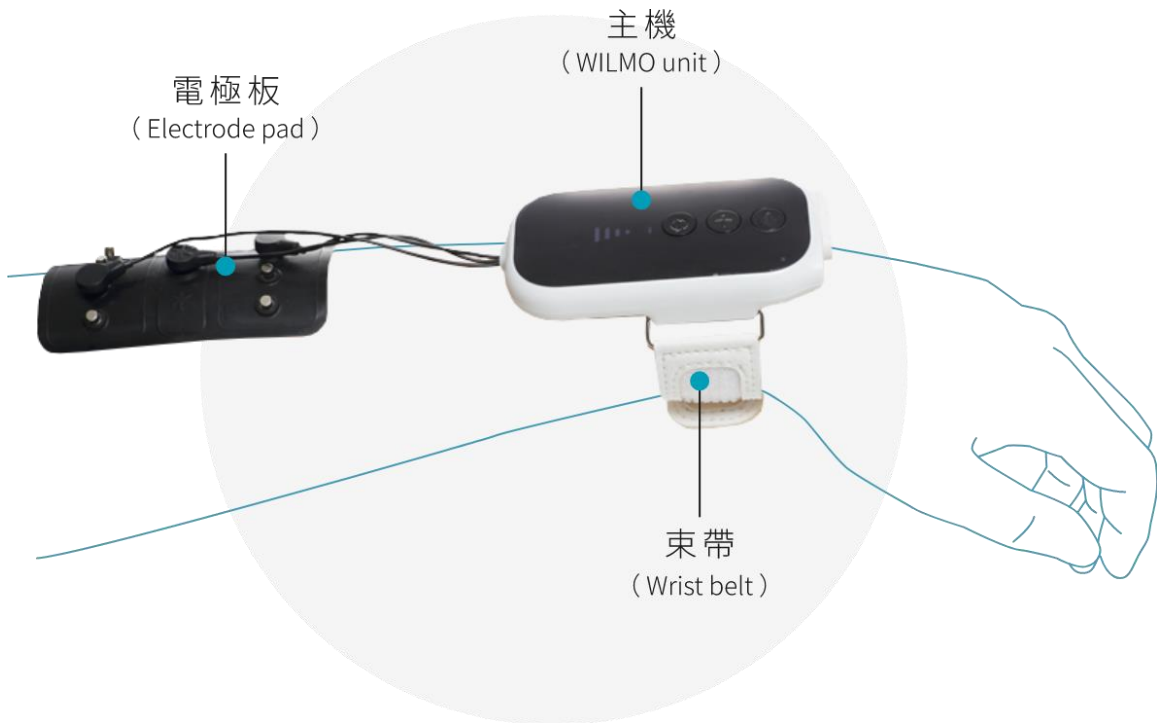


圖 28 頂正公司神經電刺激器
(頂正科技股份有限公司，2023)

4.2.7 3M(人工皮、生物晶片)

3M為國際知名美系企業，最為民眾熟知其中一項產品為3M便利貼，其公司在南科生產聚光片產品，主要為平面顯示器相關上游產業。3M轉型到生技產品項目相當多，依據本研究主題摘錄微流道技術應用於生物晶片(如圖 29)作為探討。3M微流道技術應用於血糖試片、生物晶片，以及其他診斷耗材與裝置，微流道裝置包含各式各樣的應用，例如病原檢測、慢性病監測、癌症篩檢、基因生物標記、食品環境監測(台灣明尼蘇達礦業製造股份有限公司台灣子公司，2023)。

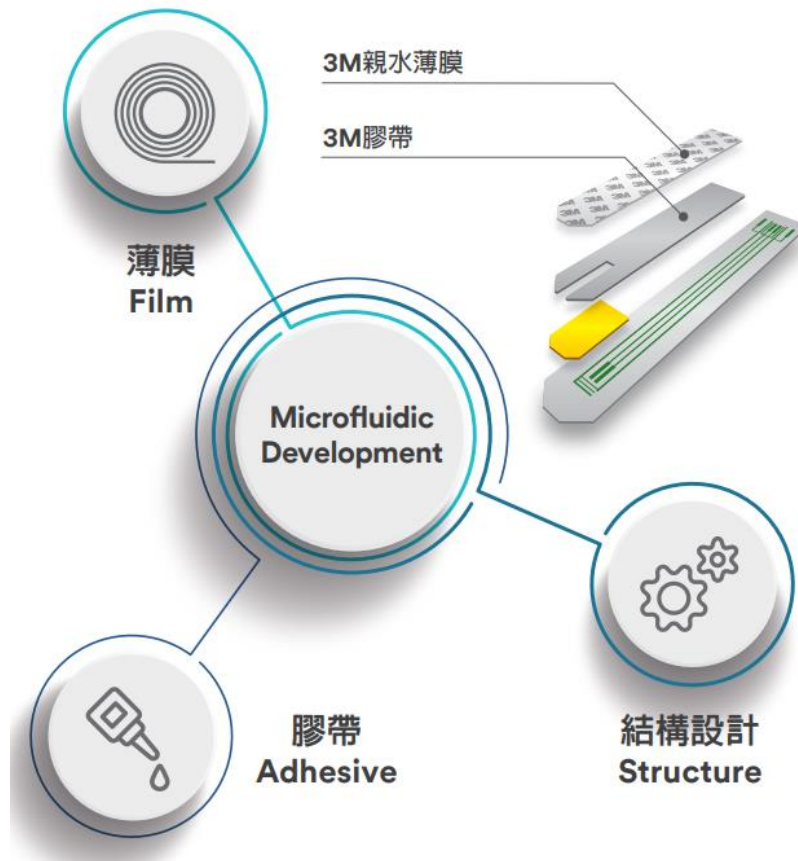


圖 29 3M 微流道技術
(台灣明尼蘇達礦業製造股份有限公司，2023)

4.2.8 瑞昱公司進軍生醫領域

瑞昱公司在新竹科學園區與竹北生醫園區興建 2 座辦公大樓，供給 IC 設計與軟硬體研發人員辦公室、實驗室以及小型 IT 與生醫產業融合的試產基地，於南科亦已成立研發實驗室，於南部建立研發量能以及做為未來擴充準備，瑞昱公司持續帶動臺灣半導體產業研發實力。依據相關報導，IC 設計大廠瑞昱公司進軍生醫領域，在竹北生醫園區投資 38 億元，租地建廠，以開發助聽器及醫學圖像傳導系統為主(洪友芳，2019)。



圖 30 IC 設計大廠瑞昱
(瑞昱半導體股份有限公司，2023)

4.2.9 智邦科技(智宇生醫)

智邦科技為國內知名網路通訊相關產業公司，於竹科及南科皆有建立據點。智宇生醫為智邦科技投資生醫公司，以科技造福人類為宗旨，致力於創新醫材、健康管理器材與智慧照護系統的研發，秉持「以科技造福社會、以創新呼應需求」的理念，將智邦科技的物聯網技術應用於醫護領域，投入銀髮照護市場的產品研發與科技應用規劃。鑑於人口結構進入高齡化社會，智宇生醫從個人健康出發，建立符合現代人需求的保健食品。借鑒日本高齡化社會經驗，代理介護食品。以提升國人中高齡生活品質為目標，以實現企業理念。智宇生醫整合 AI/IoT 等高科技與實際需求並進，不斷地精進整體產品與實際需求貼近，期以提供“食衣住行”等各方面科技生醫產品，以滿足“防老、預老與新齡生活”。智宇生醫正在著手進行智慧聽障輔助眼鏡相關研發，利用骨傳導技術，提升配戴者聽覺敏感度(如圖 31)(謝易晏，2019)。

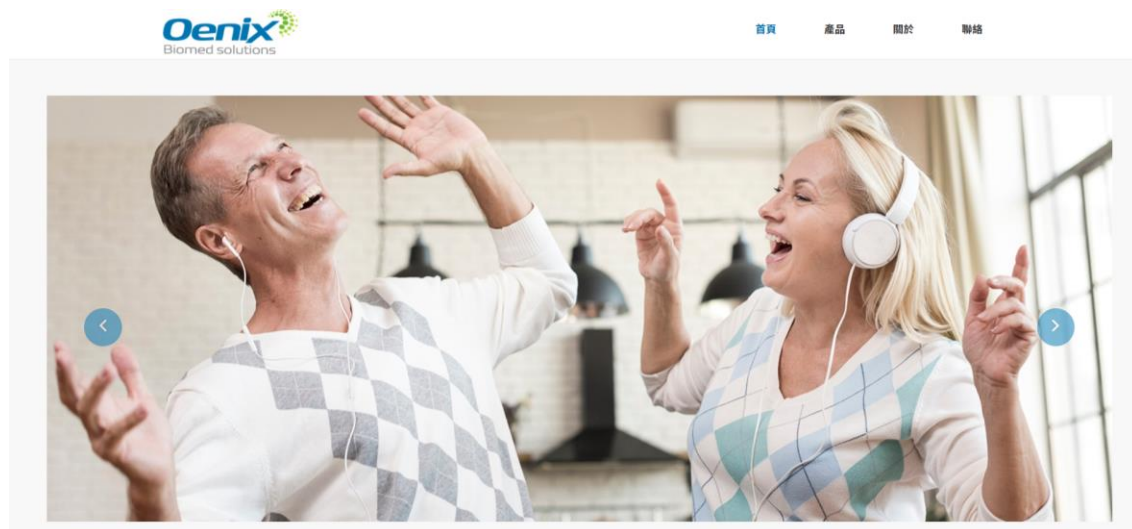


圖 31 智宇生醫為智邦科技投資生醫公司
(智宇生醫股份有限公司，2023)

4.2.10 緯創資通集團/緯穎/啟基(緯創醫學)

緯創資通集團近年來積極轉型，於 2016 年成立緯創生技控股公司，負責投資生醫技術整合，進行生技相關創投育成。旗下子公司緯創醫學科技專注耕耘醫療領域，不僅將設計生產及製造優勢應用於高端醫療器材，更協助醫療場域落實資訊化、數位化以及智慧化解決方案。緯創醫學指出，開發醫療器材，跨足體外診斷醫療器材以及醫學影像儀器。在癌症篩檢方面，整合光機電及極微流技術，透過微流體晶片檢測血液中的循環腫瘤細胞數量，做為診斷癌症指標；在基因檢測領域，與加拿大 Spartan 公司合作開發全球體積最小，尺寸約手掌大小的分子檢測儀器，可輕鬆完成複雜的檢測，提升精準醫療的方便性及可行性(如圖 32)(中央社，2019)。



The image is a screenshot of the Wistron website. At the top left is the Wistron logo with the text '緯創醫學科技股份有限公司' below it. At the top right is a navigation menu with links: '首頁', '應用領域', '產品開發', '委託製造', '解決方案', and '連結'. The main content area features a '案例分享' (Case Study) section. The first case study is titled '01 即時DNA分析儀' (01 Real-time DNA Analysis Instrument). Below the title, there are two paragraphs of text: '顧客需求與挑戰:' (Customer needs and challenges) and '我們的服務與改進:' (Our services and improvements). To the right of the text is a photograph of a small, white, palm-sized DNA analysis instrument with a person's hand inserting a sample into it.

wistron
緯創醫學科技股份有限公司

首頁 應用領域 產品開發 委託製造 解決方案 連結

案例分享

01 即時DNA分析儀

顧客需求與挑戰:
協助客戶在DNA檢測儀器的尺寸和性能上進行創新和突破，使產品在市場上更具有競爭優勢。

我們的服務與改進:
我們的工程團隊透過熱流管理、光學設計、以及微小化設計等方式，最終使產品達到70% - 100%的性能提升，並針對產品的可量產性進行設計(Design for Manufacturing)，實現了降低生產成本的目標。



圖 32 緯創醫學分子檢測儀器
(緯創醫學科技股份有限公司，2023)

4.2.11 廣泰金屬(康聚醫學)

廣泰金屬集團以40年銲接材料與不銹鋼線製品的研發和製造經驗，挾其「專業抽線、自主修模」的核心技術及製造優勢，跨足醫療線材和導引線產業。2017年更成立子公司-康聚醫學科技(如圖33)，並於2021年成立醫療事業部，積極切入溫和型高壓氧艙的設計、研發、生產和銷售，並代理和經銷國內外優質的醫療器材。康聚醫學科技主要為研發製造醫療級金屬線、棒、管材，開發醫療級金屬素材與醫療用導線；該公司產品涵蓋用於微創手術器材與內視鏡的不銹鋼線、用於牙科與骨科植入物的不銹鋼棒材與純鈦、鈦合金棒材、用於醫療手工具的不銹鋼棒材，以及用於血管支架與人工瓣膜的記憶合金 Nitinol 線材等，由於所有材料都是公司自行抽製生產，不僅可提供國內醫材廠商快速、準確的供貨服務，和無縫接軌的品質系統管理，未來更可突破國際大廠之壟斷。目前我國對於醫療導線的開發尚未起步，該案可帶動產業轉型升級，衍生更多不同的產品線，並可促進醫療器材產業之群聚效應，對國內產業具有重大意義(廣泰金屬股份有限公司，2023)。

KT Medical Inc. - Wire up a better life.

Menu ... Search Q



圖 33 康聚醫學科技醫療線材和導引線
(廣泰金屬股份有限公司，2023)

4.2.12 東台攜手奇美醫

東台在南科以生產工具機為主，看準醫療生技應用領域潛力，跨足開發相關產品卡位商機，東台首開國內工具機廠與醫療院所合作先例，發表全方位導管零點偵測儀，跨足醫療領域。奇美醫學中心計畫擴大與東台合作，針對骨關節鏡手術器材開發、血管內治療模擬等進行開發。奇美醫學中心為解決加護病房侵入性導管種類多，不同規格導管無法通用，導致護理人員只能目測或拉取導管輸液管線對準零點位置，水平校準(如圖 34)。東台長期耕耘積層製造(3D 列印)，骨科手術器械、血管模擬教學等都能用到。東台本身有很多核心技術，過去較聚焦在機台本身，智慧製造、物聯網，這些都要有數據，才能分析。醫院累積很多數據，還有感測器、影響處理等，雙方有越來越多的共通性。奇美醫學中心與東台將進一步針對骨關節鏡手術器材開發及血管內治療模擬進行合作開發，期望在新創醫材的藍海中激盪出新的火花(沈美幸，2023)。

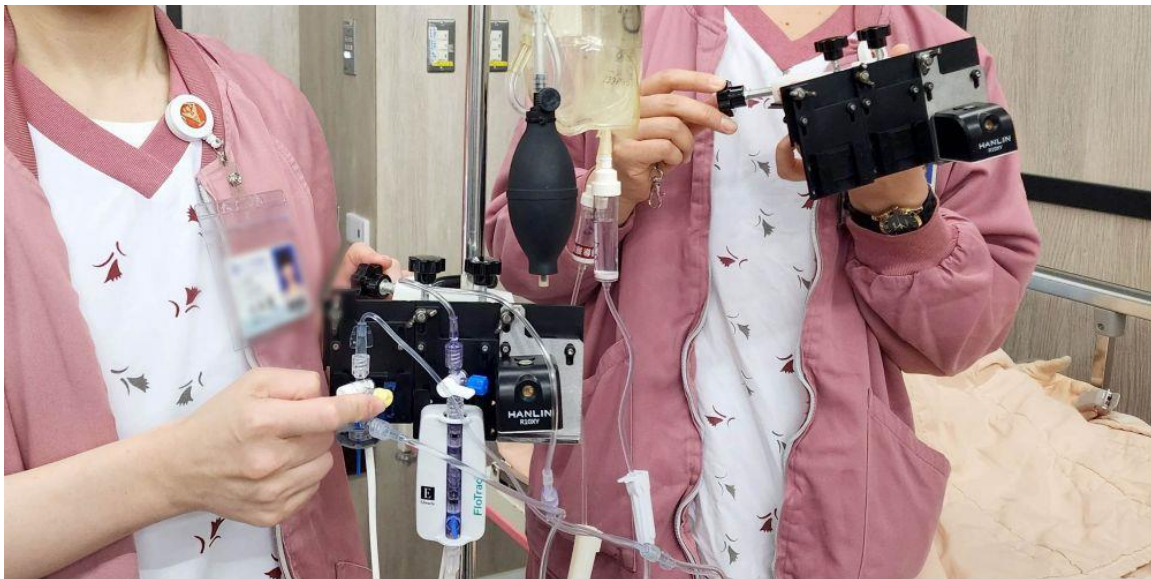


圖 34 東台與奇美醫學中心合作研發「全方位導管零點偵測儀」
(沈美幸，2023)

4.2.13 思創(分子生物影像分析系統)

思創在南科主要為以 AI 辨識技術為基礎開發智慧影像分析系統，思創此技術跨領域整合光學、機械、電控、軟體等，將機器視覺技術應用於生醫檢測，提供自動化 IVD(In Vitro Diagnostics)體外診斷儀器之客製化開發服務，以專業的分子生物影像分析和豐富的專案設計經驗，依客戶需求量身打造專屬之分子生物影像分析系統解決方案。分子生物影像分析系統可以依據分子生物特性及處理方式，檢測各種不同的分子生物，其中一項分子生物影像分析系統產品數位條碼微珠螢光檢測儀(Digital Magnetic Barcoded Beads, DMB)，提供生醫研究人員進行多元檢測，在一次的實驗反應中，利用不同編號微珠抓取不同的特定目標(過敏原、病毒)，能同時檢測多種不同的病原，具快速、靈敏且高通量檢測的優勢，可有效降低疾病的傳染及社會醫療成本。此分子生物影像分析系統平台之除了辨識微珠編碼的基礎功能外，也可以針對偵測樣本上的螢光標定物質，做不同種螢光物質的辨別，進而區分多種病原菌(A型流感、冠狀病毒、登革熱病毒、大腸桿菌等)的亞型變異、免疫反應評估或重症預測等(思創影像科技股份有限公司，2023)。

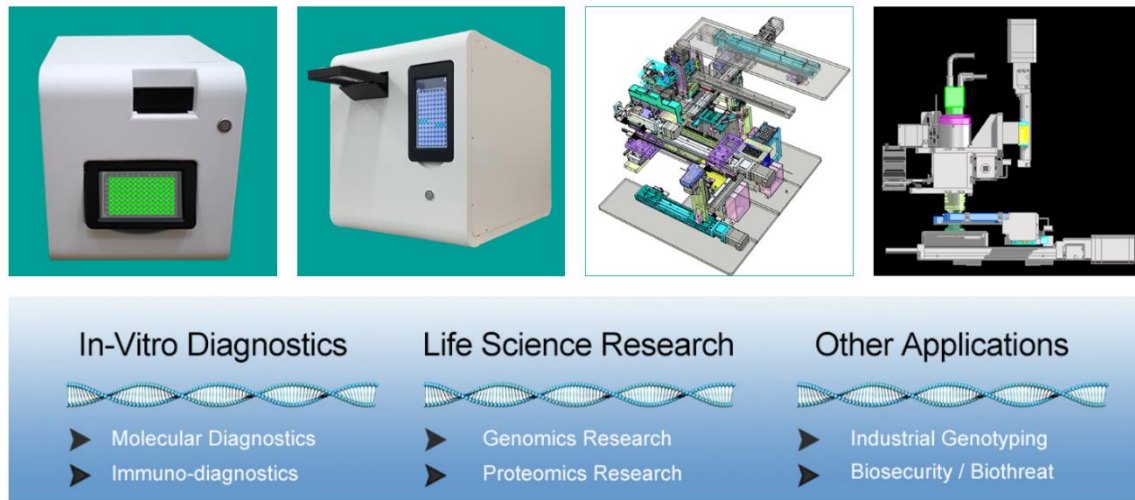


圖 35 思創分子生物影像分析系統
(思創影像科技股份有限公司，2023)

4.2.14 開物(檢驗試劑)

開物在南科主要為光學量測系統，並藉由其光學技術開發生醫儀器呈色分析儀(如圖 36)及生醫檢驗試劑(如圖 37)。呈色分析儀又稱為快篩檢測儀(Rapid Test Reader)，提供一個泛用的檢測平台，利用機器視覺及專利技術，可排除人為主觀性，進行精確的定性/定量檢測判讀，適合應用於食品安全、毒品藥物濫用、人醫疾病...等的檢測領域。開物具備有與全球數十家試劑廠商合作的經驗，可搭配上機檢測的試劑樣式涵蓋例如卡式、條式、筆式、杯式、微陣列式(Microarray)等，檢測儀可以為客戶的試劑產品進行客製化調整。開物的生醫檢驗試劑產品屬於膠體金快篩試劑，具高靈敏度及準確度，反應快速、低成本、僅需少量檢體、操作簡易、適合多種檢體來源(尿液、血液、糞便、血清等)特點。開物的試劑產品除了肉眼判讀結果的方式，更可搭配開物的檢測儀進行系統性結合，上機後約 2~5 秒的時間即得到結果，做出定性/半定量之判定;可在第一時間提供醫師、病患或其他相關單位做有效的判斷，立即給予適當的醫療處置並將檢測結果數據化保存(開物科技股份有限公司，2023)。



圖 36 開物呈色分析儀
(開物科技股份有限公司，2023)



圖 37 開物生醫檢驗試劑
(開物科技股份有限公司，2023)

第5章 策略及建議

有關南科光電、半導體產業創新及轉型生醫產業策略，有關裝新創業、技術研發、人才培訓、資金媒合、市場行銷及國際連結等相關計畫關聯圖如圖 41 所示，首先應用南科既有人才培育計畫、人才培訓計畫、新興科技應用計畫、南科育成中心、創新創業激勵計畫(From IP to IPO, FITI)政策工具，結合國科會臺灣科技新創基地(Taiwan Tech Arena, TTA)及南部據點(TTA South)、晶創臺灣方案、精準健康研發與聚落發展計畫等平台，以跨領域整合方式協助所需技術及人才培訓、新創公司落地南科、既有南科產業創新轉型等。



圖 38 南科策略相關計畫關聯圖
(作者自行繪製)

5.1 晶片驅動臺灣產業創新方案策略建議

行政院 2023/11/2 宣布通過「晶片驅動臺灣產業創新方案」(以下簡稱晶創臺灣方案)如圖 39，預計 10 年撥款 3000 億元輔導與投資，希望打造臺灣在晶片產業的國際領先地位。規劃 113-122 年挹注 3,000 億元經費，第一期自 113 年啟動，為期 5 年，主要運用我國半導體晶片製造與封測領先全球的優勢，結合生成式 AI 等關鍵技術發展創新應用，提早布局臺灣未來科技產業，並推動全產業加速創新突破。擬定四大布局策略如下：

1. 結合生成式 AI+晶片帶動全產業創新：結合人文社會科學，以民生終端應用為標的，用各產業領域知識、生成式 AI 為驅動力，帶動食、醫、住、行、育、樂、工業各產業發展。另以突破式產業創新推動機制，鼓勵國內外有創意、有想法的公司或學研機構，利用晶片與生成式 AI 技術，發展應用在各行各業的創新解決方案。
2. 強化國內培育環境吸納全球研發人才：升級學研基礎設施與教材，讓臺灣成為全球頂尖晶片設計訓練基地，培育 IC 設計人才。另將設置海外基地，並組成「晶創特聘專家團」，透過產學研合作、赴海外招募等方式，網羅國際 IC 設計人才來臺，加強國際攬才。
3. 加速產業創新所需異質整合及先進技術：掌握 IC 設計工具的生態系與關鍵技術自主，提升先進晶片設計能力，並加快異質整合設計及介面，以加速邁向先進製程、IC 設計領先技術突破。
4. 利用矽島實力吸引國際新創與投資來臺：鏈結國際晶片新創與資金、引導民間資金擴散晶片新創應用，以全球最完整的半導體產業生態、快速支援創意實踐，吸引 IC 新創來臺；以全球最大 IC 新創聚落品牌，成為國際投資機構投資 IC 新創最佳選擇(陳曼儂，2023 年；新聞傳播處，2023 年)。



圖 39 行政院晶創臺灣方案
(新聞傳播處，2023 年)

依據國科會所示，我國擁有全世界最完整的半導體產業鏈，結合生成式 AI 等關鍵技術發展創新應用，將可帶動全產業發展；未來政府將以國際級的思維與視野，與產業及學研界攜手，把握黃金時刻、為臺灣科技產業創造新局。未來將持續與海外重點市場建立合作平臺，透過多元且創新的方式提升新創的國際曝光度，並利基於臺灣半導體的全球關鍵地位，加強吸引晶片等 Deep Tech 新創來臺合作，共同搶進全球價值鏈。晶創臺灣方案規劃包含晶片驅動及產業創新二部分，晶片驅動亦即目前晶片半導體產業，包含半導體產業鏈相關晶片設計、晶圓製造、封裝測設等，未來有加速前瞻晶片研發、升級基礎軟硬設施、晶片設計訓練基地及鏈結國際晶片新創等工作重點；而產業創新跟生醫產業有關主題為半導體科技加速生醫新農產業創新，亦即運用半導體技術於生醫與新農業之主要目標為開發更精確、敏感、有效之數據收集、傳輸、分析、演算與應用技術；其重要開發方向，包含仿生技術(如人工器官、腦機介面)、半導體生醫(如精準檢測、生物製造)及精準農業(如精準環控、新興監/檢測技術開發應用)等(陳國樑，2023)。

南科光電、半導體產業創新及轉型生醫產業晶創臺灣方案策略圖

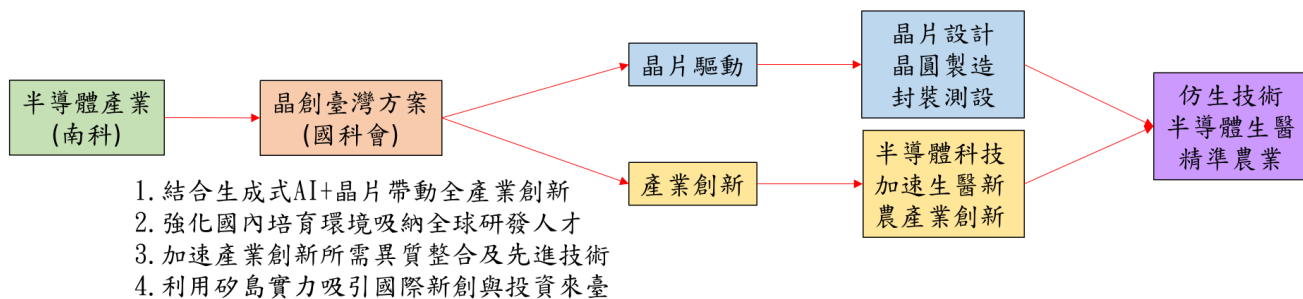


圖 40 南科晶創臺灣方案策略圖

(作者自行繪製)

5.2 精準健康計畫南科策略建議

精準健康研發與聚落發展計畫(以下稱精準健康計畫)由國科會產學處主導，三園區共同執行，南科為國科會精準健康研發與聚落發展計畫參與單位之一，基於國科會及所屬單位主責與精準健康相關之跨部會署計畫，關鍵指標包含建立平台協助招商、產業創新、產品認證、參展、國際連結、人才培育等重點，應用跨部會署精準健康計畫協助精準健康產業發展。

近年來資通訊及半導體產業積極投入生醫領域，促成生醫晶片

蓬勃發展。生物晶片係運用分子生物學、分析化學、生化反應等原理，以矽晶片、玻璃或高分子為基材，其結合生物醫學、化學、材料、工程及運算等領域，設計及製作具有微小化、快速、平行處理能力的檢測元件。於微小面積上快速進行大量生化感測或反應，簡化操作程序減少人力需求與人為誤差，節省診斷所需時間進而降低醫療成本。生醫晶片技術發展的主軸為使用者技術門檻的降低，快速正確的呈現結果，大量檢體的篩選、檢驗成本的節省、檢驗儀器的電腦化等等。而這些技術的走向，正與精準診斷的需求趨勢不謀而合。目前發展中之生物晶片可大略分成：感測晶片(Sensing chip)與處理晶片(Processing chip)兩大類。在感測晶片中，基因晶片是最典型的代表，也是發展最快的一種晶片，另有蛋白質晶片、細胞晶片等。基因晶片可在數平方公分之面積上安置數萬個核酸探針，經由一次檢測，即可以提供大量基因序列相關之訊息。處理晶片則是結合微流體(Microfluidics)技術與微機電精密加工技術，製作之精密元件，典型之例子包括可以進行電泳分析之微電泳晶片，或是可以從細胞中純化核酸之樣品前處理晶片等。生物晶片好比是一個可同時進行多項生化反應的小型實驗室，可應用於基因表現分析、新藥開發、雜交定序、臨床檢驗、腫瘤研究、菌種檢測、病原檢測及蛋白質功能研究等。

隨著癌症發病率的上升及精準醫療需求，使越來越多生醫公司投資大量資金於生醫晶片的技術發展，促進工程技術等推進，增進生醫晶片在病毒感染診斷、標靶藥物治療、基因體學、新藥開發及蛋白質體學等應用。根據科技政策與資訊研究中心報告數據，至 2026 年生物晶片市場將達 2397 億美元，年均複合增長率 (Compound Annual Growth Rate) 超過 11.7%。

醫療器材產品發展歷程及相關價值比例說明如圖 41。生物晶片的開發須由從臨床需求為出發點提出解決方案，促進精準健康產業發展為目標。除著重關鍵技術突破外，將強調產品設計導入，主要工作內容包含臨床需求確認、市場分析、法規路徑評估、專利分析及布局、功能訂定、驗證標準確認、產品規格訂定、產品設計、材料與製程選擇、模擬分析、雛型品開發、驗證場域驗證、人因工程分析、風險評估管理等。



圖 41 醫療器材產品發展歷程及相關價值比例
(精準健康研發與聚落發展計畫，2023)

相較一般消費型產品，醫療器材開發較長，尤其具創新性技術產品，如何有效促進開發時程是一重大議題。南科藉由精準健康計畫導入法人單位輔導能量，透過專案式管理協助研發團隊產品開發各項工作如臨床需求確認、法規路徑釐清及臨床前與臨床驗證規劃、專利分析、市場分析及雛型品試製規劃等工作，加速產品開發時程。例如強化臨床前動物試驗場域之驗證能量、強化精準健康醫材驗證取證與跨域整合輔導能量，亦即強化「生醫特製化造影與數位處理服務」、「精準診斷晶片/試劑確效與轉譯服務」、「智慧醫材安全驗證測試服務」三大服務量能。同時，藉由國內外參展、競賽活動，協助推廣研發成果提高產品能見度，吸引國內外醫療器材廠商合作機會，促成研發成果商品化。期能引導跨領域技術投入高價值之創新醫療器材開發，培養跨領域研發人才，進而連結國際，提升我國醫療器材國際能見度(精準健康研發與聚落發展計畫，2023)。

5.3 新興科技應用計畫南科優先徵求主題策略建議

「國家科學及技術委員會科學園區新興科技應用計畫」(以下簡稱新興科技應用計畫)係科學園區現有的財政型獎補助政策工具，以園區科學事業為主導申請機構，以國科會認可之學研機構為必要合作單位，另可邀請園區或非園區之其他企業參與計畫。補助經費總額每一年度以不超過新臺幣一千萬元為限，且不得超過所申請計畫經費總額之百分之五十，學研機構補助款不得低於補助總額之百分之三十，其他企業補助款應不得高於補助總額之百分之二十。本(112)年度已公告徵案至 112 年 10 月 31 日收件截止，優先徵求主題(重點研究項目)如表 6(新興科技應用計畫，2023)：

表 6 112 年南科新興科技應用計畫優先徵求主題

領域	內容
一、 精準健康領域：	5. 精準診斷：生物技術結合數位科技，如 AI 人工智慧、定點檢測(POCT)、可穿戴診療設備、影像分析、大數據(病理)資料庫等，應用於疾病診斷與遠距醫療照護。 6. 精準治療：發展再生與免疫治療、細胞治療、基因治療、基於微生物組的創新療法等相關產品、檢測或服務，及先進核酸藥物、蛋白質降解藥物研發。 7. 高階醫材：感測醫材關鍵技術、高階影像/診斷醫材元件、微創手術技術、複合材料技術、組織修復醫材、神經組織調節設備、精準給藥系統。
二、 智慧機械領域：	1. 研發智慧製造關鍵技術與元宇宙應用，如生成式 AI、智慧生產、AR/VR、數位孿生、感測融合、自動光學檢測 AOI 等。 2. 衛星關鍵零組件與地面接收設備開發。 3. 開發無人機或智慧載具相關應用技術。
三、 新世代積通光電領域(新世代半導體、先進通訊、光電、電腦及周邊)：	1. 10 奈米以下矽基半導體製程開發、化合物半導體、堆疊型晶體構造、面射雷射晶體、先進封裝與精密測量等技術、高算力晶片、低延遲影像感測晶片。 2. 5G、6G 關鍵技術設備開發，如天線、基地台、高速數據處理、光纖微波、衛星通信等關鍵設備。 3. Micro LED、矽光子元件、電路、高解析、多元整合型光電元件與模組開發，光達系統元組件開發。
四、 其他優先徵求主題：	1. 淨零科技、綠能減碳技術設備與零組件開發。 2. 分散型能源管理與先進儲能技術開發。 3. 資料驅動應用軟硬體解決方案開發。

由上可知本年度優先徵求主題精準健康領域有檢測、感測及影像，可以明確看出包含光電轉型生醫領域，無法明確看出是否含半導體轉型生醫領域，建議未來年度優先徵求主題可以增列”**生物晶片**”領域，並鼓勵”**跨領域產業創新**”，由半導體結合生醫廠商或學研共同申請，亦即園區”半導體”科學事業為主導申請機構，可邀請園區或非園區之”生醫”其他企業參與計畫；或園區”生醫”科學事業為主導申請機構，可邀請園區或非園區之”半導體”其他企業參與計畫；亦可園區”半導

體”科學事業為主導申請機構，再結合國科會認可之學研機構為必要合作單位，除產業升級生醫應用，已可衍生新創公司進入 FITI 或 TTA 培育，待公司要投入生產及進入市場時，再引進成為科學事業(如圖 42)。另晶創臺灣方案跟生醫產業有關主題為半導體科技加速生醫新農產業創新，亦即運用半導體技術於生醫與新農業之主要目標為開發更精確、敏感、有效之數據收集、傳輸、分析、演算與應用技術；其重要開發方向，包含仿生技術(如人工器官、腦機介面)、半導體生醫(如精準檢測、生物製造)及精準農業(如精準環控、新興監/檢測技術開發應用)等，此類型題目方向符合嘉義園區及屏東園區等新設園區精準健康及智慧農業產業方向，亦可思考列入優先徵求主題。相關創新研發成果具產品化成果案件可以鼓勵分割(Spin-off)成立新公司，結合南科育成中心、創新創業激勵計畫(From IP to IPO, FITI)、國科會臺灣科技新創基地(Taiwan Tech Arena, TTA)等平台，加速新公司成長並引進園區成為科學事業。

南科光電、半導體產業創新及轉型生醫產業新興科技應用計畫策略圖

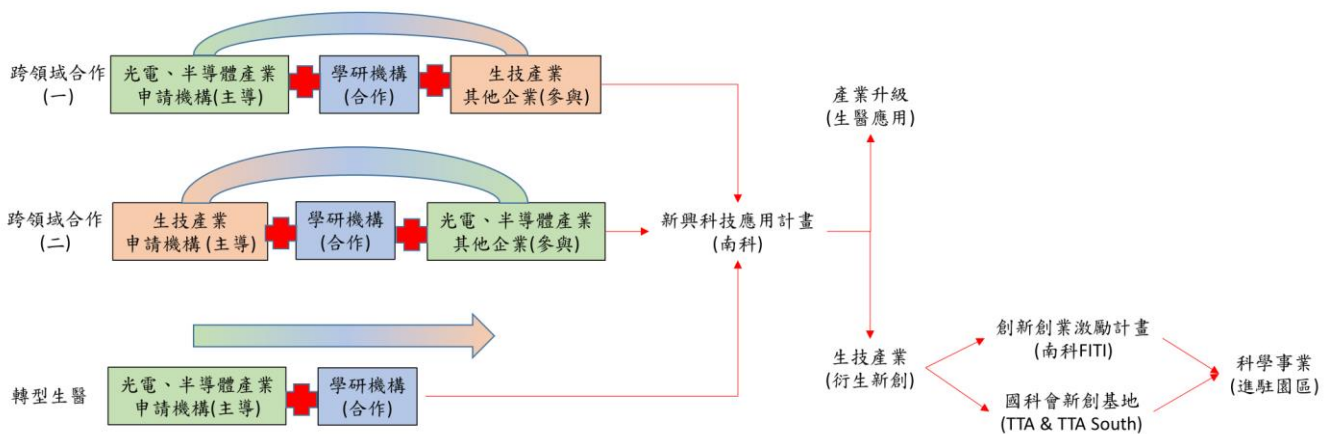


圖 42 南科新興科技應用計畫策略圖
(作者自行繪製)

5.4 人才培育計畫南科策略建議

科學園區人才培育補助計畫(以下稱人才培育計畫)性質屬於在校學生進入職場最後一哩路銜接計畫，為鼓勵園區廠商永續創新研發，協助高科技專業人才養成，國家科學及技術委員會南部科學園區管理局、國家科學及技術委員會新竹科學園區管理局與國家科學及技術委員會中部科學園區管理局共同訂定「科學園區人才培育補助計畫作業規範」，自 94 年起辦理「科學園區人才培育補助計畫」，鼓勵園區周邊大專校院開辦與高科技產業接軌之專業相關模組課程，提升準畢業生專業技能，

並以企業實習方式調和理論教學與實務經驗，藉以縮短科技產業人才學用落差，建立有效之園區廠商產學媒合機制(科學園區人才培育補助計畫，2023)。

(一)申請對象：全國各公私立大學及技專校院教師

(二)計畫類型及補助金額：「A 式模組課程(含課程及企業實習)」計畫補助上限 120 萬元、「B 式企業實習課程」計畫補助上限 50 萬元

(三)計畫目的

1. 為園區廠商儲訓實務科技人才，建立有效之園區廠商產學媒合機制，彌補科技人才需求之缺口。

2. 以科學園區產業、未來前瞻性產業、及政府產業發展政策相關技術為主(包括精密機械、AI、通訊、生物科技、光電、積體電路、電腦及週邊、數位內容、其他與園區事業發展之相關領域)。

4. 補助大專院校對焦產業需求，引進業界資源整合理論教學與產業實務，開辦相關「模組課程(含課程及企業實習)」及「企業實習課程」，提供準畢業生專業知能，修習後即可為企業所用，藉以縮短科技產業人才學用落差。

(四)補助選課對象：大學大三、大四、研究生(含碩博士生)，五專之四、五年級，二專之一、二年級，二技之一、二年級，四技之三、四年級以上學生為補助範圍(產業碩士專班、進修部學生除外)。

(五)模組課程：本研究參考 112 年人才培育計畫模組課程公告內容，對於未來產業轉型跨領域修訂方向提出”如有符合科學園區產業創新轉型所需跨領域培訓課程將列為加分項目”建議，鼓勵跨領域培訓課程及人才，半導體及光電產業創新轉型生醫所需課程符合加分項目，可提高補助機會。

南科光電、半導體產業創新及轉型生醫人才培育計畫策略圖

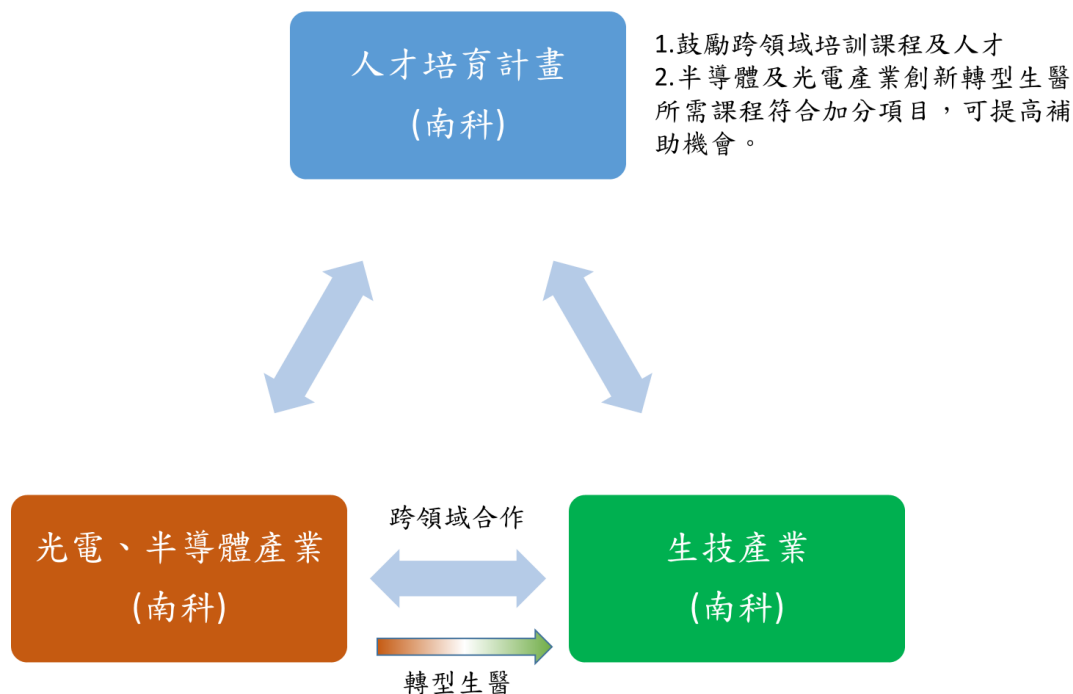


圖 43 南科人才培育計畫策略圖
(作者自行繪製)

5.5 專技人培計畫南科策略建議

專業及技術人才培訓暨推動產學合作計畫(以下稱專技人培計畫)性質屬於科學園區在職員工在職進修提升業界本質學能或第二專長培訓計畫，計畫辦公室工作內容主要項目為協助南科園區在職員工開辦園區目前六大產業相關專業技術及人才培訓課程(包含公開班、企業包班、短期課程及數位學習平臺之維護及網路課程鏈結課程)，辦理媒合活動或主題式論壇，成立產學合作服務平臺等。其中一門「半導體製程與實作培訓班」為培訓園區半導體相關人才模組課程，包含半導體理論與實作兩大部分(如表 7)，理論課程將由半導體產業概況切入，針對半導體元件物理及其元件製程系統講解其基礎理論，最後將針對半導體各模組工程流程作介紹，實作課程與國研院臺灣半導體研究中心合作，將帶學員實際操作各站點流程，協助學員掌握半導體製程技術元素(半導體製程與實作培訓班，2022)。

表 7 半導體製程與實作培訓班

主題	課程
半導體產業概況&半導體元件物理 I	1.1 半導體產業概況 1.2 半導體材料 1.3 半導體能帶圖 1.4 本質與經摻雜的半導體 1.5 漂移與擴散電流
半導體元件物理 II	2.1 PN 接面二極體 2.2 雙載子接面電晶體元件物理 2.3 金氧半場效電晶體元件物理 2.4 異質接面與發光二極體 2.5 其他半導體元件 2.6 新興半導體材料與元件
半導體元件製程概要	3.1 關於摩爾定律 3.2 半導體製程簡介 3.3 無塵室簡介 3.4 測試與封裝簡介
各模組工程流程介紹	4.1 擴散模組 4.2 薄膜模組 4.3 微影模組 4.4 蝕刻模組 4.5 品質管理說明
實作課程	5.1 職安簡介 5.1 設備見習

另為下一世代半導體的轉型預做準備，未來專技人培計畫可以增加 IC 設計、化合物半導體、3D IC 封裝、矽光子、生物晶片、光學檢測、雷射生醫等課程規劃，並於規劃生物晶片時，審視 IC 設計、矽半導體、化合物半導體、矽光子等領域，除前述生物組織遇到半導體晶片需要解決的問題，還有那些可以整合強化半導體、光學於生醫檢測驗證。南科專技人培計畫亦須掌握晶創臺灣方案有關人才培訓的部分，透過國研院臺灣半導體研究中心及南部大學持續升級之半導體設備與教材隨時調整，並藉由晶創臺灣方案與國外連結平台強化人才培訓。另南科精準健康計畫有關生醫法規、智財、認證等人才培訓可補充相關

南科光電、半導體產業創新及轉型生醫專技人培計畫策略圖

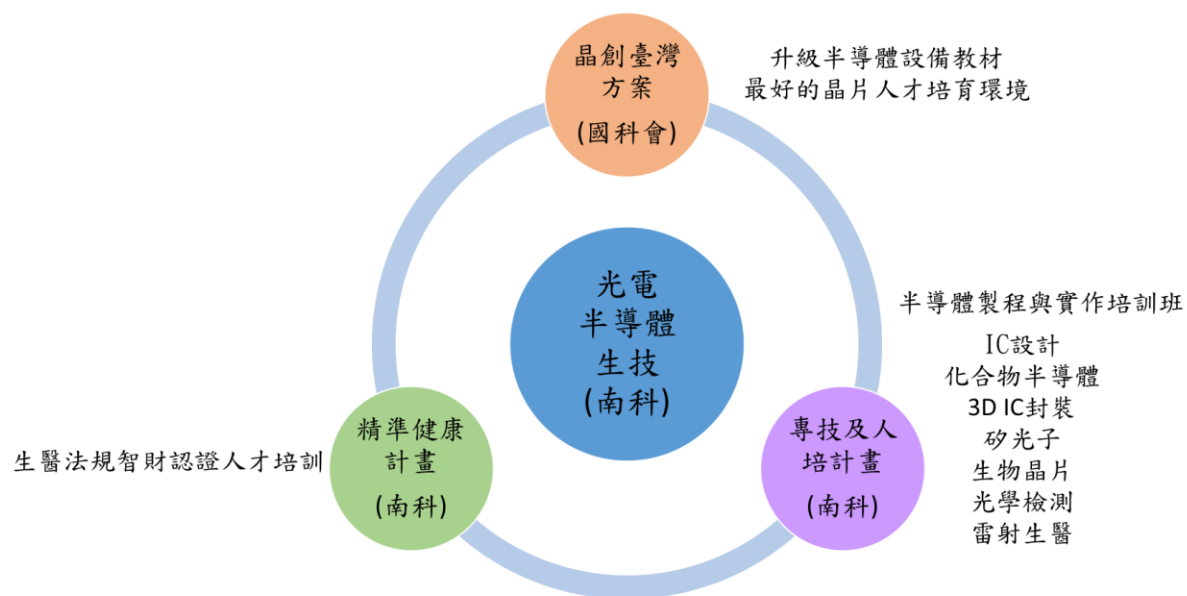


圖 44 南科專技人培計畫策略圖
(作者自行繪製)

第6章 結論

本研究以南科光電、半導體產業聚落為核心，研析產業創新及轉型生醫產業策略，亦期待藉由南科光電及半導體等 AIOT+ICT 產業所發展的關鍵零組件，帶動並提升南科生醫 Bio 產業領域相關技術及產業發展，藉此研析提出發展策略，產政學研醫跨領域整合，協助現有園區產業技術及產值提升，提出新設基地招商布局，強化整體生醫產業發展。有關南科光電、半導體產業創新及轉型生醫產業策略建議，首先應用南科既有人才培育計畫、人才培訓計畫、新興科技應用計畫、南科育成中心、創新創業激勵計畫(FITI)政策工具，結合國科會臺灣科技新創基地(TTA)、晶創臺灣方案、精準健康研發與聚落發展計畫等平台，以跨領域整合方式協助所需技術及人才培訓、新創公司落地南科、既有南科產業創新轉型等，符合我國六大核心戰略產業推動方案及國科會精準健康產業創新政策指標，提升我國產業競爭力。

參考文獻

工研院(2023)。雷射金屬積層製造發展。

https://www.itri.org.tw/ListStyle.aspx?DisplayStyle=01_content&SiteID=1&MmmID=1036233376235770452&MGID=1127334755402650157

中央社(2017年4月13日)。獨步亞洲 長庚幫夜盲症男換人工電子眼。TVBS新聞網。<https://news.tvbs.com.tw/health/720008>

中央社(2019年12月4日)。科技大廠轉投資生技 醫療展別苗頭。Yahoo!新聞。

<https://tw.news.yahoo.com/%E7%A7%91%E6%8A%80%E5%A4%A7%E5%BB%A0%E8%BD%89%E6%8A%95%E8%B3%87%E7%94%9F%E6%8A%80-%E9%86%AB%E7%99%82%E5%B1%95%E5%88%A5%E8%8B%97%E9%A0%AD-081348985.html>

中田有(2023年)。雷射的原理。台灣基恩斯股份有限公司。

<https://www.keyence.com.tw/ss/products/marketing/lasermarker/knowledge/principle.jsp>

王修含(2016年)。皮膚雷射光電治療：雷射、脈衝光、電波拉皮、電漿原理與應用。

<https://www.skin168.net/2013/10/laser-ipl-radiofrequency-plasma-skin.html>

半導體製程與實作培訓班(2022)。社團法人中華民國南部科學園區產學協會。

<https://www.aicsp.org.tw/epaper-detail.php?id=2069>

台達電子工業股份有限公司(2023)。

<https://www.deltaww.com/zh-tw/news/13198>

台灣明尼蘇達礦業製造股份有限公司(3M)(2023)。

<https://multimedia.3m.com/mws/media/20045260/pdf-file.pdf?elqTrackId=d1cf0191056348c4a41446ae408244ed>

台灣明尼蘇達礦業製造股份有限公司(3M)台灣子公司(2023)。

https://www.3m.com.tw/3M/zh_TW/medical-device-components-tw/

洪友芳(2019年10月18日)。瑞昱進軍生醫領域 將斥資38億元投資建廠。自由時報

<https://ec.ltn.com.tw/article/breakingnews/2950796>

科學園區人才培育補助計畫(2023)。國家科學及技術委員會南部科學園區管理局。

<https://www.stsp.gov.tw/web/WEB/Jsp/Page/cindex.jsp?frontTarget=DEFAULT&thisRootID=653>

食品藥物管理署(2018年4月25日)。感受聲音的美妙—人工電子耳(人工耳蝸植入器)。衛生福利部。

<https://www.mohw.gov.tw/cp-16-40872-1.html>

徐慶昇(2001年9月24日)。在晶片上做實驗---談實驗室晶片(Lab-on-a-chip)發展現況。MoneyDJ理財網。

<https://www.moneydj.com/kmdj/report/reportviewer.aspx?a=20d722da-98f5-4559-bb6a-0056609cddb6>

張庭鏗(2019年7月17日)。生化腦技術曝光！馬斯克的Neuralink直播發表串聯關鍵，最快明年人體實驗。數位時代。

<https://www.bnext.com.tw/article/54042/neuralink-brain-computer-interface-elon-musk>

張詠晴(2022年12月02日)。馬斯克讓猴子透過意念打字 Neuralink 真的可以實現他的狂言嗎？。天下雜誌。

<https://www.cw.com.tw/article/5123787>

張詠鈞(2016)。應用於脊髓神經訊號記錄之四通道互補式金氧半類比前端生理訊號截取電路。國立交通大學電子研究所碩士論文。

莊儷宇(2023年3月28日)。朝人體試驗邁進一步 傳馬斯克大腦晶片公司尋找合作夥伴。Yahoo 奇摩新聞。

<https://tw.news.yahoo.com/%E6%9C%9D%E4%BA%BA%E9%AB%94%E8%A9%A6%E9%A9%97%E9%82%81%E9%80%B2%E4%B8%80%E6%AD%A5-%E5%82%B3%E9%A6%AC%E6%96%AF%E5%85%8B%E5%A4%A7%E8%85%A6%E6%99%B6%E7%89%87%E5%85%AC%E5%8F%B8%E5%B0%8B%E6%89%BE%E5%90%88%E4%BD%9C%E5%A4%A5%E4%BC%B4-050553200.html>

郭文娟(2020年9月)。生醫光電技術發展與醫療應用趨勢。科儀新知，224。

https://www.tiri.narl.org.tw/Publication/InstTdy_Full/2354?PubId=224

陳士凱等(2014)，3D 列印大未來—觀念原理 X 實戰應用，基峰資訊股份有限公司，台北。

陳國樑(2023 年 9 月 20 日)。國家科學及技術委員會第 7 次委員會議通過「晶片驅動臺灣產業創新方案」，創新創業及量子科技持續槓桿國際並展現亮麗成績。國家科學及技術委員會。

https://www.nstc.gov.tw/folksonomy/detail/f2f9650b-eab9-4dcc-b7b0-683d7801734f?l=CH&utm_source=rss

陳婉玲(2013 年 4 月 12 日)。全球雷射技術應用於醫療器材產業介紹。經濟部產業技術司產業技術基磐研究與知識服務計畫。

https://www2.itis.org.tw/netreport/NetReport_Detail.aspx?rpno=561844655

陳曼儂(2023 年 11 月 2 日)。行政院拍板「晶創台灣方案」 10 年砸 3000 億 4 大布局明年上路。Yahoo!新聞。

<https://tw.news.yahoo.com/%E8%A1%8C%E6%94%BF%E9%99%A2%E6%8B%8D%E6%9D%BF-%E6%99%B6%E5%89%B5%E5%8F%B0%E7%81%A3%E6%96%B9%E6%A1%88-10%E5%B9%B4%E7%A0%B83000%E5%84%844%E5%A4%A7%E5%B8%83%E5%B1%80%E6%98%8E%E5%B9%B4%E4%B8%8A%E8%B7%AF-110534811.html>

陳錦裕(2014)。三維印表機產業趨勢分析及創意設計產品應用之研究。國家科學及技術委員會南部科學園區管理局 103 年度科技行政研究發展計畫。

陳錦裕(2021)。嘉義新設園區精準健康照護產學研醫佈局對策研擬。國家科學及技術委員會南部科學園區管理局 110 年度科技行政研究發展計畫。

頂正科技股份有限公司(2023)。<https://finex-tech.com.tw/>

麥永昌(2022 年 03 月 14 日)。血氧機光學偵測難取代。每日明報。
<https://ol.mingpao.com/ldy/beautystyle/fitness/20220314/1647195364230/%E7%9F%A5%E5%A4%9A%E5%95%B2-%E8%A1%80%E6%B0%A7%E6%A9%9F%E5%85%89%E5%AD%B8%E5%81%B5%E6%B8%AC%E9%9B%A3%E5%8F%96%E4%BB%A3>

彭梓涵(2021年10月9日)。衰退兆元產業轉身術生醫光電。環球生技，89，90-99。

https://news.gbimonthly.com/tw/magazine/article_show.php?num=43956

智宇生醫股份有限公司(2023)。 <https://www.oenix.com.tw/>

焦傳金(2019年5月10日)。重見光明-人工電子眼。國家科學及技術委員會科技大觀園。

<https://scitechvista.nat.gov.tw/Article/c000009/detail?ID=0436ad02-06a6-4d72-b5ca-884f29b34d40>

進康醫電股份有限公司(2020年12月23日)。初創企業-智慧醫療及健康科技。財團法人生技醫療科技政策研究中心。

https://innoaward.taiwan-healthcare.org/award_detail.php?REFDOCTYPID=0q2fm3zpto3svgqn&NumID=0q1rpvs65x21266t&num=1&REFDOCID=0q1rwx14pouph3bg

開物科技股份有限公司(2023)。

<https://www.kaiwood.com.tw/zh-tw/product.html>

黃軍浩(2022)。透過阻抗測量系統之生物晶片探討癌細胞轉移的細胞侵襲和血管生成機制。長庚大學生物醫學工程博士學位學程博士論文。

黃欽勇(2015年06月16日)。光電技術在醫療技術領域之應用趨勢。DIGITIMES。

https://www.digitimes.com.tw/tech/dt/n/shwnws.asp?cnlid=13&id=0000430861_ef57kt4n7osfem0199607

新聞傳播處(2023年11月13日)。晶創臺灣方案—奠基臺灣未來10年科技國力。行政院。

<https://www.ey.gov.tw/Page/5A8A0CB5B41DA11E/6dd41826-ed84-4b92-9f51-e6eb8621f8>

新興科技應用計畫(2023)。國家科學及技術委員會南部科學園區管理局。

<https://www.stsp.gov.tw/web/WEB/Jsp/Page/cindex.jsp?frontTarget=DEFAULT&thisRootID=728>

溫惟昇(2019年11月26日)。微創植入人工電子耳 開啟新「聲」命。
自由時報。

<https://health.ltn.com.tw/article/paper/1334748>

瑞昱半導體股份有限公司(2023)。

<https://www.realtek.com/zh-tw/>

葉亭均、易起宇(2023年11月9日)。人腦放晶片馬斯克新試驗 裝在頭蓋骨裡的Fitbit智慧手環。經濟日報。

https://money.udn.com/money/story/5599/7561106?from=edn_subcatelist_cate

睿生光電股份有限公司(2023)。

<https://www.innocare-x.com/?playlist=4fc1e83&video=b8a920e>

精準健康研發與聚落發展計畫(2023)。國家科學及技術委員會。

<https://bcep.scipark.tw/introduction.php>

趙博鈞(2008)。人工電子眼之視網膜刺激晶片設計。國立陽明大學醫學工程研究所碩士論文。

廣泰金屬股份有限公司(2023)。

<https://ktgp-health.com/about-kuangtai/>

緯創醫學科技股份有限公司(2023)。

<https://zh.wistronmedtech.com/#last>

錢玉紘(2022年12月2日)。Neuralink 新里程碑，6個月內要人體實驗！馬斯克未來也要植入晶片？。數位時代。

<https://www.bnext.com.tw/article/73044/elon-musks-neuralink-202212>

錢信宏(2018)。應用於植入式人工耳蝸之13.56-MHz 互補式金氧半導體耦合電源與晶片系統設計與分析。國立交通大學電子研究所博士論文。

謝易晏(2019年6月27日)。智宇生醫 創新醫材及智慧照護系統攻長照商機。工商時報

<https://ctee.com.tw/industrynews/technology/110939.html>

魏淑芳(2017年04月12日)。LED於醫療手術與醫美應用的發展趨勢。Digitimes。

https://www.digitimes.com.tw/tech/dt/n/shwnws.asp?id=0000498261_DFJ3Y6VV53KN352EHVXU