

## 行業概覽

本章節及本文件其他章節所載若干資料及統計數據取自各種官方政府及其他公開可用來源，以及由我們委託的獨立行業顧問弗若斯特沙利文編製的市場研究報告（「弗若斯特沙利文報告」）。我們、獨家保薦人、[編纂]、[編纂]、[編纂]、[編纂]、[編纂]、[編纂]或參與[編纂]的任何其他各方並無對政府官方來源的資料進行獨立核實，且並無對其準確性發表任何聲明。

### 資料來源

我們委聘獨立市場研究顧問弗若斯特沙利文就全球及中國碳化硅功率半導體器件行業進行分析並編製報告，以供本文件使用，委聘費用為人民幣580,000元。於編撰及編製弗若斯特沙利文報告時，弗若斯特沙利文採用了以下假設：(i)目前所討論的全球及中國社會、經濟及政治狀況在預測期內將維持穩定；(ii)全球及中國政府對碳化硅功率半導體器件行業的政策在預測期內將保持一致；(iii)全球及中國碳化硅功率半導體器件行業在預測期內可能受行業的主要驅動因素的推動。除另有註明外，本節所包含的所有數據及預測均來自弗若斯特沙利文報告。弗若斯特沙利文報告由弗若斯特沙利文獨立編製，不受我們或其他相關各方的任何影響。

弗若斯特沙利文為一家獨立的全球諮詢公司，於1961年在紐約成立，其服務包括(其中包括)行業諮詢、市場戰略諮詢及企業培訓等。弗若斯特沙利文進行了(i)一手研究，當中涉及與若干領先的行業參與者討論行業現狀，並盡最大努力訪問行業專家以收集資料幫助進行深入分析；及(ii)二手研究，當中涉及根據其自有研究數據庫審查公司報告、獨立研究報告及數據。

董事經作出一切合理查詢後確認，自弗若斯特沙利文報告日期起，市場資料概無任何不利變動，以致限制本節內的資料或與之矛盾或對此造成影響。

---

## 行業概覽

---

### 功率半導體器件行業與碳化硅功率半導體器件行業概覽

#### 概覽

功率半導體器件是電力電子產品中用作開關或整流器的半導體器件。在電子元件中，功率半導體器件是需要外部電源才能主動工作的電子器件。用於製造功率半導體器件的材料主要操縱、放大、開關或控制電路中電流或電壓的流動。功率半導體器件(包括二極管、晶體管、晶閘管及傳感器)是電子系統中管理電能的核心元件。其需要電源方能發揮作用，包括整流、開關、放大信號及感測電參數。該等元件對於從電子消費品到工業機械等各種應用至關重要，可確保高效的電源管理及系統效能。

近年來，全球功率半導體器件行業出現顯著增長。隨著各行業努力提高能源效率並減少其碳足跡，功率半導體已成為電源供應、電機驅動器及可再生能源系統等應用中不可或缺的元件。技術進步及半導體製造工藝流程的不斷發展是全球功率半導體器件市場增長背後的主要驅動因素。碳化硅及氮化鎗等寬禁帶半導體的發展提高了半導體器件的效率及功率密度。

#### 功率半導體器件的主要元件

##### 外延片

外延片是生產功率半導體器件的關鍵原材料。基本上，外延片是透過在襯底表面形成各種層來製成，以增強襯底的性能特性，例如更強的電流耐受性、更高的電壓耐受性以及操作穩定性。

外延片的發展一直在演變，標誌著重大技術進步。外延片從最初的硅(Si)發展到以碳化硅(SiC)及氮化鎗(GaN)為代表的新一代材料，反映了行業對更高效及性能的追求。因此，外延片可根據不同元素進行分類，如硅、碳化硅及氮化鎗。其他外延片材料還包括鎗(Ge)、砷化鎗(GaAs)及磷化銦(InP)。於上述材料中，碳化硅因其優異的物理特性(如優異的效率及導熱性)在製造外延片方面佔據主導地位，並預計其他半導體材料短期內仍無法替代。

## 行業概覽

### 襯底

襯底是製造外延片的基片，通過於襯底表面生長外延層形成外延片。該等外延層對提升功率半導體器件的質量及效能特性至關重要，因其可處理襯底固有缺陷，旨在實現功率半導體器件之能效提升與性能改進。因此，外延片並非一種襯底；相反，外延片通過襯底而形成，處於實現功率半導體器件的最終生產的整體製造工藝流程中的關鍵後續階段。

### 半導體材料的分類與主要功率半導體材料的比較

半導體	第一代半導體	第二代半導體	第三代（寬禁帶）半導體
材料	半導體元素：硅(Si)、鎵(Ge)	化合物半導體：砷化鎵(GaAs)、磷化鎗(InP)	化合物半導體：氮化鎵(GaN)、碳化硅(SiC)
優勢	<ul style="list-style-type: none"><li>硅儲量豐富且成本較低，是應用最廣泛的半導體</li><li>可實現從真空管到緊湊型電子設備的轉換</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>更快電子遷移率，可實現高頻率傳輸</li><li>直接禁帶，可實現光發射應用，包括紅外激光及高亮度紅光 LED</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>強化熱與電子特性</li><li>提高電氣強度及抗輻照性</li><li>節能環保</li><li>器件尺寸精巧</li></ul>
不足	<ul style="list-style-type: none"><li>碳化硅在耐熱性及耐輻射性方面優於鎵</li><li>間接禁帶及遷移率較低，使其在光電及高頻率/高功率器件中的應用受限</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>砷化鎵及磷化鎗是稀有材料，難以獲取，以致成本高昂</li><li>具毒性且對環境有害，其應用受限</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>成本高昂</li><li>無法全面取代早代半導體</li></ul>
技術	<ul style="list-style-type: none"><li>硅製造技術已成熟且接近最優，但已達物理極限，性能提升空間縮小</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>製造工藝更為複雜，著重於更精密的外延生長技術，需要兩個製造階段：襯底生產及外延</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>氮化鎵半導體使用異質外延生長技術，而碳化硅半導體使用同質外延生長技術。兩者製造工藝均較為複雜</li></ul>
應用	<ul style="list-style-type: none"><li>廣泛應用於信息處理與自動化，包括電子消費品、電信、光伏等</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>於光電方面，包括毫米波裝置、衛星通訊、移動通訊及 GPS 導航</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>高性能傳感器</li><li>應用範圍涵蓋 5G、物聯網、電動汽車、光電及顯示技術</li></ul>

- 硅 — 第一代半導體材料。硅是第一代發展及應用相對成熟的主要半導體材料之一。硅儲量豐富，具有經濟成本優勢，主要用於邏輯及記憶芯片。然而，隨著硅的技術及性能逐漸達到極限，其發展面臨瓶頸。受限於低頻率、高電壓無電阻、散熱性差、功率容量不足等限制及瓶頸因素，硅難以調和功率密度與轉換效率的矛盾，無法滿足電動汽車（「EV」）、電子消費品快速充電、電源管理及數據中心等新興應用對高功率密度及高轉換效率的普遍需求。

---

## 行 業 概 覽

---

- 砷化鎵 — 第二代半導體材料。砷化鎵為第二代主要半導體材料之一，其特點是優異的電子遷移率及飽和電子速度。砷化鎵相對較窄的禁帶限制了其在高功率及高溫條件下的能力。狹窄的禁帶意味著在極端溫度或電壓下更容易發生故障，從而限制了其在高功率場景下的性能。因此，第二代半導體材料無法滿足電力革命所帶來的高頻率及高電壓需求。
- 氮化鎵 — 第三代半導體材料。與硅相比，氮化鎵在若干方面的性能顯著提高。其擁有寬禁帶、高電子遷移率、高開關頻率、低導通電阻以及更強的耐高電壓及耐高溫等整體優勢。然而，缺乏導熱性限制了氮化鎵器件在高功率密度下運作時的收縮能力。
- 碳化硅 — 第三代半導體材料。與第一代及第二代半導體材料相比，碳化硅具有更寬的禁帶，適用於高電壓及高溫環境。更高的導熱性結合寬禁帶及高臨界場，使碳化硅功率半導體在以高功率為主要理想器件特性時具有優勢。碳化硅功率半導體器件是由碳化硅外延片製造而成，特指同質外延結構，即在高品質的碳化硅襯底上覆蓋一層碳化硅外延層。該精確的分層過程可確保高度的結晶排列，從而將缺陷降至最低，並提升材料的整體品質。同質外延結構具有優異的導熱性及電導性，同時能夠承受高溫及高電壓，因此非常適合在電力電子應用中高效可靠地運行。

## 行業概覽

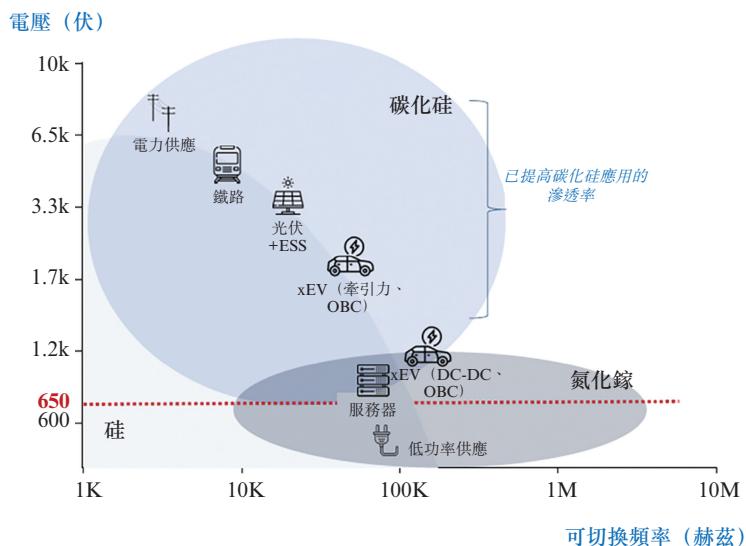
下表說明可應用於功率半導體器件的外延片材料類型以及相應半導體器件的主要特徵：

外延片材料	功率半導體器件的組成	主要特徵
硅	在硅襯底表面生長的硅外延片，用於製造硅功率半導體器件	硅基功率半導體器件技術成熟且成本低廉，但其性能在高壓、高溫及高頻率等極端情況下受到限制。
碳化硅	在碳化硅襯底表面生長的碳化硅外延片，用於製造碳化硅功率半導體器件	碳化硅具有更寬的禁帶、更高的導熱性及更高的擊穿電場，使其於高壓、高溫及中頻率環境中表現優異。這顯著降低了開關損耗，並可實現更小的器件尺寸。
氮化鎵	氮化鎵外延片可於硅襯底或碳化硅襯底上生長，用於製造氮化鎵功率半導體器件	與碳化硅相比，氮化鎵更適合高頻率、電壓及溫度相對較低的環境。氮化鎵具有極高的電子遷移率及飽和漂移速度，使其尤其適用於高頻率開關應用。這有效地降低了開關損耗，並實現更高的功率密度及小型化。

如下圖所示，硅是保留的傳統技術，在頻率及電壓方面均有較低的耐受性。碳化硅及氮化鎵是具有不同特性及應用場景的材料。碳化硅較多應用於高電壓場景，而氮化鎵在低功率供應場景具有顯著優勢。於商業應用方面，鑑於整體解決方案成本，預期碳化硅在以下應用(如電力供應、鐵路及EV電力電子)中將實現比氮化鎵更廣泛的滲透率。

## 行業概覽

### 碳化矽功率半導體器件材料的目前主要應用場景比較(硅、氮化鎵及碳化矽之間)



資料來源：弗若斯特沙利文報告

### 碳化矽功率半導體器件市場的價值鏈

價值鏈的上游分部由襯底供應商及外延片供應商組成。外延片供應商向襯底供應商採購襯底，用於生產外延片。由於碳化矽外延片成本佔碳化矽功率半導體器件總成本的最大份額，所佔百分比約為70%（包括襯底及外延片成本分別佔47%及23%），因此該階段至關重要，且具有最顯著的附加價值。中游分部涉及碳化矽功率半導體器件製造商，其使用外延片作為基礎材料，通過一系列複雜的生產工藝製造碳化矽半導體器件，而下游分部則包括將最終產品及系統分銷至各種應用，如xEV及電力供應。由於轉換成本較高，碳化矽功率器件製造商通常不會輕易更換其碳化矽外延片供應商。

## 行業概覽

### 碳化矽功率半導體器件供應鏈



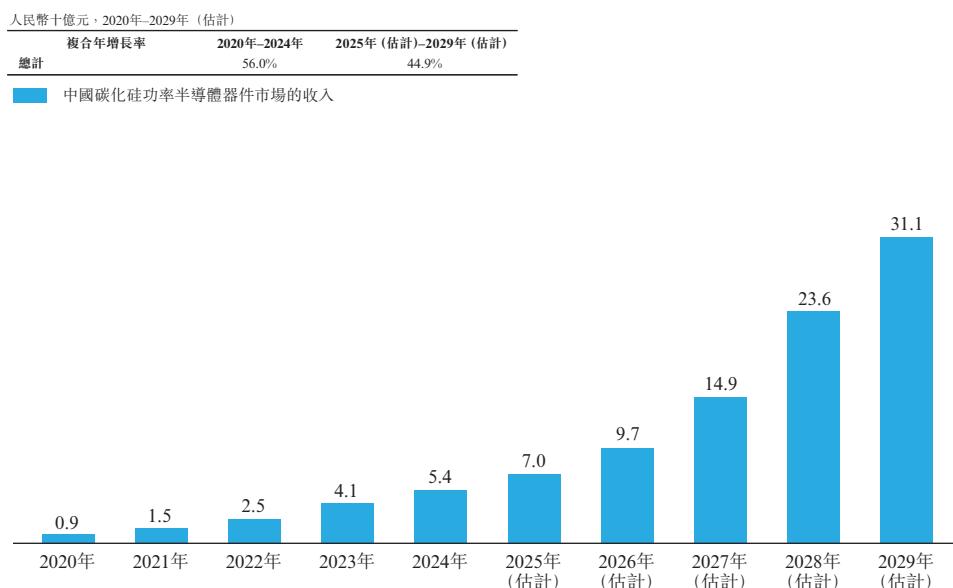
附註：該等半導體器件製造商亦擁有製造晶圓的能力。晶圓為經過一系列加工步驟的襯底。其為一種圓形薄片，用於半導體製造工藝中製造IC或其他微電子器件。晶圓加工涉及多個複雜的步驟，如光刻、蝕刻及摻雜。

資料來源：弗若斯特沙利文報告

### 中國碳化矽功率半導體器件行業市場規模

中國碳化矽功率半導體器件行業市場規模呈顯著上升趨勢，2020年至2024年的複合年增長率為56.0%。受汽車技術轉變所推動，該強勁的增長勢頭將會持續，預計2025年至2029年的複合年增長率為44.9%。碳化矽功率半導體器件在各種應用(尤其是在汽車領域)中的採用日益增加為該擴張背後的主要驅動力。於2024年，碳化矽功率半導體器件市場在中國整體功率半導體器件市場的滲透率為4.1%。隨著碳化矽在中國的應用，預計到2029年滲透率將達至13.8%。

### 按收入計的中國碳化矽功率半導體器件行業市場規模



資料來源：弗若斯特沙利文報告

---

## 行業概覽

---

### 全球功率半導體器件行業的市場規模

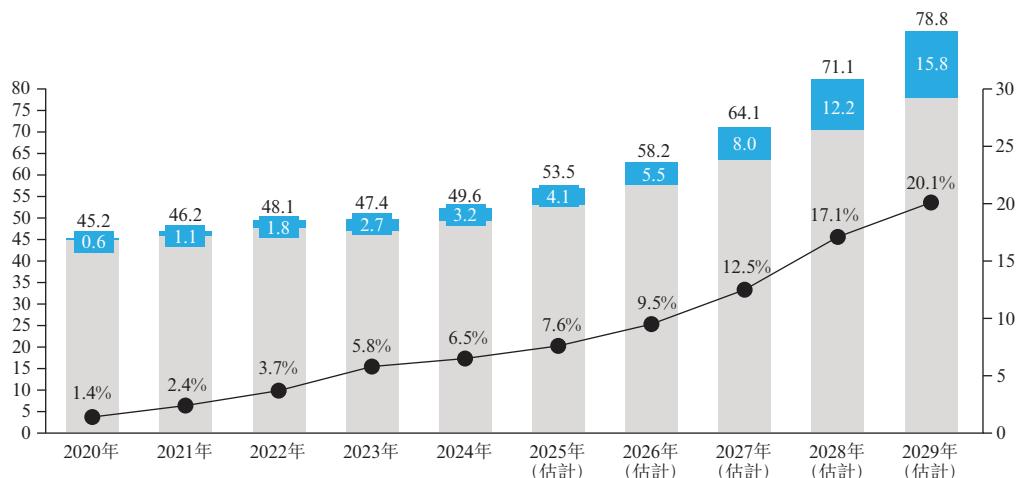
受處理能力、小型化及能源效率等技術發展以及來自電子消費品、EV及數據中心等下游行業的需求日益增長所推動，全球功率半導體器件行業的市場規模自2020年至2024年呈現整體增長。全球功率半導體器件行業市場規模由2020年的452億美元穩步增長至2024年的合計496億美元，複合年增長率為2.3%。自2020年至2024年緩慢增長主要歸因於COVID-19疫情導致智能手機銷量大幅下降，以及由於經銷商關閉及生產線停工而導致汽車銷量大幅下滑。於2024年功率半導體器件板塊亦受到半導體產業整體低迷的影響。2024年，在多種因素的共同推動下，半導體行業整體經歷顯著的衰退：(i)電子消費品市場需求疲弱，尤其是智能手機及個人電腦，導致記憶芯片價格大幅下跌，拖累行業整體收入；及(ii)存貨過剩情況嚴重，尤其是記憶芯片行業。儘管製造商透過減產調整供應，但存貨消化仍是一個漫長的過程。儘管全球功率半導體器件行業市場規模有所增長，但行業參與者以超過終端客戶消費率的速度已擴大產能，導致行業進入供過於求的轉型階段。

半導體行業本身具有週期性，主要由於供需失衡、存貨調整及技術進步所導致，通常遵循需求成長、產能擴充、供過於求、存貨調整及最終需求復甦的模式。半導體行業週期性反映於不同代際產品中。不同產品同時處於產品生命週期的衰退、成熟及增長階段，這一事實反映了半導體行業基本的、持續的週期性。也就是說，當4英吋碳化硅外延片不再是主流產品規模時，由於技術成熟及銷量下降，其價格迅速下降，其後趨於穩定。經過一段時間的激烈市場競爭及價格下跌，6英吋碳化硅外延片進入成熟階段，市場供需關係趨於平衡。自2024年以來，當8英吋碳化硅外延片開始進入快速增長階段時，製造商擴大生產線，這一年需求增長緩慢及存貨挑戰致使產業面臨衰退，但隨著存貨水平正常化，以及AI及汽車電子等新產業發力，復甦跡象開始浮現。因此，受益於汽車需求增加，以及消費者對電子產品及其他商品的消費回升，自2024年至2028年的市場規模預測顯示出更有前景的軌跡。預計全球功率半導體器件行業的市場規模將恢復增長，由2024年的496億美元進一步增加至2029年的788億美元，2025年至2029年的複合年增長率為10.1%。

## 行業概覽

### 按收入計的全球功率半導體器件行業市場規模

十億美元，2020年–2029年（估計）		
	2020年–2024年	2025年（估計）–2029年（估計）
總計	2.3%	10.1%
全球碳化硅功率半導體器件行業	49.8%	40.5%



資料來源：弗若斯特沙利文報告

### 全球碳化硅功率半導體器件行業的市場規模

受工業自動化採用日益增加及可再生能源擴張所推動，全球碳化硅功率半導體器件行業自2020年至2024年呈現顯著增長，市場規模由2020年的6億美元攀升至2024年的32億美元，複合年增長率為49.8%。2024年至2029年，碳化硅功率半導體器件行業的預計市場規模持續呈現強勁上升趨勢，2025年至2029年的複合年增長率為40.5%。預計到2029年，市場規模估計將達到158億美元。

全球碳化硅在整體功率半導體器件市場的滲透率亦顯著上升，主要受對具成本效益、高效率及高效能電力電子(尤其是在電動汽車、可再生能源系統及工業應用方面)的需求日益增長所推動。碳化硅的優異特性(如更高的能源效率、導熱性以及在更高電壓及溫度下運作的能力，從而減少能量損耗並縮小電池尺寸，進而降低電池成本)推動其於該等領域的採用及集成。滲透率由2020年的1.4%升至2024年的6.5%，到2029年預計將飆升至20.1%，顯示市場動態已大幅轉變，碳化硅材料在全球功率半導體器件行業中變得更加普遍且不可或缺。

---

## 行業概覽

---

### 按應用計的全球碳化矽功率半導體器件行業市場規模

在高電壓環境下有效電源管理需求的驅動下，以及家用電器及數據中心等新興應用尋求利用碳化矽的優勢提高性能及能源效率的同時，碳化矽功率半導體器件被廣泛用於多個領域。

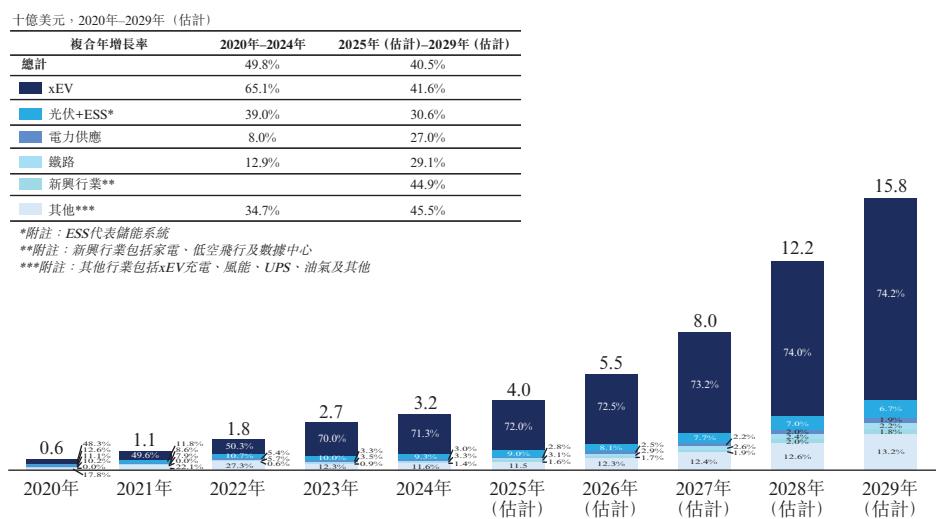
將全球功率半導體器件市場按應用細分，各子市場均呈現其各自的增長軌跡：

- **X電動汽車(xEV)**：xEV是普通電動汽車的縮寫，其中「x」代表一些額外的縮寫，例如混合動力電動汽車(HEV)、插電式混合動力電動汽車(PHEV)及電池電動汽車(BEV)。碳化矽器件的高效率及功率密度對於增強xEV性能至關重要，可應用於功率轉換器、主驅動逆變器、車載運輸器、電池充電器、雙向DC/DC變換器(高壓)及電機驅動器等關鍵元件。自2020年至2024年，xEV領域呈現65.1%的強勁複合年增長率，隨後自2025年至2029年，複合年增長率仍高達41.6%。受益於碳化矽功率半導體器件可提供的獨特優勢，例如較低的傳導電阻、較小的芯片尺寸、較高的運行頻率，以及承受較高環境溫度的能力，碳化矽功率半導體器件在xEV領域的滲透率一直處於上升軌跡，於2024年為19.2%，到2029年預計將達到47.7%。
- **光伏 + 儲能系統(ESS)**：碳化矽用於微型逆變器及DC/DC變換器等光伏系統元件，可提高逆變器的功率密度及效率，減少能源損耗，並將系統重量及體積降至最低，從而支持太陽能的採用。光伏 + ESS領域表現出強勁的增長勢頭，2020年至2024年的複合年增長率為39.0%，而2025年至2029年的複合年增長率為30.6%。由於需要更高效及可靠的儲能解決方案，以補足太陽能發電的波動性質，碳化矽功率半導體器件在光伏 + ESS領域的滲透率逐步提升，由2024年的9.7%提升至2029年的19.4%。
- **電力供應**：在電力供應領域，碳化矽在工業供應及智能電網中至關重要。由於其具有高導熱性及快速切換的特性，其可以提高電機驅動器及精密設備的效率及緊湊度，減少能源損耗。在智能電網中，碳化矽對於推進固態變壓器及柔性交／直流輸電至關重要，其優異的散熱及電子特性可提高效率及電網穩定性。自2020年至2024年，電力供應領域按複合年增長率8.0%增長，預計2025年至2029年按複合年增長率27.0%增長。受新基礎設施行業的龐大需求所驅動，滲透率從2024年的4.2%呈上升趨勢，到2029年預計將達到12.3%。

## 行業概覽

- 鐵路**：碳化硅的高臨界場強度、高載子飽和速度及高導熱性使牽引變流系統能夠實現小型化及輕量化發展，這對於滿足鐵路車輛運行的綠色節能要求至關重要。鐵路領域雖然起點較小，但自2020年至2024年的複合年增長率達12.9%，隨後為2025年至2029年的29.1%。從2024年的16.7%開始，由於碳化硅功率半導體器件在耐高溫及高頻率開關能力方面具有優勢，到2029年滲透率預計將達到31.8%。
- 新興行業**：新興碳化硅市場包含節能家電、先進航太系統(如無人駕駛飛機)及高效能數據中心(如AI數據中心)等應用。碳化硅正以其卓越的效率及性能為該等產業帶來革命性的變化。在家電方面，碳化硅可提高電源轉換效率，為空調及電磁爐等設備實現緊湊、節能的設計。對於低空飛行，例如無人駕駛飛機及電動垂直起降航空器(eVTOL)，碳化硅的高熱穩定性及功率密度可支持輕量、可靠的動力系統，並延長飛行時間。於數據中心方面，碳化硅在高效率電源供應器中發揮重要作用，可降低能耗及發熱量，從而滿足對可持續發展及高性能基礎設施日益增長的需求。

### 按應用計的全球碳化硅功率半導體器件行業市場規模

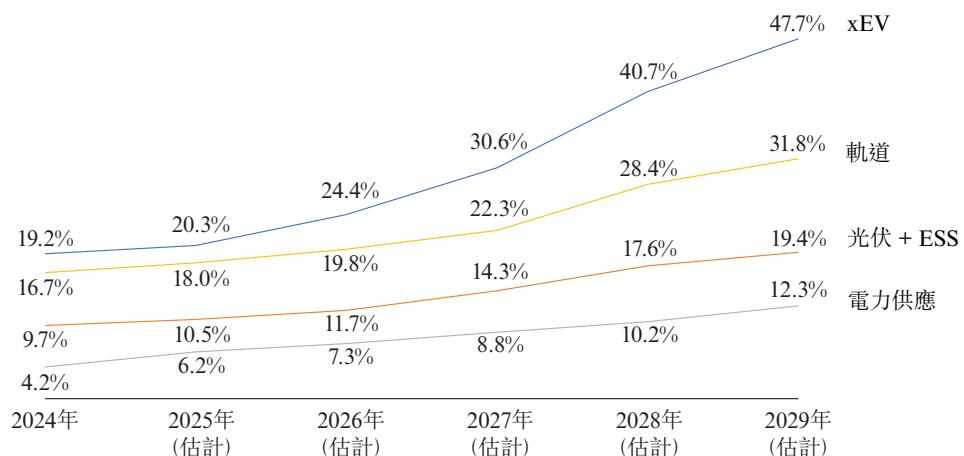


資料來源：弗若斯特沙利文報告

## 行業概覽

### 按場景劃分的碳化矽器件滲透率<sup>1</sup>

%, 2024年–2029年 (估計)



附註：

1 於特定年度特定場景的滲透率指碳化矽功率模塊數量佔於該年度該場景中使用功率模塊總數的百分比。

### 中國碳化矽功率半導體器件行業的主要驅動力

中國碳化矽功率半導體器件市場主要由下列主要增長動力所驅動：

#### 下游應用推動中國碳化矽功率半導體器件行業增長

與傳統矽基器件相比，碳化矽功率半導體器件具有更高的效率、更快的切換速度及更好的熱管理，這對於電動汽車的性能及續航能力以及太陽能發電系統的效率至關重要。此外，智能電網的擴展以及對更高效、更可靠的配電系統的需求進一步刺激了對碳化矽器件的需求。因此，中國碳化矽功率半導體器件行業正經歷顯著的成長，市場領導者投資研發，以提升碳化矽器件的性能並降低生產成本，使其能更廣泛地應用。

---

## 行業概覽

---

### **外延技術是提升碳化硅功率半導體器件效能與品質、解決關鍵襯底缺陷及滿足各行業對高效能器件需求的基石**

外延技術的發展對於提升碳化硅功率半導體器件的品質與效能起著舉足輕重的作用。襯底本身可能存在缺陷，例如黑色多晶缺陷、液滴及三角形缺陷，該等缺陷可能會妨礙器件的性能。然而，透過外延工藝，可以在襯底上生成高品質的碳化硅層，這對於創造出能夠承受高電壓、高頻率及高溫的高效能功率器件至關重要。外延技術的進步不僅有助於降低缺陷密度，亦能改善應用器件的電氣特性，從而確保更好的效能及可靠性。外延技術的進步亦使得外延片成功向更大尺寸的過渡，在維持甚至提升器件效能的同時，可以大幅降低每片成本。這對於滿足各行各業日益增長的大功率應用需求至關重要，包括電動汽車、可再生能源系統及工業電機驅動器。

### **良率上升推動碳化硅功率半導體器件行業滲透至從傳統應用到新興應用的不同領域**

碳化硅功率半導體器件行業的增長體現在其於現有及新興行業的滲透率不斷提高，xEV、光伏+ESS、電力供應及鐵路行業均自碳化硅的卓越性能中受益。該等關鍵傳統下游應用的滲透率正在上升。製造工藝的不斷進步推動了這一擴張，從而帶來更高良率及更可靠的半導體，進而增強碳化硅器件在各種高性能應用中的吸引力。

### **中國碳化硅功率半導體器件行業的主要趨勢**

中國碳化硅功率半導體器件市場的主要趨勢如下：

#### **產業鏈各環節的高度專業化及分工日益明顯**

器件製造商面臨一項戰略決策，即採用集成器件製造商模式整合供應鏈，以更好地控制整個生產流程。相反，將材料外包，尤其是向專業供應商採購外延片，則可利用供應商的專業知識，實現成本效益及質量保證。隨著技術的進步，該行業正經歷著明顯的高度專業化及分工趨勢。該演變表明，未來行業參與者將更加專注於各自的專業領域，從而提高整體生產效率，推動整個功率半導體器件行業的創新。

---

## 行業概覽

---

### 成本降低及技術進步加速下游應用滲透

成本降低及技術改進為推動中國碳化硅功率半導體器件行業發展的主要趨勢。隨著生產效率的提高及製造工藝的不斷完善，碳化硅元件的成本不斷降低，使其可更廣泛的應用，且更具經濟可行性。這種可負擔性，連同碳化硅與傳統硅相比固有的性能優勢(如更高的效率、更好的熱管理及優異的電氣性能)正在加速其在各個領域的應用。我們能夠利用成本降低的優勢，除消化現有存貨外，我們亦降低採購成本進行採購，之後，我們的毛利率及財務表現因此得到提高。隨著需求增長及各類應用的廣泛採用以及市場供求關係趨於穩定，該等成本降幅將逐步收窄，而成本則將趨於穩定。該行業正在見證碳化硅於電動汽車、可再生能源系統及高壓電力電子設備中的應用激增，其中碳化硅處理高溫及高電壓的能力於該等領域尤為有利。此外，正在進行的研發工作不斷提高碳化硅器件的性能及可靠性，進一步擴大其於5G通信、先進計算及智能電網技術等新興市場的潛力。該等趨勢表明，作為功率半導體器件行業的關鍵材料，碳化硅未來前景廣闊，有望為下一代高能效、高性能電子器件提供支持。

### 中國及全球碳化硅外延片市場概覽

外延片生產為半導體價值鏈中的上游環節，通過層的精細生長實現最重要的增值，為後續器件的性能及功能奠定基礎。碳化硅外延片製造商主要有兩種業務模式：

- **外延片銷售收入：**就碳化硅外延片的生產而言，製造商可根據客戶要求採購襯底，或自主採購。彼等完成外延生長過程並銷售成品外延片，價格設定為覆蓋襯底在內的總成本。收入來自外延片銷售。該模式要求對整個生產流程負全責，提供全面的服務，提高效率，並為下游製造商提供綜合解決方案。
- **代工生產收入：**下游器件製造商提供襯底材料，外延片製造商負責其他材料及生產。彼等收取包含利潤的服務費，注重定製，利用自身的技術及生產技能滿足客戶的特定需求。收入來自服務費，而非產品銷售。

---

## 行業概覽

---

### 按收入計的中國碳化硅外延片市場規模

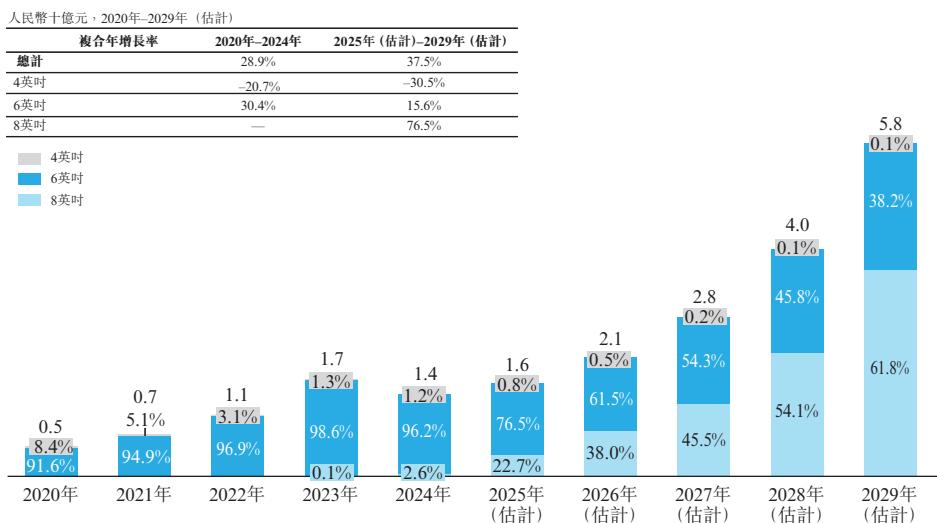
中國整體市場的增長速度預計將快於全球市場，2025年至2029年的複合年增長率預計為37.5%，而同年全球市場的複合年增長率為28.4%。中國碳化硅外延片市場增速較快乃主要由於中國主要製造商已規劃並安排未來的產能擴張，並且預計未來的市場需求將與產能相匹配。於中國，6英吋外延片分部於不久的將來或會繼續發揮重要作用，而8英吋外延片分部正蓄勢待發，有望成為未來市場擴張的主要貢獻者。

2020年至2024年期間，6英吋外延片分部的複合年增長率高達30.4%，但預計2025年至2029年期間的複合年增長率將放緩至15.6%。增長率較慢乃由於在2023年推出8英吋外延片。就收入而言，6英吋外延片分部自2020年的人民幣5億元起步，經歷了大幅擴張，於2024年達到人民幣14億元。預計將進一步增長，到2029年將增至人民幣22億元。

相反，中國的4英吋外延片分部卻出現下滑，2020年至2024年的複合年增長率為-20.7%，預計2025年至2029年的複合年增長率為-30.5%，表明其將大幅萎縮。由於半導體行業週期性貫穿於不同代際產品中，該萎縮乃主要由於推出6英吋外延片。於2020年前，由於生產6英吋碳化硅襯底及外延片的技術革新，6英吋碳化硅外延片開始逐步取代主流應用中的4英吋碳化硅外延片，表明舊世代產品的市場成熟週期已走向終結。此種替代導致4英吋產品的銷售額增速放緩，隨後開始快速萎縮，同時，6英吋產品則佔據主流市場地位。由於技術改進，中國於2024年開始進入8英吋外延片的樣品交付階段，預計2025年至2029年的複合年增長率為76.5%。由於8英吋碳化硅外延片的上述優勢，市場需求將進一步擴大。以全球銷量計，預計8英吋碳化硅外延片的市場份額將由2024年的10.8%增至2029年的52.0%。同時，下游碳化硅功率半導體器件廠商的新增產能將主要聚焦於8英吋外延片。2025年至2028年，中國碳化硅功率半導體器件廠商的8英吋碳化硅功率半導體器件產能預計將合計超過約4百萬片，從而推動8英吋碳化硅外片的增長。預計到2029年，8英吋外延片將達到人民幣36億元。

## 行業概覽

### 按收入計的中國碳化硅外延片市場規模



資料來源：弗若斯特沙利文報告

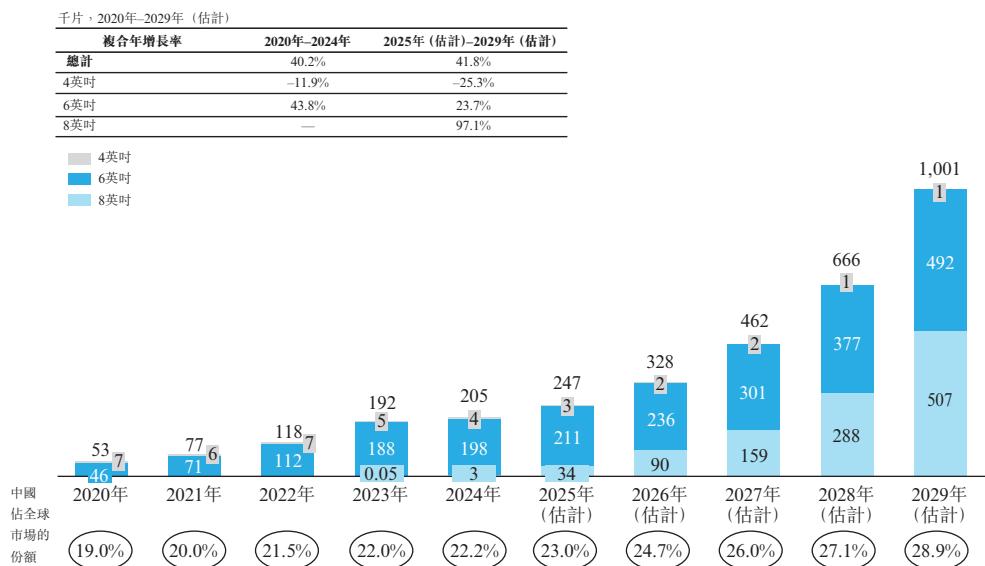
### 按銷量計的中國碳化硅外延片市場規模

與全球平均水平相比，中國碳化硅外延片市場的增長速度更勝一籌。展望2025年至2029年，中國的複合年增長率預計將保持41.8%的強勁勢頭，高於全球碳化硅外延片市場34.1%的預期增長率。

中國的6英吋外延片分部經歷了快速增長，尤其自2020年至2024年。銷量由2020年的46千片增至2024年的198千片，複合年增長率為43.8%。銷量預計將由2024年的198千片進一步增至2029年的492千片，2025年至2029年的複合年增長率為23.7%。該緩慢增長反映出市場重心將轉向8英吋外延片分部。4英吋外延片分部呈下降趨勢，2020年至2024年的複合年增長率為-11.9%，預計2025年至2029年的複合年增長率將為-25.3%。8英吋外延片分部的銷量預計將由2024年的3,000片增至2029年的507,000片，2025年至2029年的複合年增長率為97.1%。

## 行業概覽

### 按銷量計的中國碳化矽外延片市場規模



資料來源：弗若斯特沙利文報告

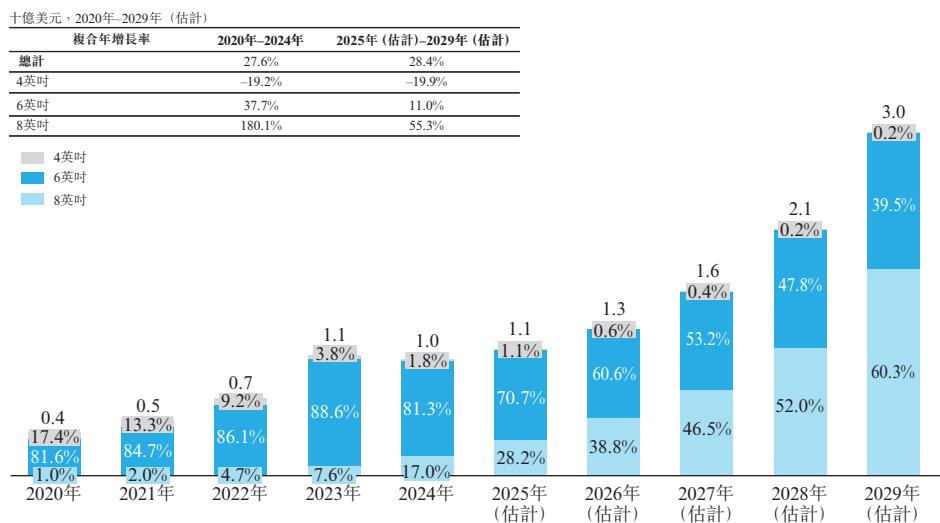
### 按收入計的全球碳化矽外延片市場規模

目前，市場上提供的碳化矽外延片按尺寸可分為4英吋、6英吋及8英吋。8英吋外延片是未來碳化矽外延片行業的重點趨勢。隨著外延片的尺寸增大，可集成芯片的總數亦隨之增加。與6英吋碳化矽外延片相比，8英吋碳化矽外延片每片的芯片數將增加89%。此外，8英吋襯底可以降低碳化矽功率半導體器件的成本。

全球碳化矽外延片市場發生了顯著變化，尤其是6英吋外延片的收入方面。6英吋外延片分部實現了大幅增長，收入自2020年的3億美元增至2024年的8億美元，複合年增長率為37.7%。預計到2029年，其收入將進一步增至12億美元，2025年至2029年的複合年增長率為11.0%。該增長主要由於相對成熟的技術及更佳的成本效益。相反，隨著6英吋外延片普及，4英吋外延片的收入出現下降，自2020年的66.0百萬美元降至2024年的17.8百萬美元，到2029年預計將進一步降至4.9百萬美元。由於技術進步，8英吋外延片分部雖然起點較低，但卻呈現出良好的增長勢頭，收入自2024年的1億美元增至2029年的預計18億美元。

## 行業概覽

### 按收入計的全球碳化矽外延片市場規模



資料來源：弗若斯特沙利文報告

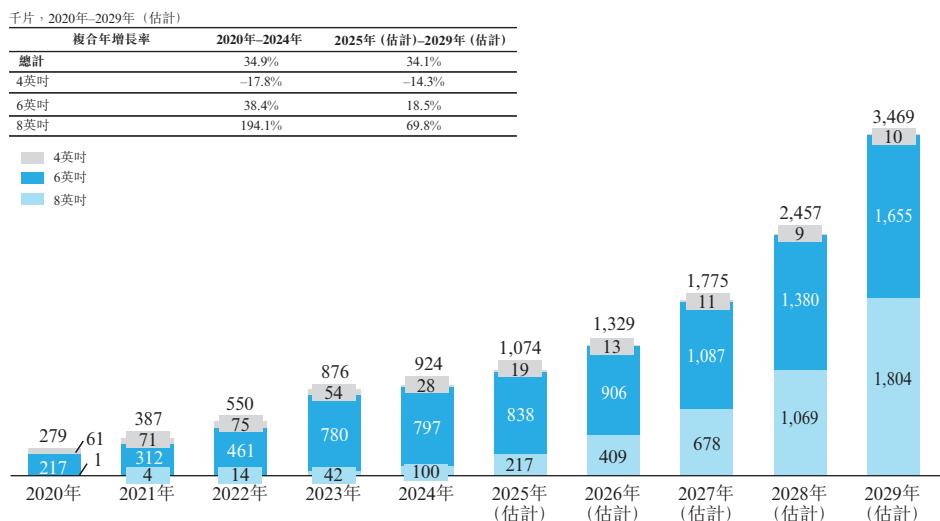
### 按銷量計的全球碳化矽外延片市場規模

於技術進步及效率優勢的推動下，全球碳化矽外延片市場已明顯轉向6英吋外延片。6英吋外延片的銷量出現大幅增長，由2020年的217千片增至2024年的797千片，複合年增長率為38.4%。預計到2029年，6英吋外延片將由2024年的797千片增至1,655千片，2025年至2029年的複合年增長率為18.5%。

另一方面，4英吋外延片市場呈下降趨勢，銷量由2020年的61千片降至2024年的28千片，複合年增長率為-17.8%。展望未來，由於科技進步與效率優勢，4英吋外延片分部預計將進一步萎縮，由2024年的28千片減至2029年的10千片，2025年至2029年的複合年增長率為-14.3%。隨著科技的進一步發展，8英吋外延片分部儘管處於起步階段，但卻表現出最顯著的增長，由2020年的僅1.3千片增至2024年的100千片，複合年增長率為194.1%。到2029年，預計將由2024年的100千片增至1,804千片，同年複合年增長率為69.8%。

## 行業概覽

### 按銷量計的全球碳化矽外延片市場規模



資料來源：弗若斯特沙利文報告

### 襯底及碳化矽外延片平均售價趨勢

市場主流目前為6英吋碳化矽外延片。下圖載列於所示年度中國及全球碳化矽襯底及碳化矽外延片的平均售價趨勢：

#### 全球及中國的碳化矽襯底平均售價

##### 全球碳化矽襯底平均價格趨勢

人民幣千元，2020年至2030年（估計）

	2020年	2021年	2022年	2023年	2024年	2025年 (估計)	2026年 (估計)	2027年 (估計)	2028年 (估計)	2029年 (估計)	2030年 (估計)
4英吋	2.5-4.5	2.3-4.3	2.2-4.2	2.1-4.1	2.0-4.0	2.0-4.0	2.0-4.0	1.3-3.3	1.0-3.0	0.9-2.9	0.8-2.8
6英吋	5.6-7.6	5.5-7.5	5.2-7.2	4.7-6.7	3.3-5.3	2.8-4.8	2.5-4.5	1.6-3.6	1.3-3.3	1.2-3.2	1.1-3.1
8英吋	10.4-20.5	9.0-15.6	8.8-12.4	6.9-9.0	5.9-8.3	5.3-7.3	4.8-6.8	4.3-6.3	3.9-5.9	3.7-5.7	3.7-5.7

##### 中國碳化矽襯底平均價格趨勢

人民幣千元，2020年至2030年（估計）

	2020年	2021年	2022年	2023年	2024年	2025年 (估計)	2026年 (估計)	2027年 (估計)	2028年 (估計)	2029年 (估計)	2030年 (估計)
4英吋	1.6-3.6	1.5-3.5	1.4-3.4	1.2-3.2	1.1-3.1	1.0-3.0	0.9-2.9	0.8-2.8	0.8-2.8	0.7-2.7	0.7-2.7
6英吋	2.6-4.6	2.4-4.4	2.2-4.2	2.1-4.1	1.5-3.5	1.3-3.3	1.1-3.1	1.0-3.0	0.9-2.9	0.9-2.9	0.8-2.8
8英吋	不適用	不適用	9.0-15.0	8.4-12.3	5.3-10.0	4.5-6.5	3.9-5.9	3.4-5.4	3.0-5.0	2.6-4.6	2.3-4.3

註：價格以範圍列示，因其受多項市場因素影響，包括意料之外的市場供需狀況等。

資料來源：弗若斯特沙利文報告

---

## 行業概覽

---

預計2025年至2030年，不同英吋碳化硅襯底是碳化硅外延片的平均售價將逐步下降。然而，據弗若斯特沙利文所告知，不同英吋碳化硅外延片的平均售價降幅預計將小於相關碳化硅襯底的平均售價降幅，主要因素如下：

1. 碳化硅外延片的價格不僅受成本因素影響，還受到多種其他市場動態的影響，包括但不限於行業內的市場競爭及下游環境，此等因素影響碳化硅外延片的市場供需，進而影響相關售價。因此，碳化硅襯底的售價波動並不總是成比例地影響碳化硅外延片的售價；
2. 值得注意的是，2020年至2024年各年，6英吋碳化硅外延片按收入計在中國及全球碳化硅外延片的市場規模分別佔比逾90%及80%，其於上述中國及全球市場的平均售價複合年增長率分別約為-5.0%及-5.8%，而6英吋碳化硅襯底於上述中國及全球市場的平均售價同期複合年增長率分別約為-8.6%及-10.1%。因此，根據上述歷史數據，其表明碳化硅外延片的平均售價波動與碳化硅襯底的平均售價波動並不總是成比例；及
3. 4英吋、6英吋及8英吋碳化硅外延片日益成熟，有助於其價格的穩定。市場在經歷了行業整合的過程後，供需關係可望回歸相對平衡狀態。由於4英吋碳化硅外延片不再是主流產品尺寸，製造商目前僅生產4英吋碳化硅外延片滿足小眾或特定需求。因此，其價格因技術成熟及銷量萎縮而保持穩定。經過一段激烈的市場競爭與價格下行週期，6英吋碳化硅外延片正步入成熟期，市場供需關係逐步恢復平衡。隨著市場向8英吋碳化硅外延片過渡，其價格趨於穩定。8英吋碳化硅外延片目前尚處於發展初期，製造商正積極規劃並擴建產線。基於此產能擴張態勢，8英吋產品自2024年起進入快速增長階段：其產量將持續提升，而價格則受生產技術進步與規模經濟效應影響呈下降趨勢。這種不同代際產品同時處於生命週期中的衰退期、成熟期與增長期，正是半導體行業持續且根本的週期性規律的體現。

## 行業概覽

鑑於上述因素，儘管碳化硅襯底預計在上述預測期內將持續下降，但預計碳化硅外延片的平均售價將不會於2025年至2030年期間出現大幅波動，不同英吋碳化硅外延片的價格範圍將相對穩定。

碳化硅外延片價格下跌是由於產能擴大及技術進步降低了製造成本。除產能擴大造成的產業供過於求之外，生產迭代亦可能影響碳化硅外延片及襯底的市場價格。例如，當下游客戶廣泛接受6英吋碳化硅外延片時，由於6英吋碳化硅外延片的總可用面積較大，因此市場對4英吋碳化硅襯底及4英吋碳化硅外延片的需求亦會隨之減少。同樣地，隨著技術的演進，加之8英吋碳化硅外延片的面世，6英吋碳化硅襯底及6英吋碳化硅外延片的平均售價正穩步下跌。然而，與此同時，由於8英吋碳化硅外延片的需求上升，8英吋碳化硅襯底的銷售量也隨之增加。由於8英吋碳化硅襯底的平均售價高於4英吋及6英吋碳化硅襯底，這將抵銷4英吋及6英吋碳化硅襯底平均售價的下跌所帶來的影響，進而使三種類型的碳化硅襯底的整體價格趨於穩定。換言之，在市場對8英吋碳化硅外延片需求上升的刺激下，8英吋碳化硅襯底的採用量增加，預計將有助於中國和全球碳化硅襯底價格保持穩定。儘管4英吋及6英吋碳化硅襯底的平均售價可能會下降，但8英吋碳化硅襯底銷量的增長及相對較高的平均售價將有助於碳化硅襯底整體平均售價保持穩定。

### 中國及全球碳化硅外延片的價格範圍

#### 中國及全球碳化硅外延片平均價格趨勢

	2020年	2021年	2022年	2023年	2024年	2025年 (估計)	2026年 (估計)	2027年 (估計)	2028年 (估計)	2029年 (估計)	2030年 (估計)
(人民幣千元／片)											
中國價格範圍	8.8-10.8	8.4-10.4	8.0-10.0	7.8-9.8	6.5-7.5	6.1-7.1	5.8-6.8	5.5-6.5	5.4-6.4	5.3-6.3	5.2-6.2
全球價格範圍	8.5-10.5	7.8-9.8	7.5-9.5	7.4-9.4	7.2-9.2	6.8-7.8	6.2-7.2	6.0-7.0	5.8-6.8	5.6-6.6	5.4-6.4

資料來源：弗若斯特沙利文報告

下圖來自弗若斯特沙利文，分別說明於所示年度全球及中國4英吋、6英吋及8英吋碳化硅外延片的實際及估計平均價格，自2020年起總體呈穩步下降趨勢：

#### 按產品類型劃分的全球碳化硅外延片平均價格

人民幣千元，2020年至2030年(估計)

	2020年	2021年	2022年	2023年	2024年	2025年 (估計)	2026年 (估計)	2027年 (估計)	2028年 (估計)	2029年 (估計)	2030年 (估計)
4英吋	6.8-8.2	6.0-7.6	4.7-6.7	4.1-6.1	3.7-5.7	2.2-4.2	2.2-4.2	2.2-4.2	2.2-4.2	2.2-4.2	2.2-4.2
6英吋	9.5-10.5	8.2-10.3	7.8-9.8	7.4-9.4	6.9-8.9	4.5-6.5	3.5-5.5	3.5-5.5	3.5-5.5	3.5-5.5	3.5-5.5
8英吋	18.7-20.3	16.8-18.5	14.4-16.4	13.3-15.3	11.1-13.1	9.0-11.0	7.0-9.0	7.0-9.0	7.0-9.0	7.0-9.0	7.0-9.0

## 行業概覽

### 按產品類型劃分的中國碳化硅外延片平均價格

人民幣千元，2020年至2030年(估計)

	2020年	2021年	2022年	2023年	2024年	2025年 (估計)	2026年 (估計)	2027年 (估計)	2028年 (估計)	2029年 (估計)	2030年 (估計)
4英吋	5.5–7.4	4.8–6.8	4.1–6.1	3.7–5.7	3.5–5.2	2.0–4.0	2.0–4.0	2.0–4.0	2.0–4.0	2.0–4.0	2.0–4.0
6英吋	9.3–11.0	8.0–10.5	8.3–10.3	7.9–9.9	6.6–8.6	4.2–6.2	3.0–5.0	3.0–5.0	3.0–5.0	3.0–5.0	3.0–5.0
8英吋	不適用	不適用	不適用	33.0–35.0	12.0–14.0	10.1–12.1	6.8–8.8	6.8–8.8	6.8–8.8	6.8–8.8	6.8–8.8

附註：

- (1) 價格以範圍列示，因其受多項市場因素影響，包括但不限於意料之外的市場供需狀況等。

資料來源：弗若斯特沙利文報告

以下事件顯示碳化硅外延片行業的發展歷程，並闡明該行業對平均售價的影響，主要是由於產品迭代及市場供需關係所造成：

- 於過往年度，碳化硅外延片製造商為滿足下游需求，紛紛擴大產能，集中生產4英吋及6英吋產品。
- 產能擴張導致4英吋及6英吋碳化硅外延片供應過剩，造成平均售價的穩步下降，進而導致無法維持盈利業績的小型市場參與者退出，從而引發市場參與者的重新洗牌，導致參與者數量減少。
- 技術的進步帶動了產品的迭代，6英吋碳化硅外延片的普及導致4英吋產品被淘汰。由於6英吋產品一般比4英吋產品更先進，因此6英吋產品的平均售價一般高於4英吋產品。
- 當市場供需恢復平衡後，4英吋及6英吋產品的平均售價將趨於穩定。弗若斯特沙利文的資料基於與相關專家的訪談預測，8英吋產品將成為主流，取代4英吋及6英吋產品的市場。因此，市場參與者將不會在4英吋及6英吋產品市場上競爭，而4英吋及6英吋產品的平均售價有望保持穩定。因此，弗若斯特沙利文預計4英吋產品的平均售價已降至最低，並將自2025年起維持相對穩定；6英吋產品的平均售價將降至最低，並將自2026年起維持相對穩定。

## 行業概覽

- 儘管8英吋碳化硅外延片已在海外市場開發多年，但8英吋產品(尤其是國產產品)最初於2023年在中國市場推出。8英吋產品的平均售價相對較高，主要乃由於其在中國開始時的稀缺性。因此，碳化硅外延片製造商開始進一步擴大產能，以應對具有先進技術的8英吋產品日益增長的需求。儘管價格高於海外供應商提供的產品，但下游客戶仍選擇國內供應商的8英吋碳化硅外延片，這主要是因為供應鏈更安全，確保於面臨全球不確定因素時獲得更可靠的原材料來源。此外，向國內供應商採購有助於更好的協作及定製解決方案，並確保服務回應速度更快。其亦降低運輸成本及物流複雜性，避免潛在的關稅及進口成本負擔，該等負擔可能會顯著影響國際採購晶圓的價格。因此，就中國公司而言，此類採購更具成本效益且具有戰略合理性。
- 8英吋碳化硅外延片將從樣品生產階段過渡至全面量產階段，因此預期中國8英吋產品的平均售價將會下降。根據弗若斯特沙利文的預測，隨著需求增長、各類應用的廣泛採用及如上文所述行業參與者數量減少等因素，平均售價的降低將導致價格自2026年起逐漸穩定。
- 除了有限的市場參與者所擁有的供應增長及技術壁壘外，重新洗牌將導致市場供需關係再次平衡，進而導致穩定的平均售價，從而停止先前導致行業持續降價的價格戰。

下表載列於2022年、2023年及2024年按尺寸劃分的碳化硅外延片市場平均價格趨勢與本公司碳化硅外延片平均售價的比較：

碳化硅外延 片尺寸	自製／地區	截至12月31日止年度		
		2022年	2023年	2024年
		人民幣千元／片		
4英吋	自製產品的平均售價	4.1	4.5	4.5
	中國平均價格趨勢	4.1–6.1	3.7–5.7	3.2–5.2
	全球平均價格趨勢	4.7–6.7	4.1–6.1	3.7–5.7
6英吋	自製產品的平均售價	9.6	8.9	6.7
	中國平均價格趨勢	8.3–10.3	7.9–9.9	6.6–8.6
	全球平均價格趨勢	7.8–9.8	7.4–9.4	6.9–8.9
8英吋	自製產品的平均售價	—	34.5	12.5
	中國平均價格趨勢	—	33.0–35.0	12.0–14.0
	全球平均價格趨勢	14.4–16.4	13.3–15.3	11.1–13.1

---

## 行業概覽

---

於2022年、2023年及2024年，本公司按尺寸劃分的碳化硅外延片的平均售價與中國及全球的平均價格趨勢大概一致但有輕微波動，但我們(以及中國市場)於2022年並無錄得8英吋碳化硅外延片的平均售價，我們於2023年成為中國為數不多擁有量產8英吋碳化硅外延片能力的公司之一，因此於2023年我們的8英吋碳化硅外延片平均售價及中國的平均價格趨勢遠高於全球平均價格趨勢。儘管我們與中國的其他公司能夠於2024年逐步降低8英吋碳化硅外延片的製造成本，因而為該類產品提供較低的銷售價格，但我們的8英吋碳化硅外延片與中國的平均價格趨勢於2024年仍高於全球的平均價格趨勢。

隨著碳化硅襯底平均售價的預期下降，外延片成本預計亦會下降，原因是碳化硅襯底為碳化硅外延片的主要原料。全球及中國的碳化硅外延片平均售價預計於2028年前穩步下降，主要原因為(i)市場競爭及規模生產雙重影響導致碳化硅襯底平均售價下降，從而導致單位生產成本降低；(ii)技術進步有望提高外延生長效率，並降低外延片成本；及(iii)國產設備替代增加，可望降低製造碳化硅外延片的折舊成本。碳化硅外延片製造商可透過專注於先進應用的高價值產品、提高生產效率、擴大產能以達到規模經濟，以及利用創新技術(如大尺寸碳化硅外延片及先進外延技術)來提升毛利。有關我們提高生產效率的方法詳情，請參閱「業務 — 我們的行業及業務面臨的挑戰 — 我們應對挑戰的策略 — 提升經營效率」。垂直整合及向新興產業進行市場多元化佈局可進一步獲取價值並維持獲利能力。

### 中國碳化硅外延片行業的驅動力

中國碳化硅外延片市場很大程度上受以下主要增長動力所推動：

#### 碳化硅功率半導體器件市場的增長

碳化硅外延片是製造碳化硅功率半導體器件的主要材料。隨著高性能碳化硅功率半導體需求的持續增長，其推動對碳化硅外延片的需求。多年來，可再生能源、電力電子、汽車及電信等行業的增長共同推動碳化硅功率半導體器件市場的擴張。該等高性能半導體因其能於高溫高壓下高效運作、開關時能耗低以及提高電子系統的整體效率的能力而變得不可或缺。自2020年至2024年，中國碳化硅功率半導體器件市場快速增長，複合年增長率為56.0%。預計將持續增長，自2025年至2029年的複合年增長率為44.9%。該等因素將推動上游碳化硅外延片市場的增長。

---

## 行業概覽

---

### 生產技術的進步使碳化硅外延片質量更加可靠

由於外延層厚度、沉積技術及設備創新的進步，碳化硅外延片的質量更加可靠。該行業正在向更厚的外延層發展，若干製造商的外延層厚度已達致300微米，滿足對更高電壓容差的需求。該等發展提高器件的性能、可靠性及能效，同時降低生產成本。化學氣相沉積(CVD)技術是目前最流行的4H-SiC外延方法，具有成本適中、外延質量好、生長速度快等優點。CVD技術通過在高溫下降解及分解氣態前驅體，使其原子重新結合併在襯底表面形成固態薄膜，從而製造高質量的碳化硅外延片。如多腔室設計及多芯片處理等外延設備的創新，就提高生產效率及降低成本而言至關重要。與水平式碳化硅外延爐相比，垂直式設備的進氣口有助於降低缺陷率，由於氣體自頂部垂直進入，其有利於氣體的均勻分佈及外延層的均勻生長。該等全部技術的進步有助於提高生產效率及降低生產成本，從而促進碳化硅外延片行業的整體發展。

### 政府政策支持

近年來，中國政府不斷頒佈與碳化硅外延片相關利好政策。於2023年7月及8月，工信部發佈《製造業可靠性提升實施意見》及《電子信息製造業2023–2024年穩增長行動方案》，強調制定行業標準，提高碳化硅功率半導體器件等寬禁帶功率半導體器件的可靠性。於2021年3月，全國人民代表大會頒佈《中華人民共和國國民經濟和社會發展第十四個五年規劃和2035年遠景目標綱要》以促進碳化硅等寬禁帶半導體材料的發展。該等政策反映推動碳化硅外延片技術及促進中國半導體產業發展的戰略重點。

---

## 行業概覽

---

### 中國碳化硅外延片行業的趨勢

中國碳化硅外延片行業的主要趨勢包括下列各項：

#### 中國國內碳化硅襯底將取代國外碳化硅襯底

近年來，由於中國國內碳化硅襯底行業不斷成熟，中國碳化硅外延片製造商正越來越多地採納國內襯底，逐漸減少對外國資源的依賴。具體而言，國內6英吋碳化硅襯底的價格一直呈下降趨勢。有關全球及中國平均售價的進一步資料，請參閱本節「— 中國及全球碳化硅外延片市場概覽 — 全球及中國的碳化硅襯底平均售價」。該趨勢表明，與國外同類產品相比，國內碳化硅襯底價格下降速度更快，這表明國內碳化硅襯底的取代將成為市場趨勢。

#### 規模效應呈現；專業外延片製造商將形成成本壁壘

未來，隨著技術密集型產業的發展，關注產業鏈上游的製造商，尤其是從事外延片生產的製造商，將創造巨大的產業價值。彼等經營所產生的規模經濟將提高效率，並帶來競爭優勢。預計該趨勢將降低單位生產成本，使該等製造商能建立顯著的成本壁壘。由於該等外延片製造商擴大生產規模並完善生產工藝，彼等將能利用規模優勢與供應商磋商更有利的條件，投資尖端技術，並實現更高水平的自動化。該等因素將有助於降低成本基礎，對在激烈競爭中保持盈利能力而言至關重要。該等優勢帶來的成本壁壘將對信進入者構成挑戰，新進入者需達到與既有參與者的成本結構水平，方可立足。

---

## 行業概覽

---

### 從6英吋生產線到8英吋生產線的轉變

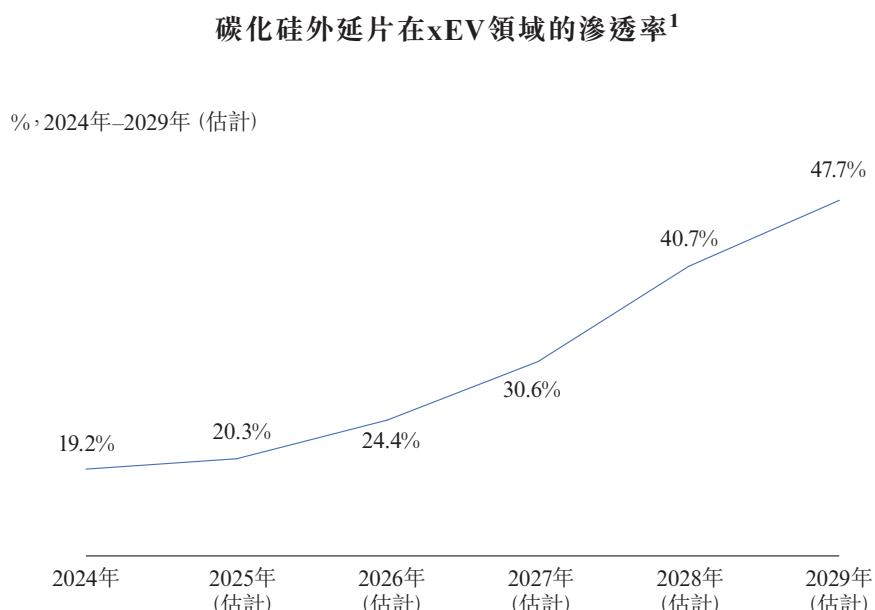
目前來說，碳化硅外延片企業正處於從6英吋向8英吋過渡的關鍵時期。6英吋碳化硅外延片技術成熟、品質穩定且成本相對較低，在電力電子器件中得到廣泛應用。然而，隨著技術進步及市場需求的增長，8英吋碳化硅外延片因其更高的產出率、更低的邊損及更佳的器件性能，逐漸成為行業新焦點。目前，中國8英吋碳化硅外延片市場於2023年已經歷測試階段，一些領先的製造商自2024年起開始批量生產。由於中國下游碳化硅功率半導體器件製造商的成本效益及晶圓良率特性，預計對8英吋碳化硅外延片的需求將增加，若干現有製造商正積極升級其生產線並計劃增加新的產能。預計隨著技術的成熟以及產能的釋放，8英吋碳化硅外延片的價格將逐漸下降，從而顯著提升市場銷售及採用率。預計中國擁有先進技術且具備8英寸碳化硅外延片量產能力的碳化硅外延片製造商，將具備競爭優勢，以把握8英寸碳化硅外延片的潛在市場需求。綜上所述，從6英吋向8英吋的轉型是碳化硅外延片行業未來發展的必然趨勢。此過程將受到技術進步、成本降低及市場需求增長的共同推動。

### 製造商持續擴大產能以滿足日益增長的市場需求

隨著中國對碳化硅功率半導體器件需求的不斷增長，尤其是新能源汽車、5G通信、光伏發電等行業的快速發展，碳化硅外延片作為關鍵的上游材料，因其廣闊的市場前景而備受矚目。中國汽車銷量預計將自2025年的33.5百萬輛增長至2029年的50.8百萬輛，複合年增長率為11.0%，全球汽車銷量預計將自2025年的98.7百萬輛增長至2029年的119.9百萬輛，複合年增長率為5.0%。xEV的銷量於中國及全球整個汽車市場中所佔的比例越來越高，於2024年分別為19.5%及40.9%，到2029年預期將分別增至約80.3%及44.4%。於2025年，平均約0.4片6英吋碳化硅外延片用於一輛電動汽車上。相比之下，內燃機汽車通常不使用碳化硅外延片，因為內燃機汽車的動力系統不需要像碳化硅這樣耐高溫高壓的半導體材料。xEV銷量的增長以及碳化硅外延片的成本效益，促使碳化硅外延片於xEV領域的應用及滲透率不

## 行業概覽

斷上升。作為xEV的重要組成部分，xEV行業的快速成長可望為碳化硅外延片產業的發展提供穩健的基礎。此外，據弗若斯特沙利文所預測，近年來價格下降將導致碳化硅功率半導體器件及碳化硅外延片於xEV領域的滲透率增加，即2024年為19.2%，預計到2029年將達到47.7%。下圖說明自2024年至2029年碳化硅外延片於xEV領域的滲透率：



附註：

1. 滲透率乃按全球xEV的碳化硅模塊安裝量除以全球xEV碳化硅模塊的潛在安裝量計算得出。

在此背景下，中國的眾多企業都在不斷擴大產能，滿足蓬勃發展的市場需求。自2025年至2029年，中國碳化硅外延片市場的收入複合年增長率預計將達致37.5%，凸顯未來需求的巨大潛力。此外，隨著產能擴大，規模經濟將促使銷售成本下降，使製造商得以降低生產成本。成本的降低將提高製造商的競爭力，使其能提供更具吸引力的價格，從而提高市場份額。主流碳化硅外延片製造商將專注於擴大其8英吋碳化硅外延片生產線。

---

## 行業概覽

---

### 中國碳化硅外延片市場的主要威脅與挑戰

#### 降價挑戰

碳化硅外延片行業競爭日益激烈。6英吋碳化硅外延片中國市場的價格範圍預計由2021年的每片約人民幣8.3千元至人民幣10.3千元穩步下降至2029年的每片約人民幣3.1千元至人民幣5.5千元，而全球6英吋碳化硅襯底的價格範圍亦預計由2021年的每片約人民幣4.6千元至人民幣6.6千元下降至2029年的每片約人民幣2.3千元至人民幣4.3千元。該趨勢適用於整體碳化硅市場。價格下降逐漸侵蝕製造商的毛利率。儘管目前整個產業面臨價格壓力，但預計未來價格將呈現平穩下降的趨勢，不會繼續出現大幅波動或斷崖式下跌，最終趨於穩定。

#### 政策變動風險

由於碳化硅行業的技術開發及設備投資需要大量資金，且回收期較長，因此政策支持與行業的健康發展密切相關。全球及中國的政策變動可能導致碳化硅行業的市場需求、成本結構及供應鏈穩定性出現波動，導致一系列政策相關風險。例如，於2023年，美國對中國半導體行業實施的關稅制裁政策已對中國碳化硅產品的出口造成影響，導致出口下降。中國碳化硅外延片製造商的全球銷售低迷已被國內銷量激增所抵銷，這得益於中國政府強有力的政策支持，如一系列利好政策，包括《關於推動未來產業創新發展的實施意見》及《電子信息製造業2023-2024年穩增長行動方案》。

### 中國碳化硅外延片市場的競爭格局

總體而言，於2024年中國市場上現有逾20家碳化硅外延片供應商。中國碳化硅外延片市場的競爭高度集中，前五大參與者佔據總市場87.6%的份額(以2024年在中國產生的收入計)。值得注意的是，本集團成為市場領軍者，獲得30.6%的顯著市場份額，收入約人民幣4億元。這一主導地位突顯本集團對行業的重大影響力，以及其於碳化硅外延片領域塑造市場動態的能力。

## 行業概覽

### 按2024年收入計的中國碳化硅外延片供應商排名

排名	公司	碳化硅外延片	
		收入 (人民幣十億元)	市場份額 (%)
1	本集團	0.4	30.6
2	公司A <sup>(1)</sup>	0.4	29.2
3	公司B <sup>(2)</sup>	0.2	12.0
4	公司C <sup>(3)</sup>	0.1	9.7
5	公司D <sup>(4)</sup>	0.1	6.1
小計		<u>1.3</u>	<u>87.6</u>

資料來源：弗若斯特沙利文報告

附註：

- (1) 公司A是一家總部位於中國河北的非上市公司，主要從事碳化硅外延片的研究及生產。其主要產品包括各種規格及型號的碳化硅外延片及氮化鎵外延片。
- (2) 公司B是一家總部位於中國福建的非上市公司，主要從事碳化硅外延片的研究、開發、製造及銷售。其專注於碳化硅外延片的研發及生產，並提供相關的半導體外延片測試服務。
- (3) 公司C為一家位於中國浙江的非上市公司，致力於寬禁帶半導體材料的開發及生產。該公司主要聚焦碳化硅材料及氮化鎵外延材料的研究、開發、生產及銷售。
- (4) 公司D為一家總部位於中國江蘇的非上市全球寬禁帶材料外延代工服務供應商，為高壓、大功率應用提供專業、優質的外延代工服務。

於2024年，中國碳化硅外延片市場中前五大公司佔相當大的市場份額，佔總銷量的87.6%。本集團作為市場領軍者，獲得32.5%的顯著市場份額，銷量約為67千片。這一主導地位凸顯本集團強大的市場佔有率及對行業的重大影響力。

## 行業概覽

### 按2024年銷量計的中國碳化硅外延片供應商排名

排名	公司	碳化硅外延片	
		銷量 (千片)	市場份額 (%)
1	本集團	67 <sup>(1)</sup>	32.5
2	公司A	56	27.3
3	公司B	25	12.2
4	公司C	20	9.8
5	公司D	12	5.9
小計		<b>179.6</b>	<b>87.6</b>

資料來源：弗若斯特沙利文報告

附註：

- (1) 67,000片為排名基準，指本集團於中國內地自製碳化硅外延片的銷量，而73,675片指2024年中國內地碳化硅外延片總銷量，包括自製碳化硅外延片及按代工服務方式生產的碳化硅外延片。

於往績記錄期間，我們大部分收入來自國內市場，而相對較少的收入來自海外市場。中國頂級企業通常涉及國內外銷售。以2024年來自全球市場(包括國內及海外市場)的收入及銷量計，我們在中國所有碳化硅外延片製造商中排名第三，按收入及銷量計的市場份額分別為6.7%及7.8%。

### 按2024年收入計的中國碳化硅外延片供應商在全球市場的排名

排名	公司	碳化硅外延片	
		收入 (人民幣百萬元)	市場份額 (%)
1	公司B	840	11.7
2	公司A	754	10.5
3	本集團	484	6.7
4	公司D	440	6.1
5	公司C	187	2.6
小計		<b>2,705</b>	<b>37.6</b>

資料來源：公開資料、專家訪談、弗若斯特沙利文

## 行業概覽

### 按2024年銷量計的中國碳化硅外延片供應商在全球市場的排名

排名	公司	碳化硅外延片	
		銷量 (千片)	市場份額 (%)
1	公司B	122	13.2
2	公司A	101	10.9
3	本集團	72	7.8
4	公司D	60	6.5
5	公司C	27	2.9
小計		<b>381</b>	<b>41.2</b>

資料來源：公開資料、專家訪談、弗若斯特沙利文

### 中國碳化硅外延片市場的准入壁壘

中國碳化硅外延片市場的主要准入壁壘載列如下：

#### 足夠的行業知識

碳化硅外延片行業屬高度技術密集型，所涉及的外延生長技術需要長期的研發及生產積累。累積的經驗及專業知識使得外延片能夠滿足多參數的高要求。對於行業的新進入者而言，其無法於短時間內突破核心研發技術，並使產品達到相同的質量標準，因此面臨高技術壁壘。

#### 充足的資源

碳化硅外延片行業需要大量設備投資，尤其是對晶體生長爐及加工機械(如切割、研磨及拋光設備)的需求，需要大量資本支出。為維持技術領先並確保產品質量，公司須持續分配大量研發資金，包括開發新材料及優化生產工藝。隨著持續的資本投資，規模經濟將逐漸顯現，從而建立成本優勢。該行業需要一支穩健且專業的管理及研發團隊以維持競爭優勢。目前對專業人士及技術專家的准入壁壘相對較高，且高端人才的招募成本較高，新市場進入者難以快速組建專業團隊。

---

## 行業概覽

---

### 先進的技術

碳化硅外延片的生產涉及高精度技術，包括材料生長及外延工藝的優化，這需要長期技術積累及大量研發。例如，生產高質量碳化硅外延片需要掌握先進的生長技術及優化工藝，這對減少或消除襯底缺陷及提高器件良率至關重要。該等要求需公司具備強大的研發能力及對技術創新的投入。

### 穩固的渠道

碳化硅外延片行業的供應鏈管理面臨渠道壁壘，公司需要與上下游建立長期關係。上游襯底的質量對產品性能至關重要，而高品質外延爐及襯底的資源有限，使得新公司的准入難度增加。下游器件製造商的產品驗證週期較長，且有嚴格的認證程序，一旦建立合作夥伴關係，客戶黏性較高，使得新競爭者難以獲得客戶。