

高功率太陽能面板關鍵材料 — 杜邦™ Solamet® PV前瞻導電漿料

Toward High Power Solar Panels – Advanced Conducting Materials

Mike F. Barker¹、魏松煙 S. Y. Wei²、孫文繁 W. C. Sun³、
游勝閔 S. M. Yu²

杜邦微電路材料太陽能產品亞太區¹技術開發經理
工研院材化所(MCL/ITRI)²研究員、³研究主任

太陽能電力之需求日益成長，杜邦微電路材料事業部著眼於關鍵材料之提升，持續設計並優化金屬漿料之特性，藉由金屬化步驟之改良，使高效電池進一步提升效能及穩定性。杜邦微電路材料事業部以減少正面金屬線寬及降低操作溫度等目標，推出Solamet® PV19x及Solamet® PV76x系列正面銀漿，供淺摻雜射極結構及PERC電池使用，藉由改善電池正面金屬特性，電池轉換效率可獲得0.15%之增益，並同時提升高效電池之良率。

Global demand of solar power electricity continually increased. For promoting the performance and reliability of high efficiency solar cells, DuPont put focus on improving the critical materials, the characteristics of metal pastes are continually optimized for better metallization process to gain more power from sunlight. For achieving the requirements of fine line printing in extremely lightly doped emitter structure and low firing temperature on PERC cells, DuPont introduced the Solamet® PV19x and Solamet® PV76x series front side silver paste. Through improving the characteristics of front side metal grid, the pilot-test solar cells not only gained about 0.15% of photovoltaic conversion efficiency, but also increasing the yield of high-efficiency cells.

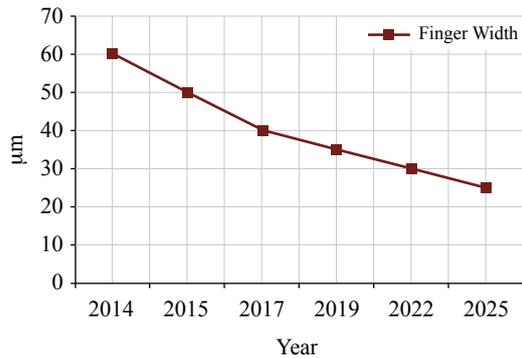
關鍵詞/Key Words

細線金屬化(Fine Line Metallization)、正面銀漿(Front Side Silver Paste)、Solamet® PV

前 言

永續能源之發展為人類社會依存重要之議題，由IHS Technology的資料指出，隨著太陽能模組成本不斷降低，2015年全球太陽電池需求之規模上升達到50 GW，若能維持成本下降的趨勢，預估在2018年

將有機會達到70 GW之規模。提升模組轉換效率即可直接降低每瓦之發電成本，矽晶太陽電池之正面金屬化技術一直以來皆為影響模組特性之關鍵因子。根據ITRPV (International Technology Roadmap for Photovoltaic)資料指出(圖一)，目前量產之太陽電池，其正面金屬柵線寬度約為50~60



資料來源：ITRPV (2015)

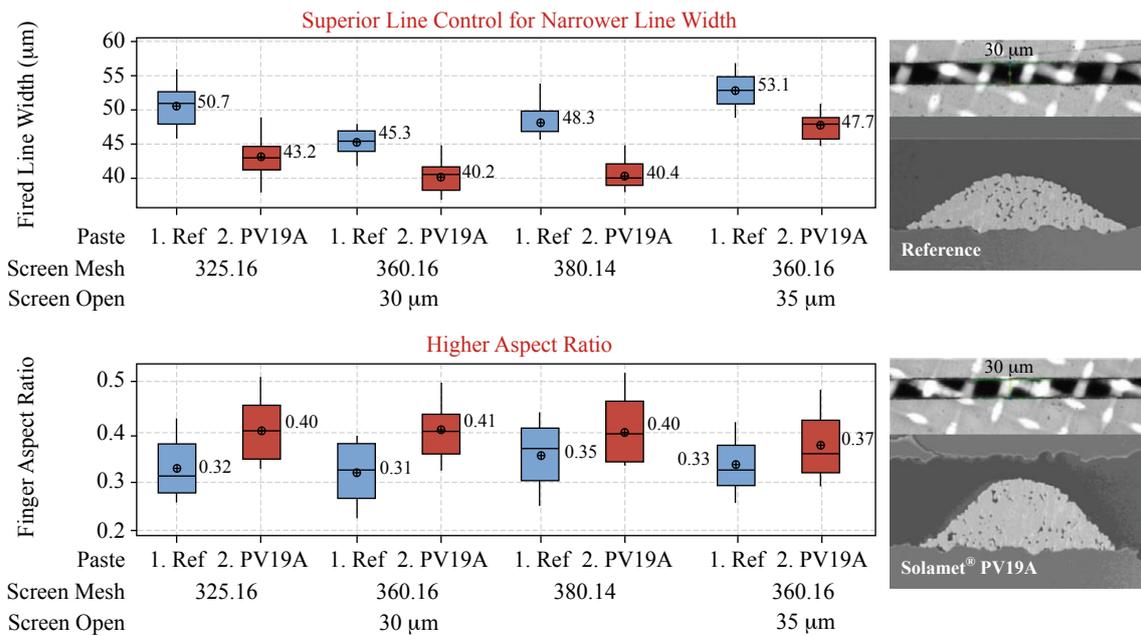
▲圖一 ITRPV預估之正面金屬線寬Roadmap

µm，並預估在2022年線寬將降低至30 µm，細線寬可使電池受光面積增加，提升短路電流，但亦會面臨串聯電阻上升、填充因子(Fill Factor; FF)下降等問題，而在淺摻雜射極(Lightly Doped Emitter; LDE)之電池設計下，晶片表面具有較高之阻抗，細線則

必須克服金屬電極不易與晶片表面矽層形成良好之歐姆接觸，產生之高接觸電阻以及可靠性等問題。

細線金屬化製程 (Fine Line Metallization)

杜邦微電路材料事業部為改良上述問題，根據其獨有之Tellurium專利技術，於2015年第二季初發表Solamet® PV19A—PV19x系列之第一支產品，在Tellurium技術平台基礎上，Solamet® PV19A在低溫即可達成絕緣層(如SiN_x、TiO₂或SiO₂等光學或鈍化薄膜)之穿刺以及燒結，提升電極接觸電導性以及黏著性。除此之外，該漿料在化學成分上作了相當之改良，使其具有優異之透墨性及細線印刷特性(圖二)，與前期所推出之Solamet® PV18J正面銀漿在不同



資料來源：杜邦

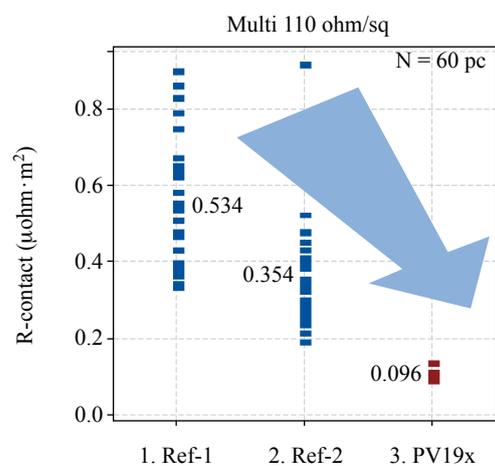
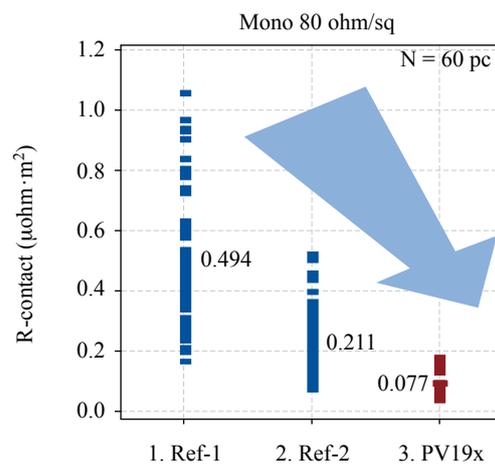
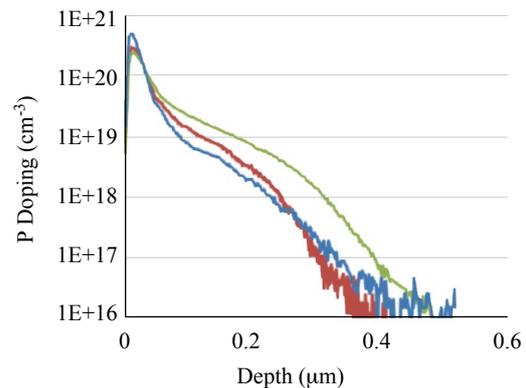
▲圖二 Solamet® PV19A細線印刷特性

的網版開孔和線寬設計進行比較，Solamet® PV19A具有更佳之細線印刷以及高寬比特性，可達成30 μm網版開孔之細線印刷，並且具有超過40%之高寬比，而藉由其優異之細線高寬比特性，可確保在線寬減少之條件下，導線仍具有足夠之截面積以降低串聯電阻，提高電池之FF值，在多晶矽電池驗證上，相較於使用Solamet® PV18J正面銀漿之電池可進一步提升約0.1%之轉換效率。

在LDE應用方面，Solamet® PV19x系列具有改良的玻璃技術，使接觸電阻較傳統正面銀漿大幅改善(圖三)，同時在單晶與多晶的太陽電池都可得到效率提升。與協定廠商初步進行2,500片多晶矽電池驗證，平均效率較傳統正面銀漿提升約0.15%，相當於每片電池提供額外2.2W之貢獻，而其良好之操作特性展現優異之良率，並在焊接拉力測試具有良好之表現，該漿料之信賴度優越，使超過260W輸出之比率由93%提升至98.5%。Solamet® PV19x使用之漿料技術，其良好的操作範圍可改善高效電池片的生產良率，達成降低生產成本、提高效率之目標。

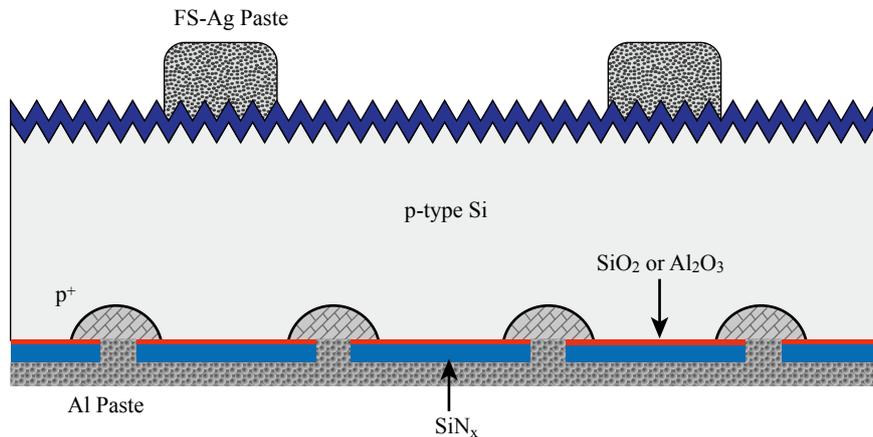
局部背鈍化電池的整合性 解決方案 (Integrated Metallization Solutions for PERC Cell)

PERC(Passivated Emitter and Rear Cell)結構太陽電池(圖四)預估在2016年起市佔將大幅成長，為矽晶太陽電池未來五年的主流結構，PERC結構太陽電池由於背面鈍化層的作用，具有低載子表面復合速率與高內部反射率之特點，因此有較高的 V_{oc} 、 J_{sc} 和元件效率等優點而獲得產業界青



資料來源：杜邦

▲圖三 Solamet® PV19x系列提供LDE晶片優異之接觸電阻值



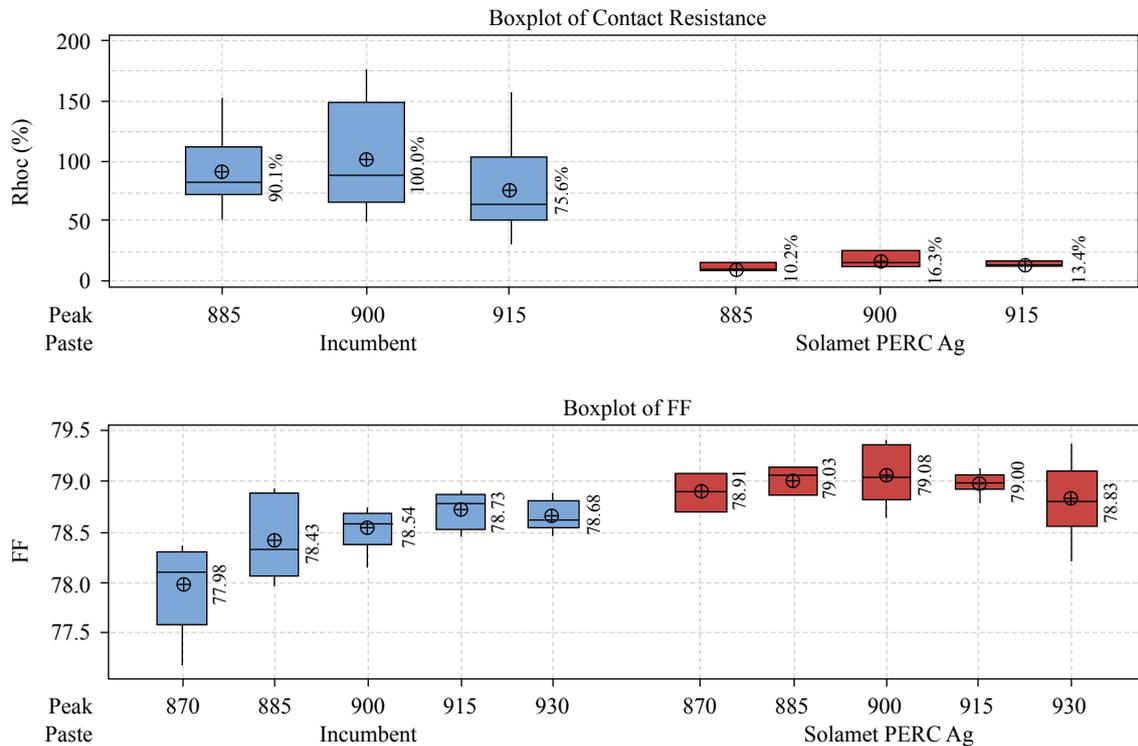
▲圖四 PERC結構太陽電池

際。在電池背面金屬化部分，杜邦微電路材料事業部在2014年即開發供LBSF(Local Back Surface Field)使用之背面鋁漿Solamet® PV36x，以及Tabbing使用之背面銀漿Solamet® PV56x。由於背鋁漿與矽晶片接觸面積小，故漿料與電池背面之接著性為一大挑戰，藉由研究漿料中玻璃質及鋁粉之技術，Solamet® PV36x鋁漿改善了與SiN_x之黏著性，提供良好的接著力，同時也提升LBSF區域中漿料與晶片之接觸特性，藉由改善LBSF形成區域中，因擴散效應所造成之孔洞問題，提高接觸傳導特性，減少電極剝落機會及Kirk Effect之發生。Solamet® PV56x背面銀漿改善玻璃質部分，除了可提升接著性外，同時提升電池之長效可靠性，相較於現行使用之漿料，網印Solamet® PV56x系列晶片在燒穿製程後，對鈍化層之損傷較少並有更為優良的均勻性，因此使得電池穩定性提升。

正面金屬化部分，杜邦微電路材料事業部針對PERC電池之特性，量身設計專用導電漿料，在2015年第二季初發表了

Solamet® PV76x系列導電銀漿供PERC電池使用，PERC結構之特色為背面具有局部開孔之鈍化薄膜疊層，一般為Al₂O₃/SiN_x或SiO₂/SiN_x，因此金屬化製程中之高溫燒結對鈍化薄膜將會造成水泡或空孔等缺陷形成，影響元件效能，因此為保護鈍化層，設計Solamet® PV76x漿料在較低之操作溫度下，仍能達成低接觸電阻以及高FF值之特性。Solamet® PV76x之燒結溫度設計約為870~930°C之範圍，相較於一般使用之正面銀漿，低於900°C之燒結仍能達成極低之接觸阻抗，並提供良好之FF值(圖五)，以900°C為例，Solamet® PV76x之接觸阻抗僅為傳統漿料之16.3%，因此可以提供較佳之FF值，而相較於杜邦微電路材料事業部先前所使用之正面銀漿Solamet® PV18J，Solamet® PV76x亦在低於900°C之燒結溫度下有更佳之表現。

藉由Solamet® PV76x系列漿料之開發，與原有之Solamet® PV56x及Solamet® PV36x系列漿料搭配，杜邦微電路材料事業部提供PERC結構電池完整之正、背面金屬化解



資料來源：杜邦

▲圖五 Solamet® PV76x與傳統正面銀漿在低溫燒結之特性比較

決方案，昇陽光電以此PERC整合性漿料解決方案進行多晶矽元件測試，電池效率最佳可達19.65%，應用於昇陽光電推出之“Sapphire”系列產品上，60-cell之規格可獲得290 W_p之高能輸出。在單晶矽太陽電池驗證方面，元晶使用此PERC整合性漿料解決方案，電池光電轉換效率最佳可達21%，較傳統電池亦提升約0.15%之效率，而由元晶所推出之“V-series”產品中，60-cell及72-cell之規格分別產出了300 W_p、360 W_p之高能輸出。

結 論

杜邦微電路材料事業部開發Solamet®

PV19x正面銀漿，以及Solamet® PV76x、Solamet® PV56x、Solamet® PV36x等PERC整合性漿料解決方案，針對各廠家之製程差異提供客製化之調整，已在各類量產型電池上驗證其產品特色及開發技術能力。杜邦微電路材料事業部亞太區研發經理Mike Barker博士指出，透過材料技術及相關工藝之改良，太陽電池產業仍有極大之發展空間。杜邦太陽能相關研究團隊之目標可以三個“20”來呈現：透過提升電池效率以及減少材料成本，在2020年以Solamet®導電漿料系列產品達成降低20%之單位生產成本(Cost of Ownership)，使乾淨且永續之太陽能電力進一步改善全球能源結構。☑