



聚焦NEPCON JAPAN 2019 前瞻電子產業研發/製造最新技術趨勢

Focus on NEPCON JAPAN 2019 – The Latest Technology Trends of Advanced Electronic Industry R&D and Manufacturing

何首毅 S.Y. Ho¹、陳凱琪 K. C. Chen²、簡仁德 R. D. Jean²、
范淑櫻 S.Y. Fan³

工研院材化所(MCL/ITRI) ¹副研究員、²研究主任、³材料世界網特派記者

前言

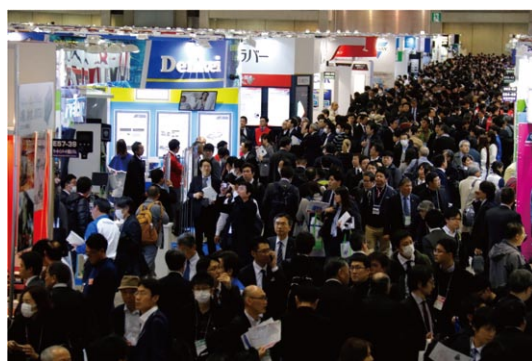
亞洲最具指標性的國際年度產業盛會——第48屆電子研發暨製造綜合展「NEPCON JAPAN 2019」已於日前圓滿落幕。NEPCON大展延續去年的熱度，在高綜效迴響下，參展廠商遍及37國，參展商數更一舉擴大至2,640家。國際知名企業踴躍亮相，紛紛展示電子產業鏈下的最新技術與設備。為期三天的展會創造了116,000餘人次的觀展人潮，不論展出規模或參觀人數皆再創新高（圖一～圖二）。

展期中，人氣熱門的11th Automotive World、全球最大的5th Wearable EXPO，以及3rd RoboDEX與Smart Factory Expo等電子相關展會亦同步登場，為2019年開春掀起熱鬧話題。

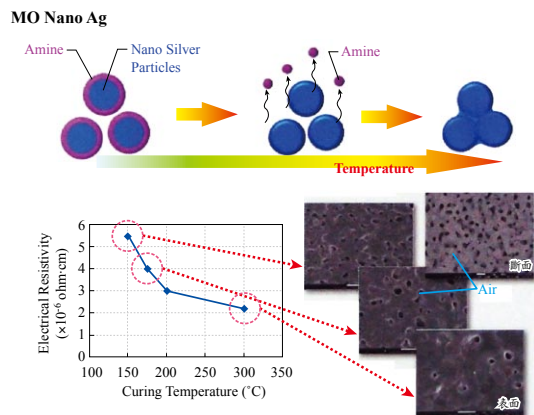
今年材料世界網/工業材料雜誌援例邀請工研院內多位技術專家共同赴日，跨領域從不同角度提供深入觀察與第一手資訊。本文將彙整最新技術趨勢，以饗讀者。相關展會系列報導則可於材料世界網(<https://www.materialsnet.com.tw>)免費閱覽、下載。



▲圖一 開幕剪綵典禮現場冠蓋雲集，近40家全球重量級大廠共襄盛舉



▲圖二 為期三天的展會創造了116,000餘人次的觀展人潮



▲圖三 Nanics高導熱黏晶材料奈米銀燒結機制及SEM切面圖

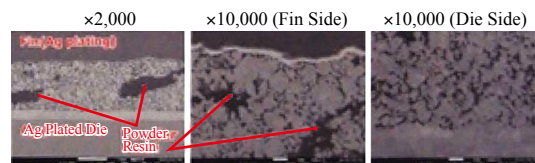
展場巡禮

1. 備受矚目的熱界面材料

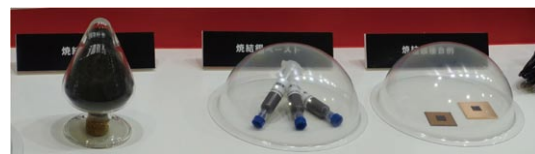
根據Yole Développement對全球功率模組市場需求的調查顯示，2015~2020年每年以年均8%左右的成長率成長，預估至2020年市場規模將可達65億美元。隨著功率模組應用越來越廣，且模組體積縮小及整體功率密度的增加，從散熱材料、連接材料至散熱模組的開發皆非常重要。如何有效提高材料散熱效率及降低各界面的熱阻，進而提高整體模組在高溫下的耐受性及可靠度，將左右下世代功率模組的發展。在此次展會當中，許多廠商亦針對散熱議題，發表了相關材料。

Namics以自行合成粒徑大小約100 nm的銀粉混合微米級的銀粉製作出低溫燒結的高導熱黏晶材料，其燒結機制如圖三。以Amine為保護劑的奈米銀粒子，在高溫燒結時，保護劑會揮發，奈米粒子與微米粒子間會燒結成一相，使得粒子間不單單只是接觸，而是如同塊銀一樣，擁有高導熱

• Low-temp. Sintering Type



▲圖四 Namics導熱TIM材料H9890-7不同界面處的截面圖

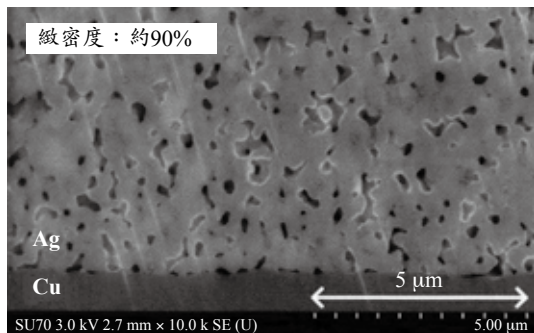


▲圖五 三菱材料燒結銀的樣品

及高導電特性。此外，隨著燒結溫度的提高（圖三），燒結狀況也越好，電性越佳。

另外，Namics也利用燒結銀，調配高熱傳導的導熱TIM材料。而作為界面材料，連結處的強度非常重要，Namics添加了熱塑性粉體(Elastomer)在裡頭，解決整體的可靠度問題。奈米銀燒結時，會因收縮產生孔洞及收縮應力產生裂痕，孔洞及裂痕的產生，將會使得連接處界面阻抗上升，當添加熱塑型樹脂於配方中，燒結所產生的應力可藉由熱塑型樹脂，達到應力釋放，且熱塑型樹脂於燒結時亦是可流動的，因此也具有填滿孔洞的功能，Namics藉由這樣的設計，提高整體界面的接著力。圖四為該公司發表的導熱TIM材料H9890-7不同界面處(Fin Side & Die Side)的截面圖，圖中黑色處即為熱塑性粉體。

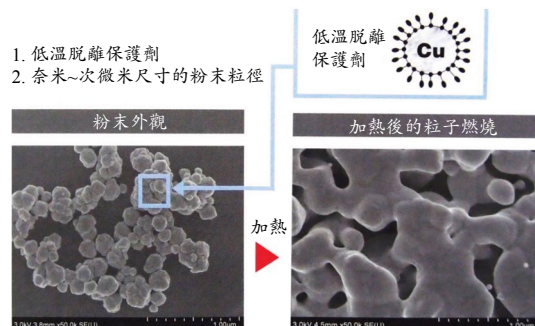
三菱材料公司此次則分別展出了燒結銀、銅的黏晶材料及Core-shell TLP Bonding Material，燒結銀的部分樣品如圖五所示。



▲圖六 燒結銀黏晶材料燒結後的SEM切面圖

三菱的材料除了可以接合銀和金之外，亦可接合銅界面，此款銀膠的固含量約90 wt%，使用150 nm的銀粒子作為燒結的連接粒子，在大氣下，以10 mm²大小的晶片接合DBC基板，250°C進行燒結，熱導率可達200 W/m·K，接著強度50 MPa，電阻率 $3.5 \times 10^{-6} \Omega \cdot \text{cm}$ ，為銀金屬電阻率的兩倍，電性相當低。圖六為燒結銀黏晶材料燒結後的SEM切面圖，燒結狀況相當緻密，計算孔隙率約為10%，高緻密度使得不管熱導率或電阻率都可以表現得相當好。

至於燒結銅方面，銅膠固含量約90 wt%，黏度200 Pa·s，使用150 nm的銅粒子作為燒結的連接粒子，接合界面可為金、銀、銅，以10 mm²大小的晶片接著於銅基板上，在氮氣下，以20 MPa，230°C/10 mins的燒結條件，熱導率可達200 W/m·K，接著強度25~50 MPa，電阻率 $3.5 \times 10^{-6} \Omega \cdot \text{cm}$ ，圖七為奈米銅燒結前後的情況，燒結後，奈米銅已溶融在一起。與其他公司燒結銅的黏晶材料比較可以發現，目前奈米銅若未在還原氣體下燒結，氮氣環境下皆需經由加壓燒結才可以達到緻密的連接層，無壓力燒結的製程可能需要在氮氣下

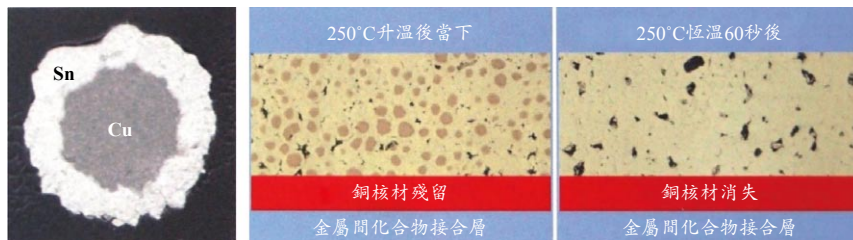


▲圖七 三菱材料奈米銅燒結後的情況

燒結才可以得到較好的結果。

相對於燒結銀或銅的接合材料，三菱材料所開發的瞬間液相接合(Transient Liquid Phase Bonding; TLP)材料為另一種相對於奈米金屬來說，價格較便宜，且相關特性較傳統焊錫材料更佳。瞬間液相接合材料一般含有A、B兩種金屬，A金屬為高熔點金屬，B金屬為低熔點金屬。當施加正向壓力並逐漸升溫加熱至目標溫度TB，TB高於B金屬熔點，B金屬開始融熔，此時A金屬與B金屬兩者界面間已經開始互相擴散，因為互相擴散的關係，B金屬熔入A金屬中，A金屬內因含有B金屬比例增加，導致熔點降低，融熔狀態的金屬開始擴大，隨著時間增加，B金屬在A金屬中的濃度降低，新合金的形成使熔點開始升高，使金屬間產生接著。

圖八為三菱材料使用自行開發錫、銅核層粒子作為TLP的材料，以含有87%的錫、銅核層粒子，黏度200 Pa·s的膠在氮氣下加壓10 MPa/300°C保持5分鐘，接著強度可達40~60 MPa（接合界面可為鎳、銅、金），熱導率36 W/m·K，電阻率 $2 \times 10^{-5} \Omega \cdot \text{cm}$ 。圖八可以看到，橘色處為銅，當250°C



透過使用Core-shell構造粉末，能夠迅速形成金屬間化合物，短時間內完成接合

◀圖八

TLP的材料及錫銅核層粒子加熱前後，金屬擴散後之狀況（彩圖請見材料世界網<https://www.materialsnet.com.tw>）



恆溫60秒後，已無看到兩相金屬的存在，錫與銅已互相擴散形成 Cu_6Sn_5 及 Cu_3Sn 的合金結構。TLP材料經 $-40\sim 150^\circ\text{C}$ 冷熱衝擊測試1,000次，熱阻抗約上升5%，且連接處亦無裂痕產生。

另一方面，雖然展會中較少看到導電膠作為線路用途的展示，但仍有較為特別或特性較佳的相關產品展出，簡述如下。

十條油墨展出包含銀銅膠、開發中的UV型銀膠及透明導電膜等產品。銀銅膠的硬刷膜厚約 $15\ \mu\text{m}$ ，硬化溫度 $120^\circ\text{C}/15\ \text{mins}$ ，電性約 $4.5\times 10^{-4}\ \Omega\cdot\text{cm}$ 。銀銅膠相對於銀膠來說，較不會有銀遷移的情況。透明導電膜以PEDOT:PSS為主的導電油墨，透光率85%，片電阻 $100\sim 250\ \Omega/\square$ ，相對於商業常用的Heraeus PH1000，片電阻約 $800\sim 1,000\ \Omega/\square$ ，阻值相當低。UV型的銀膠目前為開發品，並沒有辦法完全使用UV進行固化，尚需搭配熱硬化達到完全固化。目前的硬化條件如下：曝光能量約 $750\ \text{mJ}/$

cm^2 ，接著熱烘烤 $80\sim 100^\circ\text{C}/30\ \text{mins}$ ，電性約 $4\times 10^{-4}\ \Omega\cdot\text{cm}$ 。

TOYAL針對導電粉體分別開發出許多Core-shell粉體，其中粉體核(Core)分別有銅、鋁、二氧化矽、鎳、氧化鋁；Shell則是銀。藉由Core的材料差異，賦予粉體較佳的化學安定性、磁性，以及較便宜的價格等。相較於傳統的銀膠，TOYAL以Core-shell的粉體配製銀膠(TCP-LR)，TCP-LR以 $140^\circ\text{C}/30\ \text{mins}$ 固化後電性為 $10^{-4}\ \Omega\cdot\text{cm}$ ，約一般銀膠電性的2~3倍，但在 $85^\circ\text{C}/85\%\text{RH}$ 、50 V的Migration Test，可以超過1,000小時，為一般銀膠1,000倍以上的時間。

2. 穿戴式裝置的導入應用趨於多元化

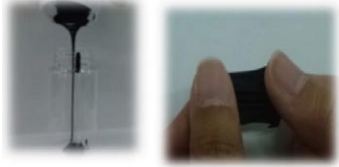
近年來，穿戴式裝置的發展在醫護、運動等應用面都受到相當大的關注。因穿戴式裝置是穿戴於身體上，必須服貼於不規則的身體表面，因此可撓性及柔軟性是必要條件。今年展場中的焦點之一，即是



Suave EL Series伸縮性導電材料
兼具導電性的伸縮丙烯酸彈性體材料

特徵

- 高伸展性
- 低楊氏模數
- 高耐濕熱性
(200°C以下)



用途

- 彎曲感測器
- 壓力傳感器
- 軟性致動器
- 配線



樣品數值

樣品	楊氏模數 (MPa)	延展性 (%)	體積電阻率 ($\Omega\cdot\text{cm}$)
伸縮感測器用途型	2.4	4,500	4.8×10^0
低電阻型	3.5	5,000	3.1×10^{-4}

▲圖九 大阪有機化學工業公司展示Suave EL伸縮性導電材料

將穿戴式裝置電極及導線整合於智慧衣上，強調可拉伸性。例如大阪有機化學工業公司展示了一項開發中的伸縮性導電材料「Suave EL系列」，是一項可拉伸的丙烯酸彈性導電材料（圖九），具有高延展性（伸長率可達約5,000%）、低楊氏模數（2~4 MPa）、高耐濕熱性（200°C以下）。

隨著穿戴技術的進展與市場需求發展，穿戴式裝置的導入應用頗具多元化，以下介紹幾個不同的應用。Informatix公司展示GyroEye Holo運用AR技術應用在施工現場。建築工地必須按圖施工，但往往因現場施工限制，而造成很多的不便，發展AR擴增實境眼鏡將可解決此問題（圖十）。

Kurabo Industries展出智能服裝「Smartfit」（圖十一），這是一套能為現場工作人員



圖片來源：<http://www.informatix-inc.com/gyroeye/holo.html>

▲圖十 Informatix展示GyroEye Holo運用AR技術應用在施工現場



圖片來源：https://www.kurabo.co.jp/news/newsrelease/20180524_1599.html

▲圖十一 Kurabo Industries公司的智能服裝Smartfit

進行風險管理支援的系統。運用「Smartfit」可獲取使用者的生理訊息，利用數據分析及AI技術，可進行即時評估並通知在酷熱環境中的工作風險、身體變化狀況等。

此外，穿戴式裝置的目的在於蒐集數據，而蒐集的數據價值在於分析應用。透過追蹤使用者的活動、卡路里攝取量和睡眠，穿戴式裝置可協助使用者獲取他們的飲食和活動習慣，並對此一健康相關數據作分析，進而建議調整生活習慣，期望有助於個人的健康。在一項專題演講中，Fit-



圖片來源：<https://japanese.engadget.com/2019/01/20/5-expo/>

▲圖十二 FDK公司展示的薄形鋰離子電池外觀

bit公司即強調下一步將為更多的生醫級生理訊號資訊及數據分析導入更多機器學習及AI技術，以作為健康促進之應用。

電力供應也是穿戴式裝置不可或缺的項目，缺少了電源供應或電源供應不足，穿戴元件將難以運作。為了搭配穿戴式裝置，薄形化是電力供應的必要條件。電子零組件廠商FDK展示厚度如紙張般的鋰離子電池（圖十二），厚度如一般名片，具重量輕、體積小之特性，且在低溫的寒帶地區也可有額定輸出。

南韓JENAX公司展示「J.Flex」可撓高分子電池（圖十三），不僅可以彎曲、捲繞，在有破損的情況下，也不會產生爆炸或著火，即使將電池剪開，仍可以維持運作。

另一方面，全固態電池被視為是下一代電池發展的主流方向。日本市調機構富士經濟在一項全球次世代電池市場報告中即提及，2017年全固態電池的市場規模為21億日圓，並預測2035年將可望達到2兆7,877億日圓。此外，日本新能源產業技術綜合開發機構(NEDO)亦已與豐田汽車、Pa-



圖片來源：<https://japanese.engadget.com/2019/01/20/5-expo/>

▲圖十三 JENAX可撓電池，剪斷的電池電量仍可運作

nasonic等23家企業、東京工業大學等15家研究機構共同投入了「全固態電池」的開發事業，預計投入總事業經費達100億日圓。日本積極透過產官學研攜手合作，以全日本之力推動次世代電池之研發。

FDK在此次展會中即展出了一項世界最高水準之高電壓且超小型的氧化物類全固態電池（圖十四～圖十五），尺寸為 $4.0\text{ mm} \times 2.0\text{ mm} \times 2.0\text{ mm}$ ，標稱電壓為3 V，額定電流 $20\text{ }\mu\text{A}$ ，標稱容量 $140\text{ }\mu\text{Ah}$ ，質量僅0.05克，可使用於 $-20\sim 105^{\circ}\text{C}$ 的溫度環境下，適用溫度範圍廣。由於具有超小型、對應表面貼裝器件(Surface Mounted Devices)、高電壓、高容量、高能量密度、高安全性、高環境適合性等特點，將可望應用於物聯網(IoT)裝置、穿戴式裝置、實時時鐘(Real-time Clock)、微控制器(MCU)/靜態隨機存取記憶體(SRAM)等半導體製品用途，或是作為在高溫、真空等嚴苛使用環境下使用之產業機器、車載電裝品測定、無線模組的備用電源。

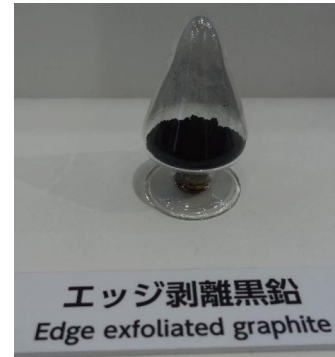
另一方面，積水化學則展出了可促進電極低電阻化、長壽命化之高性能導電助劑「邊緣剝離石墨(Edge Exfoliated Graphite; EExG)」(圖十六)。透過邊緣剝離，實現了



▲圖十四 FDK超小型氧化物類全固態電池

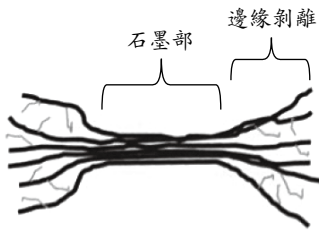


▲圖十五 FDK超小型氧化物類全固態電池基板構裝



▲圖十六 積水化學開發的邊緣剝離石墨(EEExG)

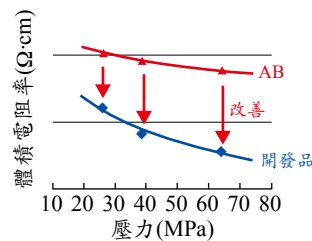
構造示意圖



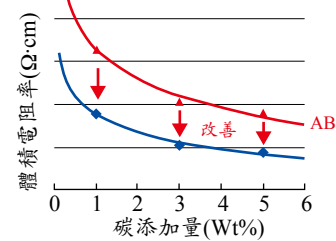
• 透過邊緣剝離，實現了EEExG高表面積化

粉體電阻

僅有碳單體



正極活物質複合體



• 透過少量添加，達成低電阻化

▲圖十七 透過邊緣剝離，實現了EEExG高表面積化

高表面積化，且即使少量添加，亦可達成低電阻化（圖十七）。

再者，在智慧工廠展覽部分則是強調大數據分析應用及AI導入，以提高診斷預測的準確度。工業製造運用物聯網、機器人等創新技術的持續發展，導致如何提升產品品質穩定度與設備故障預測技術的需求越來越重要。ISID公司即展示了故障預測技術「PDX大數據分析平台」，致力於設備故障的預防診斷（圖十八）。Panasonic則是以諧波感測器和AI進行設備診斷服務，減

少突然的設備故障及維修費用。它是一項對設備狀態進行監測之服務，量測所得之諧波數據會被傳送到雲端，透過AI判斷設備狀況是否正常。

研討會重點分享 Fan-out WLP技術發展趨勢

2019年的NEPCON JAPAN與往年一樣，除了豐富多元的展覽外，同時也舉辦了探討時下最新技術的研討會論壇。以下將介紹目前正夯的Fan-out WLP技術發展和



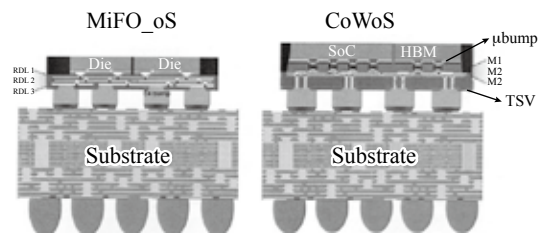
▲圖十八 ISID大數據分析平台「PDX」

5G技術所需之相關構裝技術趨勢。

針對Fan-out WLP，TechSearch顧問公司指出，在目前競爭激烈的眾多廠商中，台灣的ASE、PTI、TSMC、Unimicron都在其中扮演重要角色。TechSearch認為，未來的Fan-out WLP是多種構裝型態、百家爭鳴的狀態，誰能提供多元的構裝，並提高產能(Yield)就能在這戰場中取得一席之地。不僅是晶圓構裝尺寸、大面積的Panel Level Package尺寸從370 mm × 470 mm到600 mm × 600 mm都有開發的需求。

TSMC今年也與會分享Fan-out的構裝技術。TSMC的InFO WLP因具有較薄的RDL、細線路設計(Fine Pitch Cu)，能提供訊號傳遞、降低雜訊，並且降低熱損失效應。除了現有的InFO WLP，他們朝向多晶片(Multi-chip)構裝持續開發，高密度的構裝Pitch約在60~80 μm ，RDL L/S為2 μm /2 μm 。講者特別提到，在多晶片構裝結構中，Underfill封裝材料在晶片(Chip)與模封材料(Epoxy Molding Compound)扮演著緩衝的角色(Buffer Layer)，能有效降低應力、提升信賴性。

日立化成公司則分享Fan-out Package相



▲圖十九 聯發科MiFO-oS與CoWoS構裝比較

關的材料技術。日立化成於東京近郊成立一研發中心，建立提供構裝材料相關的驗證平台，該中心能提供模擬、測試載具設計、材料配方開發、構裝製程評估、信賴性測試與分析。該中心能完整的扮演串接材料設計與構裝技術需求的橋樑，不僅提供構裝廠所需的材料技術，也能提供材料開發者正確的材料設計開發方向、縮短研發時程。除了建置FO WLP測試載具，也同步建立Panel Level的測試載具。

因應5G新時代來臨之際，另有論壇探討了最新的半導體構裝相關技術。SoftBank以淺顯易懂的論述說明我們所處的時代：過去使用3G時，我們的手機提供了行動中的聲音傳遞；現在所處的4G時代，我們的行動裝置不僅傳遞聲音，亦能進行包括郵件、影音下載等資料的傳輸；而即將到來的5G則會提供一個全方位的服務網絡，也就是目前我們所說的V2X (Vehicle to Everything)，同時也是AI與IoT的結合。

另外，聯發科亦發表5G應用的新構裝技術與技術發展趨勢，並用另一種方式來說明5G時代對我們的影響。目前使用4G網絡下載一部約兩小時的電影約需6分鐘，而未來5G下載同樣的內容卻僅需要3.6秒。由此可見，5G時代將是數據蓬勃發展的時代，



▲圖廿 主辦NEPCON JAPAN的Reed Exhibitions Japan事務局長前菌雄飛歡迎各界前來參與國際年度電子產業盛會

要能應付如此高速的傳輸，一定要新的構裝型態才能滿足需要的技術。在5G應用中的重要伙伴即是AiP (Antenna in Package)，聯發科的AiP技術發展由Antenna on PCB朝向Antenna in Module，再朝向現在開發的Antenna in Package發展。在毫米波傳輸過程中，對材料的要求也越來越嚴苛，為了不使訊號在高頻傳輸過程中產生訊號損失，低介電特性(Low D_k 、Low D_f)的基板材料是現下亟需的技術。目前聯發科開發的頻率在10 GHz，未來則將朝向77 GHz發展。

聯發科在高密度構裝需求下開發MiFO-oS的構裝技術(圖十九)，它沒有Micro-bump，也不需要TSV，不僅維持優異的電氣特性，也較CoWoS的構裝結構更有成本優勢。MiFO-oS為高密度構裝型態，晶片I/Os大於2,000，RDL的L/S為2 μm /2 μm ，構裝尺寸大於50 mm $\times$ 50 mm。該公司的Fan-out構裝技術分別應用在主/被動元件PMIC/RF模組構裝、Antenna in Package以及多晶片整

合構裝。未來聯發科將持續努力為即將到來的5G時代提供新的、多元的構裝技術。

2020年NEPCON JAPAN與Wearable EXPO將分兩梯次舉行

規模日益擴大的NEPCON大展多年來總在每年年初帶給相關業界諸多收穫。根據主辦方Reed Exhibition Japan事務局長前菌雄飛(圖廿)說明，為響應日本中部地區的業界需求，去年9月首度新增一場，並移師至工業重鎮名古屋市舉辦，且獲得各界一致好評。因此，今年已決定於9月18~20日舉辦第2屆NEPCON JAPAN名古屋大展，目前預計將有750家企業參與展出。

經過多年的耕耘，NEPCON JAPAN不僅已成為廠商展示產業實力的最佳平台，同時也是最新科技、技術與產品的重要交流平台。綜合性的策展規劃與五大展會連動的作法在全球更是絕無僅有，不僅能為參展廠商與觀展人士帶來複合性效益，同時也能從產業界展出動態一窺未來發展趨勢。前菌事務局長表示，未來NEPCON JAPAN仍將持續招攬更多來自全球各國的重量級廠商前來共襄盛舉。此外，對於明年度的策展規劃，由於2020年適逢日本東京舉辦奧運，Tokyo Big Sight場地使用將有所侷限，因此展出時間與內容將調整：電子研發暨製造綜合展「NEPCON JAPAN」與汽車技術博覽會(Automotive World)維持在1月舉辦；而智慧工廠博覽會(Smart Factory Expo)、可穿戴式設備暨技術博覽會(Wearable EXPO)、機器人開發活用展(RoboDEX)等則將更改至2020年2月舉行。展出規模同樣盛大、內容豐富多元可期，歡迎各界前來參與這場國際年度產業盛會。📍