

# 改良式離子植入排氣管理 可節省能源和資本成本

## 德州儀器 (TI) 如何變得更環保、安全而精省

■作者：Steven Ballance, P.E., 德州儀器設施工程師  
Karl Olander, Entegris 公司, 電子材料部門  
Joe Sweeney, Entegris 公司, 電子材料部門

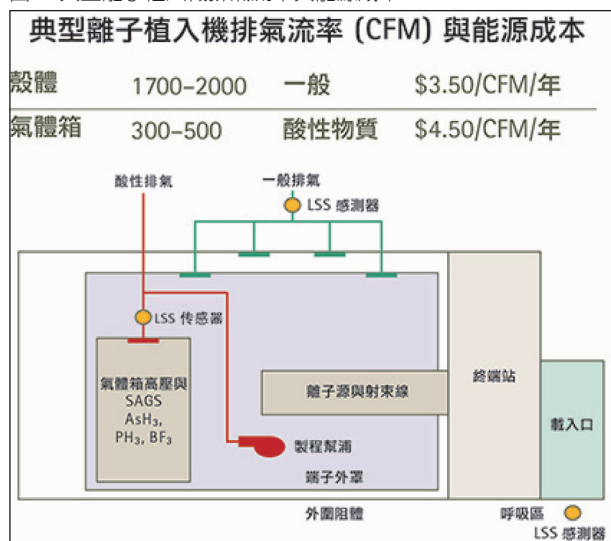
近十年來，製造商與供應商致力於降低成本、減少自然資源的消耗，並在經濟條件允許或法令規定之下，使晶圓廠的營運更加環保。2000 年代初期，德州儀器 (TI) 勾勒出一項契機，來重新思考晶圓廠中消耗最多能源與無塵室空氣的環節：離子植入作業。

相較於晶圓廠的其他製造機具，離子植入機的排氣量最大，通常總排風量達 2500 立方英尺，主要分布於氣體箱 [400+ 立方英尺] 與圍阻殼外罩 [2000+ 立方英尺]。此空氣量耗用的能源成本約合每台機具 8000 美元，以一般晶圓廠最多 30 台植入機來計算，每年營運成本可達 24 萬美元。此外，這

份潔淨、高度調節的空氣需要挹注鉅額成本以及大量的基礎設施支出 (圖 1)。

2000 年代後期，德州儀器針對植入中心的空氣處理和節能方式，為業界帶來新的啟發。經過多年的初步概念設計、實作和結果預測，這項技術在 2009 年 8 月由時任德州儀器資深技術人員的 Steve Russo 透過 Solid State Technology 初次發表。Russo 在文中說明離子植入製程所使用的高毒性材料處理操作協定，而這些材料以往都儲存在機具內部。多年的開發和改進，更宏大的局面和有趣的資料也隨之浮現。

圖 1: 典型離子植入機排氣流率與能源成本



## 回收殼體排氣

2009 年的文章說明德州儀器如何回收利用晶圓廠植入機殼體的排氣，藉此減少 80% 的外氣空調需求 [ 每台機具 2000 立方英尺 ]。晶圓廠氣體流進植入機殼體以排散製程所產生的熱能，並在氣體外洩時發揮稀釋功用。這批空氣以往當作一般廢氣處理，並從晶圓廠屋頂的鼓風機排出。

第一階段的成功實作促成了 3 間晶圓廠共 60 多台離子植入機的殼體排氣回收，且均無事故發生。初步安裝程序包括管道佈建作業，藉此將殼體排氣輸送至屋頂 ( 以備不時之需 )；於後續設施建置期間，回收的殼體排氣即已反覆供應至晶圓廠內。實際上，重新配置的排氣系統可為每台製程機具節省 57,000

圖 2: 重新配置的排氣系統節約效益

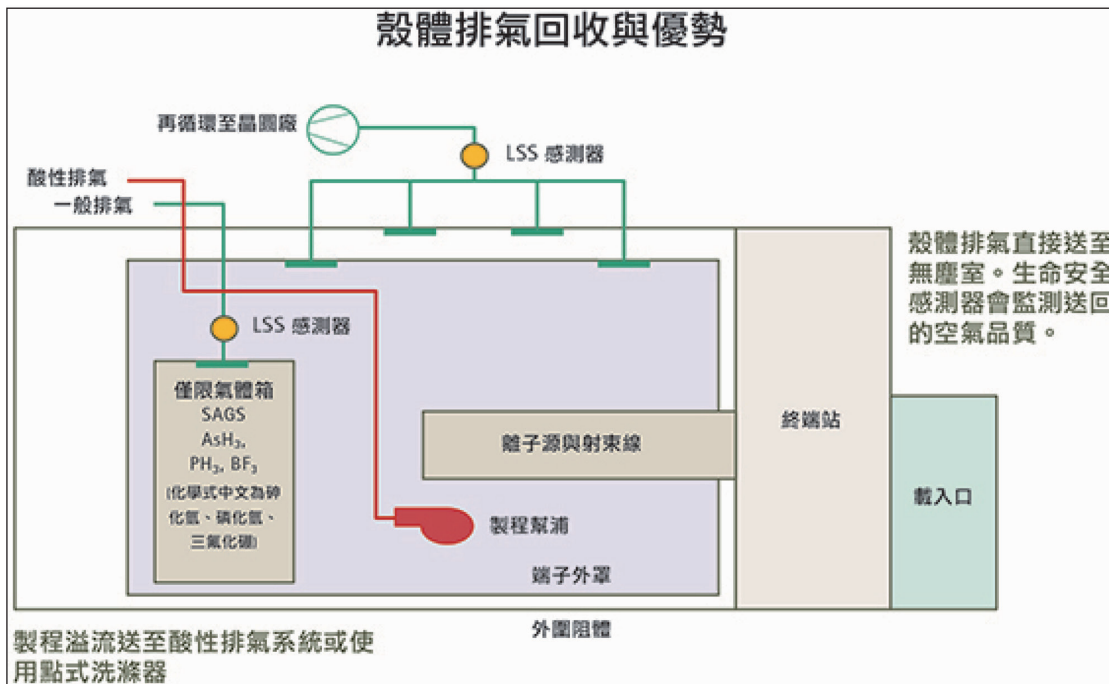
十台植入機械充專案的排氣與外氣空調資本成本比較	傳統排氣配置	排氣減量配置
端子外罩排氣 (SCFM)	17000	再循環
氣體箱排氣 (SCFM)	4500	1700
總量 (SCFM)	21500	1700
	安裝成本 (美元)	
鍍鋅鋼管道	\$13,000	\$5,000
塗層不鏽鋼管道	\$100,000	\$37,000
排氣風扇	\$100,000	\$23,000
煙霧洗滌器	\$300,000	\$60,000
外氣空調處理機	\$220,000	\$40,000
總量	\$733,000	\$165,000
總節省成本	\$570,000	
每台植入機之淨節省成本	\$57,000	

預設小型製程溢流需要酸性排氣

美元的資本成本。各項成本的預期節約效益請見圖 2。

回收殼體排氣可節省 170 萬美元的排氣與外氣空調基礎設施資本以及 47 萬美元的年度能源成本。隨著能源用量降低，二氧化碳排放量也減少了 6,500 公噸。圖 3 說明殼體排氣回收的全新設計配置。

圖 3: 殼體排氣回收的全新設計配置



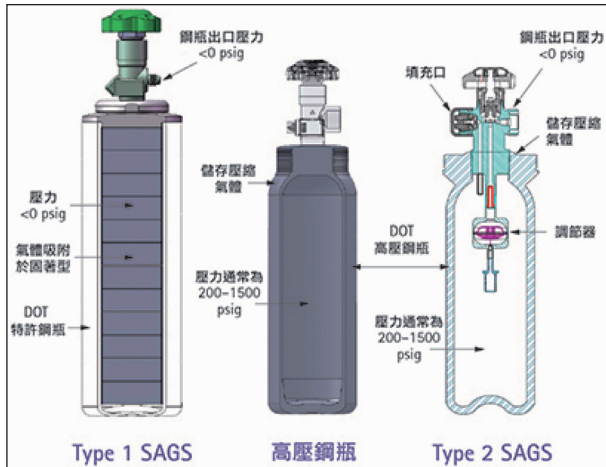
## 次大氣壓氣體源的作用

在重新設計的植入排氣系統配置中，Russo 和他所仰賴的團隊只使用最安全的氣體封裝技術：次大氣壓氣體源，或簡稱 SAGS。這類封裝可透過低於大氣氣壓的方式輸送氣體，大幅減少外洩機率；殼體排氣也是基於這項技術而導回廠房。

值得注意的是，大約在 Russo 初次發表新設計

的同時，國家消防署 (NFPA) 也將 SAGS 氣體封裝分類方法納入標準。NFPA 將次大氣壓氣體的儲存與運輸分類為 SAGS Type I；而以正常氣壓儲存但以次大氣壓運輸的氣體則分類為

圖 4: 次大氣壓氣體源大幅減少外洩機率



SAGS Type II。這兩項 SAGS 系統的共同特色就是都需要真空製程以便運輸有毒氣體，外洩事故機率幾乎為零。(請參閱圖 4)

在完全利用 SAGS 封裝的安全性優勢之下，在新設計中重新配置的殼體排氣系統的初步規劃也得以完成。在新設計中使用傳統高壓運輸系統並不妥當，因為外洩的機率相當高，安全性也較低。僅只使用 SAGS 技術有助於落實排氣減量方案。不斷的努力與成功仰賴竭盡所能以次大氣壓來運輸氣體，德州儀器公司也已採取預防措施，確保氣體運輸系統始終維持此運作方式。

## 氣體箱排氣減量

植入機殼體排氣減量製程始於 12 年前，德州儀器的多數機具當時就已安裝這項設計。在不斷追求降低能源與成本的目標下，德州儀器將氣體箱視為下一個最佳契機。

可能含有危險材料的氣體箱排氣，在釋放前會先經過洗滌器，因此洗滌過 (或酸性) 的排氣比殼體排氣消耗更多資源，也佔有更高比例的廠房營運成本。

過去幾年來，德州儀器和 ATMI (現在的 Entegris 公司，SAGS 技術的先驅與供應商) 持續攜手尋求更有效率而安全的措施，來善加管理離子植入作業的排氣和能源使用。評估機具氣體箱排氣

的節能潛力之後，德州儀器將設備予以改進，使氣體箱排氣率從 400 立方英尺以上減少至大約 200 立方英尺，如此每年可為每台機具額外節省 800 美元成本。關於氣體箱排氣率減量和提升整體安全性的其他策略建議如下：

## 建立整合式 [智慧型] 排氣系統

離子植入機多採用摻雜劑鋼瓶，其手動閥裝置的起源可追溯至「氣閥瓶」初問世的 30 年前，當時氣體箱內的空間十分寶貴，而小鋼瓶和手動閥皆為標準配備。即使在大型氣體鋼瓶取代固態氯化器而普及之後，手動閥的使用依舊盛行。

有趣的是，全球各地用來供應植入摻雜氣體的 Type 1 和 Type 2 次大氣壓供氣鋼瓶，都仍採用手動閥裝置。然而手動閥向來具有風險，因為在安裝和清洗過程中可能發生人為失誤而導致氣體外洩，儘管機率不高。的確，「智慧型」解決方案在降低風險和持續提升安全性等方面，都仍有加強空間。

畢竟，若要徹底降低氣體外洩的機率與影響，基本條件就是隨時保持系統處於次大氣壓狀態。在次大氣壓之下運作，必須持續監控供氣歧管內的氣壓，並能夠在超過預設壓力臨界值時迅速反應。

使用常閉氣動閥有助於隔離摻雜劑鋼瓶中的有毒氣體，以因應供氣歧管偏離次大氣壓協定的情況。若閥門閉鎖不全或過度扭轉，也會解除常閉狀態。鋼瓶循環清洗即可自動完成，不僅更有效率，且清洗氣體不會回充至鋼瓶內。

## 改變氣體箱流率

若能夠杜絕任何氣體外洩，將可以按實際風險來操作氣體箱的排氣作業，而無須以預設最壞狀況的流率來連續運作。使用雙位阻尼來控制氣體箱排氣率是一項可能的解決方案。

雙位阻尼可透過高低兩種流率模式來控制氣體箱排氣。所有摻雜劑供氣鋼瓶都低於大氣壓力或所有鋼瓶閥皆已關閉時，則可容許正常或減量的排氣條件。一旦氣體箱門開啓，連鎖裝置將啟動高流率

模式，類似情形可能發生於更換鋼瓶或保養期間、測得有毒氣體、觸發煙霧偵測器警報或測得摻雜劑輸送歧管內的超大氣壓狀態時。據估計，排氣系統超過 95% 的時間都以低流率模式運作。

有了 SAGS，40 立方英尺的標稱流率就足以達成氣體箱排氣需求減量 90% 之規定。

## 邁向下一階段

德州儀器採用 SAGS 技術進行詳盡的風險分析，進而證實晶圓廠循環使用離子植入機殼體排氣的可行性。近十年來，他們不斷改良相關實務，並施行於新的晶圓廠設備上，大幅減少外氣空調的資本需求。


開發整合式排氣系統最終可減少 98% 的植入外氣需求——且不會危及安全。相關營運成本和二氧化碳的排放量，都已隨著排氣減量的比例降低。

透過機具製造商、摻雜劑供應商以及廠房設計師彼此通力合作，結合離子植入機和其他機具的整合式排氣系統，進一步提升排氣 / 能源減量的成效。最基本的前提在於氣體輸送作業必須隨時保持在次大氣壓的狀態。

未來可能的改良如下：

1. 在摻雜劑鋼瓶內加入氣動閥操作器
2. 依照實際風險情況調整氣體箱排氣

若製造商、設備商和供應商合作構思可能性，將可望持續實現卓越的經濟與環保效益，同時樹立新的標竿。若整個產業和負責任的企業成員能夠共同致力尋求這類契機，將可減少能源消耗與廢氣排放，同時改善整體製程的安全性。

(本文是根據 2015 年 5 月 3-6 日在紐約州薩拉托加溫泉市舉行的第 26 屆年度 IEEE/SEMI 先進半導體製造會議 (ASMC 2015) 最初發表的文字、圖像與資料) 

## Synopsys 與 TSMC 共同開發 7 奈米 FinFE 製程

新思科技 (Synopsys) 近日宣布針對台積公司 (TSMC) 7 奈米 FinFET 製程，已成功完成多項 DesignWare 邏輯庫 (Logic Libraries) 及嵌入式記憶體 (Embedded Memories) 的客戶測試晶片之投片 (tapeout)。此次投片成功意味著新思科技與台積公司就台積公司 7 奈米 FinFET 製程在 DesignWare 邏輯庫、嵌入式記憶體及介面 IP 的合作開發上邁向重大里程碑。長久以來，新思科技在台積公司先進 FinFET 製程上成功完成 IP 開發，創造出高效能、低功耗的系統級晶片 (SoC)，而此次雙方合作讓新思的 IP 發展再添一項成功紀錄。

台積公司設計基礎架構行銷事業部資深協理 Suk Lee 表示：「台積公司與新思科技在先進 FinFET 製程上擁有長久而成功的合作關係，讓雙方共同的客戶能以最低的風險將經矽晶驗證 (silicon-proven) 的高品質 IP 組合整合至 SoC 中。在台積公司 7 奈米製程上達成多項新思科技 DesignWare IP 的客戶投片展現了雙方合作的效益，也讓設計人員在達成功耗、效能及面積目標上更具信心，同時加速產品上市時程。」

新思科技 IP 暨原型建造行銷副總裁 John Koeter 指出，身為 Physical IP 的領導廠商，新思科技持續在先進的製程技術上讓客戶儘早取得 IP，以協助設計人員納入必要功能及加速設計時程。藉由在台積公司 7 奈米製程中完成多項 DesignWare IP 的客戶投片，新思科技協助設計人員降低整合風險，並利用該最新科技使產品與眾不同。