

超能材料之三

當今網絡世代，各式電子產品已幾乎是社會必需品，如何讓電子儀器及其功能更「貼身」，與人類關係更緊密，是進一步提升智慧生活水平的關鍵。香港理工大學紡織及服裝學系教授鄭子劍，利用創新技術整合金屬及橡膠物料，研製成如同「電子皮膚」般的嶄新導電材料，具備可拉伸18倍的超強彈性，其透氣度亦比現有同類材料強逾20倍，有望為隨身電子與健康監測設備的應用帶來革新性突破。例如若配合相關通訊科技發展，直接在皮膚上按鍵打電話，或可於不久將來便能實現。

● 香港文匯報記者 郭虹宇

該嶄新材料學名為「液態金屬纖維氈（liquid-metal fibre mat）」，是鄭子劍及其團隊以特殊的液態金屬及橡膠聚合物，用創新方式整合打印與靜電紡絲加工等技術研製而成（見另稿）。

可拉伸18倍 比膠布透氣22倍

鄭子劍在接受香港文匯報訪問時分享道，該材料亦可稱之為「超彈透氣導體」，當中囊括了三種主要特性：「超彈」等於彈性一流，可拉伸18倍；「透氣」，顧名思義，比日常的護理膠布透氣約22倍，比市面上兩種常見彈性薄膜透氣性強25倍左右、透濕度強約14倍；而「導體」指的是該材料具有優秀的導電性能及極佳的導電穩定性。

鄭子劍指出，目前市面上的穿戴式電子設備、緊貼皮膚的電子裝置、軟體机器人和生物電子零件等均需採用高彈性的電子裝置和系統部件。然而，現時很多這類部件只能裝嵌在不透氣的彈性厚片上，長時間佩戴會引致皮膚敏感、發炎等問題，更別說是皮膚較為敏感的兒童及老年人使用。相較下，「超彈透氣導體」超彈性、透氣的特點，有廣闊的應用前景。

健康監測的設備，是該嶄新材料其中一大應用方向。鄭子劍說，該材料能應用在織物上，像衣物、佩戴的附件：手袋、帽子、護具等，再加上一些感應器，貼上去，可以用於測試體溫、心跳、血壓、葡萄糖等健康數據。「我們開發的是平台技術，根據要求改變應用，適用於大量的不同場景。至於目標，初步是做消費產品，要求穿戴舒適，如老人家等用戶，有突發不能精準預測的心血管、中風等疾病，如能隨時監測他們的健康數據，對他們有一定的幫助。」

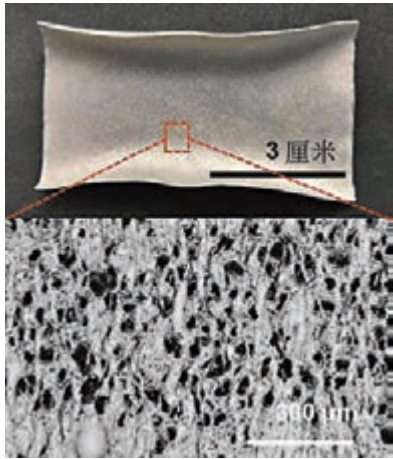
材料暫未能水洗揉搓

鄭子劍表示，有關方向剛剛起步，目前與公司傾談合作立項。不過，該材料還有不足，包括要提高材料在穿戴過程中的性能，如水洗性、耐酸鹼等。水洗性、耐酸鹼其實是日常生活中對衣物的要求，可水洗等於可揉搓、可浸泡、可水洗次數是否有限制，而耐酸鹼則可以使用洗衣劑等。目前，該材料不能水洗揉搓，只能浸泡，對酸鹼性的應對較差，希望在兩年內能有所突破。

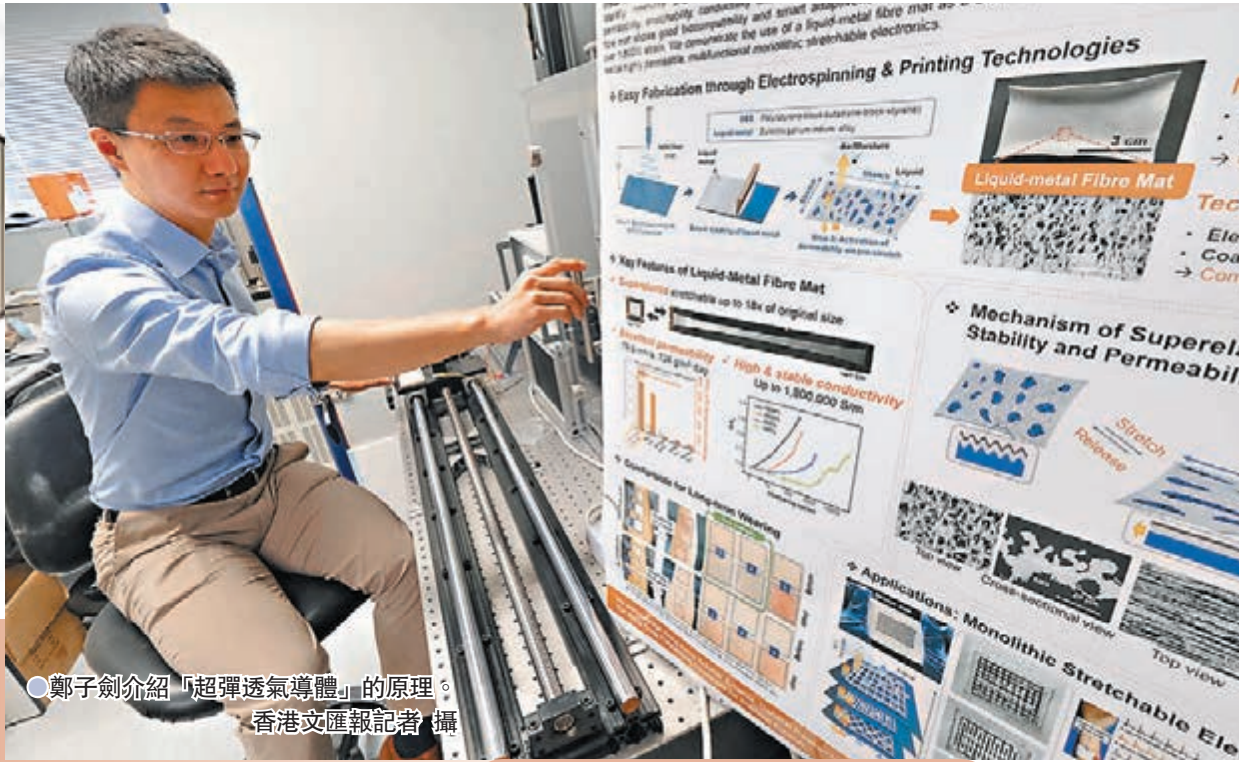
「液態金屬纖維氈」亦可發展成如同「電子皮膚」貼在皮膚上的電子裝置。鄭子劍說，有關應用可涉及醫療和通訊用途，較簡單方式為貼上一段時間撕下來，此舉可免卻對材料水洗性及耐酸鹼有需求，但要求更準確、精度更高、靈敏性更高，如能與通訊科技等不同技術的合夥人合作研發，未來便有望實現直接在皮膚上按鍵打電話等如同科幻電影的情節。

此外，該新材料亦可配合軟體机器人研發，不過鄭子劍說，那需要與跨領域的學者一齊合作探討，由於近兩年疫情的影響，暫還未有實質傾談，但團隊一直保持開放，「歡迎志同道合的專家與我們傾談，碰撞出新的火花。」

超彈透氣導電佳 電子皮膚貼身用



● 顯微鏡下的結構。 理大圖片



● 鄭子劍介紹「超彈透氣導體」的原理。 香港文匯報記者攝

與現時其他材料比較

材料	透氣性	拉伸性	導電性	拉伸狀態下導電的穩定性
液態金屬纖維氈	★★★★★	★★★★★	★★★★★	★★★★★
導電面料(如:鍍銀梭織布)	★★★★★	★	★★★★	★
彈性薄膜導體(如:液態金屬PDMS薄膜)	—	★★★★	★★★★★	★★★★

資料來源：理大研發團隊

網狀褶皺結構 拉伸無礙電阻

香港文匯報訊（記者 郭虹宇）過去十多年來，鄭子劍一直關注可用於穿戴器件柔性材料領域。他指出，相關技術未來應用需求將持續增加，尤其是在健康監控、體育應用、軟體機械人等方向，在應用時電子器件的數目也會更多，對材料彈性性能要求更高，以達到較大的形狀變化，這正是其「液態金屬纖維氈」研究的出發點。

人每日穿戴的所有東西一般來說都是透氣的，鄭子劍及其團隊從中獲得靈感，想到將SBS橡膠（丁二烯-苯乙烯嵌段共聚物）透過靜電紡絲加工成多孔纖維，其纖維狀的二維平面網狀結構，就像漁網一樣，而在網狀結構垂直於平面的方向，則具有褶皺的結構，像人的關節有很多褶皺一樣，在力學、透氣、透水等方面都有好處。其後，再讓常溫下為液態金屬鎔錫合金（EGaIn）透過塗印或印刷技術附在多孔纖維上，從而利用多孔纖維的結構使其導電

性能更穩定。他續說，當一樣東西發生大的形變，例如拉伸十多倍時，拉伸長度越長，電阻成倍增長，要同時保持導電的穩定性是很難的，而多孔纖維的網狀及褶皺兩種結構，在拉伸下可以彌補增長的電阻，令材料能保持電阻的相對小的變化，其增大幅度可受控，令材料相對穩定，並達到超彈性，加上無論如何拉伸材料本身都是多孔網狀，故其透氣性及透水性能得到保持，令「液態金屬纖維氈」能同時做到彈性、透氣、導電三樣特質。

此外，鎔錫合金及基底SBS橡膠聚合物皆是工業化常見原料，很容易進行產業化生產，令材料有很高的應用潛力。鄭子劍說：「覺得很新的點在於用這麼簡單的工藝，這麼簡單的材料，簡單的激活的原理——拉伸，就可以形成多孔的網絡褶皺結構，有這麼好的性能，令人很意外。」



● 拉伸及扭轉下仍能維持導電性。

理大圖片

港材料科研「給力」 成果靠灣區「落地」

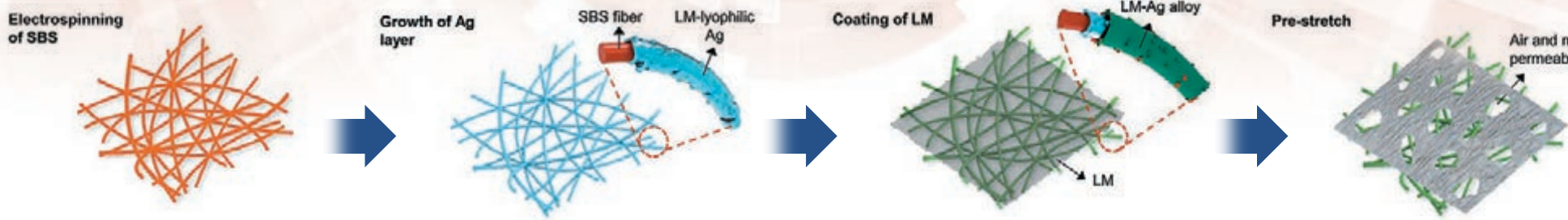
香港文匯報訊（記者 郭虹宇）材料是研發及創新的基石，鄭子劍表示，香港材料科學研究實力強勁，但要讓高水平的成果「落地」，還需倚靠大灣區內地城市的腹地，特別是區內蓬勃發展的電子及製造行業，未來需要進一步加強相關合作，實現科研人員與資本能自由交流。

鄭子劍指出，香港各大學有很多出色材料科學家，科研力量很強，但本地欠缺相關工業需求，要讓研究成果「落地」，

需要依靠大灣區內地城市包括製造業等不同產業配套才能實現，尤其是電子材料，灣區發展更是全國的「重中之重」，而事實上所有研發及創新都需要依靠材料，加強有關合作更是建設大灣區國際科學創中心的關鍵。

對內地與香港的科研融合發展的情況，鄭子劍認為近年進展其實相當不錯，惟疫情下未能正常通關卻造成打擊，他自身便有不少研究項目因此進度停滯，故對不少科研人員來說，兩地恢復正常通關是當務之急，長遠則應在灣區內實現人與資本自由交流，以推進創科成效。

改善性能不停步 橡膠「吸銀」更導電



● 如果在SBS纖維表面加上一層薄薄幾百納米厚的銀，銀與原有的液態金屬反應後形成新的合金，令材料浸潤性大增，性能可望更高。

理大圖片

香港文匯報訊（記者 郭虹宇）科研的腳步永不會停步，研發的道路只有上下求索才能翻開新的篇章。鄭子劍秉持對新事物的好奇心，及作為第一個創造技術的發現者、創造者的吸引力，在科研道路上不斷地前進。他帶領團隊研發出如同「電子皮膚」的「液態金屬纖維氈」材料後，仍在不斷探索如何優化該

材料的性能，成功將當中液態金屬的浸潤性提高40倍，就像「棉布吸水」一樣，橡膠製的纖維氈能將液態金屬吸進去，成功提升導電性，使其得到更好的應用成果。

鄭子劍表示，他的團隊發現，透過在橡膠表面加上一層薄薄幾百納米厚的銀，銀與原有的EGaIn液態金屬反應後

形成新的合金，「液態金屬纖維氈」的界面會變得很輕，就像「棉布吸水的過程一樣，橡膠材料將液態金屬吸進去」，進而提升該材料的液態金屬浸潤性。該研究成果早前亦獲選發表在國際著名期刊《先進功能材料》上。

團隊成員之一的理大博士生，亦是該論文第一作者莊秋娜解釋，該材料的液

態金屬浸潤性（浸潤指液體與固體發生接觸時，液體附着在固體表面或滲透到固體內部的現象）提升，就能提升其導電性，亦能拓寬材料的應用領域。例如要做天線，就需要有一定厚度的導體，保持高穩定性及導電性。「要印刷一個東西很厚又有很強的導電性是很難做到，只能透過將液態金屬鎖在固體的框

架裏面的方法提升浸潤性。」

她指出，以往液態金屬浮在橡膠的表面，滲不進去，如能順利滲進去，就能利用內部的空間，把液體進一步鎖住，在提高載量的同時液體不會「掉出來」。莊秋娜補充指，目前已經可以鎖住液體，在面積不變的情況下，承載液體的載量提高了40倍左右。