

出國報告（出國類別：其他）

赴西班牙參加歐洲太陽能國際研討暨 展覽會出國報告

服務機關：核能研究所

姓名職稱：陳長盈

派赴國家：西班牙

出國期間：99年9月4日~99年9月15日

報告日期：99年10月14日

摘 要

此次公差行程主要為參加於西班牙舉行之第二十五屆歐洲太陽能國際研討暨展覽會，該展覽參展廠商家數高達 973 家，共吸引超過 38,000 人到場參觀，估計有 4,540 位來自世界各國之專業人士與會代表參加，是目前歐洲規模最大的太陽能電池國際展覽會，包括產業界、官方單位、學術界、研究機構，以及投資公司等齊聚一堂，相互切磋交換工作心得，並積極探尋與擴大商機。國際研討的內容包括 PV 各種研究與技術領域的最新想法與觀念，涵蓋的範圍從矽基太陽能電池、材料科技、薄膜太陽能電池、PV 系統與其零組件，到 PV 大規模尺寸發展應有盡有，可以清楚瞭解個別太陽能電池廠商主要發展技術項目與產品。本所將藉由此國際研討與展覽會蒐集太陽能電池最新發展現況及研發趨勢、吸取新知研討交流，以提升研發技術；會議後亦順道參訪荷蘭 HOLST 研究中心，瞭解其在有機高分子太陽能電池研發現況與製程發展，作為本所在量子點/高分子太陽能電池製程發展規劃及執行之參考。

目 次

摘 要

(頁碼)

一、 目的.....	1
二、 過程.....	2
三、 心得.....	3
四、 建 議 事 項.....	12

圖目錄

(頁碼)

圖 1 歐洲太陽能國際研討暨展覽會(25th EU PVSEC)，研討會會場情景.....	13
圖 2 歐洲太陽能國際研討暨展覽會(25th EU PVSEC)，展覽會場情景.....	14
圖 3 核研所於本次會場展出之海報.....	15
圖 4 荷蘭愛因荷芬之高科技園區.....	15
圖 5 全球地區與主要國家 PV 產量分布情形.....	16
圖 6 全球 PV 市場與亞洲主要國家分布情形.....	17
圖 7 全球主要國家 PV 產量分布情形.....	17
圖 8 PV 材料預估 2010-2020-2030 佔有率變化.....	18
圖 9 薄膜太陽能電池成功 3 要素.....	18
圖 10 目前各種太陽能之理論值、實驗值與生產值.....	19
圖 11 比較各種太陽能電池生產所需之能量、CO ₂ 與能量償還時間.....	19
圖 12 Konarka 公司 OPV 之應用產品.....	20
圖 13 Konarka 公司會場展示之 OPV 應用產品.....	21
圖 14 Heliatek 公司 OPV 之應用產品.....	22
圖 15 Fraunhofer Institute Photonic Microsystems IPMS 發展 roll-to roll 製程技術.....	23
圖 16 利用 inkjet printing 技術所製造出的反式結構(inverted structure)較傳統結構 (classical structure)不易老化.....	24
圖 17 OPV Life Time Study：起始 PCE 3.5%經 5,000 小時降至 >2%，10,000 小時則降 至 1.8%.....	24
圖 18 Konarka 公司 OPV Life-Time Test.....	25
圖 19 日本 NEDO 組織在太陽能電池系統 cost down 之 Roadmap.....	25
圖 20 日本 NEDO 組織太陽能電池研究發展計劃.....	26
圖 21 日本 NEDO 短中期 R&D 計畫發展高效能 PV system 主要目標.....	26
圖 22 日本 NEDO 短中期 R&D 發展高效能 PV system 之主要計畫.....	28
圖 23 日本 NEDO 計畫中發展創新太陽能電池(Innovative Solar Cells).....	28
圖 24 使用 hot-carrier 所預估之效率值；(a)使用全部之太陽光，(b)使用 AM0 之太陽光	29
圖 25 使用週期排列來調控聲子之效應.....	29
圖 26 多激子效應之太陽電池原理.....	30
圖 27 Intermediate band 太陽電池原理.....	30
圖 28 太陽電池底部製作奈米圖印之示意圖.....	31
圖 29 太陽電池表面製作金屬顆粒之示意圖.....	31
圖 30 PCDTBT/PCBM 太陽電池結構示意圖.....	32
圖 31 反式結構之有機太陽電池示意圖.....	32
圖 32 Inkjet printing 商業用之機台.....	33
圖 33 愛因荷芬高科技園區之共享實驗室.....	33

圖 34 Holst Centre 研究項目	34
圖 35 Dr.Yulia Galagan 簡報 Holst Centre 之現況.....	34
圖 36 Holst Centre 之 Body-area network 研究方向.....	35
圖 37 Holst Centre 之 Smart Packing 研究成果	35
圖 38 Holst Centre 之 Flexible OLED 研究成果	36
圖 39 Holst Centre 之 Organic Photovoltaic (OPV)研究成果	36
圖 40 Holst Centre 之 Wireless gas sensor 研究成果	37
圖 41 Holst Centre 之 Power scavenging in micro-systems 研究成果	37
圖 42 Holst Centre 之 Sensor powered by thermal energy 研究成果.....	38
圖 43 Holst Centre 之 Sensor Device Arrays 研究成果.....	38
圖 44 Holst Centre 之 Smart Bandages 研究成果.....	39
圖 45 Holst Centre 之 Microvia Technology for foil devices 研究成果.....	39
圖 46 Holst Centre 之 Embedding silicon chips in foil 研究成果	40
圖 47 Holst Centre 之滾製製程機台.....	40
圖 48 Holst Centre 之 Organic and Oxide Transistors 研究成果.....	41
圖 49 Holst Centre 之 Lithography on flexible substrates 研究成果.....	41
圖 50 不同 Ag 電極塗佈樣式於 ITO free 之 OPV	41
圖 51 使用 Roll to roll 製程於 PET 上塗佈 PEDOT:PSS 與主動層	42
圖 52 Dr. Yulia Galagan 與核研所陳長盈博士於 Holst Centre 前合影	42

一、 目的

參加於西班牙舉行之第二十五屆歐洲太陽能國際研討暨展覽會 (25th EU PVSEC)，估計有 4,540 位來自世界各國之專業人士與會代表參加，是目前歐洲規模最大的太陽能電池國際展覽會，包括產業界、官方單位、學術界、研究機構，以及投資公司等齊聚一堂，相互切磋交換工作心得，並積極探尋商機。本所將藉由此國際研討與展覽會蒐集太陽能電池最新發展現況、吸取新知研討交流，以提升研發技術，並瞭解現今太陽能電池，尤其是歐洲地區，最新發展現況及研發趨勢，以助於未來本所太陽能電池之研究規劃。回程亦順道參訪參訪荷蘭 HOLST 研究中心，瞭解其在有機高分子太陽能電池研發現況與製程發展，可作為本所在量子點/高分子太陽能電池製程發展規劃及執行之參考。

二、 過程

9月4~5日：

台北出發，經荷蘭阿姆斯特丹轉機，於9月5日抵達西班牙瓦倫西亞(Valencia)

9月6~10日：

參加西班牙瓦倫西亞舉行之第25屆歐洲光伏太陽能國際研討會暨展覽會(25th EU PVSEC)，研討會會場情景如圖1所示，圖2為展覽會會場情景。圖3為本所此次參加會議發表之海報。

9月11日：

準備簡報與整理會場蒐集之相關資料

9月12日：

從西班牙瓦倫西亞搭機前往荷蘭阿姆斯特丹，再搭火車前往愛因荷芬(Eindhoven)。

9月13日：

前往位於荷蘭愛因荷芬的高科技園區(High-Tech Campus)(如圖4)中之霍爾斯特中心(Holst Centre)參訪。

9月14~15日：

從荷蘭愛因荷芬出發，經鐵路前往阿姆斯特丹，再搭飛機於9月15日抵達桃園國際機場。

三、 心得

(一)第二十五屆歐洲光伏太陽能國際研討暨展覽會議(25th EU PVSEC)概述

此次國際研討與展覽會是結合 25th European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition，36th US IEEE Photovoltaic Specialists Conference 和 20th Asia/Pacific PV Science and Engineering Conference 等 3 個重要 PV Conference 而成的，估計有 973 個主導廠商，共吸引超過 38,000 人到場參觀，及來自世界各國之專業人士共有 4,540 與會代表參加，是目前歐洲規模最大的太陽能電池國際展覽會，包括產業界、官方單位、學術界、研究機構，以及投資公司等齊聚一堂，相互切磋交換工作心得，並積極探尋與擴大商機。國際研討的內容包括 PV 各種研究與技術領域的最新想法與觀念，涵蓋的範圍從矽基太陽能電池、材料科技、薄膜太陽能電池、PV 系統與其零組件，到 PV 大規模尺寸發展應有盡有，可以清楚瞭解各別太陽能電池廠商主要發展技術項目與產品。本所藉此蒐集現今太陽能電池最新發展資訊及研討交流，以了解太陽能電池最新發展趨勢，有助於本所未來太陽能電池系統整合之研究規劃。此外，亦了解太陽能電池廠商最新發展之系統/零組件/設備，對外建立合作管道及掌握國際研發趨勢，尋求太陽能電池關鍵之研發技術，對本所太陽能電池研究之技術發展以及未來可能市場之開拓希有助益。

(二) 第二十五屆歐洲光伏太陽能國際研討暨展覽會心得

1. 太陽能電池近 10 年來迅速蓬勃發展，以產量而言，亞洲地區逐漸提升其佔有率，從 2004 年 56.5%(歐洲 26.3%)，至 2009 已達 73.5%(歐洲 18.1%)，其中台灣 5 年間產量從 ~3% 提升至 11.6%，中國更是從 ~3% 提升至 29.1%，馬來西亞也從 ~0% 提升至 10%，日本反而從 ~50% 降至 14.1%，如圖 5 所示；但若以 2009 全球市場 7,203MW 而言，歐洲佔 77.8%，亞洲卻只佔 11.7%(842MW)，其中日本佔 484MW、韓國 168MW、中國 160MW、印度 30MW，如圖 6 所示(由於台灣只有 7.7MW 故沒有被列入圖中)，以國家累積裝置量而言，歐洲中德國與西班牙最多(見圖 7)，由此可見太陽能市場最大的推手還是以歐洲為主，若亞洲市場爾後也能跟著提升則市場持續成長動能可期，根據市調機構 iSuppli 預期，今年(2010)年太陽能裝置量將達 14.2GW，明年預期將成長至 20.2GW。
2. 目前太陽能電池主要還是由矽晶材料所製作，但由於其製作成本受到材料與能源價格影響較大且為昂貴，故學界與業界著手開發之薄膜太陽能電池(Thin Films Solar Cell)及高聚光與有機太陽能電池(CPV&OPV)其市場佔有率正逐年提升中，估計 2010 年將有 20% 之市場佔有率，2020 年預估可達 40%，至 2030 年預估更高達 70%，如圖 8 所示，可見太陽能電池的發展過程中，追求更好、更輕與更便宜(Better, lighter, & cheaper)等因素愈益重要。有機高分子太陽電池為利用最簡易之化學溶液塗佈或滾製過程製作大面積可撓性太陽電池，具未來生活應用性及商機潛力，故亦被視為深具發展潛能之太陽能電池。
3. 薄膜太陽能電池之所以逐漸提升其市場之佔有率，主要是符合永續發展之 3 大條件低成本、資源取得性及影響環境最小(low cost, resource availability, and minimum environmental impact)，如圖 9 所示。因此比較目前各種太陽能之理論值、實驗值與生產值(見圖 10)，雖然 OPV 是各種太陽能電池中效能偏低的一種，然而其生產所需之能量、CO₂ 與能量償還時間 energy payback time 卻是最少的，如圖 11 所示，因此有

機太陽能電池是目前最環保的太陽能電池，在全球重視節能減碳的現今環境中將愈顯重要。

4. 本屆展覽會中 OPV 只有 Konarka 與 Heliatek 2 家系統廠商與德國 Fraunhofer 研究機構展示，茲將其研發之產品特色簡述如下：

➤ OPV 的主要領導廠商 Konarka 成立於 2001 年目前全球員工超過 80 人，2008 年將 Power Plastic 引入商業市場，2009 年開始將 roll-to roll 製程技術用於大尺寸製造廠(large-scale manufacturing plant)生產標準面板(standard panels)供車棚、建物、微電子、可攜式電力與 remote power 使用(見圖 12)，是展覽會中唯一一家廠商展示質輕且大面積可撓性之塑膠電力板(Power plastic panels)，可用於戶內外使用之可攜式電子產品、手電筒或各式皮包，如圖 13 所示，公司解說員宣稱目前展示品功率轉換效率(Power Conversion Efficiency, PCE) 約 3%，使用壽命約 3-5 年，連續照光則約只能耐 500-800 小時，仍有很大發展空間。

➤ Heliatek 公司成立於 2006 年目前員工約 40 人，雖然進入市場較晚，但利用獨一的 tandem 技術將 2 個 cell 堆疊在一起，可以在約 200nm 厚的薄膜吸收整個太陽光譜，因此 PCE 可達 7.7%，目前正利用 roll-to roll 製程從實驗室轉到工廠生產，開始準備各種產品應用，如圖 14 所示，公司解說員宣稱 2012 年可以製造出質輕 0.5kg/m^2 、可撓性且低成本 $\text{€}0.4/\text{W}$ 之產品，壽命 >30 年，直接挑戰矽基與其他薄膜太陽能電池，其確實性需再等 2 年即可見真章。

➤ 德國 Fraunhofer Institute Photonic Microsystems IPMS 利用其在基板準備(Substrate Preparation), 薄膜與高真空鍍層(Thin Film Deposition and High Vacuum Deposition), 及封裝等優越能力發展有機太陽能電池技術，目前與 Heliatek 合作研製發展 tandem 技術，PCE 已驗證為 6.07%(for 2 cm^2)，也同時發展新的有機材料可以涵蓋很大的照射光波長範圍及 roll-to roll 製程技術，如圖 15 所示。

5. 相較於其他種類的太陽能電池，OPV 有機太陽能電池、最被遲疑的是壽命問題，但

利用 inkjet printing 的技術所製造出的反式結構(inverted structure)較傳統結構(classical structure)不易老化(見圖 16)，目前從起始 PCE 3.5%經 5000 小時降至 >2%，10000 小時則降至 1.8%，如圖 17 所示，劣化主要的關鍵為氧污染(oxygen contamination)，因此慎選或研製抗氧化的 barrier films 將是延長 OPV 的關鍵技術，例如於主動層上下方各加一層 P-layer(Plexcore OC 1200)與 N-layer(ZnO) (見圖 16)，Konarka 公司簡報資料亦佐證模組壽命決定於 adhesive 與 barrier 之品質，如圖 18 所示。

6. 日本新能源及工業技術發展組織(NEDO)在太陽能電池系統 cost down 之 Roadmap 為 2010 年:23Yen/kWh，2020 年:14Yen/kWh，2030 年:7Yen/kWh，2050 年:<7Yen/kWh，如圖 19 所示，日本 NEDO 短中期 R&D 計畫是發展高效能 PV system，長期 R&D 計畫則發展創新太陽能電池(Innovative Solar Cells)，並強調 2020 年太陽能電池系統主要目標是 14Yen/kWh(€ 0.13/kWh)，模組成本為 75Yen/W(€ 0.68/W)，模組 PCE 效率 20%(Wafer-based Si)，且 PV 系統裝置量 2020 年將提為 20 倍，如圖 20-21 所示，其中 OPV 也是放在短中期 R&D 計畫內，目標與本所一致為 10%，在長期 R&D 計畫中發展創新太陽能電池(Innovative Solar Cells)，亦是利用量子結構，如圖 22-23 所示。
7. 據估計，傳統之 Si 太陽電池，其理論最高效率約為 30%，其單純使用冷載子(cold carriers)來傳導電子。如能使用熱載子(hot carrier)，其預估之最高效率將可提升至 50% 以上，如圖 24 所示。且如能使用設計過之週期排列(見圖 25)，產生聲子(phonon)的瓶頸效應，也能有效提升太陽電池之效率。
8. 與會學者之預估，下世代之太陽電池將包含下列三項：1.多激子效應之太陽電池(見圖 26)，2. Intermediate band 太陽電池(見圖 27)，3.熱載子太陽電池。
9. 多激子效應之太陽電池，現仍被學術界廣泛被研究中，包含多種之量子點如 PbS、PbSe、PbTe、CdSe、CdTe、Si 和 InAs 等。其中 PbSe 最為大多數人研究。
10. 提高太陽電池之效率方法之一就是增強太陽電池之吸光能力。可於太陽電池底層加上奈米圖印，如圖 28 所示，將可提高太陽電池吸收之能量，並提高效率。或於上層製作低反射率之金屬顆粒，如圖 29 所示，使其具有表面電漿之特性，並使光線侷限於太陽電池內部，以達到增強吸收之目的。
11. 開發新型之高分子，亦是有機高分子太陽電池突破之關鍵。如使用 PCDTBT 混摻

- PCBM(C70)在 1cm^2 面積下，經過參數之調整，如改換不同之混合溶劑，增加電動阻擋層，更換不同之電動傳輸層或者 ITO，最終效率可提升至 7.1%，如圖 30 所示。
12. 使用 Inverted structure(見圖 31)之結構，使用 Ag 取代 Al，將可以解決 Al 電極容易氧化之問題，提高元件之壽命。此結構之效率值約為 5.61%。
 13. 使用 inkjet printing(見圖 32)來製備有機太陽電池，如使用 P3HT/PCBM 系統，在實驗室級之尺寸，現在效率已可達 2.7%。

(三) 參訪荷蘭愛因荷芬霍爾斯特中心(Holst Centre)概要

Holst Centre 成立於 2005 年，並由比利時微電子研發中心(Inter-university Microelectronic Centre, IMEC)和荷蘭應用科學研究院(TNO)所支持。他的名字是爲了紀念一位在飛利浦研究和開發的荷蘭人先驅 Gilles Holst，Holst Centre 位於 Eindhoven 的高科技園區中(High-Tech Campus)，園區中現有超過 90 家公司和 7000 名研究人員，且包含眾多的共享實驗室(見圖 33)。飛利浦以一個企業的力量推動數個研究中心的合作，讓學生、研究人員、工業設計師之間能夠有充分溝通、集中主題的交流。Holst Centre 是其中一個獨立的開放式創新的技術研發中心，其擁有(來自約 25 個國籍)超過 150 名員工；開發的技術主要提供無線自主轉換器解決方案(Wireless Autonomous Transducer Solutions, WATS)和薄膜系統(System in Foil, SIF)所使用；前者著重於微小化、具能源效率的感應器元件及系統開發，後者則專注於開發軟性基材上的薄型電子裝置。Holst Center 的一個主要特點就是結合工業界和學術界，兩者使用相同設備機台和程序。正是這種相互的交流，使得 Holst Center 以調整其科學的戰略以滿足工業需求。而 Holst Centre 強調 Open Innovation 其實也是很重要的一个觀點。研究單位若是能夠盡量將其研究成果公開，方能夠帶進更多新的可能性與發展。Holst Centre 利用園區中各個共享實驗室進行實驗、分享各種創意和開發各項技術與設備，如企業廠商有興趣，將可於中途加入各項之研究計畫，共同開發與分享成果；無須自行從頭開始研發，浪費時間與金錢。

Holst Centre 研究主要分爲兩大方面(見圖 34)：一個是技術項目(Technology Programs, TP)，即爲之前提到的 WATS 和 SIF 計畫，主要爲建立各種技術與設備，以爲各項產品之

應用；另一種為技術整合項目(Technology Integration Programs, TIP)，主要著重在產品之應用面，用來指引技術項目之發展方向。各技術整合計畫，首先提出產品之構想，與各技術項目討論，由各技術專門之研究員幫忙研發並解決問題。之後，再將各項目之成果結合，組成最後之產品。

技術項目:

1. 無線自主轉換器解決方案

- Ultra-Low Power DSP
- Ultra-Low Power Wireless
- Micropower Generation
- Sensors and Actuators
- Low Power Analog IC Design

2. 薄膜系統

- Large-Area Printing
- Electrodes and Barriers
- Integration Technologies for Flex
- Printed Conductive Structures
- Organic and Oxide Transistors
- Lithography on Flexible Substrates

技術整合項目

- Printed Organic Lighting and Signage
- Body Area Networks

- Smart Packaging
- Organic Photovoltaics

(四)參訪荷蘭愛因荷芬 Holst Centre 內容與心得

霍爾斯特中心的 Dr. Yulia Galagan 首先簡報介紹 Eindhoven High-Tech Campus 和 Holst Centre 的一些相關情形(如圖 35)。一開始是整個科技園區的現況和霍爾斯特中心在整個園區中的實驗如何運作。整個園區的前身是飛利浦公司所創建，所以園區中包含了大量的企業界使用中之機台與設備。這些設備皆是屬於開放實驗室，只要通過申請即可使用；園區內各個公司新買之儀器設備亦放置其中，可納入共享設備。故在此園區中，各種儀器設備不只種類相當齊全，在數量上常常都會有 2-3 台以上，可應付多家廠商同時申請使用。

接著，介紹霍爾斯特中心的各項研究課題與成果。首先是技術整合項目，相關成果如 Body-area network(見圖 36)包含 the sensor node、miniaturization 和 telehealth、smart packaging(見圖 37)、Flexible OLED(見圖 38)和 Organic Photovoltaics(OPV)(見圖 39)等。並說明在 Holst Centre 有關 OPV 的計畫，開始執行並不久，但因為使用 OLED 相關之技術與機台，省去了許多建立設備與技術之時間，方能有現在之成果。然後是技術項目，包含了無線自主轉換器解決方案(WATS)，如 Impulse based UWB、Wireless gas sensors(見圖 40)、Power scavenging in micro-systems(見圖 41)及 Sensor powered by thermal energy(見圖 42)等；及薄膜系統，如 Sensor Device Arrays(見圖 43)、Smart Bandages(見圖 44)、Microvia Technology for foil devices(見圖 45)、Embedding silicon chips in foil(見圖 46)、Roll-to-Roll large-area deposition(見圖 47)、Organic and Oxide Transistors(見圖 48)、Lithography on flexible substrates(見圖 49)等。

Dr. Yulia Galagan 介紹完霍爾斯特中心之研究成果後，本所陳長盈博士也對核研所研究之相關課題、直接甲醇燃料電池研究現況與本所對於高分子太陽電池之研究現況作了簡報，並播放核研所介紹短片。其中並與 Dr. Nadia Grossiord 討論實驗相關之內容，透過深入之介紹與討論，讓對方了解本所之研究情形。

之後在 Dr. Yulia Galagan 陪同下，參觀他們的實驗室。早上先參觀了元件製程實驗室；實驗室建置於無塵室內，其中各式之塗佈設備 spin coating, slot die coating, inkjet printing 及 ultrasonic spray 等各有數台，並分別放置於大氣環境下與手套箱中，進行各種實驗。熱蒸鍍機也有數台，有的直接連結於手套箱上，避免主動層接觸到水氧氣。且有數台連結之手套箱，讓整套製程可全部置於控制環境下。其內還有雷射切割機與氧電漿處理機，用於材料之切割與表面改質。另外也有各式之量測儀器，可供量測樣品之光電性質與熱性質。其中最特別的是，其所使用之 inkjet printing 機台，是使用陣列型之噴頭。據 Dr. Yulia Galagan 所說，此陣列型之 inkjet printing 的噴塗速度，將有機會應用於滾製製程中，且可設定噴塗之範圍與直接噴塗設計圖案。

下午繼續參觀另外一個實驗室，此實驗室一樣是建立於無塵室內。此實驗室主要進行大面積的塗佈作業。於此實驗室看到了此次參訪最重要也最大型之機台：滾製機台 (roll-to-roll, R2R)。經由介紹了解到此機台的一些基本設計概念與要求，首先，軟性基板須先經過清理之程序；接著經過直線校準，以確定其精準性後，才能經過塗佈之程序；之後經過數個烘箱，以去除其溶劑；再經過封裝之程序，塗佈封裝膠與曝光之動作後，再一次的直線校準後，完成整個滾製之程序。整個過程，一步接著一步，絲毫不能有錯誤，否則將會導致整批之失敗。此機台，據了解並非用來設計給有機太陽電池所使用，其原始設計為製備軟性有機發光二極體所使用；然兩者有相當多之共通性，所以只需調整一些參數即可使用，並不需要重新設計新的機台。

參觀完實驗室後，Dr. Yulia Galagan 繼續簡報介紹其高分子太陽電池之研究現況。其太陽電池主要開發應用於 roll to roll 製程上，所以基材除了使用玻璃基板外，最主要使用軟性基材上如 PET 或 PEN。首先，他們開發研究使用 Ag 電極來取代 ITO 電極，以降低成本，使用 screen printing 或 inkjet printing 方式塗佈 Ag 電極於基材上，此 ITO free 的太陽電池，Ag 電極塗佈之樣式分為兩種(見圖 50 所示)，一種為蜂巢狀，另一種則為條狀，條狀之間隔，依照其實驗之條件，最佳為 2-3mm；接著使用 slot die coating 方式塗佈 PEDOT:PSS 大約 100nm；使用 Plextronics Plexcore OS2100 的 P3HT 與 Solenne BV 的 PCBM 來製備主動層，其主動層厚度約為 220nm。圖 51 為其使用 roll to roll 製程在 PET 上面，結合使用 slot die coating 方式塗佈 PEDOT:PSS 與主動層。最後使用熱蒸鍍法，鍍上 1nm

的 LiF 與 100nm 的 Al 電極。另外他們也研究使用不同之溶劑來進行塗佈，因為在歐洲，他們不喜歡使用含有 Cl 的溶劑，所以他們改成使用 o-xylene 為溶劑。最後他們所得到大面積塗佈之效率約為 0.7%。

會後也討論與 Holst Centre 合作之可能性與作法，並建立相互交流之機會。最後於 Holst Centre 之大門前合影(見圖 52)，結束一整天的參訪行程。

此次參訪 Holst Centre 可以感受到此公司對研究所持有之態度與本國有相當大的不同。雖然在 Holst Centre 的有機太陽電池部門只有兩位博士在進行研究；然而，他們卻有數個技術部門的支持，進而完成他們的實驗。他們強調開放的思想與相互溝通，使他們能夠獲得創新之概念，且迅速解決問題。在本國，同公司不同部門之間的溝通，常存在著不信任感與主從觀念，無法全力相互幫助與資源互通有無。導致大都屬於單打獨鬥之局面，降低整個研究之進展。

此次參觀 Holst Centre 有非常大之助益。一方面此公司在荷蘭之定位，接近於台灣之工研院；其開放共享實驗室鼓勵業界與學界一同參與研究，並注重合作溝通整合的資源利用，值得我們參考學習。另一方面，此參訪與本所研究之內容相當接近，可以從中吸取相當多的經驗，與研究人員交流較深入的問題，對於未來的研究工作將有更多的想法。此外，看到整套之製程實驗設備，此經驗亦有助於未來回台灣後，據此改善實驗室環境與架設更先進的儀器，期能達到世界級實驗室水準。

四、建議事項

1. 雖然 OPV 是各種太陽能電池中效能偏低的一種，然而其生產所需之能量、CO₂ 與能量償還時間 energy payback time 卻是最少的，因此有機太陽能電池是目前最環保的太陽能電池，在全球重視節能減碳的現今環境中將愈顯重要。本所雖已切入有機太陽電池領域，然而在人力與物力投入上，仍遠比不上國際研究機構。建議本所仍應投入適當之基本人力與物力，切入關鍵之製程技術，如 inkjet printing 技術，以為後續時機成熟時，仍有機會進入國際 OPV 市場。
2. 有機高分子太陽電池於此次展覽中，雖只佔整體大會的一小部份。然而卻發現除 Konarka 公司外另一家 Heliatek 也展現出強烈的企圖心準備投入產品的生產與降低成本，該公司宣稱其 OPV 產品於 2012 年售價可降至 €0.4/W 且壽命>30 年，直接挑戰矽基與其他薄膜太陽能電池，若能成功達成此一目標，在薄膜太陽能電池市場極有可能脫穎而出，本所需密切注意其發展。
3. OPV 有機太陽能電池、最被遲疑的是壽命問題，但利用 inkjet printing 的技術所製造出的元件，目前已可操作 10000 小時(從起始 PCE 3.5%降至 1.8%)，劣化主要的關鍵為氧汙染 (oxygen contamination)，因此慎選或研製抗氧化的 barrier films 將是延長 OPV 壽命的關鍵技術，建議本所可以考慮此一研發方向發展。
4. 透過此次實地參訪 Holst Centre，可以實際看到整套之製程實驗設施，據此可以改善本所實驗室環境與架設更合適的儀器設備。由於該中心發展 OPV 的時間與技術皆領先核研所 3-5 年，因此目前雙方比較難有實質合作計畫，故僅能先從學術交流著手，以助於本所在 OPV 太陽能電池製程發展規劃與執行之參考。
5. Holst Centre 是一所開放式創新技術的研發中心，主要推動共享實驗室鼓勵業界與學界一同參與研究，讓學生、研究人員、工程師之間能夠有充分溝通交流平台與有效的相互支援研究等，其注重合作溝通研究的資源整合利用方式與處理態度，值得我們學習參考。

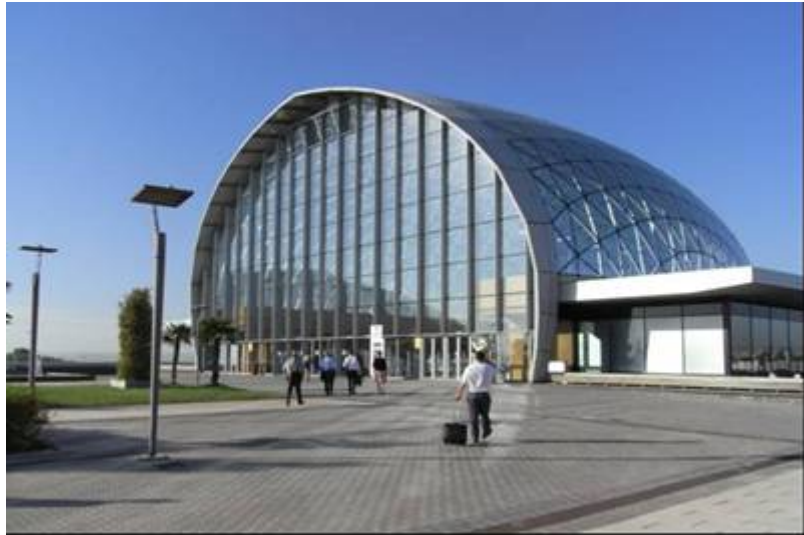


圖 1 歐洲太陽能國際研討暨展覽會(25th EU PVSEC)，研討會會場情景



圖 2 歐洲太陽能國際研討暨展覽會(25th EU PVSEC)，展覽會場情景

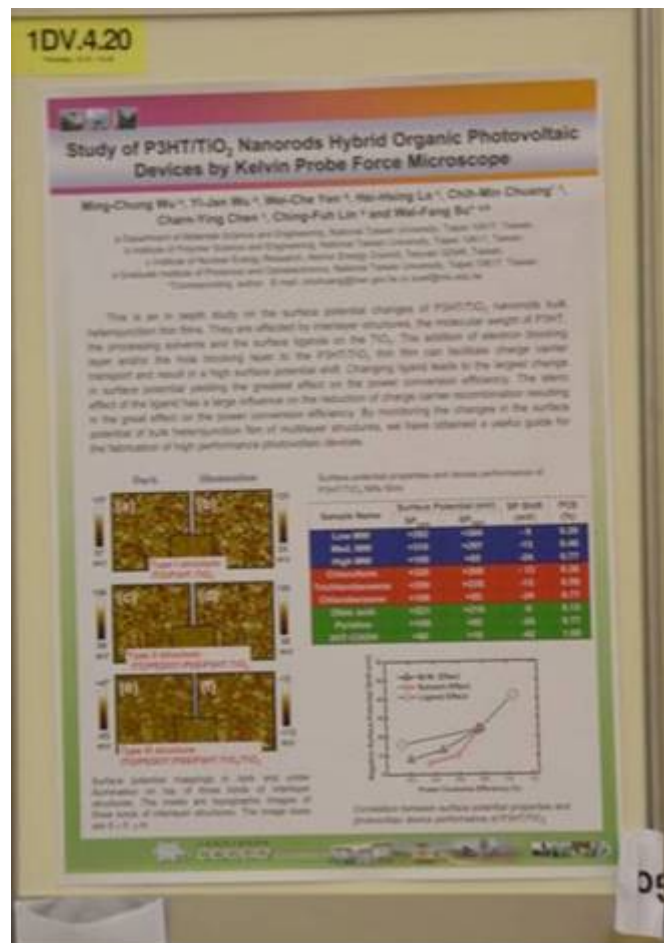


圖 3 核研所於本次會場展出之海報



圖 4 荷蘭愛因荷芬之高科技園區

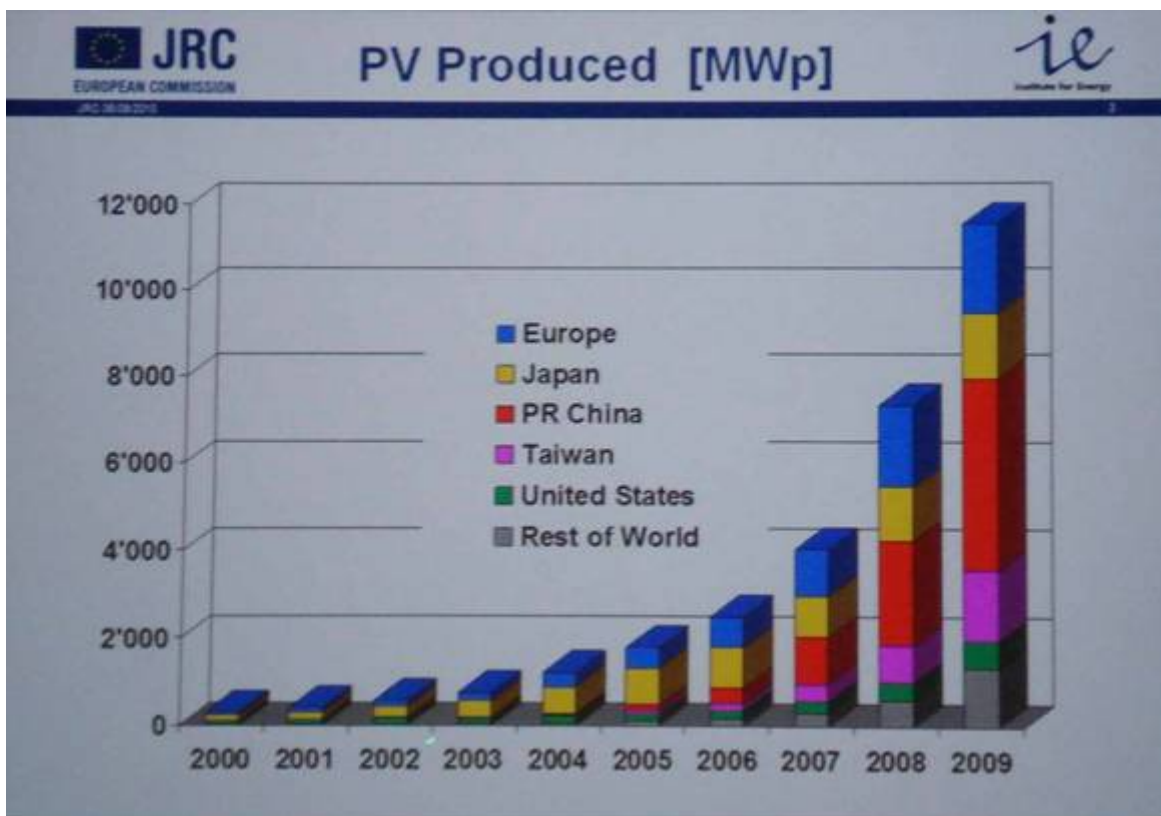
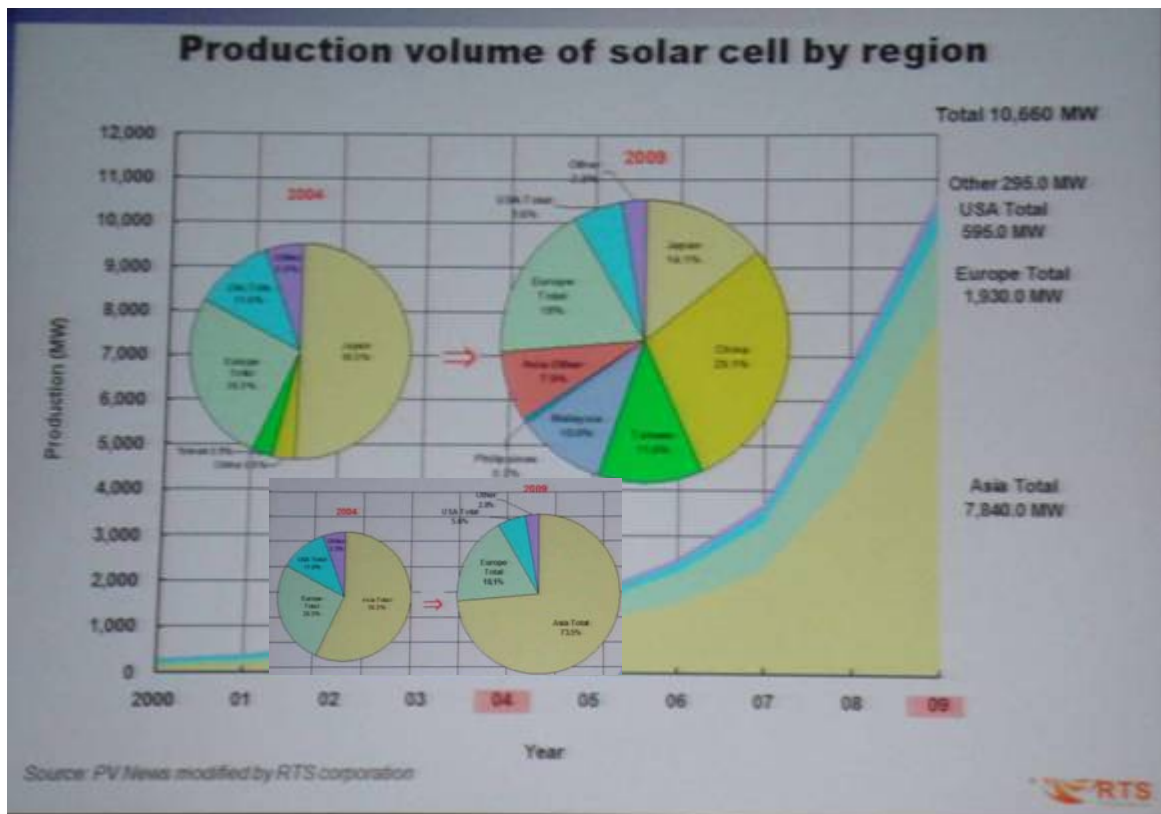


圖 5 全球地區與主要國家 PV 產量分布情形

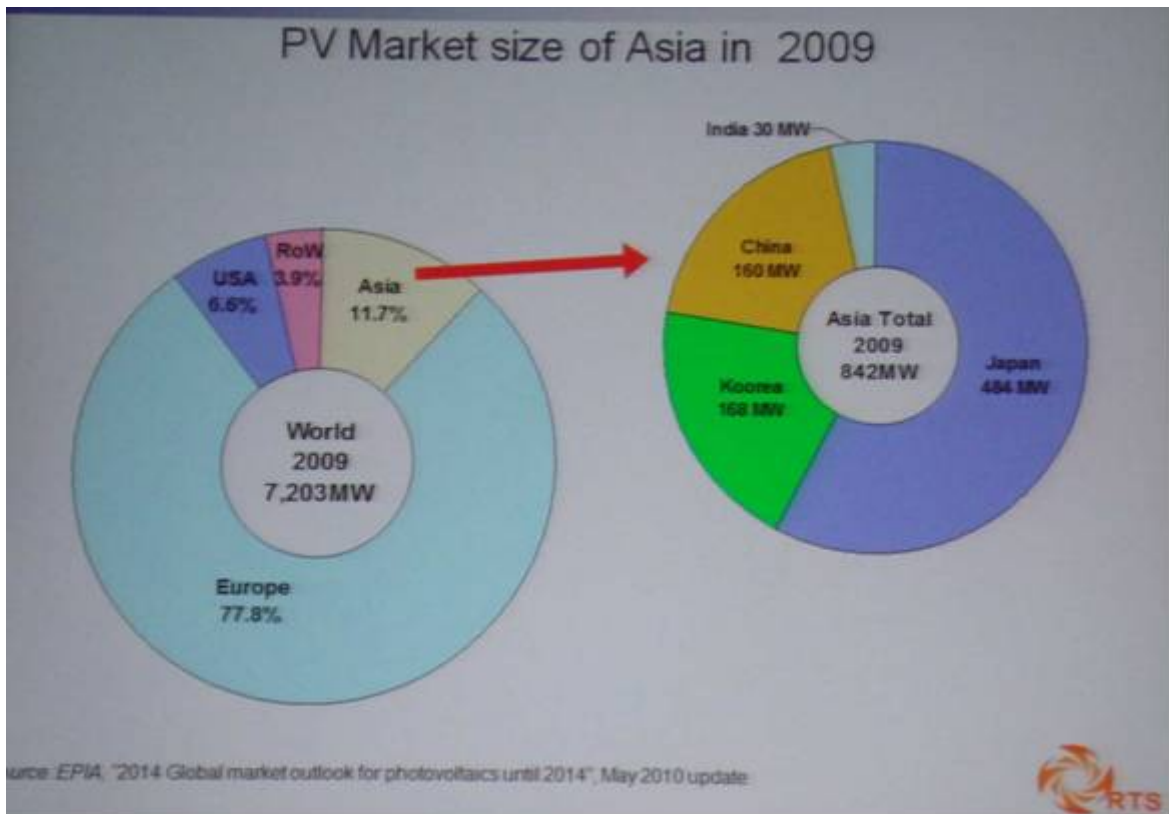


圖 6 全球 PV 市場與亞洲主要國家分布情形

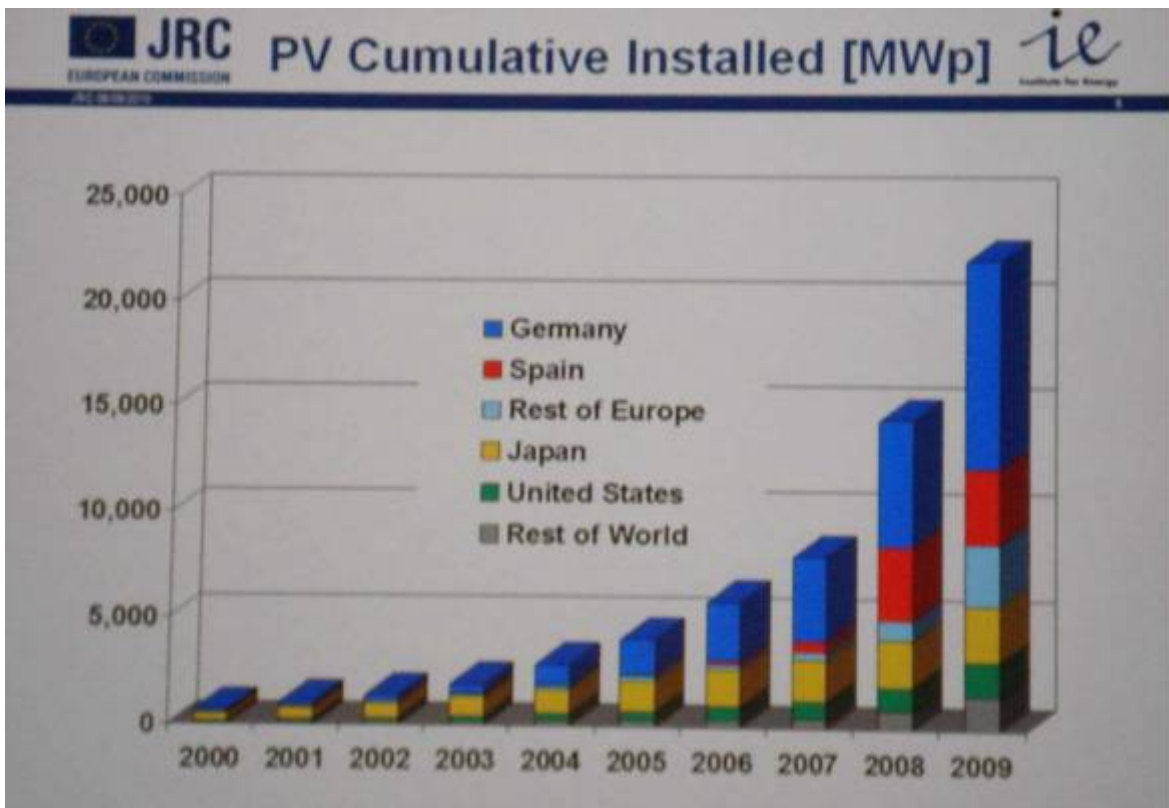


圖 7 全球主要國家 PV 產量分布情形

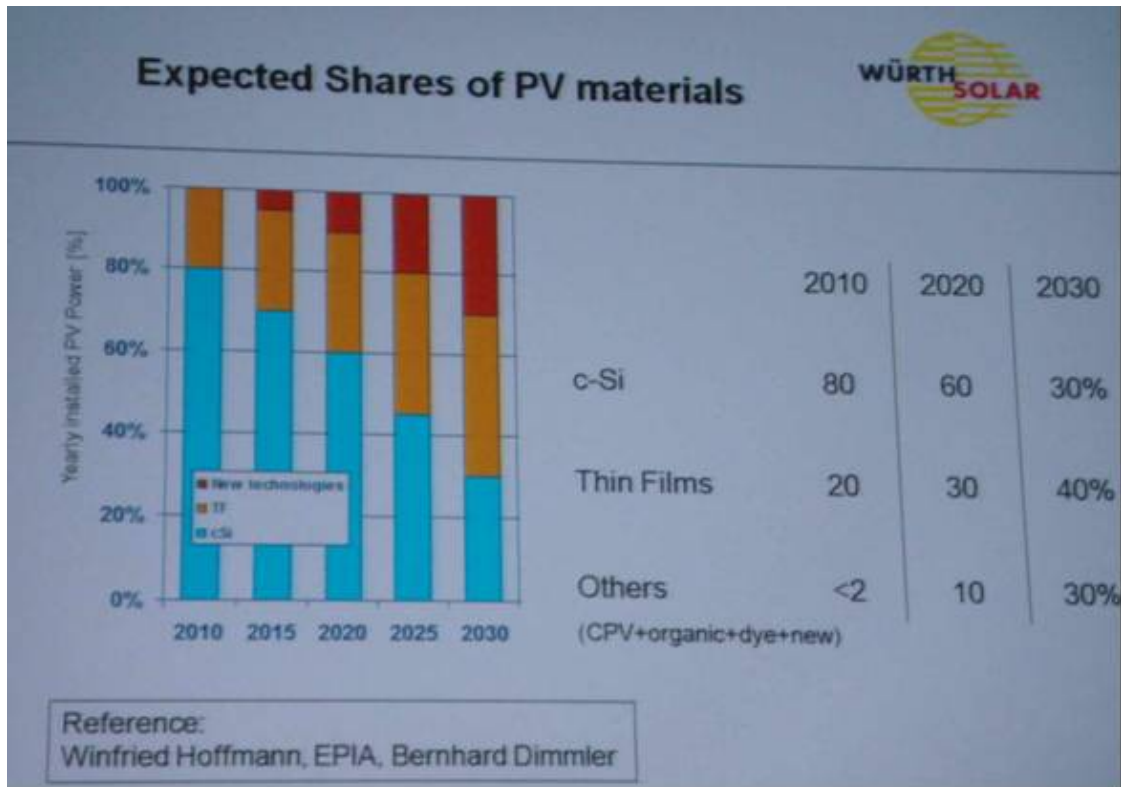


圖 8 PV 材料預估 2010-2020-2030 佔有率變化

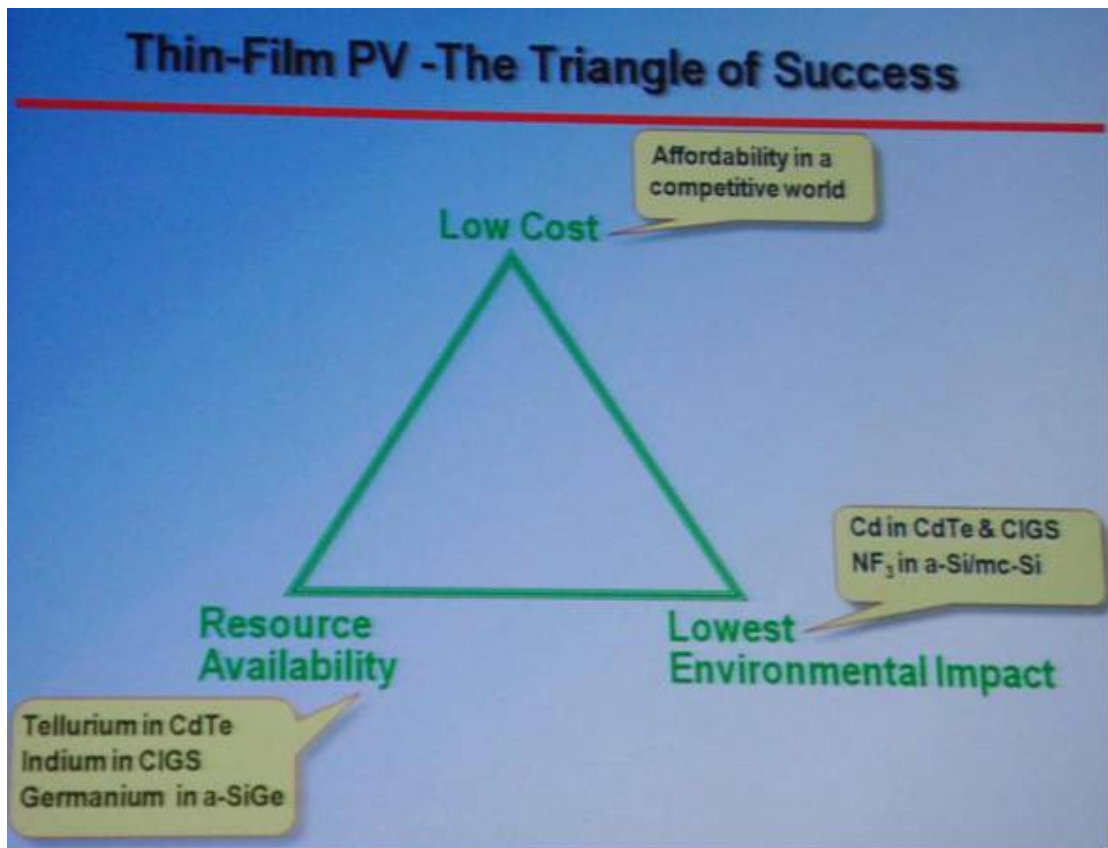


圖 9 薄膜太陽能電池成功 3 要素

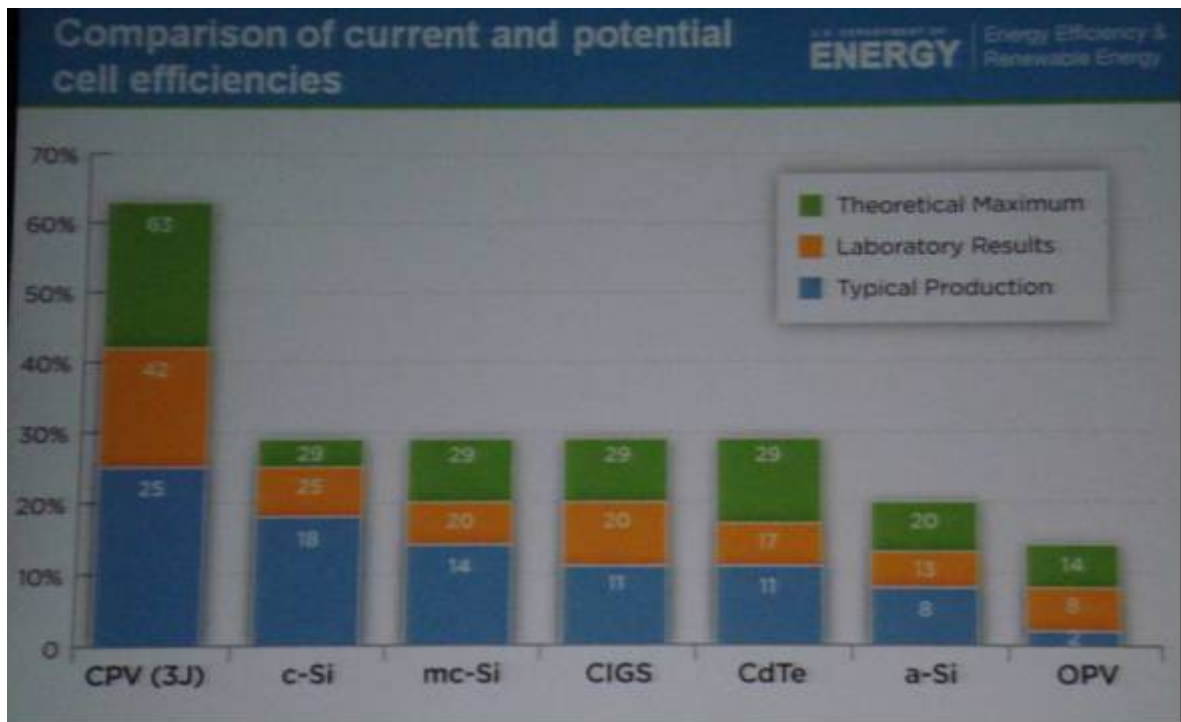


圖 10 目前各種太陽能之理論值、實驗值與生產值

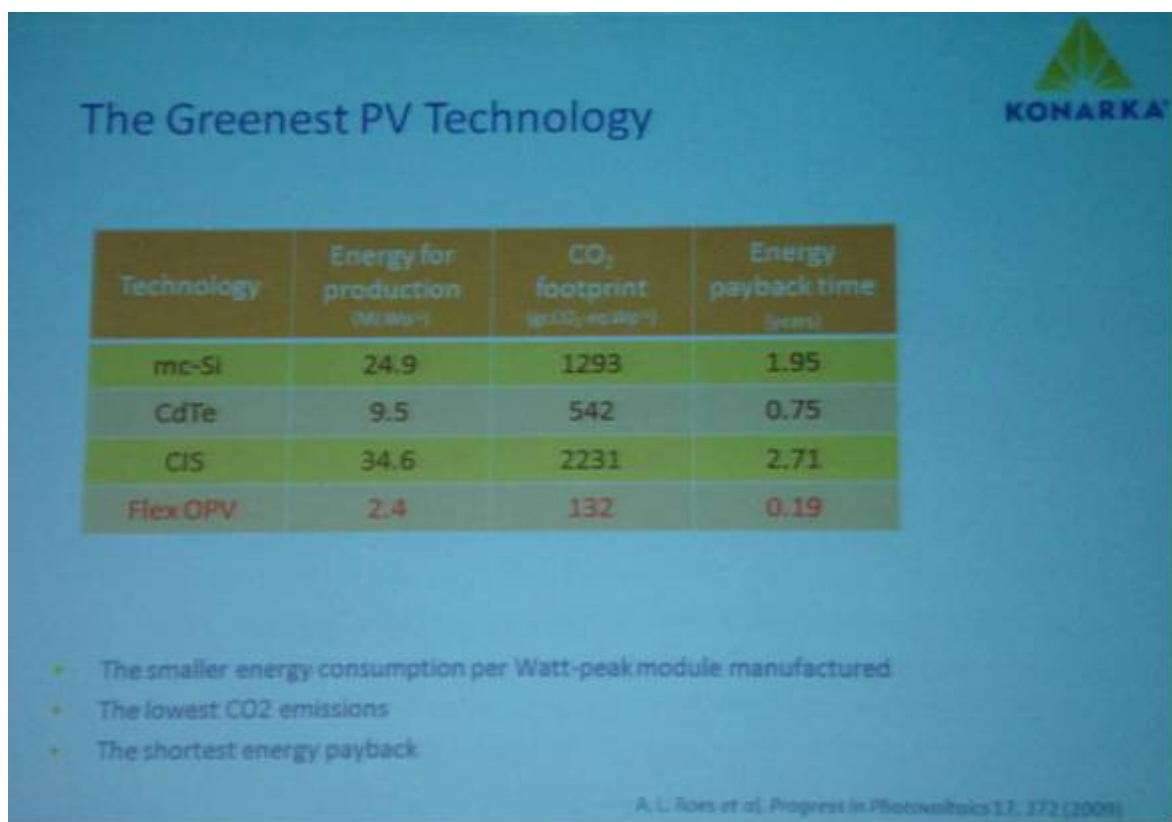


圖 11 比較各種太陽能電池生產所需之能量、CO₂與能量償還時間



圖 12 Konarka 公司 OPV 之應用產品





圖 13 Konarka 公司會場展示之 OPV 應用產品

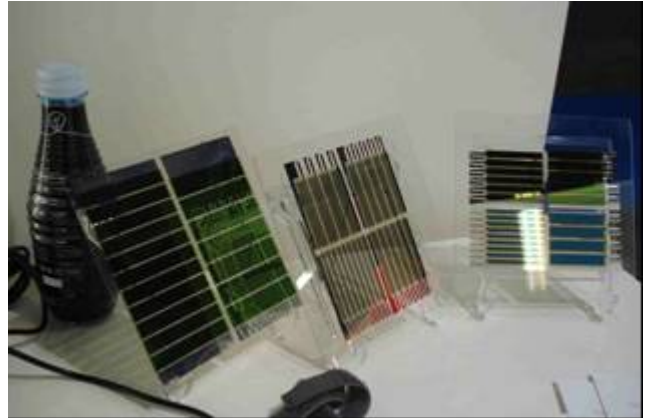
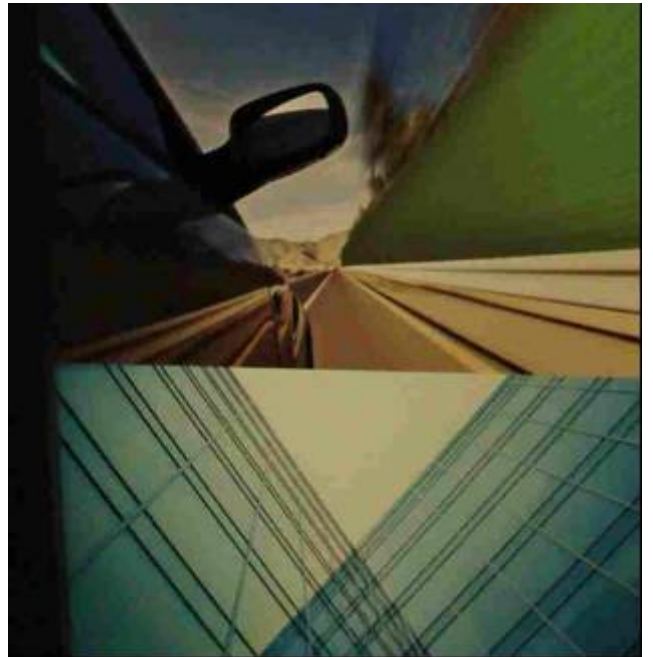


圖 14 Heliatek 公司 OPV 之應用產品

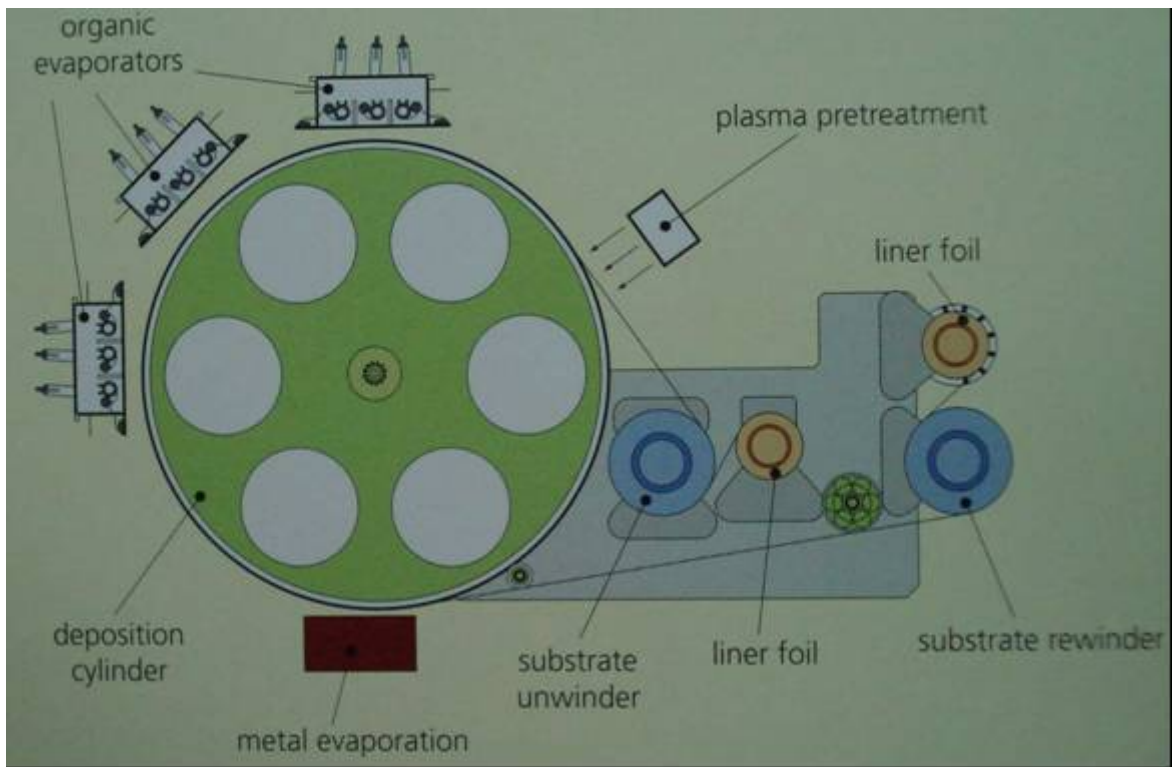


圖 15 Fraunhofer Institute Photonic Microsystems IPMS 發展 roll-to roll 製程技術

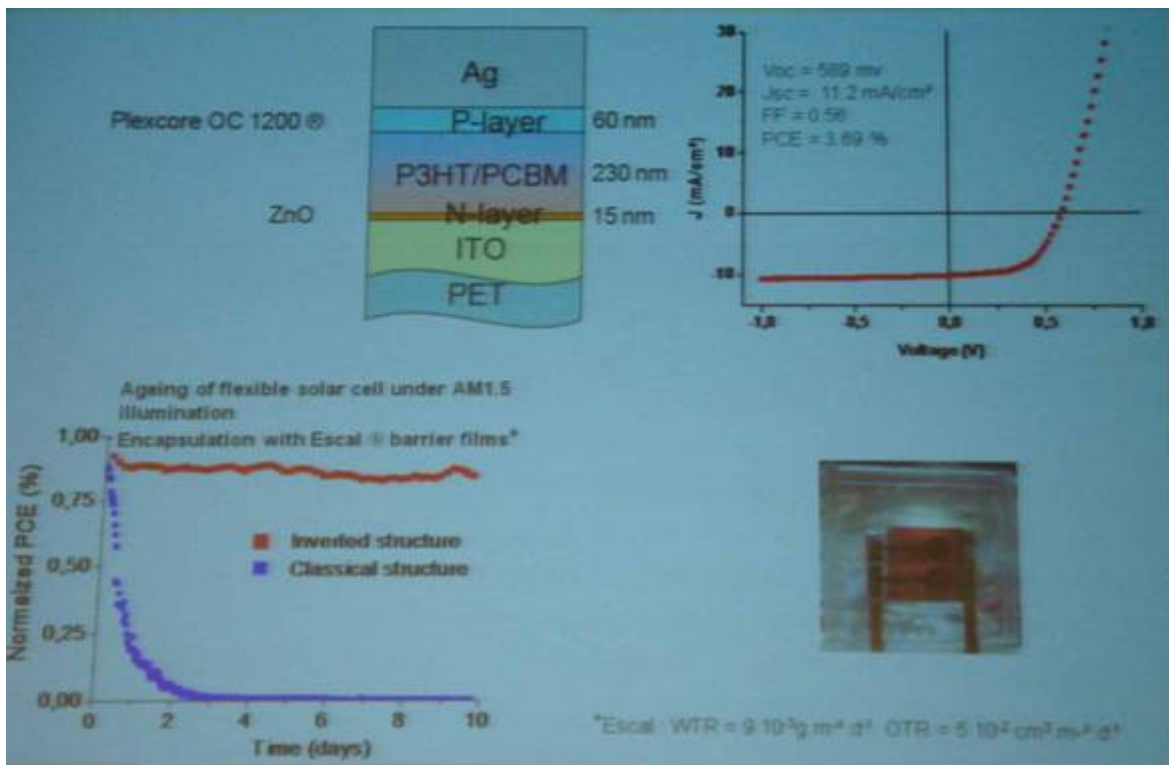


圖 16 利用 inkjet printing 技術所製造出的反式結構(inverted structure)較傳統結構(classical structure)不易老化

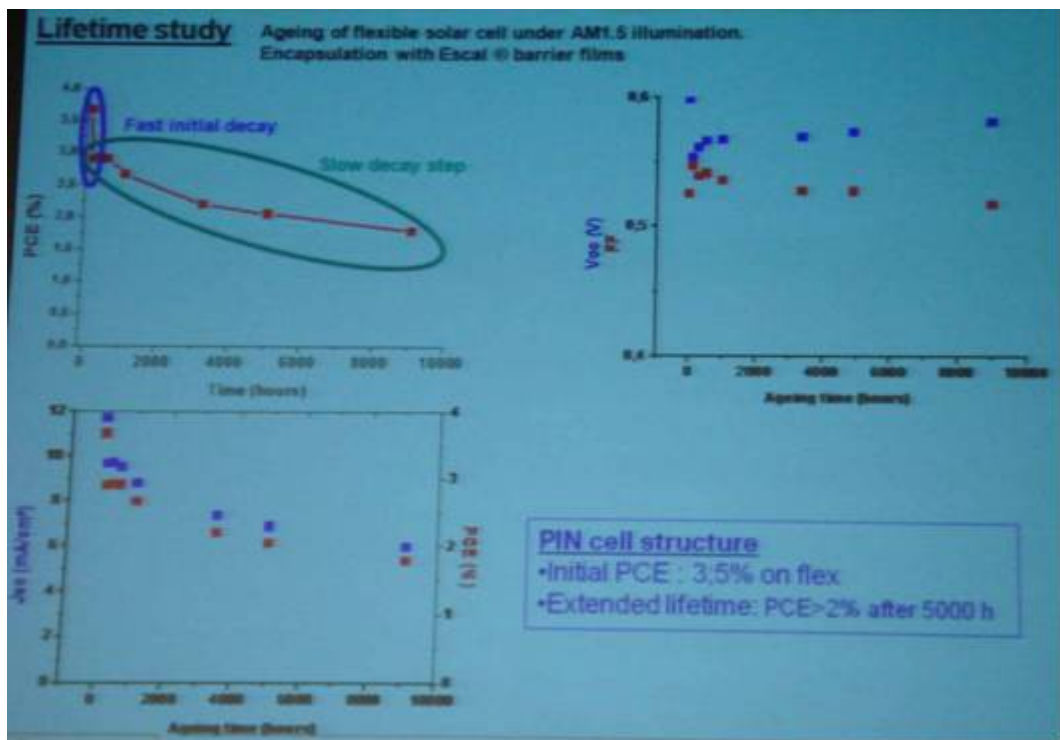


圖 17 OPV Life Time Study：起始 PCE 3.5% 經 5,000 小時降至 >2%，10,000 小時則降至 1.8%

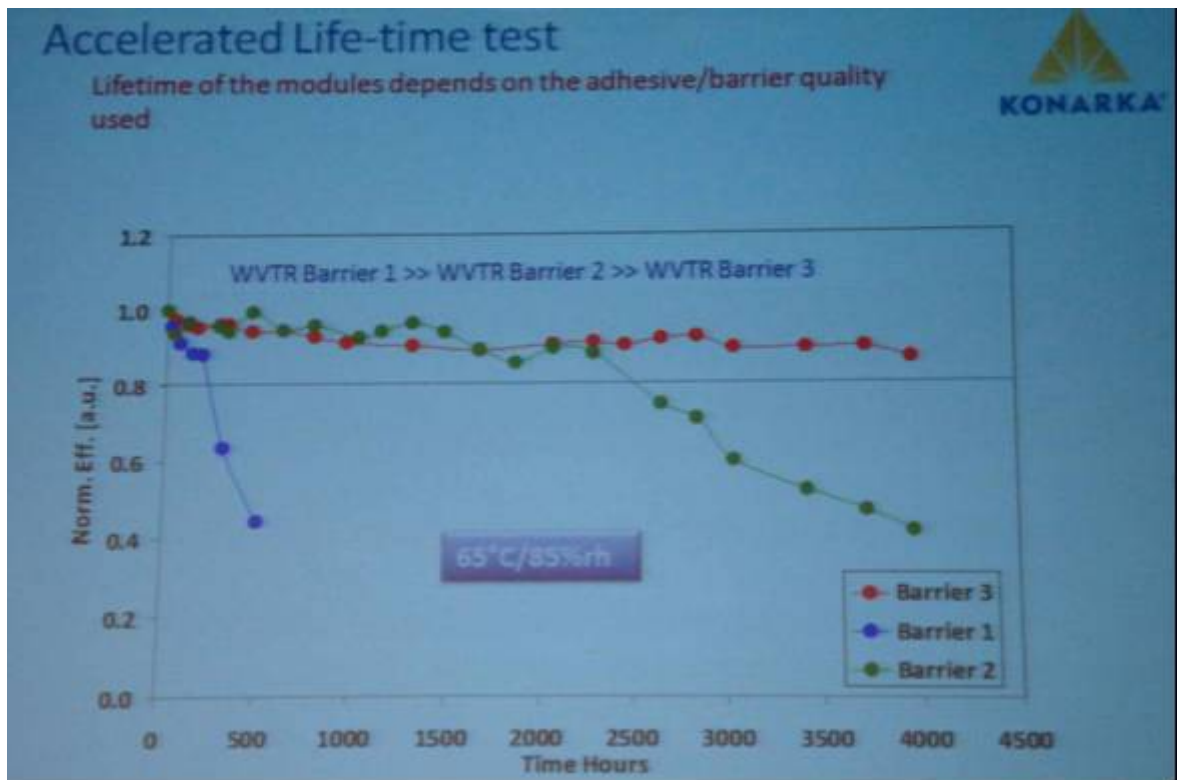


圖 18 Konarka 公司 OPV Life-Time Test

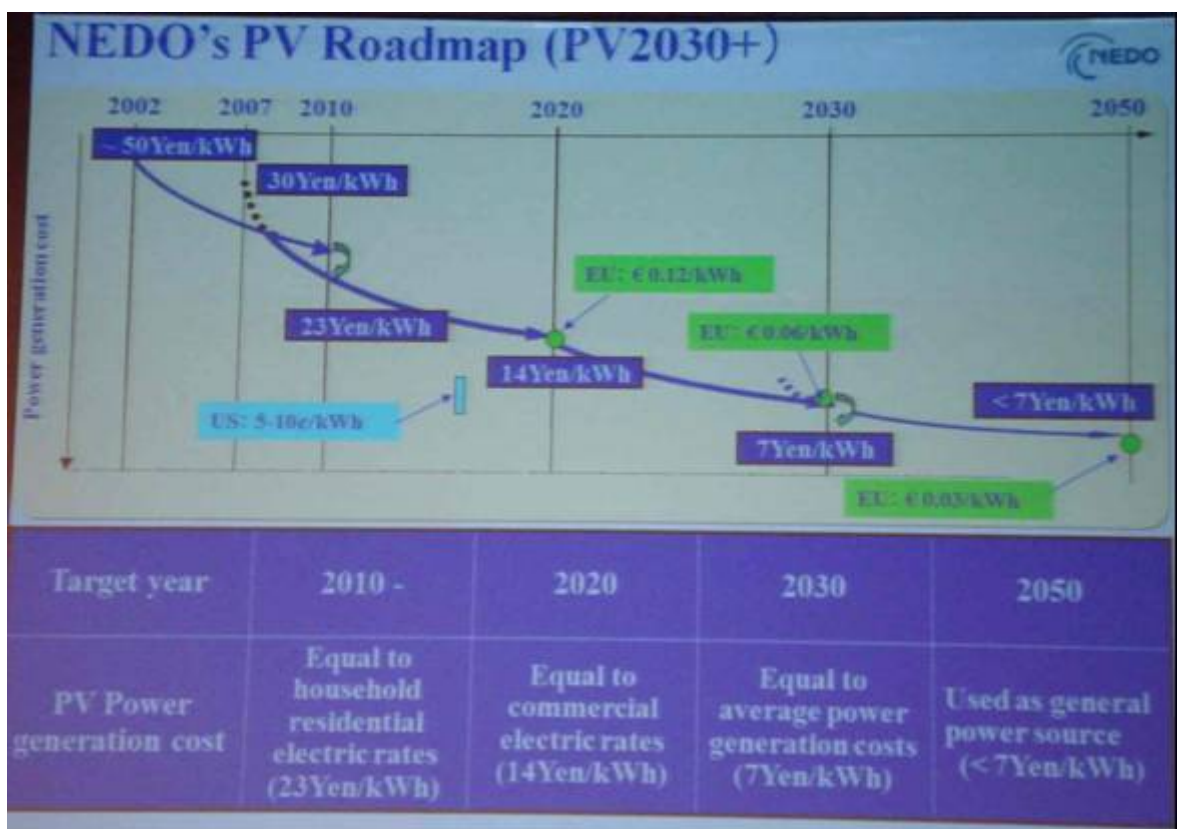


圖 19 日本 NEDO 組織在太陽能電池系統 cost down 之 Roadmap

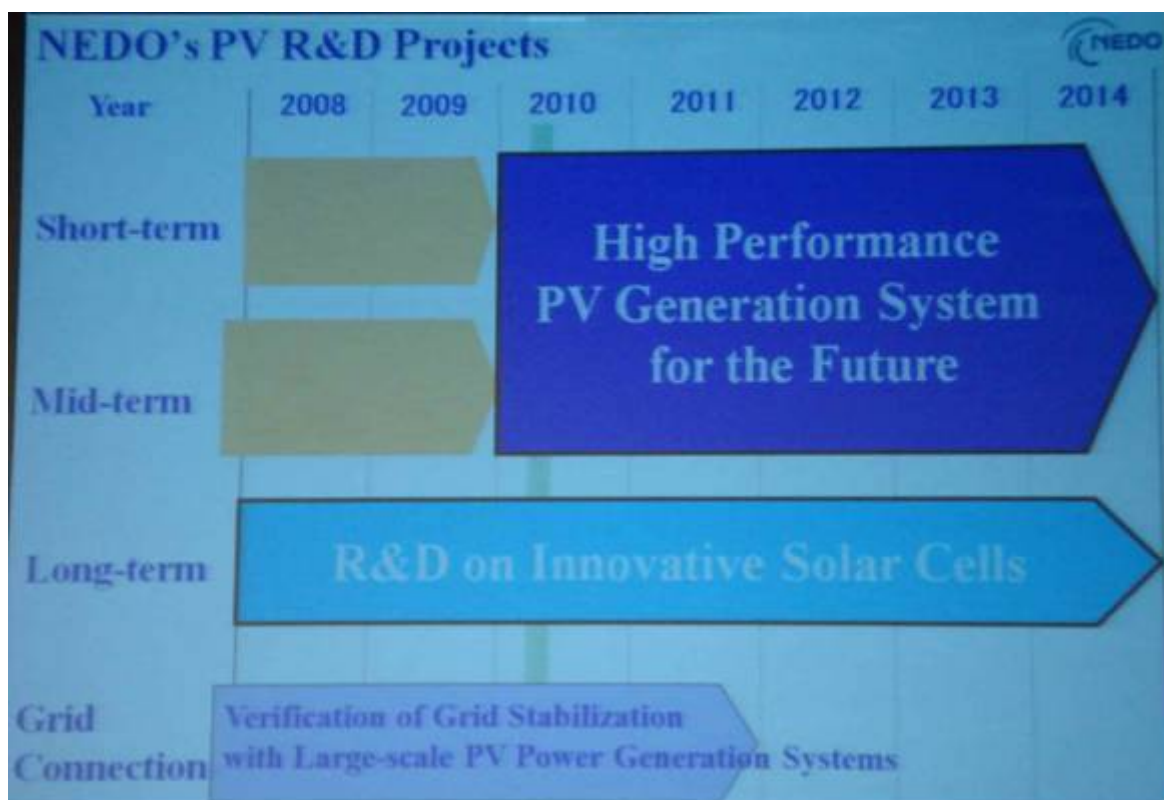


圖 20 日本 NEDO 組織太陽能電池研究發展計劃

High Performance PV Generation System for the Future

Background

- the Japanese Government's Target:
increasing PV installations twentyfold by 2020

Targets

- ▶ 14 Yen/ kWh or €0.13/kWh (Year of 2020)
- ▶ Module production cost: 75/ W or €0.68/W
- ▶ Module conversion efficiency: 20% for wafer-based Si (between Year of 2015-2020)

Period and Budget

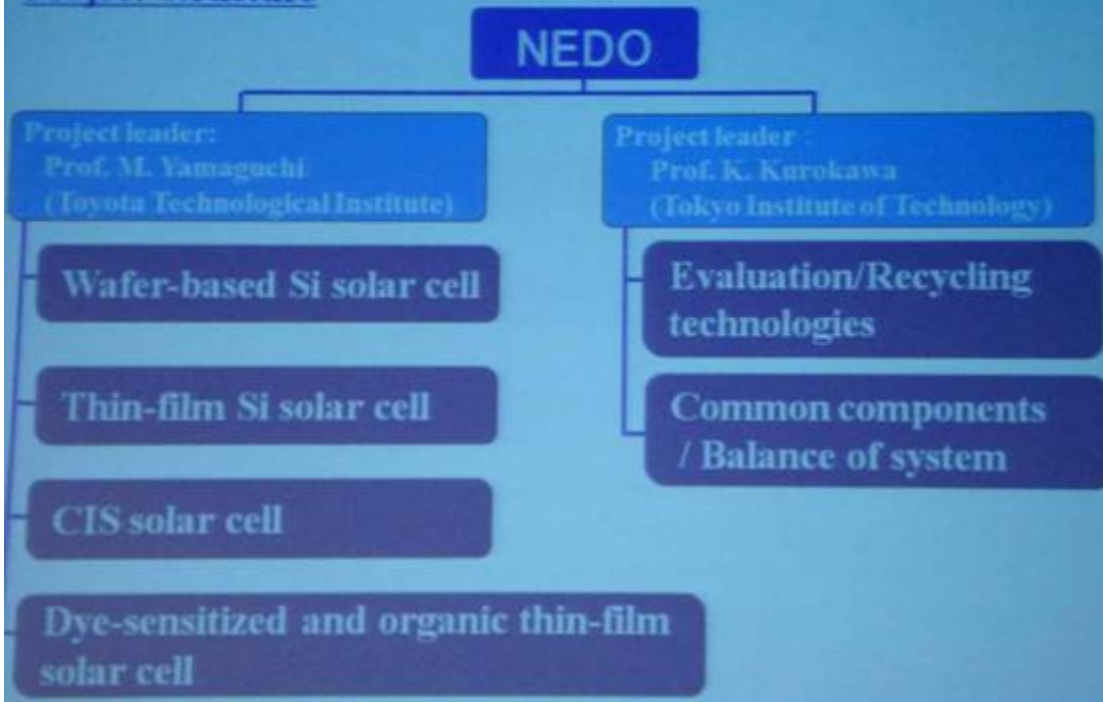
- FY2010 - 2014 (5 years)
- 4 billion Yen(FY2010)

圖 21 日本 NEDO 短中期 R&D 計畫發展高效能 PV system 主要目標

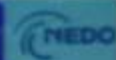
High Performance PV Generation System for the Future



Project Structure



High Performance PV Generation System for the Future



Wafer-based Si solar cell

- High-efficiency technology: target: 20% at module level
- Reduction of production costs



Thin-film Si solar cell


- High-efficiency technology: target: 14% at module level
- Improve of productivity



CIS solar cell

- High-efficiency technology: target: 18% at module level
- Reduction of production costs



High Performance PV Generation System for the Future 

Dye-sensitized and organic thin-film solar cell

- High-efficiency technology: target: 10% at module level
- Improvement of durability

Evaluation/Recycling technologies


- Evaluation of electric-generating capacity
- Reliability assessment and long-life module technologies
- Technologies for recycling and reuse

Common components / Balance of system

- Development of common components and peripheral components
- Standardization



圖 22 日本 NEDO 短中期 R&D 發展高效能 PV system 之主要計畫

R&D on Innovative Solar Cells 

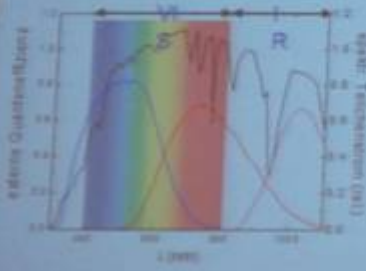
Target

- Realizing Super High Efficiency PV Technologies over 40% efficiency in 2050

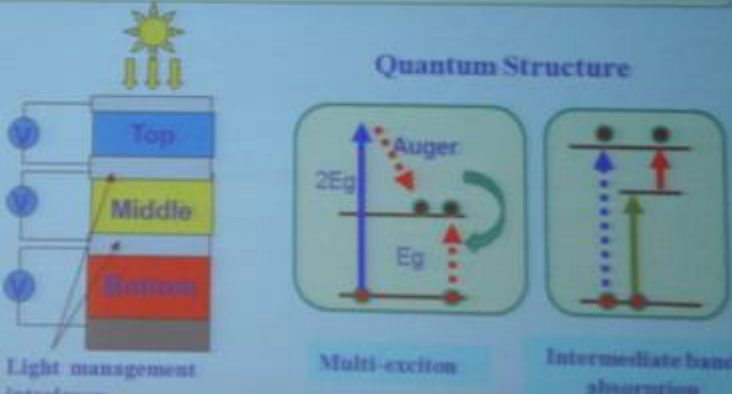
Period and Budget and

- FY2008 - 2014 (7 years)
- 1.9 billion Yen (FY2010)

Multijunction solar cell



Quantum Structure



Light management interlayer

Multi-exciton

Intermediate band absorption

圖 23 日本 NEDO 計畫中發展創新太陽能電池(Innovative Solar Cells)

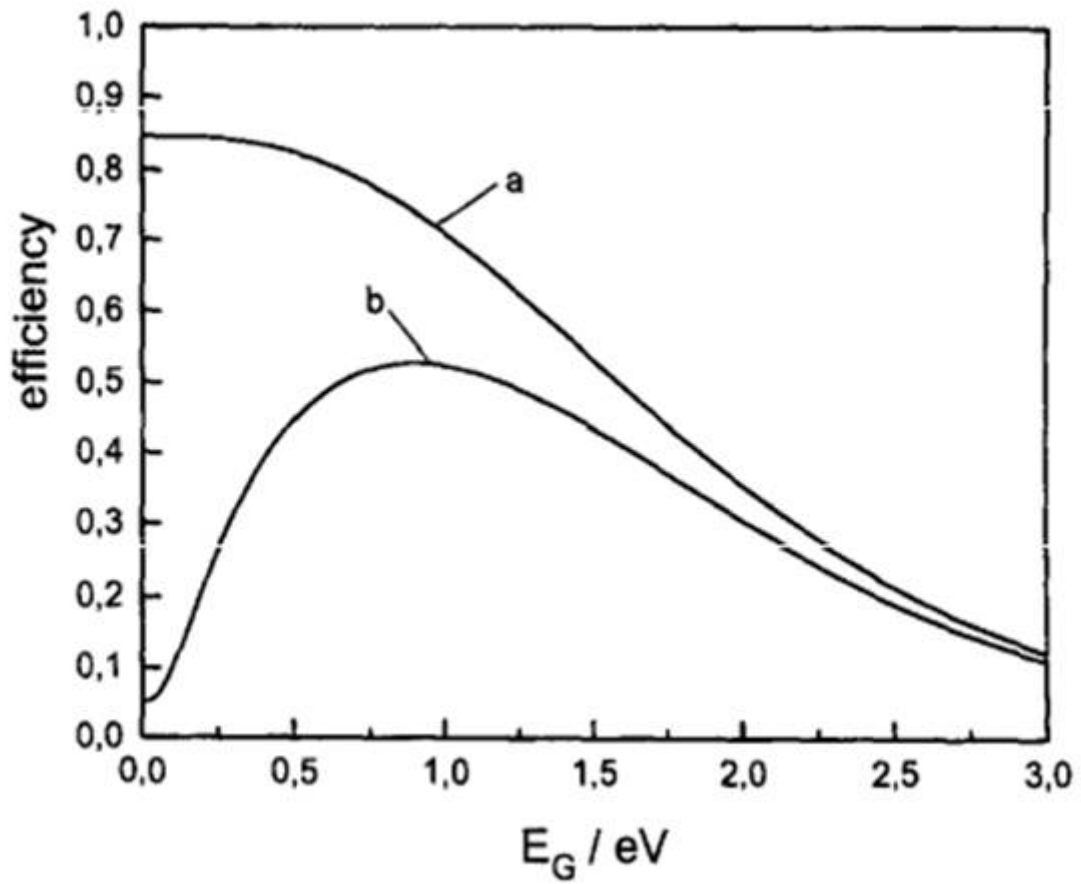


圖 24 使用 hot-carrier 所預估之效率值；(a)使用全部之太陽光，(b)使用 AM0 之太陽光

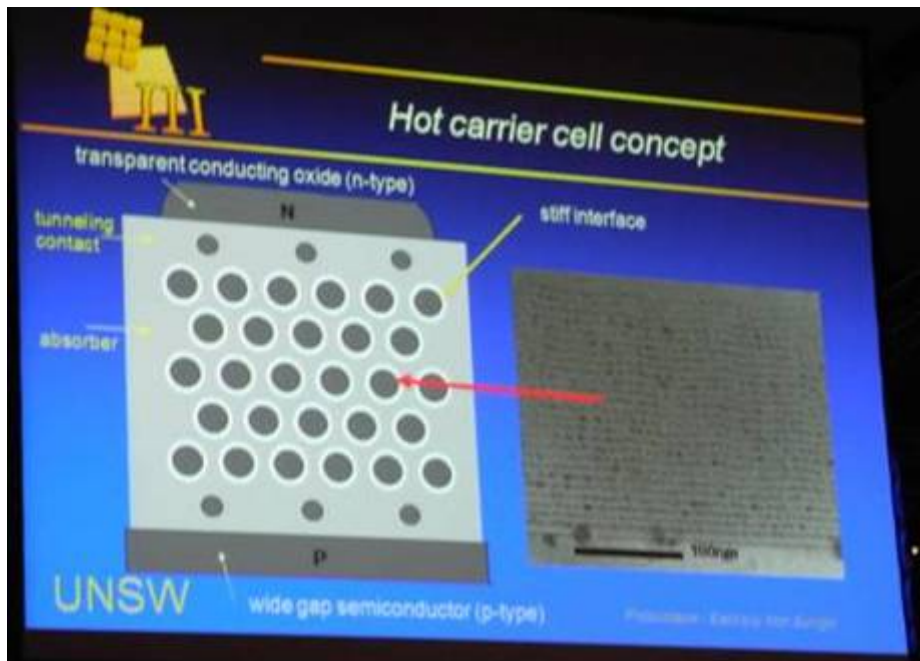


圖 25 使用週期排列來調控聲子之效應

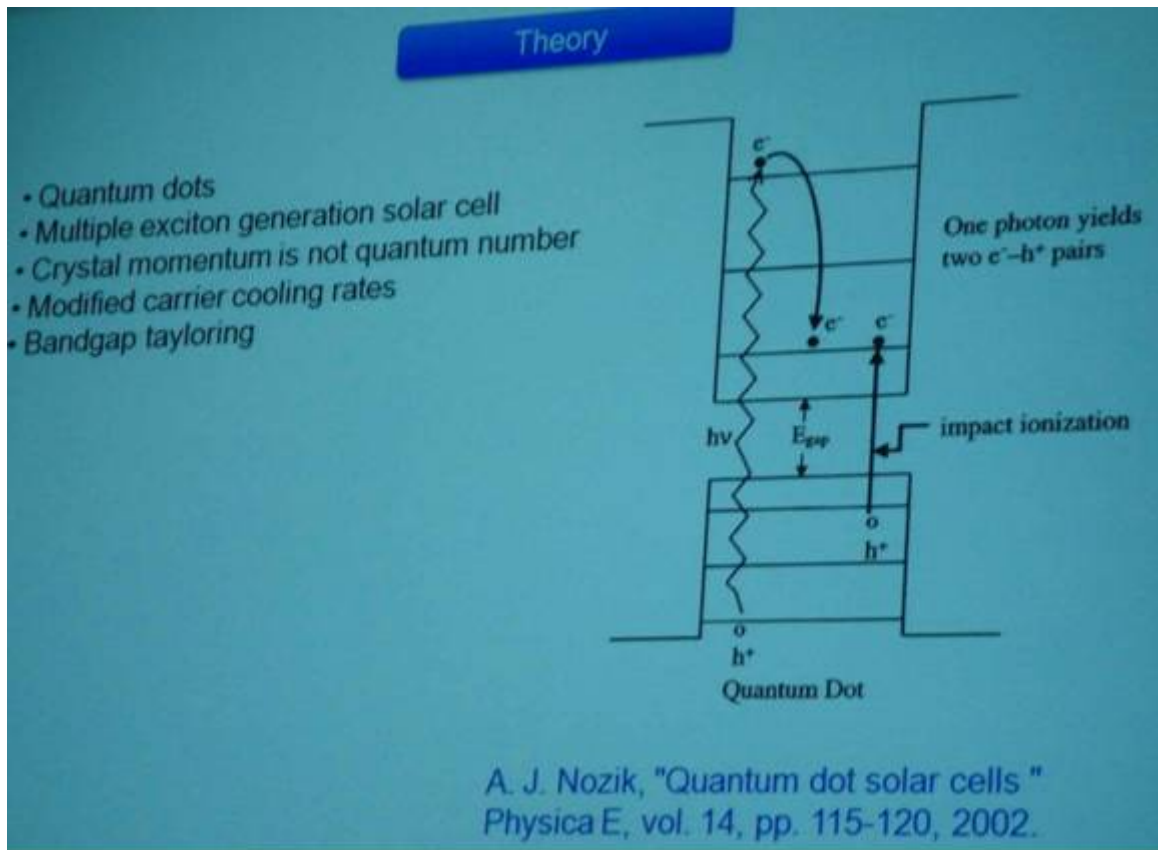


圖 26 多激子效應之太陽電池原理

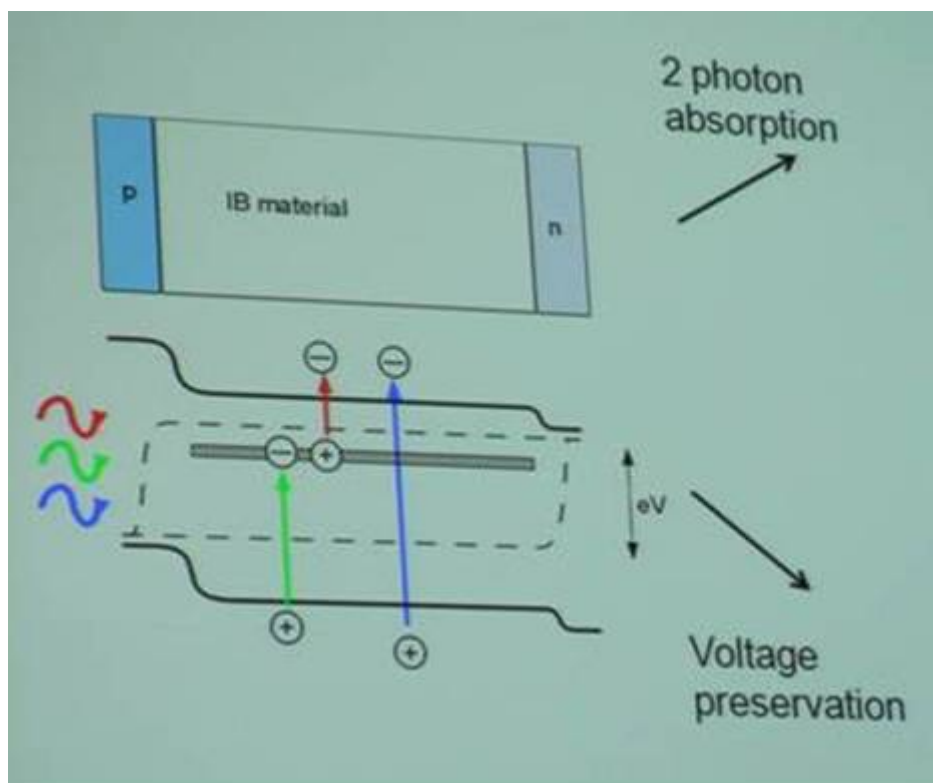


圖 27 Intermediate band 太陽電池原理

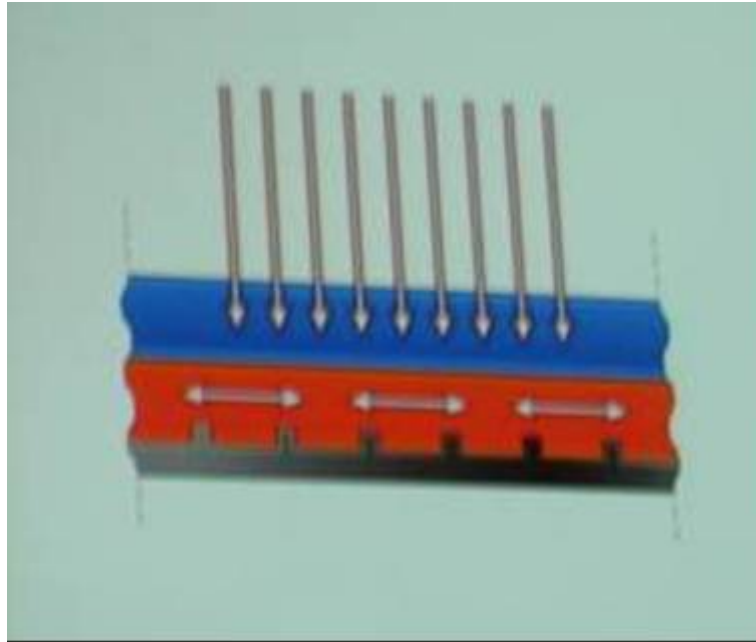


圖 28 太陽電池底部製作奈米圖印之示意圖

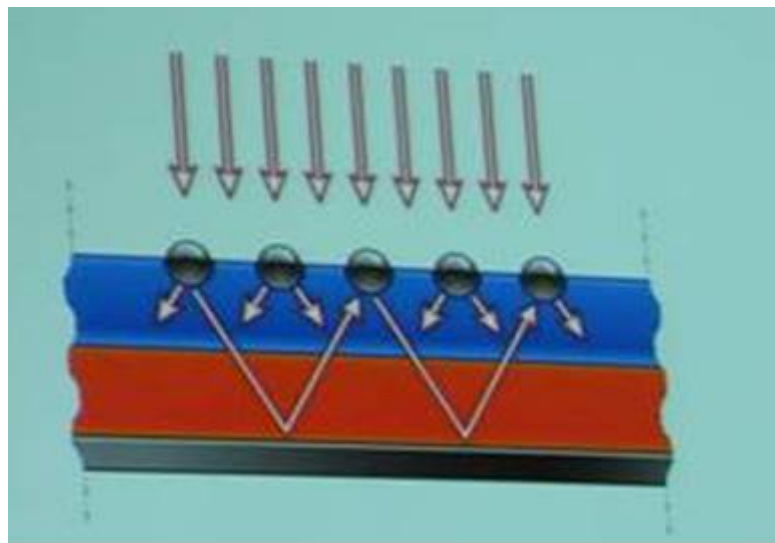


圖 29 太陽電池表面製作金屬顆粒之示意圖

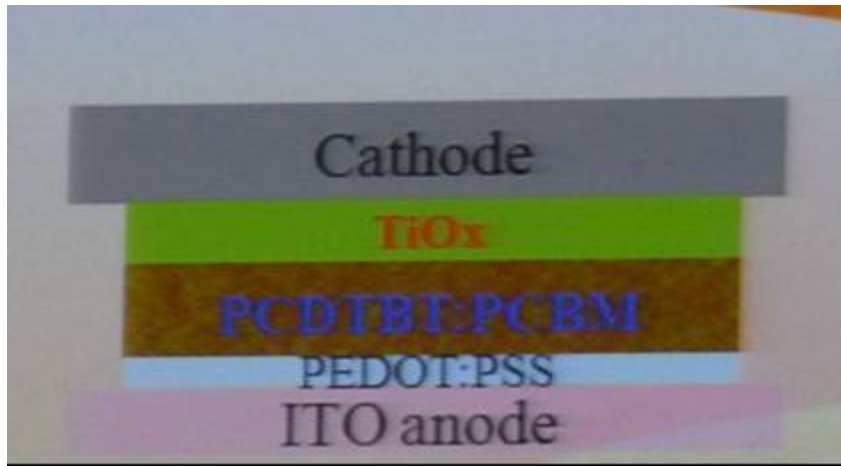


圖 30 PCDTBT/PCBM 太陽電池結構示意圖

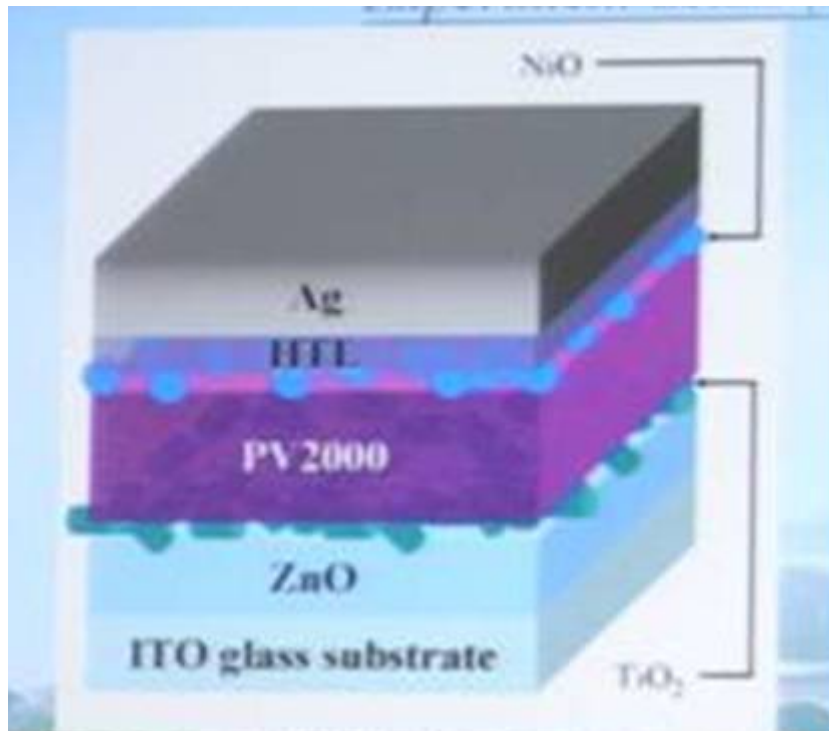


圖 31 反式結構之有機太陽電池示意圖

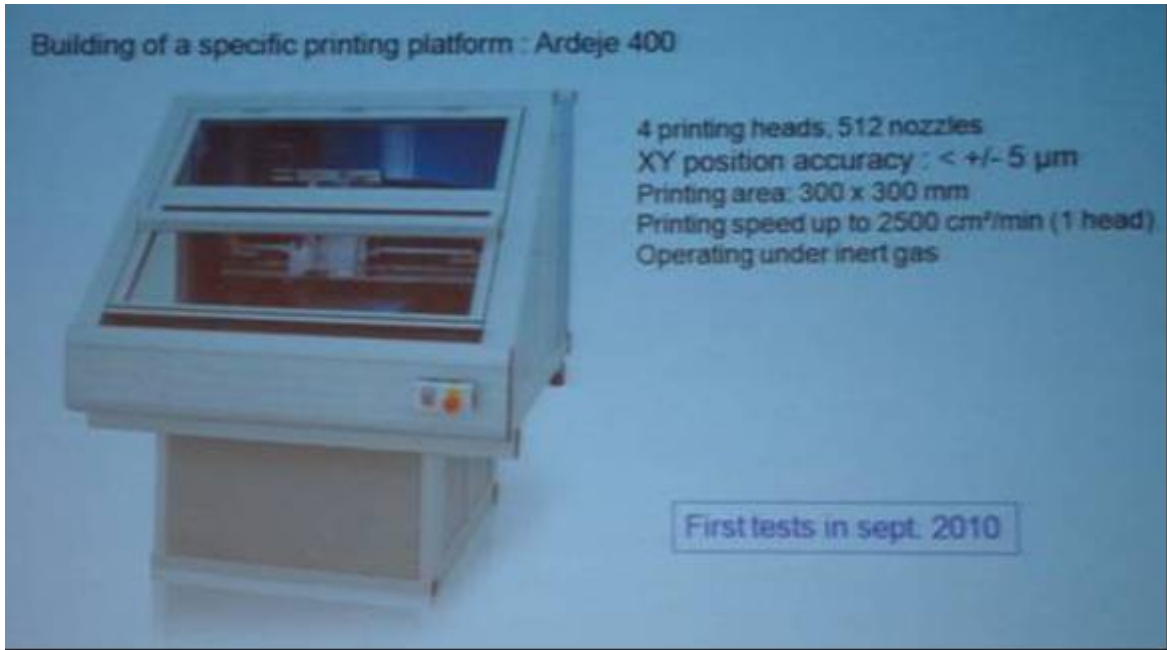


圖 32 Inkjet printing 商業用之機台

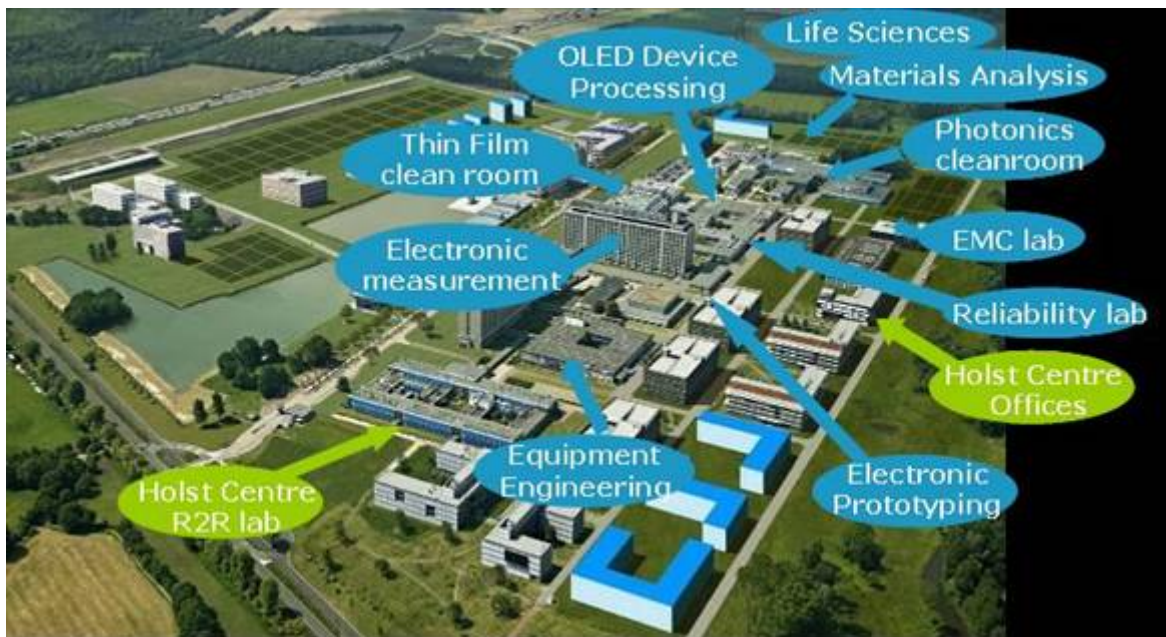


圖 33 愛因荷芬高科技園區之共享實驗室

Technology Integration Programs: windows on application areas, guiding choices in the TPs

Technology Programs: development of key technologies		TIP Printed Organic Lighting and Signage	TIP Body Area Networks	TIP Smart Packaging	TIP Organic Photo- voltaics
WATS	TP Ultra-Low Power DSP				
	TP Ultra-Low Power Wireless				
	TP Micropower Generation				
	TP Sensors and Actuators				
	TP Low Power Analog IC Design				
SIF	TP Large-Area Printing				
	TP Electrodes and Barriers				
	TP Integration Technologies for Flex				
	TP Printed Conductive Structures				
	TP Organic and Oxide Transistors				
	TP Lithography on Flexible Substrates				

圖 34 Holst Centre 研究項目

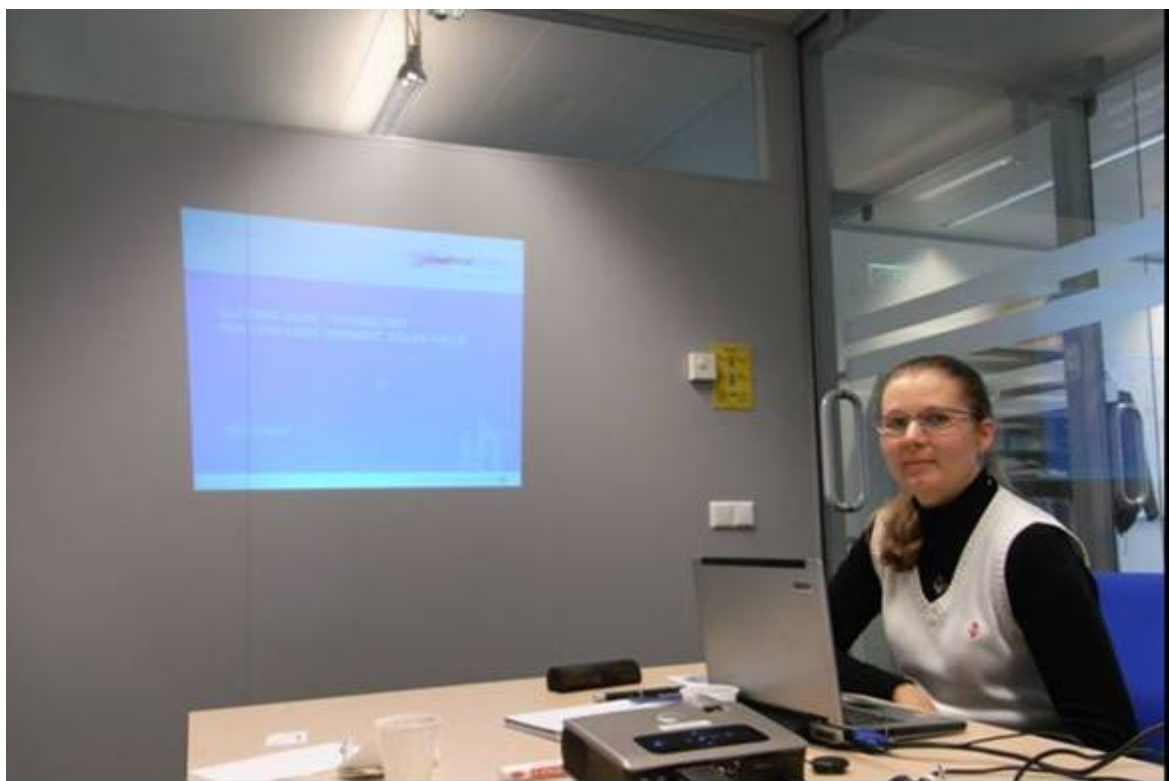


圖 35 Dr.Yulia Galagan 簡報 Holst Centre 之現況.

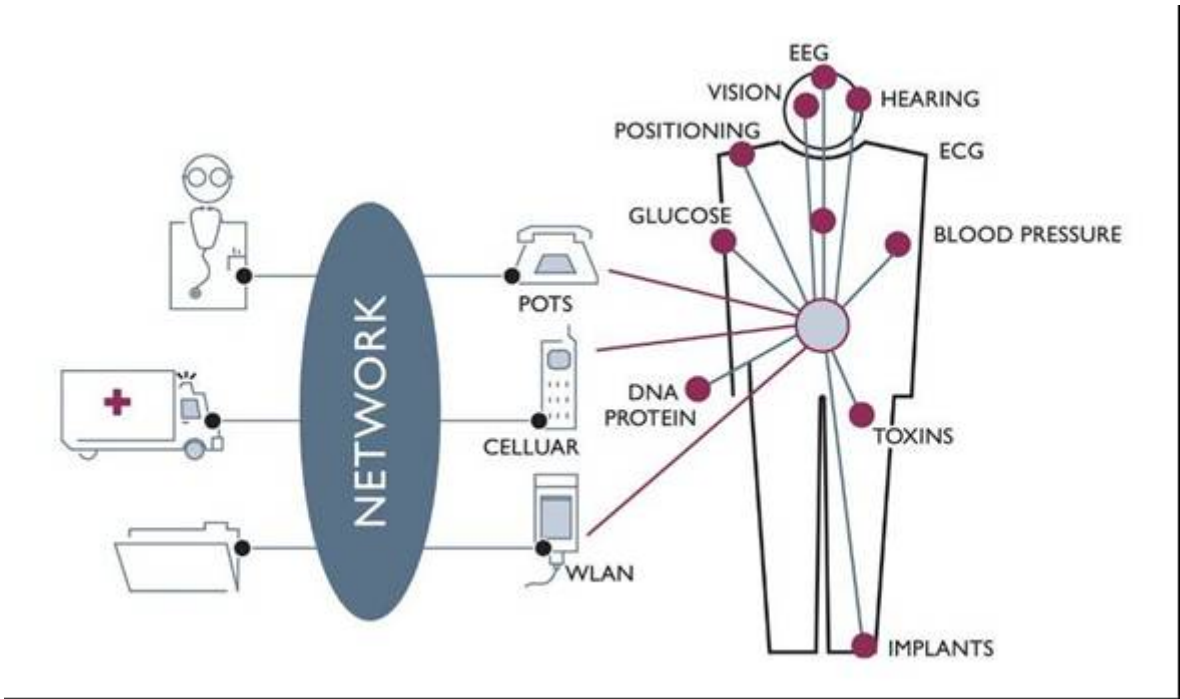


圖 36 Holst Centre 之 Body-area network 研究方向

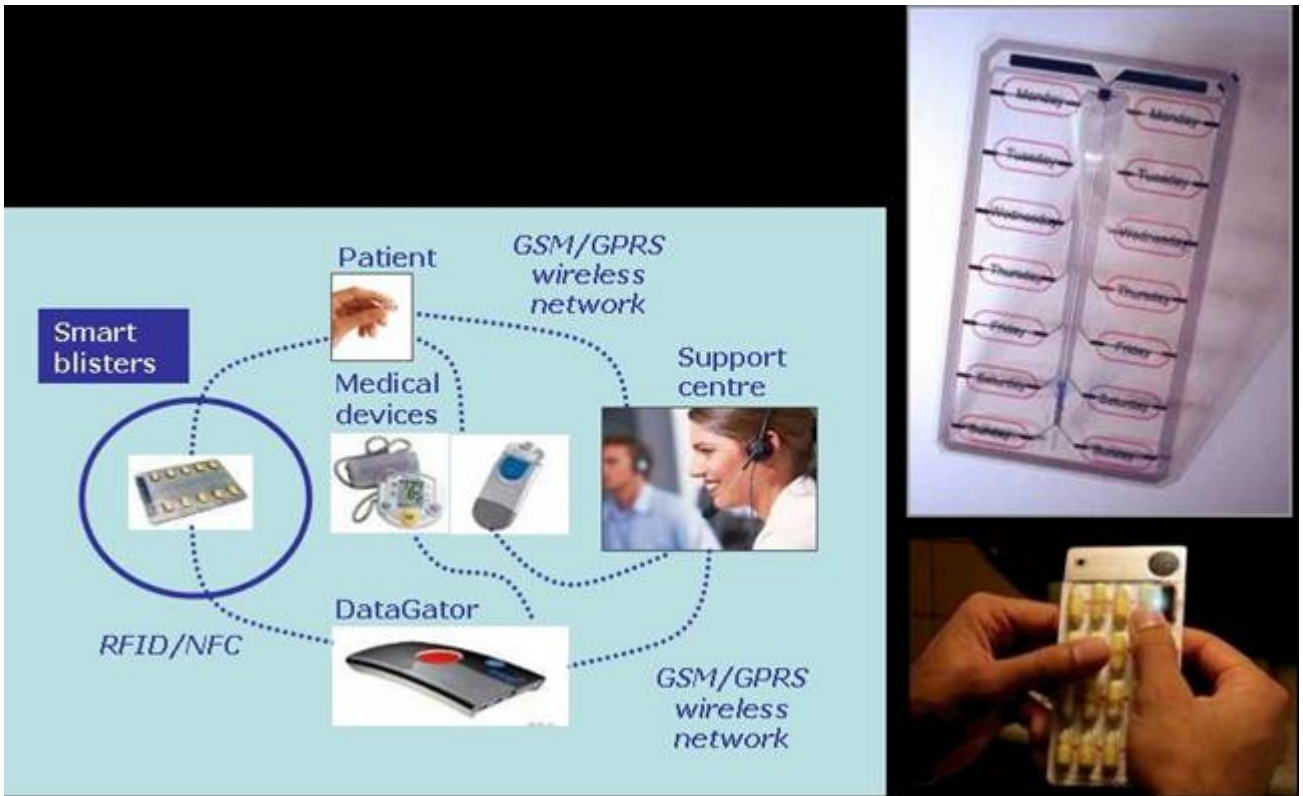


圖 37 Holst Centre 之 Smart Packing 研究成果



圖 38 Holst Centre 之 Flexible OLED 研究成果

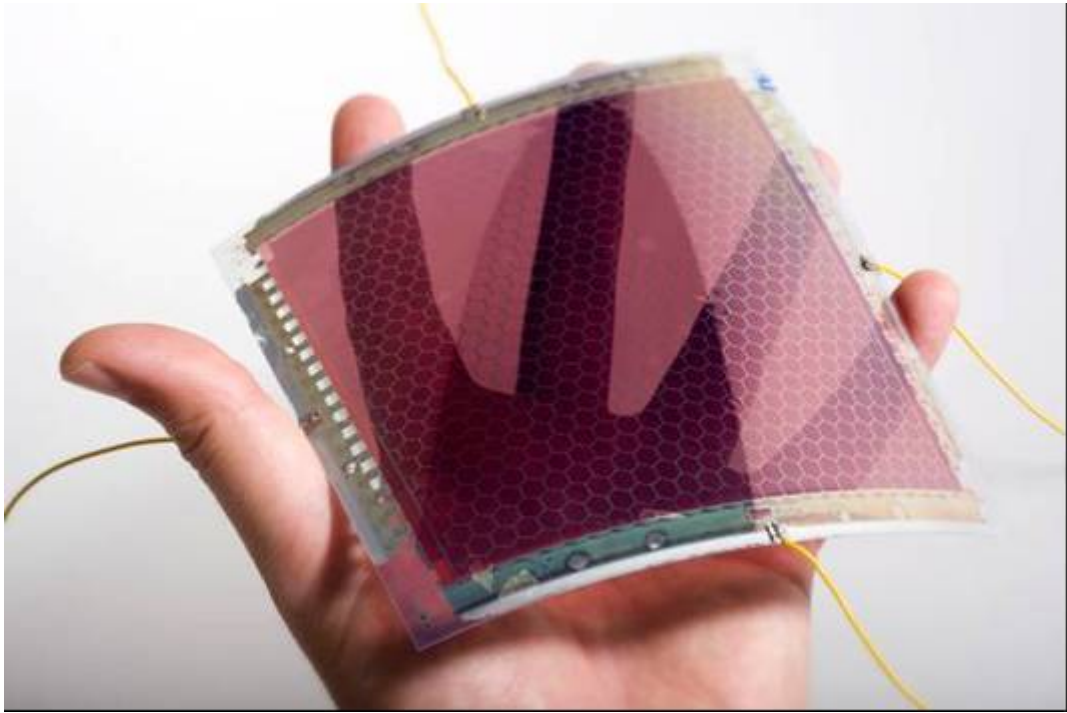


圖 39 Holst Centre 之 Organic Photovoltaic (OPV)研究成果



圖 40 Holst Centre 之 Wireless gas sensor 研究成果

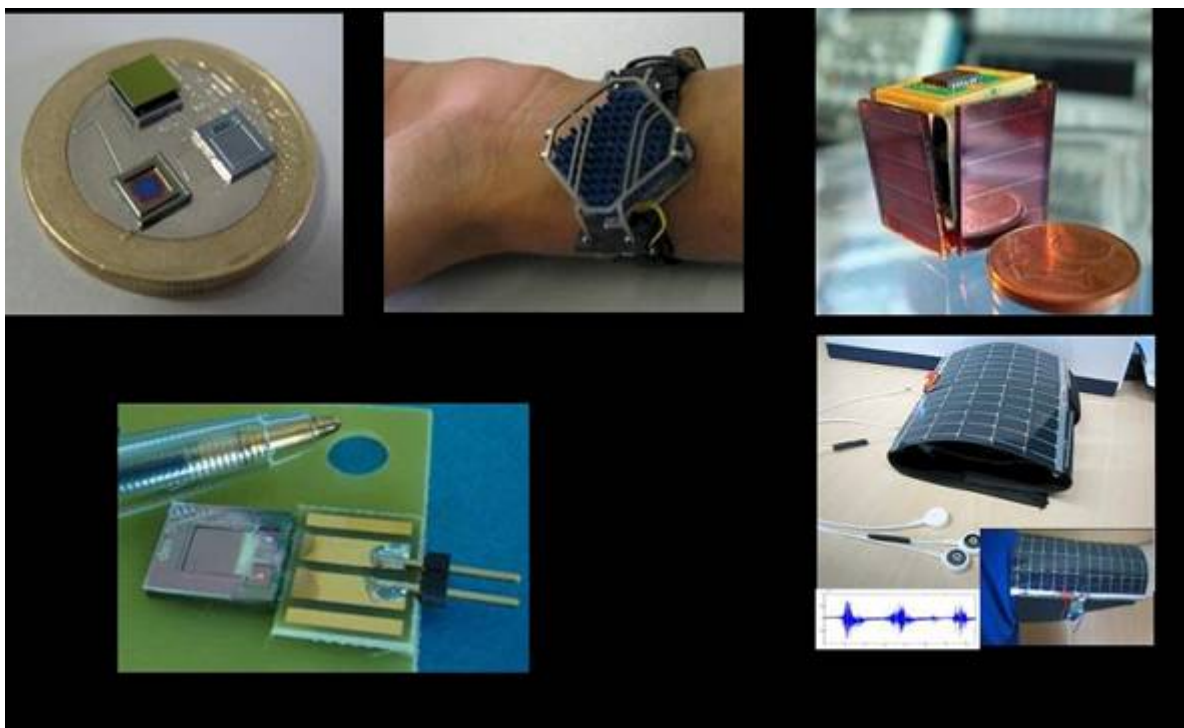


圖 41 Holst Centre 之 Power scavenging in micro-systems 研究成果

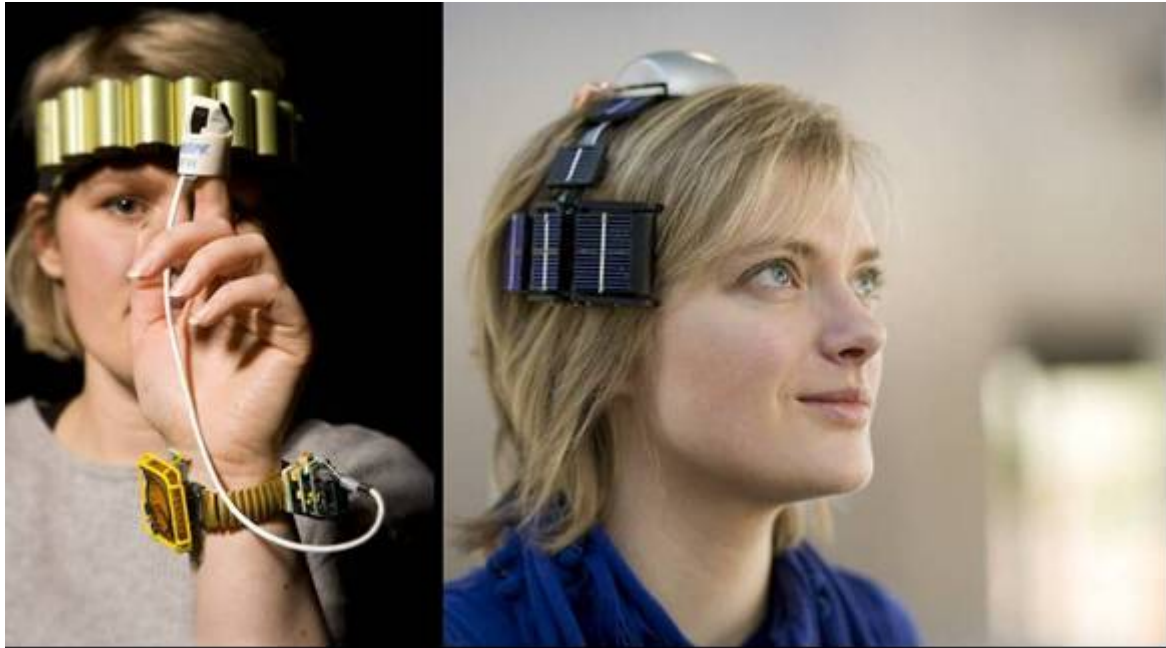


圖 42 Holst Centre 之 Sensor powered by thermal energy 研究成果

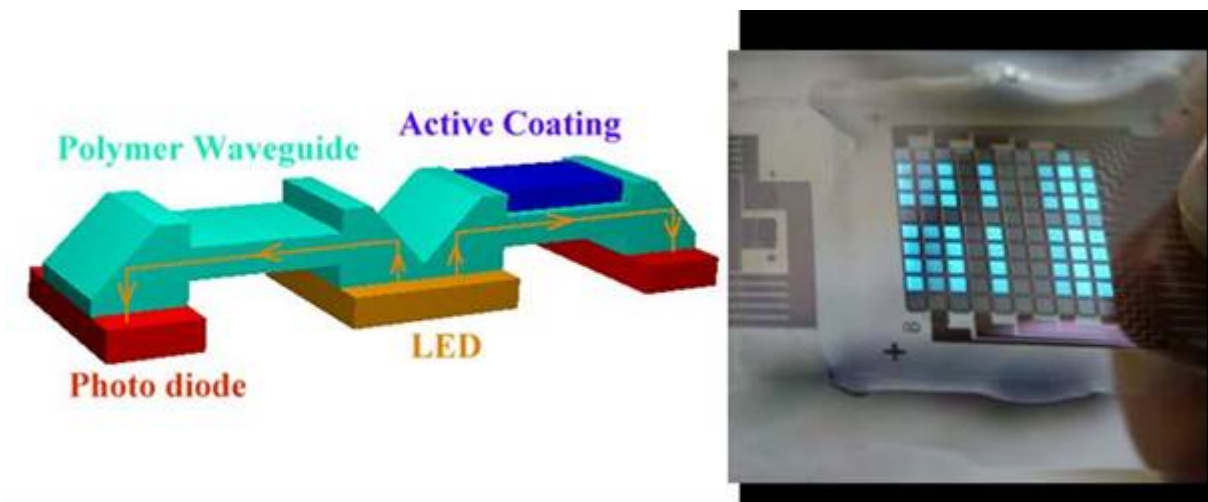


圖 43 Holst Centre 之 Sensor Device Arrays 研究成果

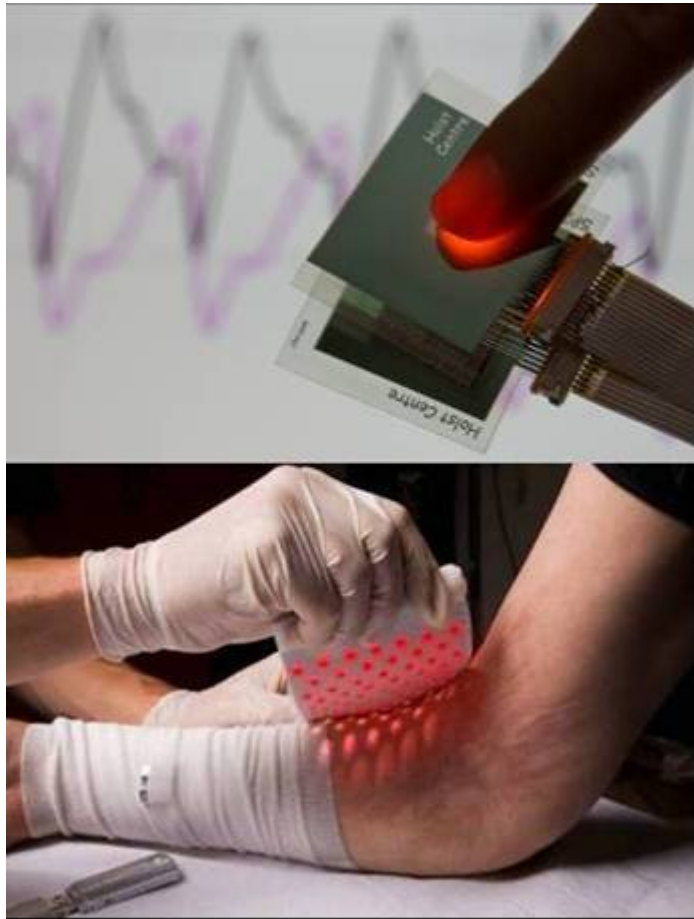


圖 44 Holst Centre 之 Smart Bandages 研究成果

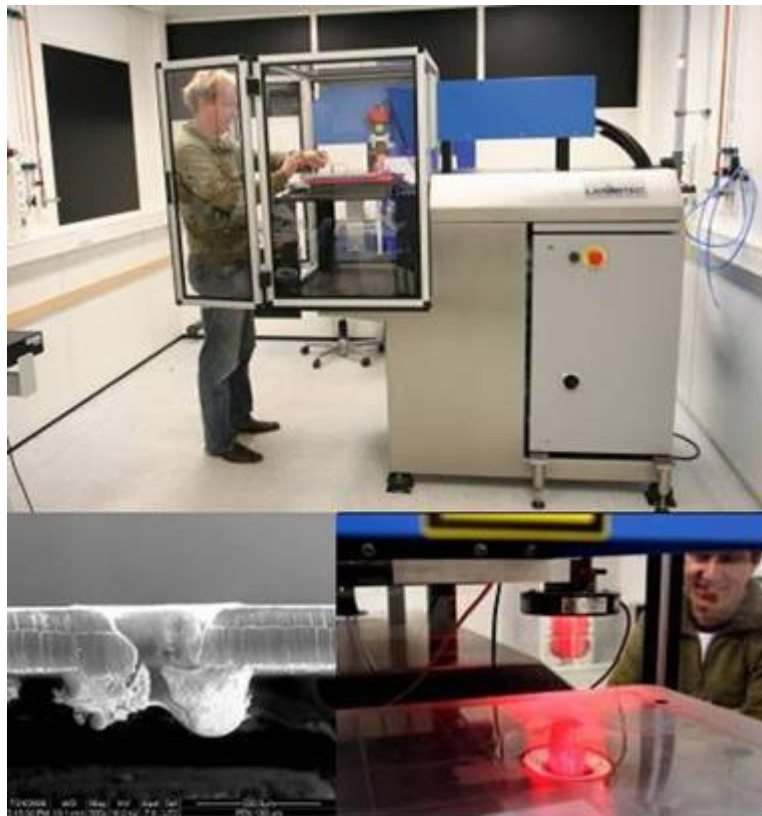


圖 45 Holst Centre 之 Microvia Technology for foil devices 研究成果

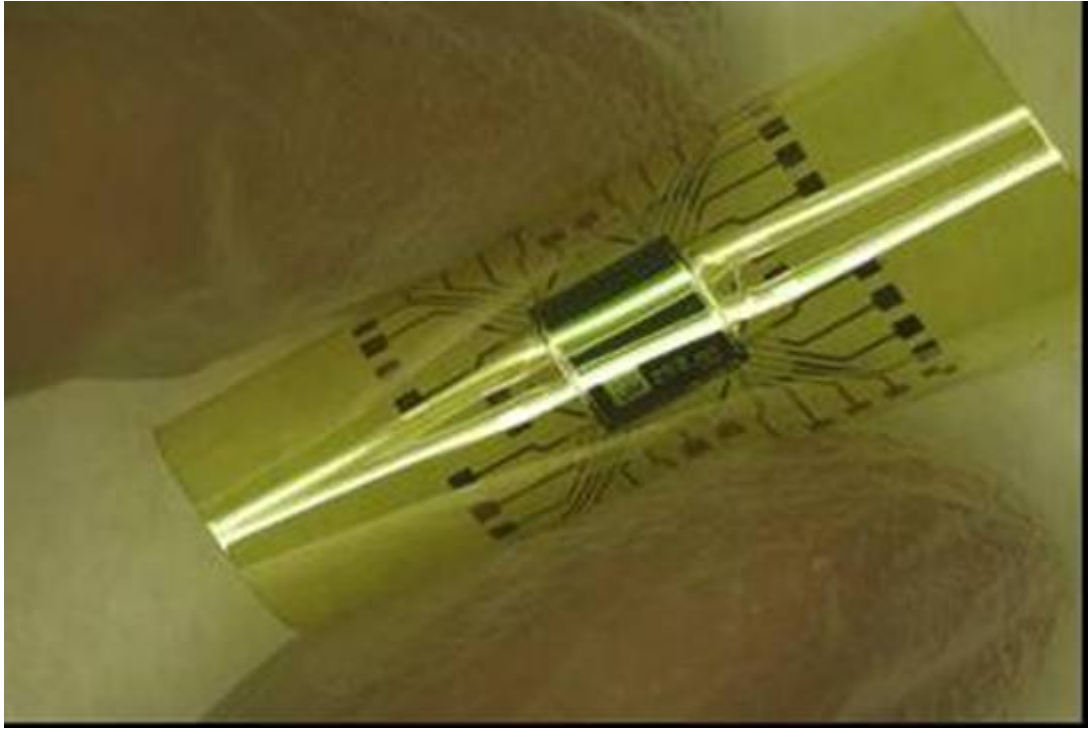


圖 46 Holst Centre 之 Embedding silicon chips in foil 研究成果



圖 47 Holst Centre 之滾製製程機台

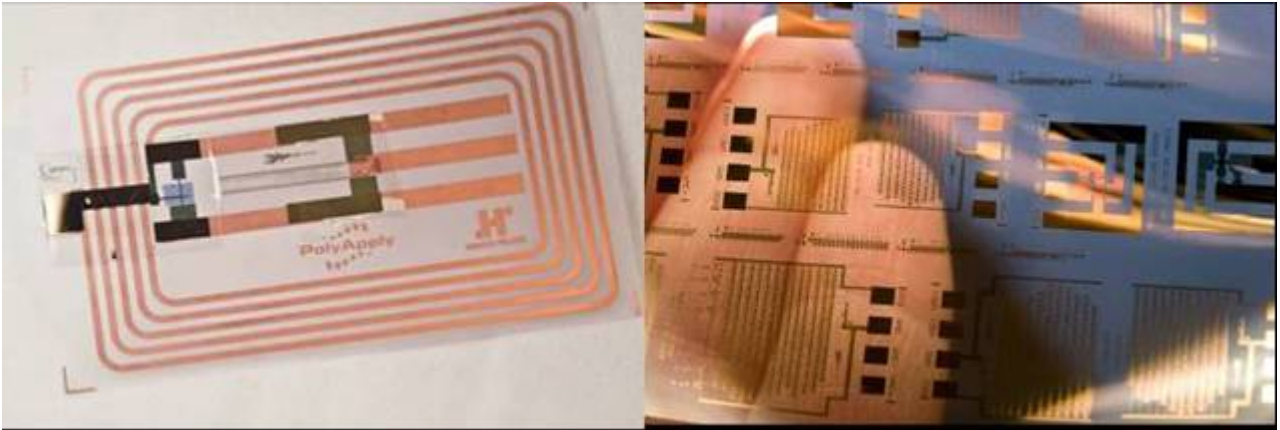


圖 48 Holst Centre 之 Organic and Oxide Transistors 研究成果

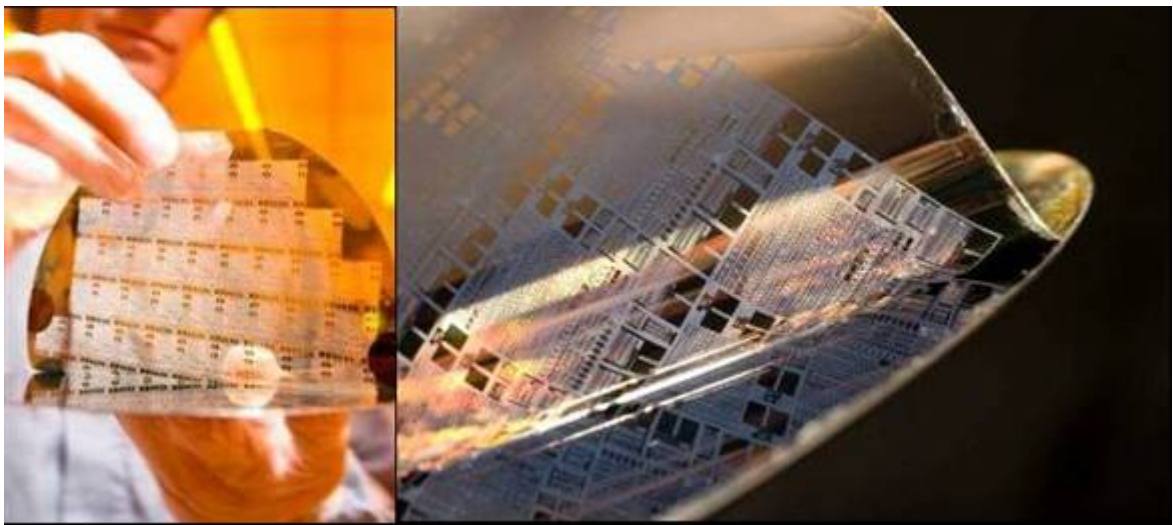


圖 49 Holst Centre 之 Lithography on flexible substrates 研究成果

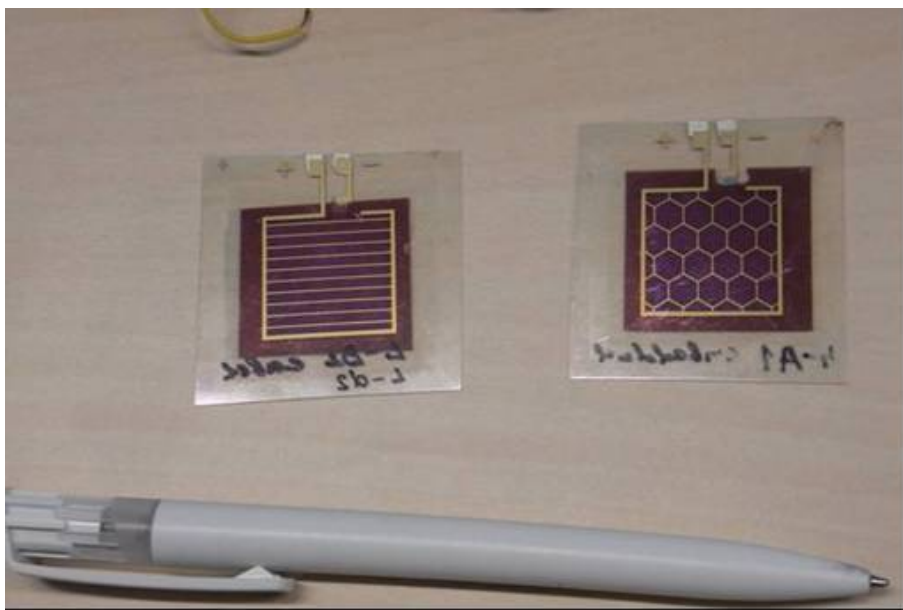


圖 50 不同 Ag 電極塗佈樣式於 ITO free 之 OPV



圖 51 使用 Roll to roll 製程於 PET 上塗佈 PEDOT:PSS 與主動層



圖 52 Dr. Yulia Galagan 與核研所陳長盈博士於 Holst Centre 前合影