

出國報告(出國類別：其他(訪問))

經濟部科技專案-智慧綠能電子/車電關鍵
技術計畫-高功率元件單晶生長及檢測技術
出國報告

服務機關：國防部軍備局中山科學研究院

姓名職稱：李大青 上校技正

派赴國家：日本

出國時間：民國 102 年 08 月 25 日至 102 年 08 月 29 日

報告日期：民國 102 年 09 月 04 日

國防部軍備局中山科學研究院出國報告建議事項處理表

報告名稱	經濟部科技專案-智慧綠能電子/車電關鍵技術計畫-高功率元件單晶生長及檢測技術出國報告		
出國單位	第五研究所	出國人員級職/姓名	上校技正 / 李大青
公差地點	日本	出/返國日期	102.8.25 / 102.8.29
建議事項	<p>1. 日本開發碳化矽材料是以研究機構及學術界合作，當技術逐漸成熟有機會成為產業時，再帶領業者逐漸朝技術商品化發展。本院在此方面亦可借鏡此作法，在碳化矽晶體技術具有初步成果即促使業者共同投入研發，以發揮產業推動功效。</p> <p>2. 檢測能力相對於日方業者較為落後，應由政府委託法人建立晶體檢測能力，並以開放實驗室協助國內晶體業者建立品質鑑別能量，以提升國內整體技術水準。</p> <p>3. 「設備製造能力」是能提升晶體品質與否重要的基礎，材料研發需要對設備有高度設計能力。建議目前正進行開發的新興材料，考量將設備開發納入計畫內推動，以建立基礎工業的角度執行，才會有紮實的基礎及能力將設備傳承及技轉，進而實現技術產品化及商業化，對業者亦可提升技術的附加價值。</p>		
處理意見	<p>1. 持續向各部會提案建立新興關鍵材料計畫，以帶領並成為各系統的上游重要原物料開發者。</p> <p>2. 收集業者對材料檢測不足以及需求之處，適時向各部會爭取建立檢測實驗室，同時亦輔導業者共同投入以擴大檢測效益。</p> <p>3. 由本院各科專計畫盤點及規劃，需要設備自製能量結合關鍵技術或材料開發者，請計畫主持人及各級長官協助尋求本院具有相關能量的單位共同研討開發，以落實將技術產品化甚至協助產業提升的目標。</p>		

國防部軍備局中山科學研究院
102年度出國報告審查表

出國單位	第五研究所	出國人員 級職姓名	上校技正/李大青
單 位	審 查 意 見		簽 章
一級單位	一、出國報告內容詳實，對現階段科專計畫執行以及建案規劃具有參考價值。 二、報告內容未涉及本院研發機密。		
計 品 會			
保 防 安 全 處			
企 劃 處			
批 示			

國外公差人員出國報告主官（管）審查意見表

此行派遣李員赴日本參訪竹內電機公司等單位，除收集日本業者在寬能隙晶體長晶的最新進展之外，更可以藉由親訪以瞭解日本在推動寬能隙功率元件產業的過程及經驗，而這些資訊對執行科專智慧綠能/車電關鍵計畫相當重要，將可以縮短以及引導國內業者避開無謂的投資。報告中所建議之意見，不論是學界、研究機構或業者，都可將設備自製能力納入整體規劃中，而本單位對此建議會持續督促該計畫與相關單位合作共同開發，以戮力推動產品化，提升產業競爭力以及未來應用，為賡續技術發展與建案規劃而努力。



報 告 資 料 頁

1.報告編號： CSIPW-102Z-D0002	2.出國類別： 其他(訪問)	3.完成日期： 102.09.04	4.總頁數： 22
5.報告名稱：經濟部科技專案-智慧綠能電子/車電關鍵技術計畫-高 功率元件單晶生長及檢測技術出國報告			
6.核准 文號	人令文號 部令文號	102.07.24 國人管理字第 1020012364 號令 102.07.19 國備獲管字第 1020010321 號	
7.經 費		新台幣：50,623 元	
8.出(返)國日期		102.08.25 至 102.08.29	
9.公 差 地 點		日本	
10.公 差 機 構		竹內電機株式會社	
11.附 記			

行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：經濟部科技專案-智慧綠能電子/車電關鍵技術計畫-高功率元件單晶
生長及檢測技術出國報告 頁數 22 含附件：是否

出國計畫主辦機關/聯絡人/電話

國防部軍備局中山科學研究院/李大青/357022

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話

李大青/國防部軍備局中山科學研究院/第五研究所/上校技正/357022

出國類別：1 考察2 進修3 研究4 實習5 其他(訪問)

出國期間：

出國地區：日本

102年8月25日至102年8月29日

報告日期：

102年9月4日

分類號/目

關鍵詞：

碳化矽、射頻加熱技術、長晶爐

內容摘要：(二百至三百字)

本院「智慧綠能電子/車電關鍵技術計畫」派員赴日本訪問晶體長晶設備企業以及產業發展研究單位，收集並交流產業及市場資訊。因為日本在功率電子產業方面一直位於全球領先地位，因此選擇竹內電機株式會社以及島根產業技術研究院拜訪，可收集日本民間企業在發展具有潛力且關鍵的材料所經過的歷程，以及政府如何扶植關鍵產業等資訊，以作為本院推動寬能隙電子元件產業上游端的單晶生長技術時有實際對象可參考，並可納入後續規劃參考以及協助國內業者發展的方向。

目 次

壹、目的.....	(9)
貳、過程.....	(10)
參、心得.....	(20)
一.訪問心得	(20)
二.成果	(20)
肆、建議事項.....	(22)

經濟部科技專案-智慧綠能電子/車電關鍵技術計畫-高功率元件單晶生長及檢測技術出國報告

壹、目的

本院執行經濟部科技專案「智慧綠能電子/車電關鍵技術計畫」，規劃赴日本訪問晶體長晶設備之企業以及產業發展研究機構，收集日本產業對市場脈動資訊，以及民間業者發展關鍵材料的過程，可作為本院後續推動及應用之規劃。此計畫「高功率元件晶體生長及檢測技術」分項計畫，主要開發內容係以商業節能用途之碳化矽單晶晶體為主，而此類電子元件如車用電子、電源控制等高功率電子元件所需要之單晶基板，目前皆以寬能隙半導體晶體為主流；日本在功率電子產業方面一直位於全球領先地位，無論政府或民間的投資都相當重視關鍵材料的發展，因此此次特地前去拜訪竹內電機株式會社以及島根產業技術研究院，收集日本民間企業在發展具有潛力且關鍵材料時的條件及資源，以及政府如何對關鍵產業的扶植等資訊，作為本計畫後續規劃參考。

為尊重日方參訪公司政策，無法在參觀現場對產品及設施拍照，但業者對我們的提問相當重視且說明非常仔細，討論的範圍相當廣泛，從市場趨勢、公司核心能量、全球市場規模以及公司目前正在從事的開發研究議題等無一不談，但對於該公司營業秘密之資訊請本院勿揭露。然將這些資訊串連後，可一窺日本中小企業的奮鬥歷程，可作為國內發展關鍵技術或產品的借鏡，也希望能夠提供政府單位在協助國內中小企業發展方面的訊息。當然也期許本院透過計畫推動節能高功率產業的供應鏈中，能有實際協助國內業者發展的助益。

貳、過程

一、過程

竹內電機株式會社位於鄰近大阪市的兵庫縣，創立於 1961 年以開發及生產射頻加熱系統(Radio Frequency Heating System)、自動化控制、真空系統等產品；另外竹內電機公司亦安排參訪公司長期合作之研究單位-島根產業技術研究院，該研究院協助冶礦、光電、生醫、材料以及能源等領域的中小企業，以補足中小企業在研發能量上不足之處，同時因為與大學相鄰，因此無論是專業人員、設備能量等都能夠就近協助，以掌握最佳的開發契機。

島根產業技術研究院，由營運經理中川先生負責接待並進行解說，除參觀院內的相關研究及檢測設備外，亦簡介該院目前發展的五大主軸，包括資訊及工業設計、製造技術、生醫應用、環境科技、材料科技等。第二部分參訪是竹內電機公司的研究中心，該中心所從事的是先進材料開發、材料表面改質專案工作，以及有機金屬氣相沈積(MOCVD)設備開發，合作對象包括先進工業科技發展院(Advance Industry Science and Technology, AIST)、各大學等。最後是拜訪竹內公司總部，總部內為營運部及設備組裝工廠，碳化矽相關長晶設備亦在此處完成組裝測試。

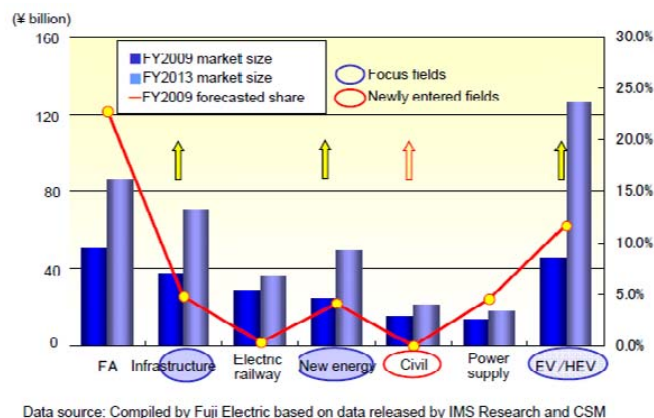
任務執行日程表

國防部軍備局中山科學研究院出國人員工作計畫表						
日期	星期	行程		公差地點	工 作 項 目	備 考
		出發	抵達			
102.08.25	日	台北	兵庫縣		去程	夜宿 兵庫縣
102.08.26	一			日本 兵庫縣	1. 拜訪竹內電機株式會社，交換日本晶體發展趨勢以及市場訊息。 2. 討論碳化矽晶體對功率元件開發相互合作議題，以及對產業推動效益評估。 3. 了解日本產官學政策及相關資源，以作為計畫向政府建言政策參考依據。 4. 拜訪公司負責人，交換公司及相關業者訊息。	夜宿 兵庫縣

102.08.27	二			日本 兵庫縣	1. 拜訪竹內公司之研究中心進行長晶設備技術交流，用以評估計畫後續新材料晶體開發規劃。 2. 討論日本國內檢測技術及儀器資源等相關訊息，以了解元件發展之關鍵檢測技術。 3. 討論晶體供應鏈之價值鏈關係網，包括坩鍋耗材、晶體、檢驗等，作為計畫推動參考。 4. 收集公司最新技術及發展，作為本計畫後續技術發展 roadmap。	夜宿 兵庫縣
102.08.28	三			日本 兵庫縣	1. 竹內公司安排參訪合作之衛星工廠及研究單位，包括原料提供以及基板加工製成等。 2. 討論技術現況、收集原料對長晶重要性等訊息。	夜宿 兵庫縣
102.08.29	四	兵庫縣	台北		回程	

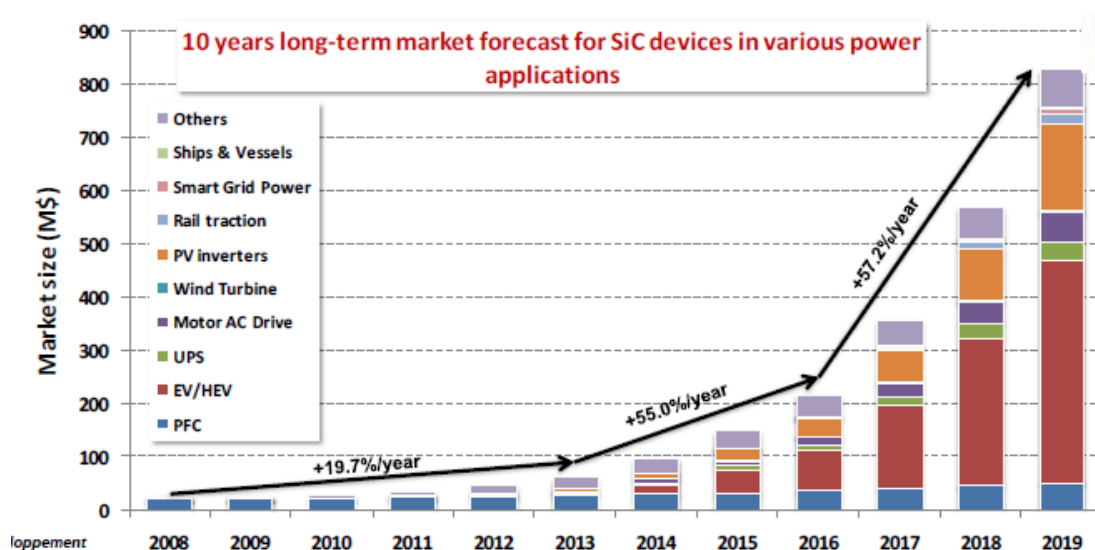
二. 計畫背景

全球發展電力電子技術已有數十年之久，先後投入的產學研等單位及經費不計其數，而此元件技術歷經整流器、逆變器以及變頻器等階段，帶動相當多的產業發展以及工業的進步，諸如快速的大眾運輸工具、再生能源電廠等；而近年來先進 IGBT 電力電子元件的發展，因為具有優異的節能特性，更讓此產業邁入另一個階段；尤其在全球功率模組的應用中，以電動/混合動力(EV/HEV)車用成長趨勢最為顯著，預估在 2013 年成長約達 23%，如圖一，約可達 12 億美元。此市場趨勢將可吸引許多先進國家甚至開發中國家投入相關電力電子產業，同時也為產業的上中下游供應鏈，形成一股投資新材料的熱潮，而寬能隙電力電子元件便是新興材料的其中一例。



圖一全球功率模組應用於不同領域之市佔率預估

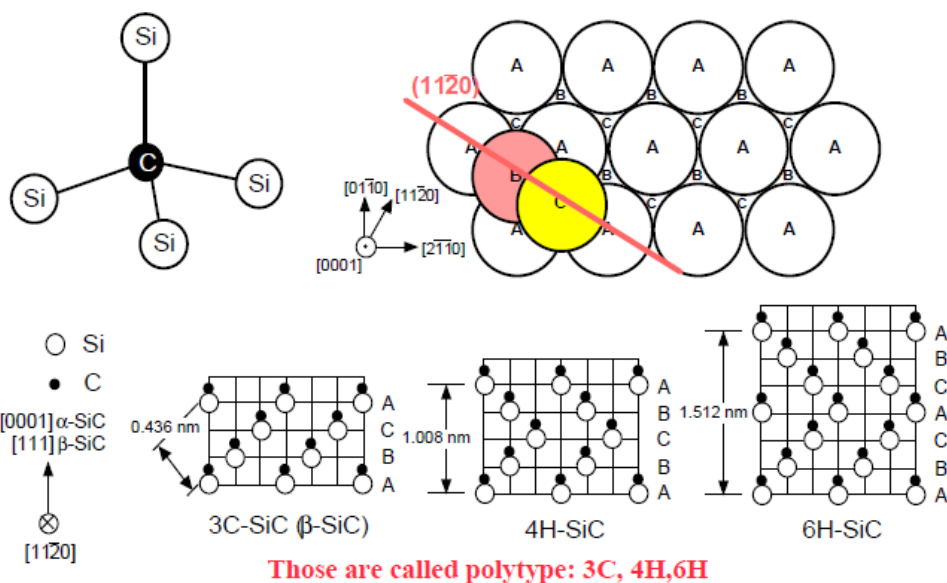
雖然近年來產學單位提出新的 IGBT 元件結構及製程，將元件的特性趨於極致，但因矽晶體材料的物理特性限制，使得矽功率電子元件趨於極限；因此日本保有最大市場佔有率的三菱公司，亦開始於 2000 年開始研究寬能隙元件，例如碳化矽；因此碳化矽金氧半場效電晶體已被視為新一代的功率半導體開關技術。市場分析師認為 2013 年以後碳化矽市場會以每三年成倍數速度成長，其中又以電動/混合動力及太陽能發電系統之調頻器的市場成長速度最為明顯，如圖二(資料來源：Yole Development)。



圖二 碳化矽元件預測十年內市場種類及成長趨勢

碳化矽單晶是非常重要的光電及電子元件晶體，其晶體依原子堆積結構的不同，呈現至少 200 種以上的晶態(Polytype)，目前最常使用的三種晶體多以 3C、4H、6H 晶態的晶體塊材為主，如圖三。由於碳化矽具有高導熱率、耐高電壓、耐高熱及耐大電流等特性而具有下一代材料的優勢，如表一，是屬於綠能高功率元件的理想晶圓基板，可應用於高亮度發光二極體 (HBLED) 固態照明燈具、電動車輛電子充電系統、再生能源系統等，因為這些節能系統中的關鍵元件中仍存在許多效能提升的空間。探究目前節能系統之關鍵元件可再提升效能的原因，在於 (一) 傳統矽基板可能無法超越其材料本身的物理極限；(二) 現階段若要改善藍寶石單晶基板成本及熱性質尚有爭議。因此，許多學者和業界注目的焦點便投注在此新一代寬能隙 (Wide Bandgap) 材料上，如圖四。

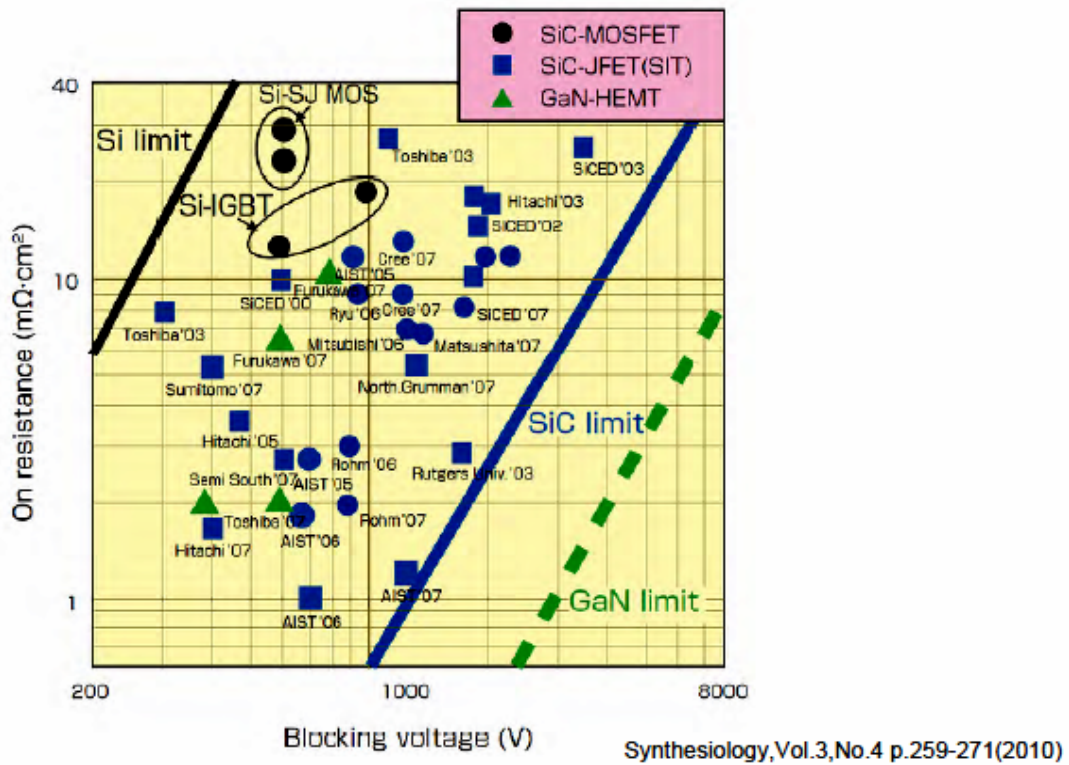
Crystal structure of SiC and its polytype



圖三 碳化矽晶體結構

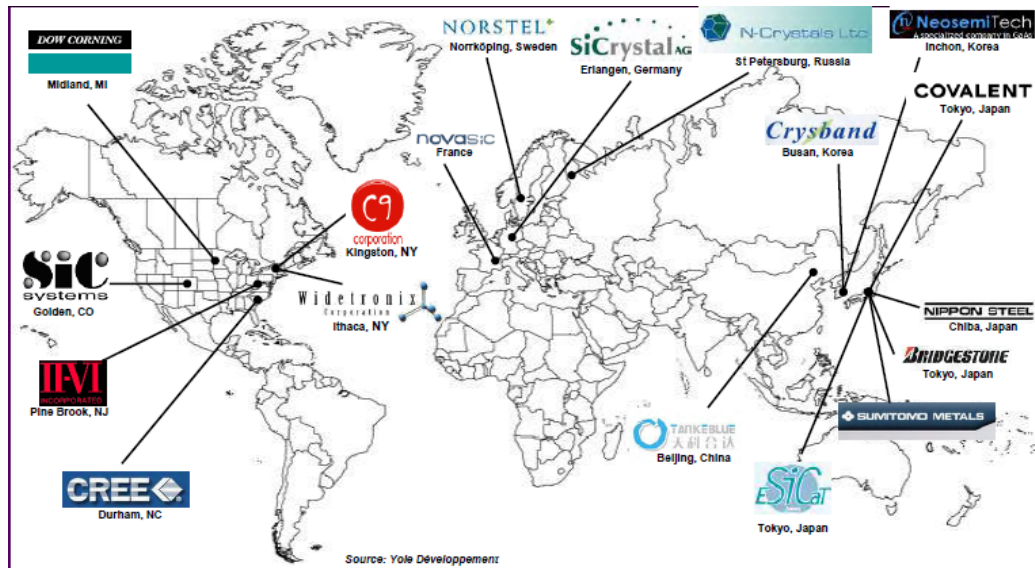
表一 各種晶體材料物理特性

Property	Si	GaAs	3C-SiC	6H-SiC	4H-SiC	Diamond
Melting point [C]	1420	1238	2830	2830	2830	4000
Thermal conductivity [W/cmK]	1.5	0.46	5	4.9	4.9	20
Bandgap [eV]	1.1	1.43	2.39	3.02	3.26	5.45
Electron mobility [cm ² /Vs]	1500	8500	1000	370	1000	2200
Hole mobility [cm ² /Vs]	600	400	50	90	50	1600
Saturation electron drift velocity [x10 ⁷ cm/s]	1	1	2.2	2	2	2.7
Breakdown field [x10 ⁵ V/cm]	3	6	-	20	30	100
Thermal mismatch to GaN (%) (GaN=1)	-0.17	0.11		-0.12	-0.11	
Dielectric constant	11.8	12.5	9.7	9.7	9.7	5.5



圖四 寬能隙元件發展趨勢圖

目前，全球最大的碳化矽晶圓公司以科瑞(Cree)為首，佔全球市場的 60%左右，包括終端產品發光二極體及功率元件；隨著俄羅斯、日本及中國等相繼投入開發，市佔率有下降的趨勢，全球各國主要晶體製造或磊晶供應商如圖五。而國內至目前為止，僅有本院及極少數公司正在積極開發中。而我國的光電及電子產業中，長晶廠型態大多以開發多晶矽、矽晶圓和藍寶石單晶為上游產品，中下游產業鏈代工能量完備。因此我國在寬能隙的晶體產業所具有的優勢，是已具有相當深厚的設備基礎以及豐沛的人力，若能適當引進技術，建立國內外中下游的合作廠商，以我國半導體的基礎，將可以為國內創造出半導體功率電子產業的一片天地。



圖五 全球晶體及磊晶製造商(資料來源：SiC 2010，Yole Development)

三. 訪問內容

在拜訪竹內公司之前，藉由收集相關的報紙以及網路訊息，有報導提到目前日本碳化矽產業於今年成立「下一代功率半導體封裝技術開發聯盟」，包含碳化矽和氮化鎵元件的封裝技術，計有十餘家產學單位共同加入。另外科瑞公司亦已將高功率之碳化矽功率元件應用在歐洲公司最先進之電源供應器中。可節省整體電源損耗減少及元件數量。另外住友電工、富士電子、也逐漸將碳化矽元件應用於功率模組開發。因此日本對於功率電子元件產業，已經從上中游的關鍵材料技術開發逐漸導向功率模組甚至應用系統前進，而且是透過整體的規劃，例如聯盟形式以互補有無，壯大及擴大在此領域的影響力。

據了解竹內電機公司與島根產業技術研究院合作已有十年。從 2000 年決定開始從事單晶晶體技術及設備開發，一方面可結合並固守公司的基本核心能量：射頻加熱系統、自動化技術以及真空系統等，另一方面可以朝向技術更高附加價值而開發，因此便以碳化矽晶體高溫爐為其中一項產品。從年代推算，2000 年正是日本對於碳化矽材料應用在高功率元件的關鍵投資年，就如同前面計畫背景所述，三菱電機公司於 2000 年投入碳化矽元件開發；而日本中小企業能夠在市場情勢尚不明朗的情形下投入開發，勇氣及決心相當敬佩。

當討論到日本對於碳化矽產業的前景，以及目前可能有最大市場的應用領域，公

司認為在日本，發電廠所需的市場規模將比電動車大，即使電動車也是日本發展的重電產業之一，主要是因為電廠逐漸採用分散式電網，所以所需要的元件使用量將大於電動車。但此觀點與 Yole Developpment 公司發行的「SiC 2012」年報告所述並不相符，但是很清楚且一致不變的是，功率元件的需求將會大幅成長。而在國內，目前無論是電動車或是離散式電網仍然都在開發階段，加上國內並無國際級車廠，所以國內晶體業者若要有下游市場，勢必需要與國外廠商合作，才能有足夠的市場驅動力。

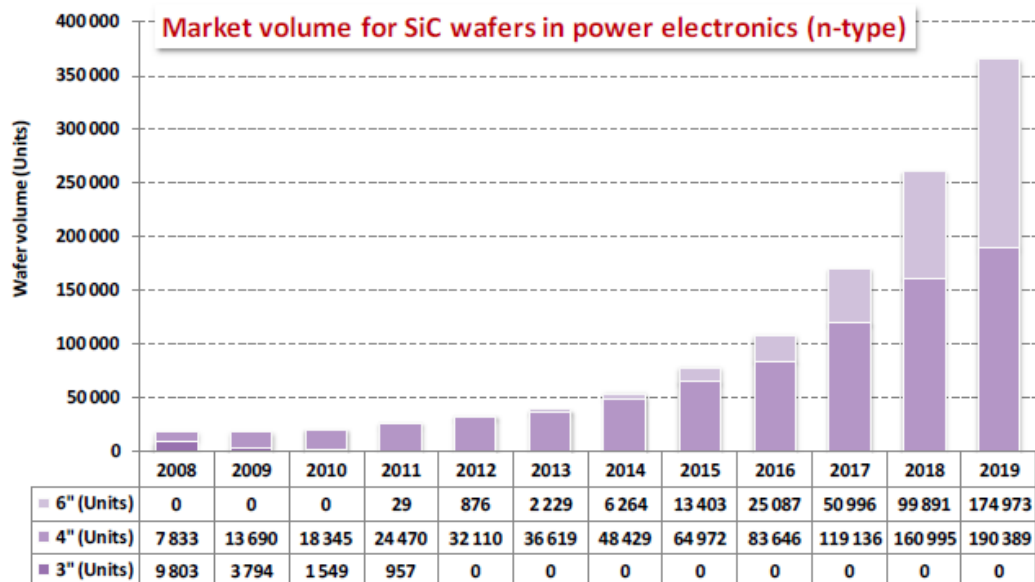
依據公司提供日方政府單位在推動碳化矽元件關鍵技術的專案資訊中，日本在第一期 1998-2002 年之間開發「超低損耗功率元件技術」，在基礎技術方面以製造 4 吋大尺寸基板、2 吋為無微管；在元件方面則是導通電阻(on Resistance)、功率密度、耐受電壓性能等；再由此基礎加入由政府研究機構所建立的兩期計畫專案，分別為：

2009 年-2013 年之間由先進工業科技發展院提出開發「碳化矽創新功率元件技術」，目標為 10KV 等級超高耐受電壓碳化矽元件技術以及碳化矽多層厚膜磊晶成長技術。

2010 年-2014 年由次世代功率元件開發機構(Future Power Electronics Technology, FUPET)提出，以開發 6 吋碳化矽晶圓製造技術及應用、及耐受電壓 3-5 千伏金氧半導體功率元件。

由以上不同時期專案不同的目標來看，與本計畫所規劃有相似之處，例如第一期中以基板及元件的基本特性出發，接著才是逐步提升元件特性。公司在發展過程中與政府單位的政策性及重點支持項目，皆能掌握最新的趨勢與發展，以便能銜接全球趨勢。

至於 6 吋碳化矽晶圓的量產時程，雖然在 Yole 市場調查報告中將於 2013 年開始量產，如圖六，但是據公司認為，因為晶圓品質尚無法完全均勻控制，所以在 2014 年全球有 6 吋晶圓量產的訊息仍持保留態度。



圖六 3吋以上基板的產量預估圖(資料來源：Yole Development)

由於公司的核心製造能力是高頻加熱、機電控制、自動化等製造商，因此並沒有晶圓加工相關生產或研發設備，公司所需要的任何後製程設備及能量，都與合作的中下游業者，或校方有密切的聯繫，也因此開發的過程中並不需要投入太多的資本投資而稀釋了原本需要關切的事務，因此可以專注在核心的產品及技術上。而晶體檢測項目不外乎 X 光繞射檢驗(XRD)、拉曼檢測、光致螢光(PL)等方式，皆與國內大學有長期合作，也因此可以與校方分享晶體開發的過程，培育研究人才，最重要的是藉由校方的師資能量可以協助提升晶體品質。

公司與先進工業科技發展院有合作開發計畫，目前該院正發展以液相法成長碳化矽晶體，但是晶體品質仍無法量產，但是五年內將會有進一步的突破。

在晶體供應鏈上，由於各家在供應鏈上具有一定的合作基礎及信任，因此對日方而言，一旦成為供應鏈的夥伴，並不容易被其他業者取代或取代其他客戶的供應鏈，上下游廠商間也會相互扶持與支持，尤其是與日本中小企業合作的大型企業，都肩負者母雞帶小雞的任務即義務，也因此欲打入既有供應鏈並不是件容易的事。

晶體開發所需要的相關原物料、耗材等供應問題，因為事涉營業秘密，在本報告中無法討論，但此種攸關晶體品質的材料絕對會影響品質。

在參觀公司研發中心實驗室時，公司展示自行研製之矽晶圓上氮化鎵磊晶之金屬

氣相沈積系統。而會投入這方面的規劃，主要是著眼於高頻加熱線圈，對加熱乘載盤具有加熱均勻的優勢，因此投入人力並與大學共同開發金屬氣相沈積系統機台。(目前全球除了德國 AXTRON 及美國 VECCO 外，另外一個公司即為日本大陽日酸公司。國內使用日本金屬氣相沈積系統機台的業者並不多，主要是因為大陽日酸所生產的機台為常壓系統，其他業者為低壓系統)

公司另外一個核心技術為電漿噴覆技術，目前所開發的目標是將金屬材料經由電漿高溫熔解，再以噴覆的方式加上機構的設計而可以形成三維的塊型，透過加工即可形成各式零件。

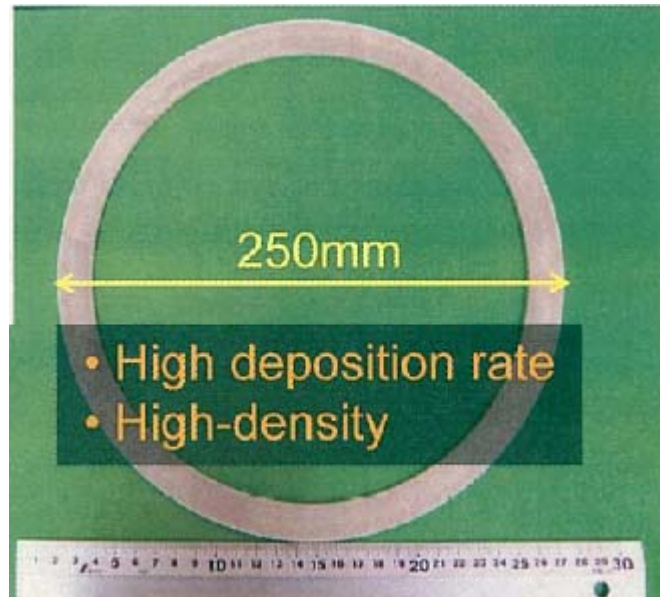
另外公司也安排有長期合作的島根產業技術研究院訪問，該研究院是一個協助產業技術、開發以及研究的基地，此研究院涵蓋了五個研究領域，包括資訊及工業設計、製造技術、生醫應用、環境科技、材料科技等，如圖七；但是此研究院所具有更大的願景是將最新進的現代技術結合古老的傳統，把產品的技術含量提高，因此是一個協助當地發展的核心基地。

島根產業技術研究院成立相當早，可追溯自 1911 年即已建立商業及工業實驗室；因此在持續協助當地的中小企業的過程中，材料技術部門一直是引領各種產業的重要支柱。本次訪問除了參觀及拜訪該研究院引以為傲的農業、食品技術部門外，對於機械和資通訊方面也展現該研究院的創新技術。



圖七 島根產業技術研究院之研發主軸

在與本計畫相關的核心能量中，該研究院主要是超高溫的熱場模擬分析技術，並結合熱應力分析及研判，以推論及建議發熱體的設計模式，此部分亦協助公司在高溫爐設計建議。另外尚有使用高週波或電漿進行金屬粉末注射成型以及加工技術，對於不易燒結的金屬材料可進行二維成型，如圖八。



圖八 電漿披覆技術 3 維成型元件

在光電領域方面，該研究所亦開發染料敏化太陽能電池，較為不同及特殊的技術是，所開發的太陽能電池具有不同的色彩及封裝技術，可以作為建築建材太陽發電使用，如圖九。



圖九 具有圖案化之染料敏化太陽能電池

參、心得

一、訪問心得

此次有機會能夠拜訪日本竹內電機株式會社以及島根產業技術研究院，透過對方的簡報、參觀實驗室及工廠，以及與業者和研究單位對業者的協助資源進行深度訪談，是一個相當難得的經驗，尤其向來在寬能隙單晶晶體有相當重要地位的日本，這些經驗尤其可貴。以下針對此次出國提出幾點心得：

1. 開發單晶晶體生長關鍵技術原本就是本院歷年來的研發重點，從矽單晶、雷射晶體、藍寶石等，都具有指標性意義；因此本院在領導國內開發先進晶體已具有領頭的角色。而本院五所再次授命開發碳化矽元件產業最上游的晶體長晶關鍵技術，同時也需要推動相關業者投入，所以在國內應用市場尚未形成風潮時，如何吸引業者投入並且願意投入人力、財力共同開發高風險的晶體技術，實則需要向日本或是美國等先進國家取經。晶體技術的成熟度將會影響整體半導體元件的品質，從日本極力推崇上中下游合作聯盟便可窺一二。因為無論是技術提昇或是元件品質提昇，都必須有高品質的晶體作為基礎。
2. 透過與日方中小企業的交流，可以從公司的角度看政府的資源和協助是否能夠滿足公司研發的需要。在訪談中，公司一直提到先進工業科技發展院、大學等研究機構所開發的新技術和新材料，雖然有些材料與技術與本計畫無關，但是在公司的認定中，先進工業科技發展院與學界一直扮演領航的角色，而且會指引中小型公司可以發展的方向，進而協助，尤其是以竹內公司的規模，有近五分之一人力從事研發及開發工作。所以日本政府對公司的研發不但支持，相對的研究機構也會一起合作。
3. 所以本院在晶體開發的同時，也會逐步進入長晶爐關鍵技術開發，因為長晶設備與長晶技術息息相關，從竹內公司的核心技術發展藍圖便知，沒有雄厚紮實的設備基礎，是沒有能力調整設備，進而能滿足各種可能的參數條件，而一旦長晶技術受限於長晶設備調控能力，長晶技術就會受到限制。在晶體產業供應鏈的議題上，國內目前僅對長晶技術有長遠投入，但更上游的原物料以及設備開發方面似乎仍有努力的空間；因此本院將持續在設備自主化方面投入有更多的努力，以填補長晶技術參數優化時的缺口，以加速關鍵技術的開發。

二、成果

此次參訪已達到對本計畫預期的效益，因為是訪問日本業者及研究單位，加上

日本在單晶晶體產業是全球重要生產國，因此對於日本的技術及產業現況有更進一步的認識，對本年度計畫的目標及產業效益來說，已有方向及規劃可以與國內業者分享資訊，並引以為參考。例如長晶設備關鍵核心模組的重要性與設備的關連性，晶體最新的成長方式，以及產業供應鏈的上下游原物料的獲得等訊息，都已達成本次出國效益。總結上述的報告，彙整成果如下：

1. 完成收集以竹內電機株式會社及其合作之研究機構為主的晶體產業和市場訊息，對於了解日本發展晶體產業歷程以及遇到的困難點有相當大的助益，日後本院將可參考此模式進行產業推動。
2. 完成收集日本發展先進材料時，首要的關鍵技能就是設備自製能力以及檢測，這些是科技研發單位不可或缺的能量。日方參訪公司亦說明沒有設備能力就無法掌握開發材料的原因，對於未來計畫建案將會考慮納入建立設備開發能力，也願意和本院共同合作。
3. 在先進設備技術能量部分，完成收集日方業者持續投入在高溫、高能量密度的材料研發的訊息，另外島根先進工業研究院也以扶植日本國內產業、以及協助技術升級為目的。因此本院為軍通科技的推動單位，在國防部及經濟部的規定下，成為業者長期研發伙伴，共同提升國內產業及技術水準。
4. 由日本業者及研究單位的訊息，碳化矽單晶晶體是近十年來將會影響綠能產業的重要材料，本院已投入開發具有領航角色，應該持續在推動產業及建立關鍵基礎能量上扮演重要角色，以作為國內產業的後盾。任何高科技的產品或系統都源自於高品質及高規格的元件或零組件，而此類的關鍵元件亦來自於高品質的原材料，所以開發新興材料或關鍵材料必須長期且專注的投入才會有成效。

肆、建議事項

1. 日本開發碳化矽材料是以研究機構及學術界合作，當技術逐漸成熟有機會成為產業時，再帶領業者逐漸朝技術商品化發展。本院在此方面亦可借鏡此作法，在碳化矽晶體技術具有初步成果即促使業者共同投入研發，以發揮產業推動功效。
2. 檢測能力相對於日方業者較為落後，應由政府委託法人建立晶體檢測能力，並以開放實驗室協助國內晶體業者建立品質鑑別能量，以提升國內整體技術水準。
3. 「設備製造能力」是能提升晶體品質與否重要的基礎，材料研發需要對設備有高度設計能力。建議目前正進行開發的新興材料，考量將設備開發納入計畫內推動，以建立基礎工業的角度執行，才會有紮實的基礎及能力將設備傳承及技轉，進而實現技術產品化及商業化，對業者亦可提升技術的附加價值。