



應用奈米科技股份有限公司
APPLIED NANO TECHNOLOGY SCIENCE, INC.

接觸角分析儀 (VCA)

於電子產業之相關應用

本技術說明介紹了接觸角分析儀在電子相關產業的相關應用

發行版本：V2.00

版權所有 © 2021 All Rights Reserved.



TRUTH

GOODNESS

BEAUTY

簡介

在電子製造中，常常涉及多種材料相互接觸(**contact**)、粘附(**adhere**)或結合(**conjunct**)。這樣的接合可能是永久的，也可以是某個技術中的一個步驟。無論是哪個生產或製造部門的產品或規模，清潔度和附著力通常是非常重要的，且需要是可靠的，以達到良好的良率與品質。在此份技術說明裡，我們將介紹接觸角分析儀 (**VCA**) 在電子產業中的應用，特別強調矽晶圓片的加工、曝光微影上的製程與印刷電路板 (**PCB**) 的應用。

接觸角於矽基板清潔度的品質控制

表面疏水性在許多應用中都很重要。例如，矽的親水性在直接晶圓鍵合(wafer bonding)、絕緣體上矽 (SOI) 產品、矽傳感器、生化系統和微電子機械系統 (MEMS) ...等 [1]–[3]。

矽基板表面是親水的，因為矽表面通常被薄的天然氧化物層覆蓋(native oxide layer)，該氧化物層連接許多矽烷醇 (Si-OH) 基，並會在頂部物理吸附一到兩個單層水分子(monolayers of water)。二氧化矽 (SiO₂ 矽表面上) 會在水分子的存在下形成，或從表面上的 Si-OH 聚合中形成。這些二氧化矽表面上的單個和相關聯的 -OH 基團是相對穩定，所以難以用加熱的方法來移除。

事實上，有多種清潔方法可以來移除矽基板表面上的二氧化矽，進而改變矽表面的潤濕性(wettability)。常見的例子如下：食人魚洗液(Piranha solution) 是常用的方法來移除矽基板表面的二氧化矽，用此溶液清洗過的矽基板表面會呈現親水性 (hydrophilic)。反之，經氫氟酸(HF)清洗的矽基板是疏水性(hydrophobic)。然而，長時間暴露在濕氣中或經電漿處理後，原本疏水性的矽基板表面會恢復成親水性。因此，評估表面疏水性的一種簡單方法是測量水滴在其表面的接觸角(water contact angle)，如圖 1(a) [4] 所示。在圖 1(b)-(e) 中展示了各種在矽基片上的接觸角，此中，矽基片的親疏水性源於表面上的 -OH [1]。

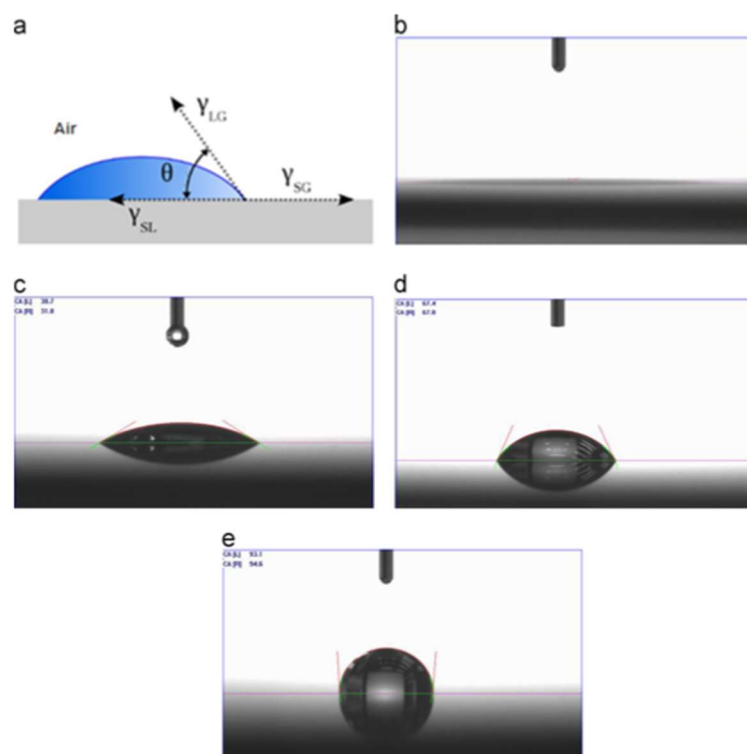


圖 1 (a) 接觸角測量方法。 (b) 經過三分鐘氧電漿處理。 (c) 食人魚清洗後 2 小時真空中矽晶片上水滴的接觸角影像。 (d) 食人魚清潔後 96 小時真空中水滴的接觸角影像。 (e) HF 溶液清洗後 96 小時真空中晶片液滴的接觸角影像。 (圖表改編自參考文獻 [4])

晶圓清潔度的量測是半導體工業中很重要的一個步驟。水滴接觸角的量測與晶圓清潔度之間的關係因而是至關重要的應用。該過程從矽錠的切片開始，矽錠會被切成約 1/40 英寸厚，直徑為 6-12 英寸的高度拋光的晶圓。晶圓通過一系列拋光、化學蝕刻、加熱和沖洗的步驟並準備用於光刻微影(photolithography)。這些用於清潔矽中的微粒、水分和有機雜質有可能會阻礙晶圓與光刻微影膠的結合，這對光刻微影至關重要，所以其中最關鍵的要求之一是晶圓表面清潔度。RCA 清洗是矽晶圓加工前的標準清洗方法。清潔的目的是去除表面所有不需要的物質或顆粒，如灰塵、油污或矽顆粒等。

清潔步驟分為兩個；RCA1 和 RCA2。RCA1 將去除任何有機污染物，而 RCA2 負責處理離子和金屬污染物。如前所述，稀釋的氟化氫 (HF) 溶液通常用於去除

薄氧化層。實際上，破水測試(water break tests) (見圖 2) 通常用於檢查清潔步驟後的表面狀態，而接觸角的測量方式為晶片清潔度的質量控制提供了一種可追溯和定量的方法 [5]–[7].

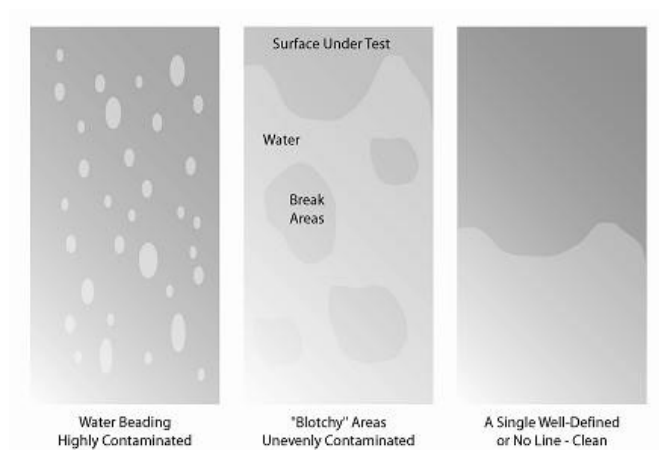


圖 2：破水測試可以檢測親水性基材上的油和其他疏水性污染物的污染（參考：[5]）

接觸角於微影技術的應用

在晶圓上，建構複雜的元件結構通常需要使用稱為微影的技術(photolithography)，這是一種經由紫外線照射將圖案轉移到光敏表面(photosensitive)的製程方法。然而，矽本身不具有光敏性，因此將一種稱為光阻劑(photoresist)的材料塗在矽表面上。光阻劑需要與矽基板之間有牢固的結合；因此，適當的光阻劑附著力是微影技術成功的最重要因素之一。沒有適當的光阻劑附著力，在成像或蝕刻過程中會失去附著力，導致圖案錯誤，這對正在製造的設備來說是非常致命的。

六甲基二矽氮烷 (HMDS) 通常在光阻劑塗上矽基板之前使用。然而，如果在施加光阻劑之前沒有完全去除表面上的 Si-OH 層，則在後續顯影或化學蝕刻過程中存在光阻劑完全分層的風險。脫水烘烤後，通常會塗上一層疏水性 HMDS 塗層，使表面更加疏水，從而易於吸水。接觸角測量可用於找到最佳 HMDS 處理方案以及檢查處理是否成功 [8]。

PCB 的保護塗層和電漿表面改質

保護塗佈製程用於保護 PCB 免受高濕度等環境條件的影響 [9]。例如，空氣污染物以及溫度的變化、濕度和機械彎曲可能會損壞 PCB 的功能。因此，保護塗佈層的附著力對 PCB 的功能發揮至關重要 [10]-[12]

PCB 的大多數載體材料是由玻璃纖維增強塑料製成，其表面自由能值通常較低，約為 40 至 45 mN/m。此外，各個部件和組件的表面自由能差別很大。這使得保護塗佈變得困難。一般的表面改質或清潔可能不足以將表面自由能增加到所需的程度 [11]。

通常，保護塗層的表面張力應至少比基材的表面自由能低 10 mN/m。利用電漿表面改質可以增加表面自由能，從而確保 PCB 更均勻的塗佈上保護塗層。因此，在 PCB 產業中，接觸角測量可用於過程的各個階段。首先在開始時檢查表面潤濕性，然後找到合適的電漿處理參數以達到所需的程度。接觸角還是品質控制的一個好工具，確保製程中得以有良好的掌控 [11]、[12]。

Reference:

- [1] T. Suni, K. Henttinen, I. Suni, and J. Mäkinen, "Effects of plasma activation on hydrophilic bonding of Si and SiO₂," *J. Electrochem. Soc.*, vol. 49, no. 6, pp. G348–G351, 2002.
- [2] U. Gösele and Q.-Y. Tong, "SEMICONDUCTOR WAFER BONDING," <http://dx.doi.org/10.1146/annurev.matsci.28.1.215>, vol. 28, no. 1, pp. 215–241, Nov. 2003.
- [3] M. M. R. Howlader, T. Suga, H. Itoh, T. H. Lee, and M. J. Kim, "Role of Heating on Plasma-Activated Silicon Wafers Bonding," 2009.
- [4] X. M. Yang, Z. W. Zhong, E. M. Diallo, Z. H. Wang, and W. S. Yue, "Silicon wafer wettability and aging behaviors: Impact on gold thin-film morphology," *Mater. Sci. Semicond. Process.*, vol. 26, no. 1, pp. 25–32, Oct. 2014.
- [5] "The Water Break Test as a Surface Measurement Gauge." [Online]. Available: <https://www.btglabs.com/blog/the-water-break-test-as-a-surface-measurement-gauge>. [Accessed: 12-Jul-2021].
- [6] E. Portuguese, A. Alzina, P. Michaud, and A. Smith, "Evaporation Kinetics and Breaking of a Thin Water Liquid Bridge between Two Plates of Silicon Wafer," *Adv. Mater. Phys. Chem.*, vol. 06, no. 07, pp. 157–166, 2016.



- [7] T. Takahagi, H. Sakaue, and S. Shingubara, "Adsorbed water on a silicon wafer surface exposed to atmosphere," *Japanese J. Appl. Physics, Part 1 Regul. Pap. Short Notes Rev. Pap.*, vol. 40, no. 11, pp. 6198–6201, 2002.
- [8] "The Best Method of Controlling HMDS Use in Semiconductor Manufacturing." [Online]. Available: <https://www.btglabs.com/blog/the-best-method-of-controlling-hmds-use-in-semiconductor-manufacturing>. [Accessed: 12-Jul-2021].
- [9] C. Montemayor, "Effect of Silicone Conformal Coating on Surface Insulation Resistance (SIR) For Printed Circuit Board Assemblies."
- [10] A. Siewiorek et al., "Effects of PCB Substrate Surface Finish and Flux on Solderability of Lead-Free SAC305 Alloy," *J. Mater. Eng. Perform.* 2013 228, vol. 22, no. 8, pp. 2247–2252, Feb. 2013.
- [11] D. K. Shin, H. S. Lee, and J. Im, "Chemical and mechanical analysis of PCB surface treated by argon plasma to enhance interfacial adhesion," *IEEE Trans. Electron. Packag. Manuf.*, vol. 32, no. 4, pp. 281–290, 2009.
- [12] "Plasmatreat Releases Surface Cleaning for a Reliable Wire Bonding Process." [Online]. Available: <https://pcb.icconnect007.com/index.php/article/125055/plasmatreat-releases-surface-cleaning-for-a-reliable-wire-bonding-process/125058/?skin=pcb>. [Accessed: 12-Jul-2021].



Terms of Use

應用奈米科技股份有限公司 (以下簡稱應用奈米科技) 對此文件內所有內容，包含但不限於文字、圖形、表格等資訊，持有最終解釋權力。此文件內容有所更新異動時，應用奈米科技將不會主動告知；請用戶自行確認持有的產品與文件版本之適配性。

應用奈米科技將秉持善良企業人之責任，盡力維護此文件之完整性。若對此文件之內容有任何疑問，可透過以下方式進行聯繫。

地址：30743 新竹縣芎林鄉文華街 306 號

電話：03-5921999

傳真：03-5927599

服務信箱：info@ants-inc.com.tw

應用奈米科技股份有限公司

APPLIED NANO TECHNOLOGY SCIENCE, INC.

No. 306, Wenhua St., Qionglin Township,
Hsinchu County 30743, Taiwan

| 30743 新竹縣芎林鄉文華街306號 (台灣)
TEL : 03-5921999 FAX : 03-5927599

| 0511 江苏省镇江市润洲民营开发区润兴路70号(南京)
TEL : +86 159-5284-8715