
日本電鍍工程株式會社(EEJA)與東京大學合作
成功開發出領先世界各國、於 p 與 n 型有機半導體結晶上
以化鍍法使接觸電極一體成形之技術

達到世界最高水準的高性能有機電晶體不僅可成形於大氣中
更具備低接觸阻抗電極和高移動率

田中控股株式會社（總公司：東京都千代田區、執行總裁：田苗 明）公開發表，負責田中貴金屬集團電鍍業務發展之日本電鍍工程株式會社(Electroplating Engineers of Japan Ltd.)（總公司：神奈川縣平塚市、執行總裁：田中 浩一朗、以下簡稱 EEJA）與東京大學新領域創成科學研究所的竹谷純一教授合作，領先世界各國，開發出於 p 型與 n 型^(※1)兩種半導體的有機場效應晶體管（以下簡稱 OFET），以無電解電鍍法同時形成接觸電極之技術（以下通稱本技術）。

本技術因採用無電解金電鍍法，將銀奈米粒子作為觸媒用於有機半導體上，故不必在需要大型設備的真空環境下進行，就能夠於大氣中形成頂接觸型 OFET（圖 1）^(※2)的接觸電極。此外，此技術和一樣於大氣中進行、屬於接觸成形法的金屬油墨不同，對有機半導體的傷害較少，也不會損害高移動率^(※3)有機半導體的性能，而得以形成高性能之 OFET。不僅如此，由於近年來高性能 n 型半導體材料的登場，開發速度不斷提高的 p 型-n 型 OFET 混合型迴路可同時形成接觸電極，因此能夠在低成本條件下製造出高科技的有機電子儀器。

使用本技術形成的接觸電極之接觸阻抗在 p 型有機半導體上可達到 0.1kΩ-cm 以下，和至目前為止所發表的形成於大氣中的有機半導體上接觸電極相比，其接觸阻抗已達到世界最小值的紀錄。將竹谷教授所開發出可形成於大氣中的高性能塗布型有機半導體結合本技術，便得以在大氣中形成具備世界最高水準之低接觸阻抗電極和高移動率的高性能 OFET（圖 2）。此結果表示能夠在大氣中製成可高速驅動的有機電子儀器，並實現應用印刷電子技術^(※4)製造高機能電子儀器的目標。

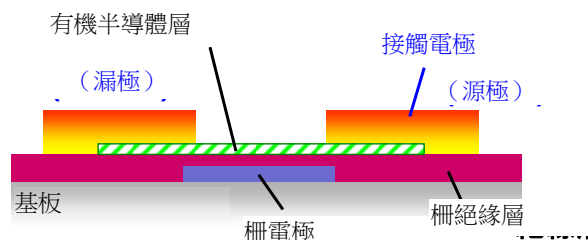


圖 1. 頂接觸型 OFET 剖面圖

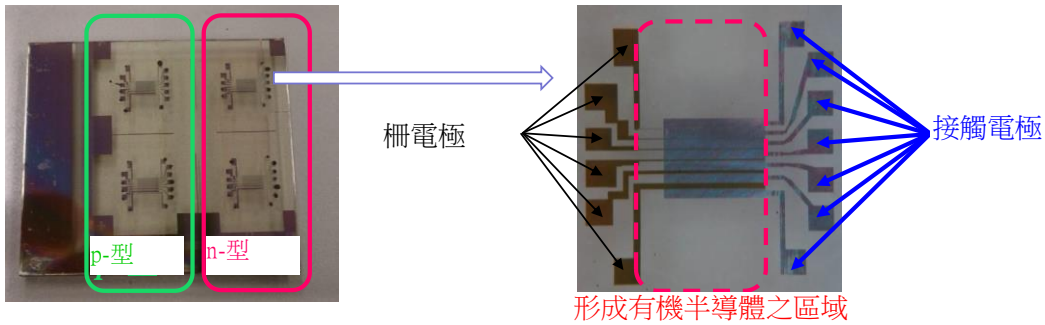


圖 2. 製成的 OFET

本技術為金銀混合構造的接觸電極成形法，在有機半導體結晶上塗抹含有銀奈米粒子之電鍍用銀觸媒溶液後，將其基板浸泡於無電解金電鍍液中，以覆上金鍍膜，使銀粒之間嵌入金粒子。藉由這樣的過程，容易從金注入電荷的 p 型有機半導體以及容易從銀注入電荷的 n 型有機半導體便能夠利用同樣的方法製成低接觸阻抗的接觸電極（圖 3）。

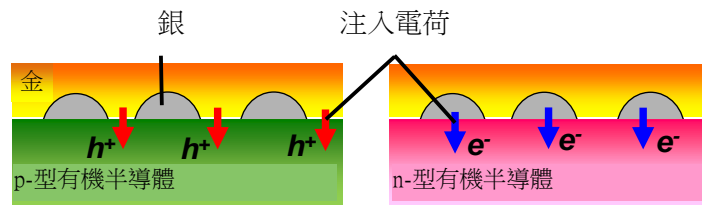


圖 3. 金銀合金構造模式圖

EEJA 將於 3 月 11 日（三）到 14 日（六）的四天期間，在日本東海大學湘南校區（神奈川縣平塚市）舉行的「第 62 屆應用物理學會春季學術演講會」發表本技術相關之研究成果。

■ 技術背景

OFET 係指使用有機半導體的電晶體，擁有「可於低溫成形」、「輕盈」、「可繞曲性」等有機材料才具備的特徵。近年來隨著有機半導體材料的高性能化的發展愈來愈快，已開發出比過去所認為的有機半導體臨界移動率數值還高出兩位以上的材料。此外，竹谷教授研究團隊的成果使高移動率有機半導體得以在大氣中成形，可預期有機半導體儀器的適用範圍將因此更為擴大。

另一方面，形成 OFET 接觸電極的方法有好幾種，而這些方法皆需要在真空環境下進行，或有損害有機半導體之虞等問題。例如利用真空蒸著法雖可形成均勻的薄膜電極，但營造真空環境所需的設備成本相當高昂，材料的損失也不少。此外，金屬油墨和金屬漿料的電極成形法雖然可在大氣中進行，但因含有有機溶劑，且必須在高溫下進行燒結並利用紫外線使其硬化，故容易傷害有機半導體，使形成之電極無法獲得足夠的性能以作為晶體管之用。

有鑒於此，EEJA 和竹谷教授的研究團隊於 2014 年 9 月進行合作，開發出利用電鍍法於 p 型有機半導體上形成接觸電極之技術。EEJA 開發了全新的無電解電鍍觸媒用金奈米粒子，以便在有機半導體結晶上穩定形成電極。利用此技術所形成的接觸電極接觸阻抗僅有 $0.7k\Omega\text{-cm}$ ，以形成於大氣中的接觸電極來說，具有非常驚人的低接觸阻抗性。此外，竹谷教授團隊開發出塗布型有機半導體，能夠在短時間內於大氣中形成具有完整結晶方位的大面積有機半導體薄膜，使影響半導體性能的移動率遠遠超越過去的有機半導體，而達到 $10\text{cm}^2/\text{Vs}$ 以上的水準。

■ 對於應用 OFET 的嶄新儀器之開發有所貢獻—今後的計劃

OFET 因具有「可列印」、「輕盈」、「可繞曲性」等特徵，故預期未來將能夠開發出軟性顯示器和可拋棄式 RFID（無線射頻自動識別）標籤等儀器。目前持續開發的儀器大多僅使用 p 型有機半導體，然而今後為了開發出迴路更精密、驅動 IC 可彎曲的全軟性顯示器和可穿戴式電腦等儀器，p 型-n 型 OFET 混合的迴路便不可或缺，且必須使兩者的 OFET 高速運作。這次的合作開發技術將可對有機電子儀器的技術革新有所貢獻，EEJA 今後也將以有機電子儀器的實用化為目標，持續進行更深入之探討。

(*1) p 型有機半導體與 n 型有機半導體

使有機化合物在具有完整結晶方位的狀態下結晶化，而獲得半導體的特性。藉由注入正電荷以形成電流的半導體屬於 p(positive)型，而藉由注入負電荷以形成電流的則稱為 n(negative)型有機半導體。p 型或 n 型等不同類型的半導體容易注入電荷的金屬種類也各異。

(*2) 頂接觸型 OFET

接觸電極位於半導體結晶上的有機晶體管。其構造和具其他構造之 OFET 相比，可進行更高速的驅動。然而一般認為有機半導體在形成結晶後才形成電極，故容易使有機半導體受損，而難以形成接觸電極。

(*3) 移動率

表示半導體中電荷移動容易度的數值。進行複雜處理程序的電子儀器需要較高的移動率。直到數年前，一般有機半導體的移動率仍只有 $0.1\text{cm}^2/\text{Vs}$ 左右，最近則開發出移動率超過 $10\text{cm}^2/\text{Vs}$ 的材料。

(*4) 印刷電子技術

應用印刷等技術，於大氣中在基板上形成電子迴路和儀器等的技術。

■田中控股株式會社（統籌田中貴金屬集團之控股公司）

總公司：東京都千代田區丸之內2-7-3 東京大樓22F

代表：執行總裁 田苗 明

創業：1885年

設立：1918年

資本額：5億日圓

集團連結員工數：3,562名（2013年度） 集團連結營業額：9,676億日圓（2013年度）

集團之主要事業內容：貴金屬材料(白金・金・銀等)及各種產業用貴金屬產品製造・販售,進出口
及貴金屬之回收・精煉

網址：<http://www.tanaka.co.jp>(集團)

<http://pro.tanaka.co.jp/tc>(產業製品)

■日本電鍍工程株式會社

簡稱：EEJA (Electroplating Engineers of Japan Ltd.)

總公司：神奈川縣平塚市新町 5-50

代表：執行總裁 田中 浩一朗

設立：1965年

資本額：1億日圓

員工人數：94名（2013年度）

營業額：233億6000萬日圓（2013年度）

營業內容：

1. 與樂思化學(Enthone)集團技術合作,從事 SEL-REX 貴金屬與卑金屬電鍍液、添加劑及表面處理相關藥品的研發、製造、銷售、出口
2. 電鍍裝置之研發、製造、銷售、出口
3. 其他電鍍相關產品的進口、銷售

網址：<http://www.eeja.com/>

<關於田中貴金屬集團>

田中貴金屬集團自1885年(明治18年)創業以來,營業範圍向來以貴金屬為中心,並以此展開廣泛活動。於2010年4月1日,以田中控股株式會社做為控股公司(集團母公司)的形式,完成集團組織重組。同時加強內部控制制度,藉由有效進行迅速經營及機動性業務,以提供顧客更佳的服務為目標。並且,以身為貴金屬相關的專家集團,連結底下各公司攜手合作提供多樣化的產品及服務。

在日本國內,以最高水準的貴金屬交易量為傲的田中貴金屬集團,從產業用貴金屬材料的開發到穩定供應,裝飾品及活用貴金屬的儲蓄商品的提供等方面長年來不遺餘力。田中貴金屬集團今後也更將以專業的團隊形態,為寬裕豐富的生活貢獻一己之力。

田中貴金屬集團核心8家公司如下所示:

- 田中控股株式會社,純粹控股公司
- 田中貴金屬工業株式會社
- 田中貴金屬國際株式會社
- 田中貴金屬販賣株式會社
- 日本電鍍工程株式會社
- 田中電子工業株式會社
- 田中貴金屬商業服務株式會社
- 田中貴金屬珠寶株式會社

<報導相關諮詢處>

國際營業部, 田中貴金屬國際株式會社(TKI)

https://www.tanaka.co.jp/support/req/ks_contact_e/index.html