

4934

SiC

第三代半導體材料趨勢及展望

太極能源科技股份有限公司

免責聲明及保密規定

The logo consists of the letters "SIC" in a bold, white, sans-serif font, centered within a blue square. The square has a thin white border and is set against a dark blue background with faint circuit-like patterns.

本簡報所提供之資訊含有前瞻性敘述。此前瞻性敘述將受風險、不確定性與推論所影響，部份將超出我們的控制之外，實際結果可能與此前瞻性敘述所提大不相同。由於此風險、不確定性與推論，此前瞻性敘述之事件與環境可能部份或全部不能如同我們所預期。

本簡報資料中所提供之所有資訊係依據推論，本公司(集團)並不保證其正確性、完整性及可靠性，且不負有更新或修正本簡報資料內容之責任。

本簡報資料中所提供之資訊並未能代表本公司、產業狀況或後續重大發展的完整論述。此簡報及其內容未經本公司書面許可，任何第三者不得任意取用。

大綱

1. 公司基本資料
2. 第三代半導體材料簡介與應用
3. SiC市場概述
4. SiC生產工藝
5. 結語

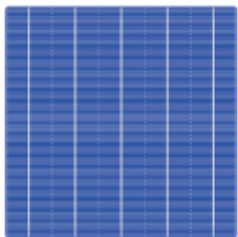
大綱

1. 公司基本資料
2. 第三代半導體材料簡介與應用
3. SiC市場概述
4. SiC生產工藝
5. 結語

太極能源公司基本資料

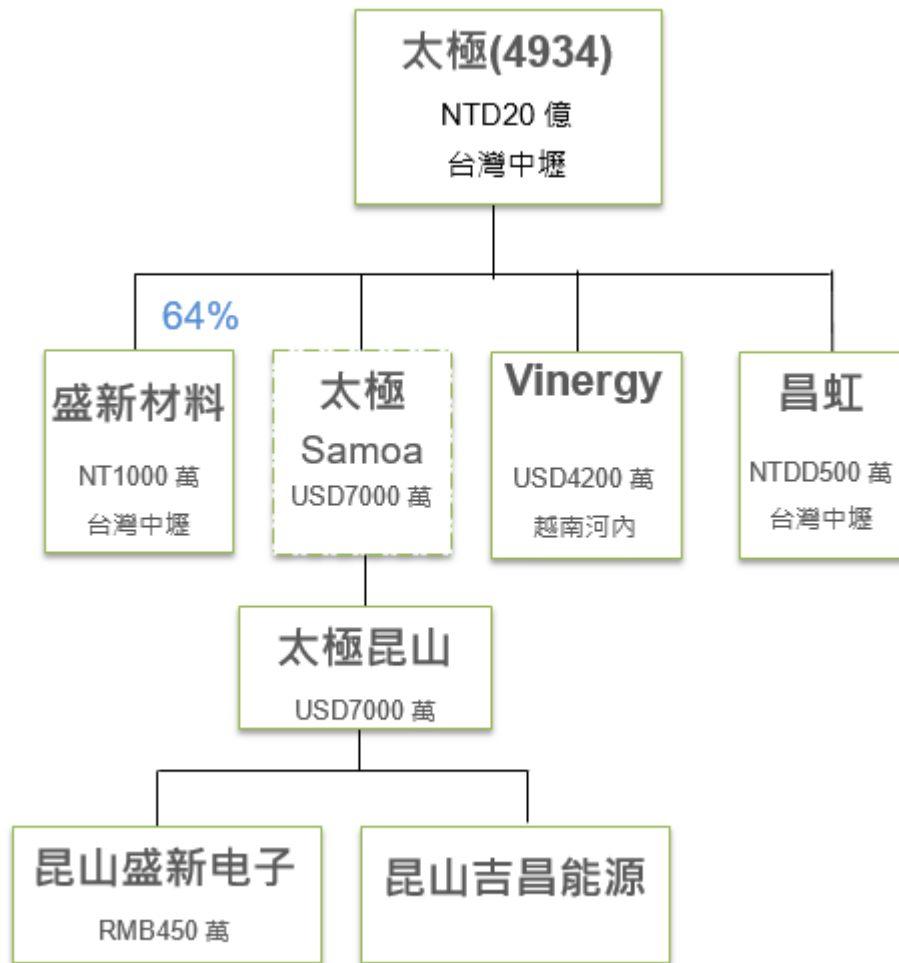
SiC

- 太極能源科技股份有限公司 Tainergy Tech Co., Ltd.
- 股票上市：2011年8月 股票代號：4934
- 成立日期：2007年5月14日(成立 13.5年)
- 資本額：NTD 20億
- 董事長：謝清福
- 總經理：謝銘勳
- 營運據點：台灣中壢、大陸昆山、越南河內
- 主要股東：廣運(6125), 持股比率：28.83%
- 主要產品：
1. 太陽能單多晶電池(CELL) 2. 第三代半導體材料碳化矽(SiC)



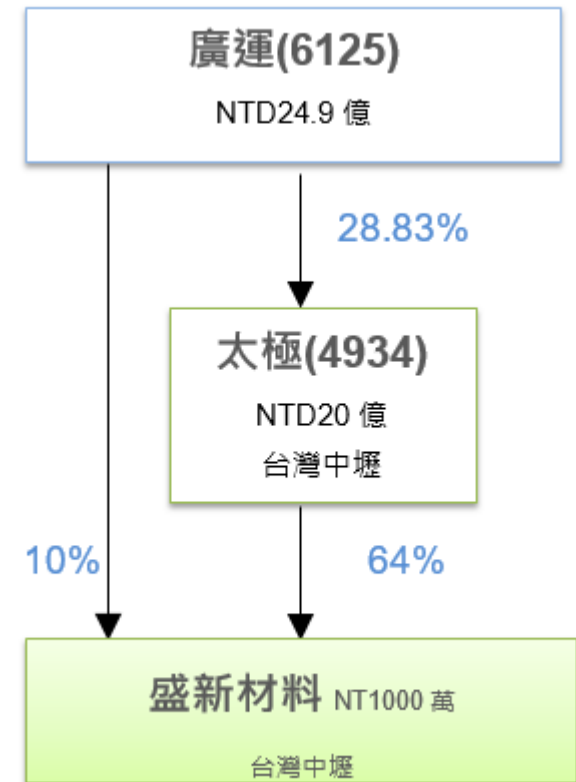
關係企業投資架構圖

SIC



盛新材料科技 TAISIC Materials Corp.

- 成立時間：2020年6月
- 董事長兼任總經理：謝明凱
- 主要產品：碳化矽(SiC)
- 主要股東：太極(4934) 64%
廣運(6125) 10%



大綱

1. 公司基本資料
2. 第三代半導體材料簡介與應用
3. SiC市場概述
4. SiC生產工藝
5. 結語

半導體材料分類

The logo for Silicon Carbide (SiC) is displayed in a blue square with a circuit-like pattern in the background.

世代	主要材料	主要應用	材料特性
第一代 半導體	鍺(Ge) 矽(Si)	微電子產業 資訊產業	• Si元素儲量豐富，純化與長晶技術成熟 • SiO₂絕緣特性良好 • Si材料的物理特性限制了其在光電子和高頻通訊上的應用
第二代 半導體	砷化鎵(GaAs) 磷化銦(InP)	通訊產業 照明產業	• GaAs、InP材料稀缺，具有毒性，對環境影響大 • 其材料特性適合高頻、高速和大功率元件，以及光電元件
第三代 半導體	碳化矽(SiC) 氮化鎵(GaN)	高壓功率元件 高頻通訊元件	• 又稱為Wide Band gap半導體，具有介於常規半導體和絕緣體之間的電子特性。 • 應用在比常規半導體材料(如矽和砷化鎵)高得多的電壓、頻率和溫度的環境下工作

SiC半導體元件優點

適合高功率應用

超高工作電壓

超高切換頻率

高溫下元件較穩定

抗輻射能力強

應用模組體積可縮小



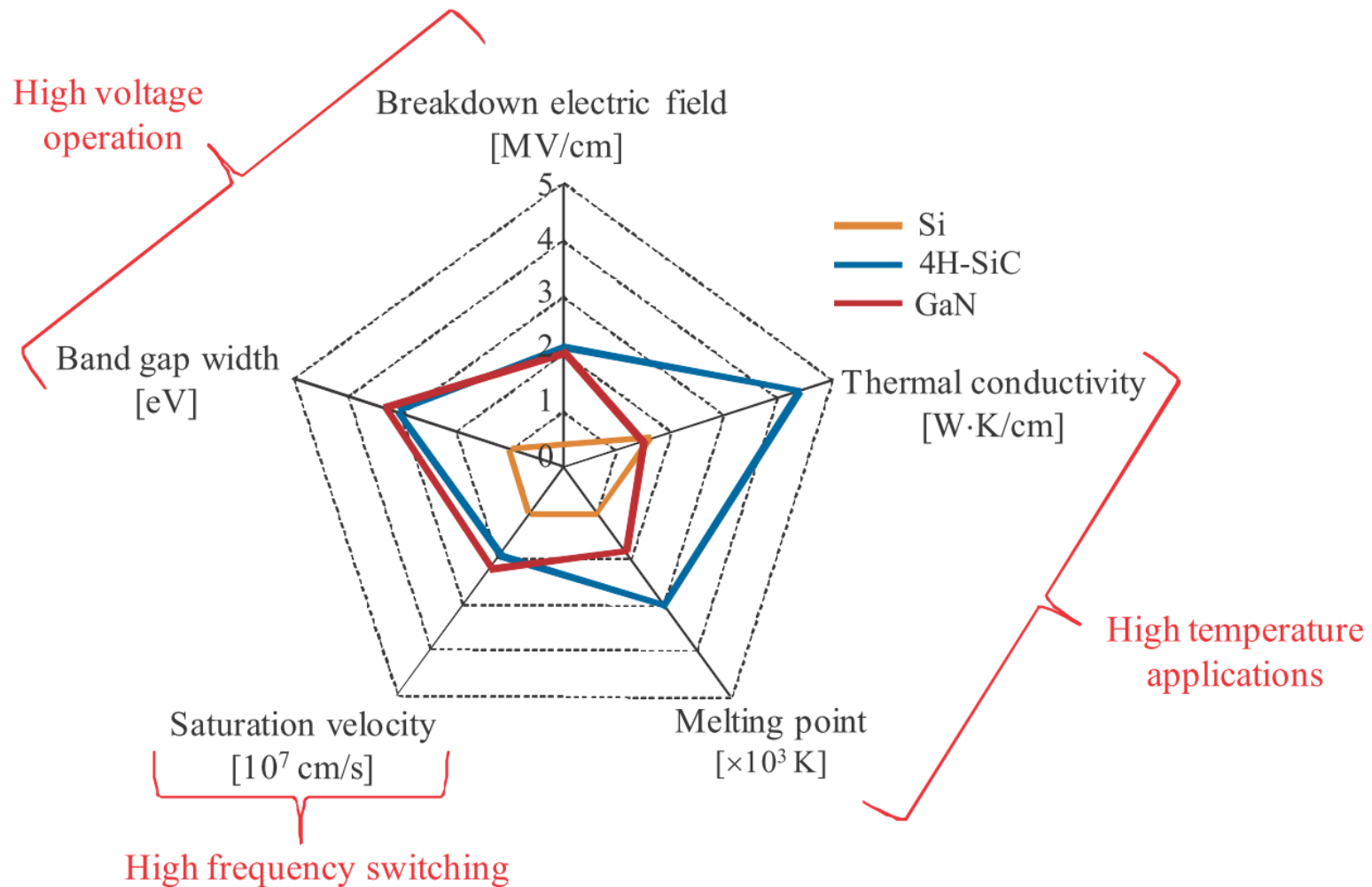
材料物理特性比較

The logo for Silicon Carbide (SiC) is displayed in a blue square with a circuit-like pattern in the background.

Properties		Si	SiC	GaN
能隙 Bandgap	eV	1.12	3.26	3.39
電子遷移率 Electron Mobility	cm ² /V-s	1450	900	2000
擊穿電場 Electron Field for Breakdown	MV/cm	0.3	3.5	3.5
飽和漂移速率 Saturated Drift Velocity	x 10 ⁶ cm/s	10	22	25
熱傳導率 Thermal Conductivity	W/cm/K	1.5	4.5	1.3

物理特性優勢比較

SiC



2種SiC基板特性比較



SiC

	N-type	Semi-insulating
Resistivity Ohm-cm Range	0.015-0.028	> 1E6
Orientation	4° Off	On-axis
Thickness	350μm +/-25μm	500μm +/-25μm
Epitaxy	SiC	GaN
Applications	Electronic Power	RF

GaN與磊晶基板特性比較



SiC

	Sapphire	Si	SiC	GaN
Lattice Constant (Å)	2.75	5.43	3.08	3.19
Lattice mismatch with GaN (%)	16	17	3.4	-
Coefficient of thermal expansion (10^{-6}K^{-1})	7.5	2.6	4.2	5.6
Thermal conductivity (W/cm/K)	0.2	1.5	4.5	1.3
Maximum substrate commercially available	8"	12"	6"	

GaN與磊晶基板特性比較

The logo for Silicon Carbide (SiC) is displayed in a blue square with a circuit-like pattern in the background.

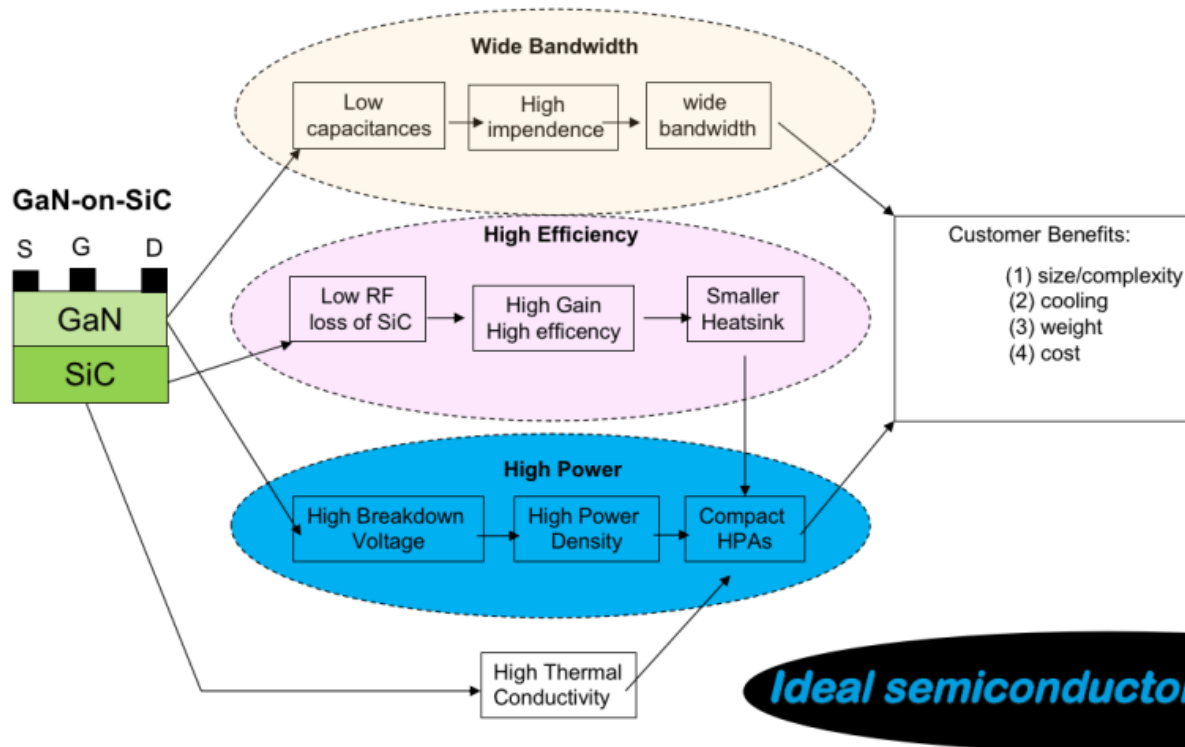
磊晶基板材料的選擇，除了電學和光學特性要求外，主要考量要點：

1. **結構特性好**，磊晶材料與基板的晶體結構相同或相近、晶格失配度小、結晶性能好、缺陷密度小；
2. **界面特性好**，有利於磊晶材料成核且黏附性強；
3. **化學穩定性好**，在磊晶生長的溫度和氣氛中不容易分解和腐蝕；
4. **熱學性能好**，包括導熱性好和熱失配度小；
5. **電學特性好**，能製成上下結構；
6. **機械性能好**，器件容易加工，包括減薄、拋光和切割等；
7. **價格低廉**；
8. **大尺寸**。

GaN-on-SiC 在PA應用上的優勢

SiC

GaN on SiC Value on PA



SiC元件產品應用領域

SiC

SiC晶圓應用領域

導電(N)型

半絕緣(SI)型

發光二極
體

電力電子元件
(SBD、MOSFET...)

通訊電子元件
(HEMT)

LED照明



UPS



車用馬達



太陽能



風力



高鐵



5G通訊 (小基站)



衛星

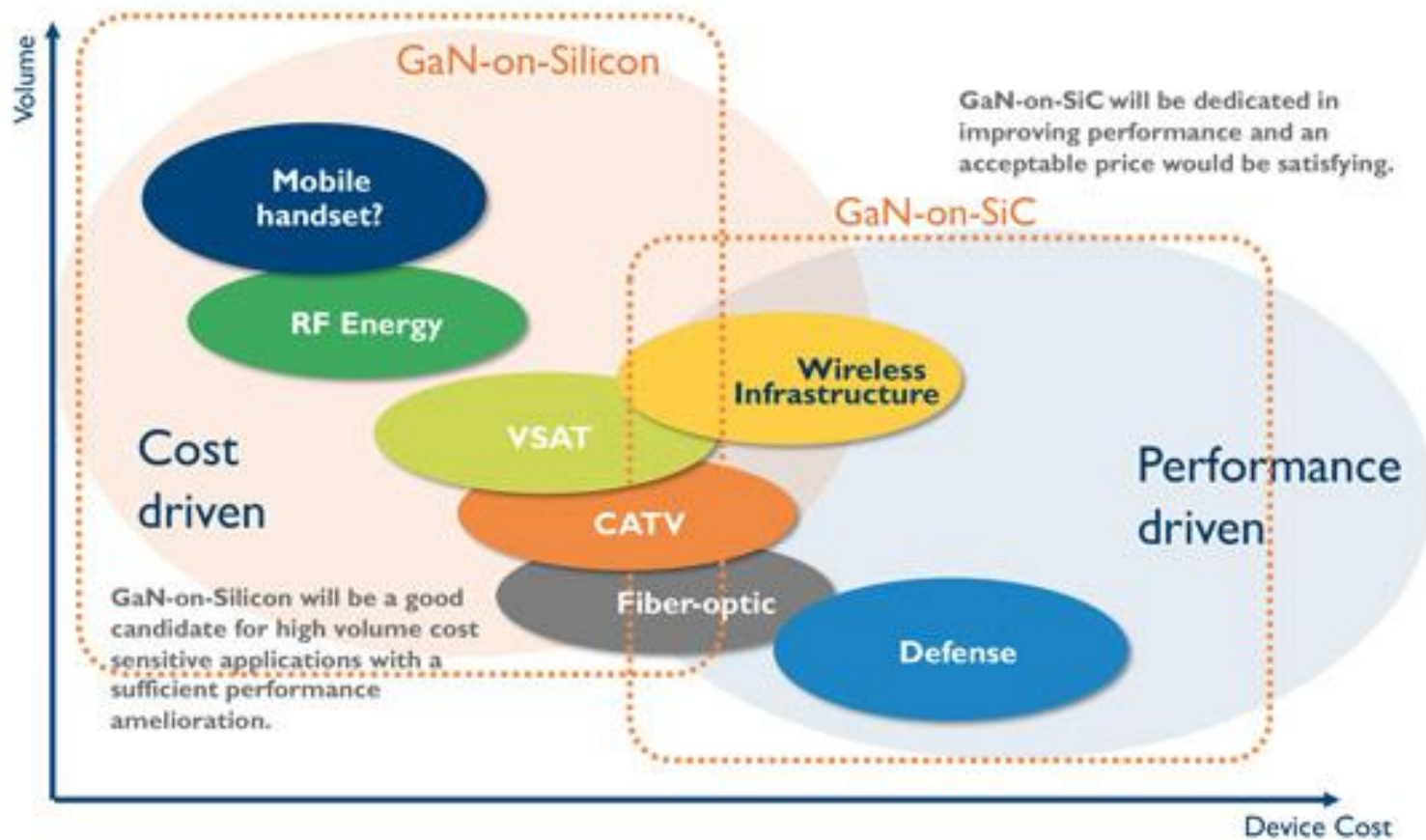


雷達



GaN-on-Si與GaN-on-SiC

SiC



SiC與GaN高功率模組應用領域

SiC

Low-Voltage



PFC/Power supply



Audio Amplifier

Medium-Voltage



PV Inverter



Motor Control



EV/HEV



UPS

High-Voltage



Ship & Vessels



Smart Power Grid



Wind Mills



Rail Transport

<200V

600V 900V 1.2kV 1.7kV

3.3kV

6.5kV+

SiC diodes

GaN-on-Si Transistors

Battle fields

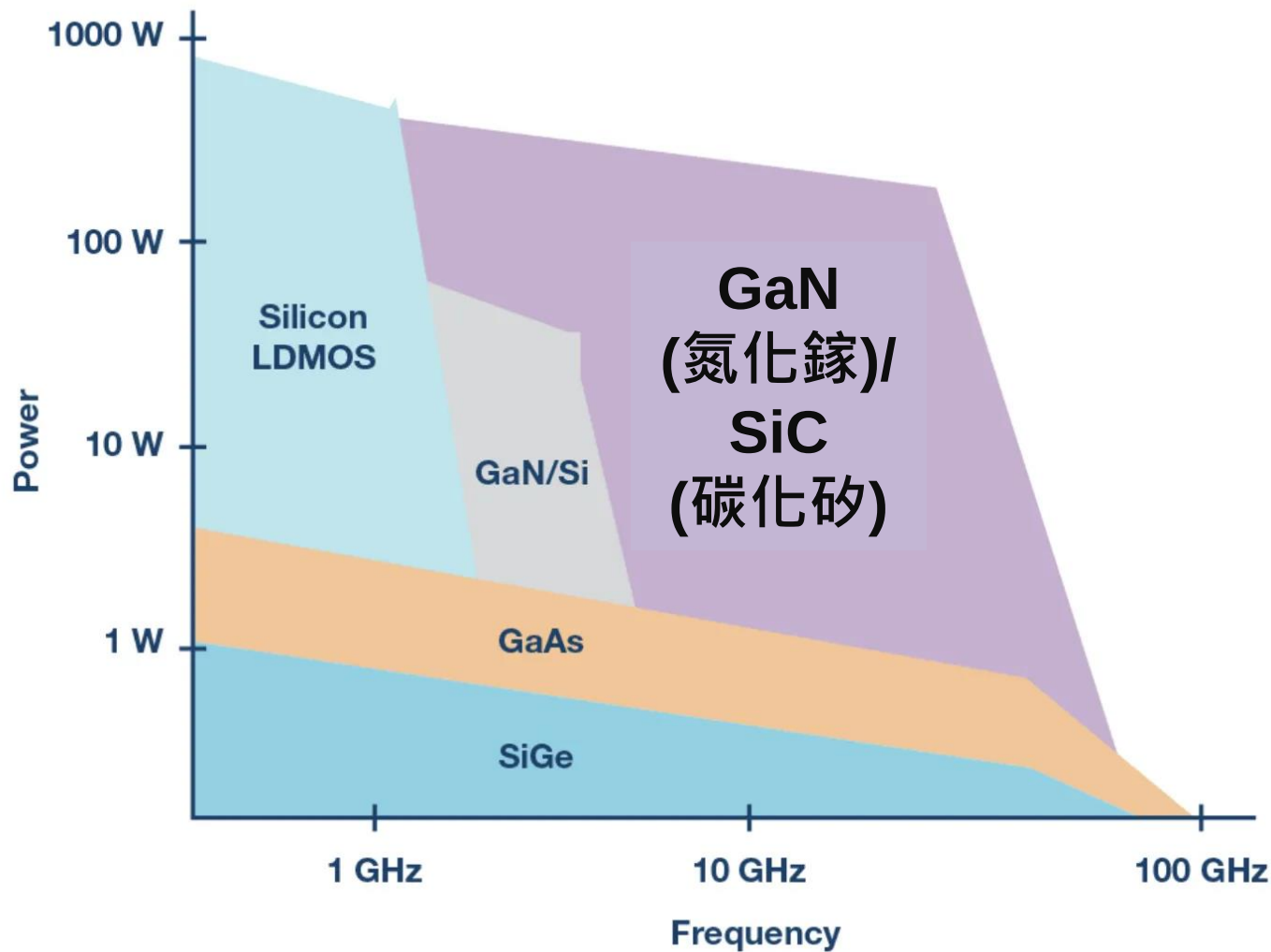
SiC Transistors

大綱

1. 公司基本資料
2. 第三代半導體材料簡介與應用
- 3. SiC市場概述**
4. SiC生產工藝
5. 結語

各種材料應用的功率和頻率

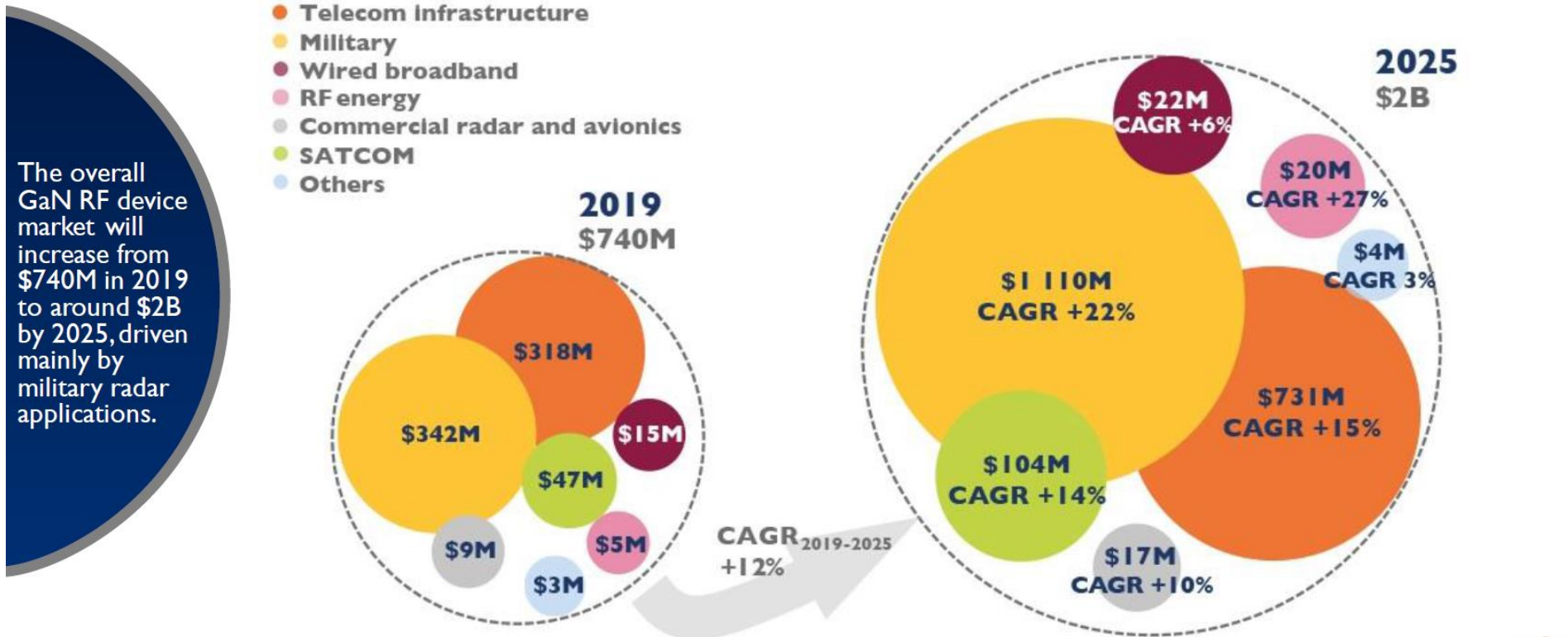
SiC



Source: Analog Devices

PACKAGED GAN RF DEVICE MARKET FORECAST

Split by application

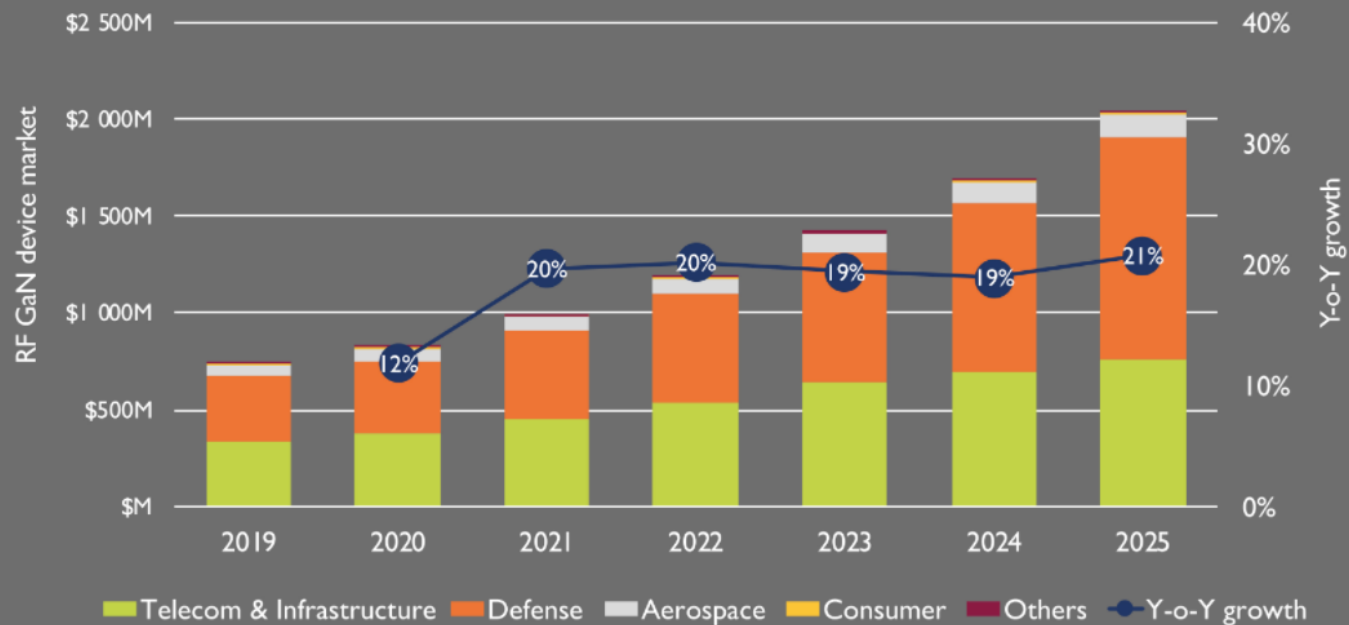


RF GaN元件市場預測

SiC

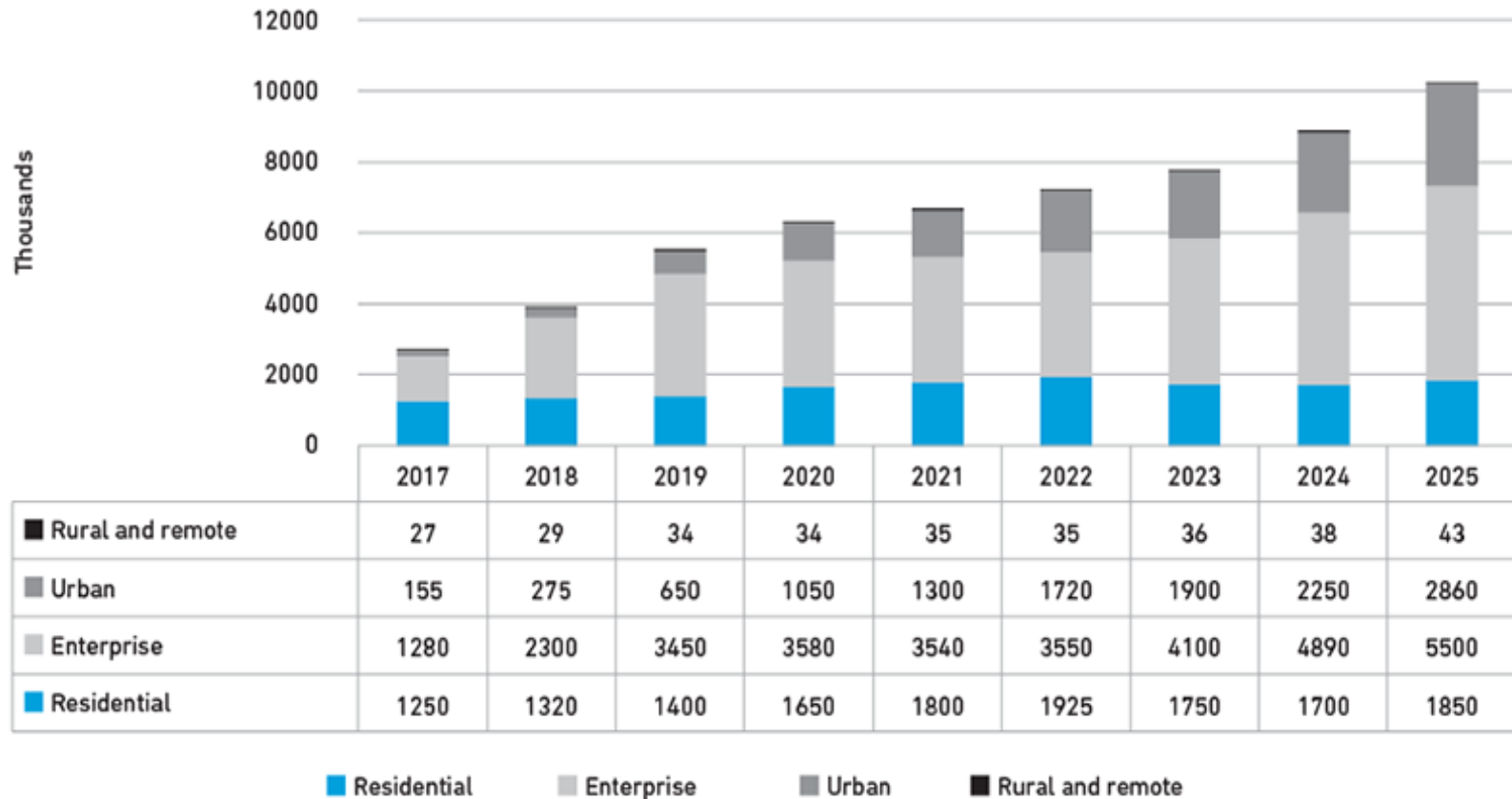
RF GaN device market forecast (in \$M)

(Source: Compound Semiconductor Quarterly Market Monitor, Module II RF GaAs & RF GaN Update, Q3 2020, Yole Développement)



全球5G小基站需求

SiC



至2025年, 全球小基站需求量將達1,025萬座

碳化矽上下游產業鏈

SiC

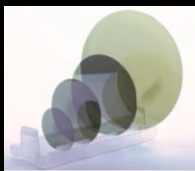
原料



晶錠



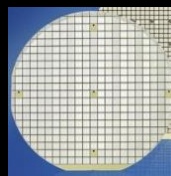
晶圓



磊晶片



IC



元件



功率模組



自製長晶
原料
越峰、
台聚

單晶 切磨拋
生長
太極4934(盛新)

磊晶



晶片
製程

封裝
製程

Cree、II-VI、GTAT、Rohm
SK Siltron(DuPont)、昭和電工(N
SC)、天科合達、山東天岳、山西燦
科、6488環球晶、3583辛耘(晶圓
再生)、8028昇陽半(晶圓薄化)

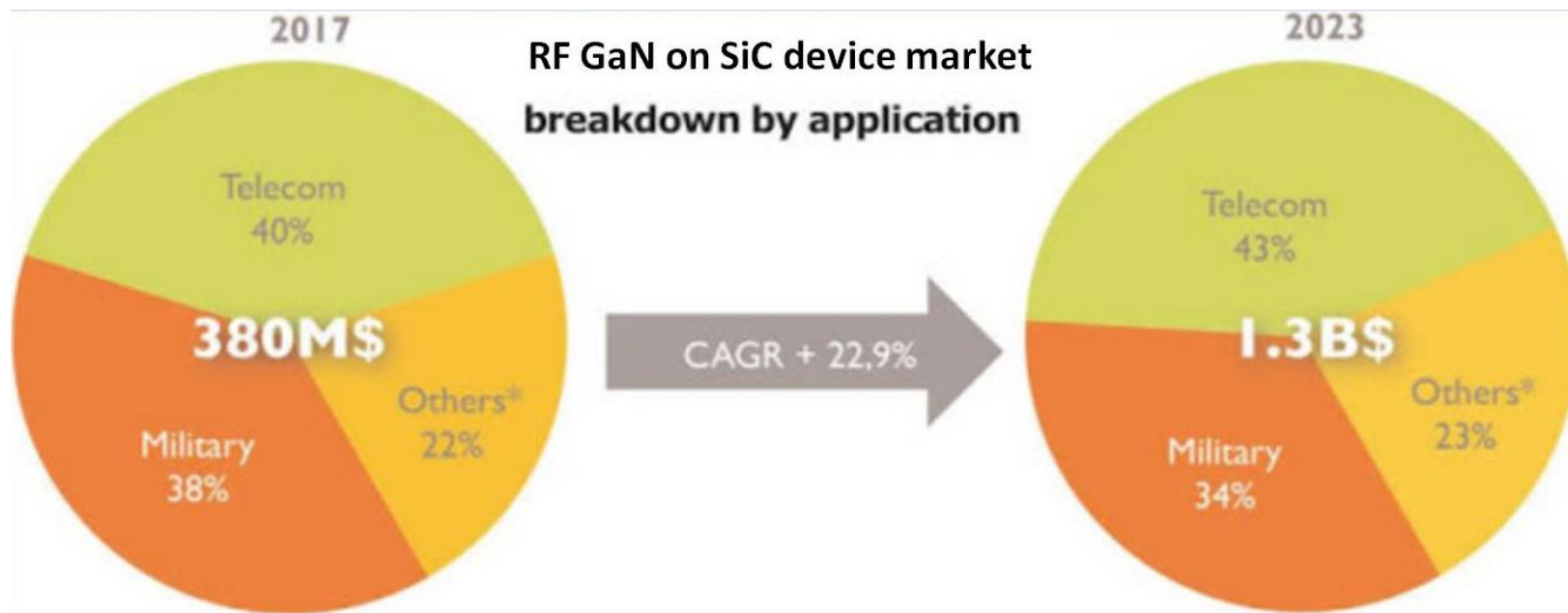
Wolfspeed、Rohm、Infineon、ON Semi、
Qorvo、Mitsubishi、STMicroelectronics、
X-Fab、EpiWorld
3105穩懋、2455全新、3016嘉晶、3707漢磊

SiC通訊元件之應用市場規模預估

SiC

預估未來5年之市場成長超過**3倍**

⇒**2023年達13億美金**



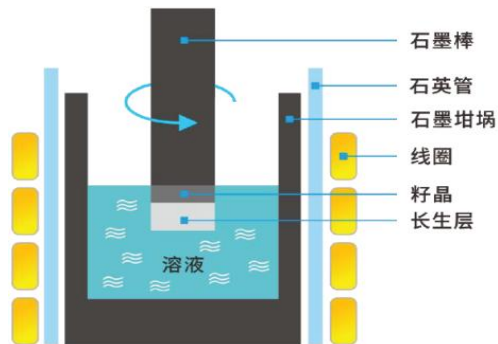
大綱

1. 公司基本資料
2. 第三代半導體材料簡介與應用
3. SiC市場概述
- 4. SiC生產工藝**
5. 結語

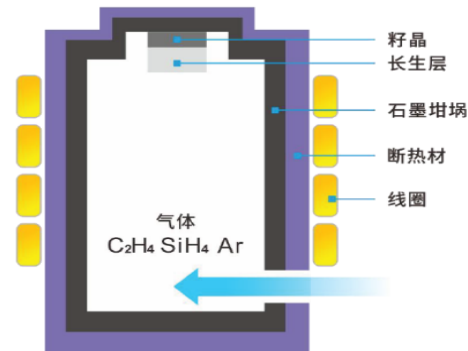
碳化矽單晶生長3種製程

SiC

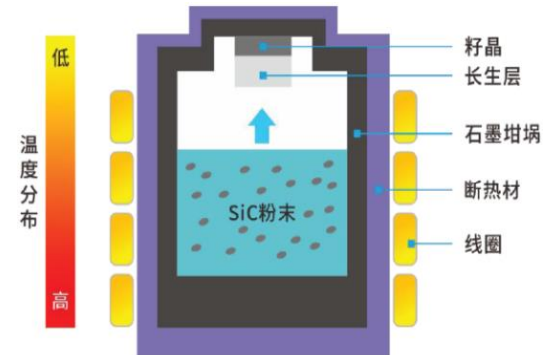
液相磊晶法
(LPE)



高溫化學氣相沉積法
(HTCVD)



物理氣相傳輸法
(PVT)



LPE: Liquid Phase Epitaxial

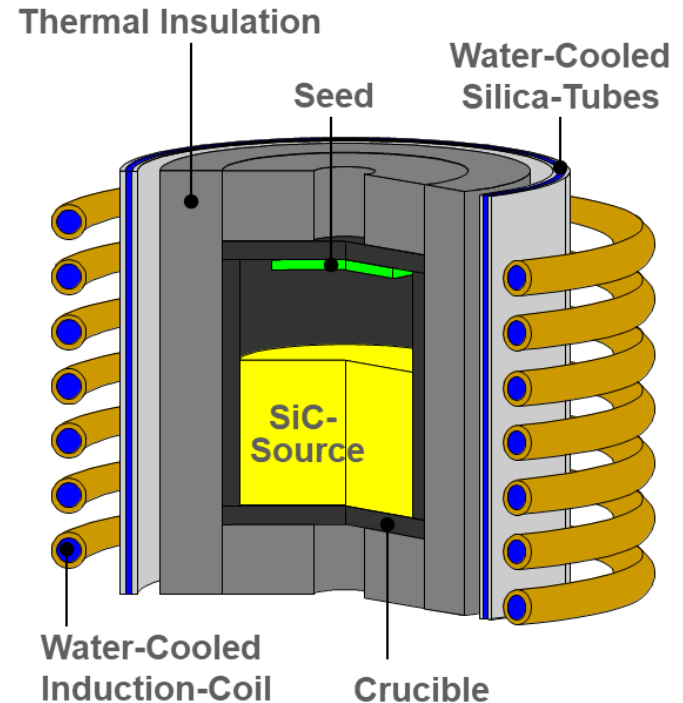
HTCVD: High Temperature Chemical Vapor Deposition

PVT: Physical Vapor Transport

碳化矽PVT長晶法示意圖

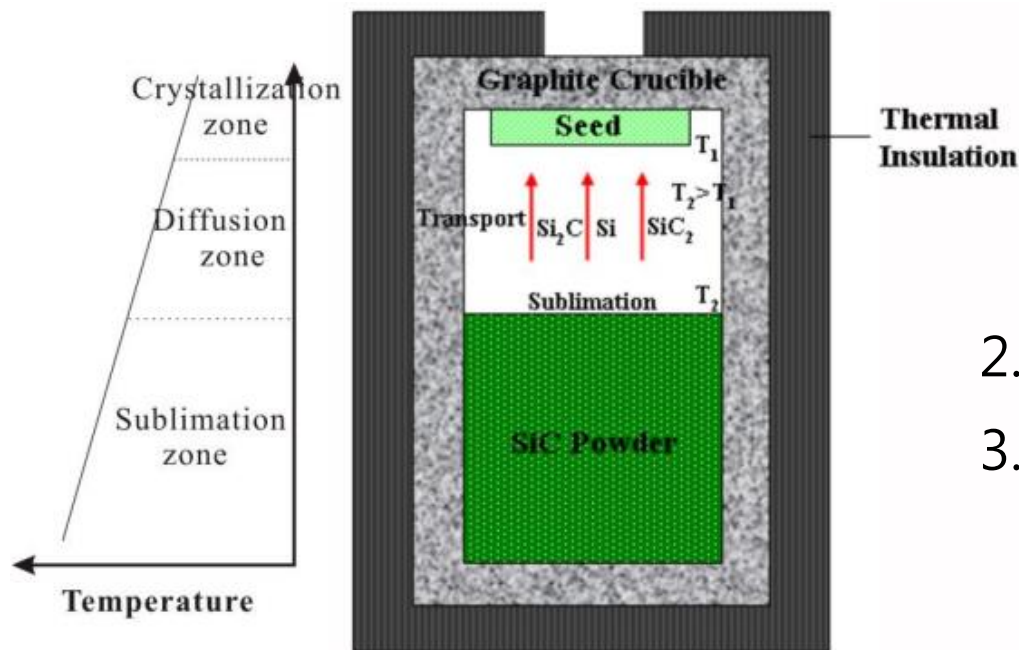
SiC

1. 在石墨坩鍋的黑盒子中無法即時觀察晶體生長狀況：
包含SiC單晶晶種、石墨坩鍋及高純度SiC原料皆無法重覆使用，須破壞坩鍋才能取出SiC晶體，確認長晶成功或失敗
2. 一爐**7天**才能長成**2公分**，生產速度緩慢
3. 因SiC具有200多種相近的晶態(Polytype)，要在如此嚴苛的條件下生長出大尺寸、無缺陷、全區皆為同一晶態4H，需要非常精確的**熱場、流場、電性均勻度控制、材料匹配及經驗累積**。

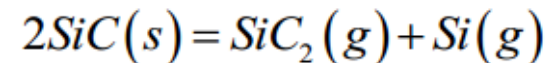
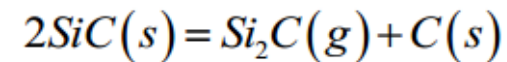
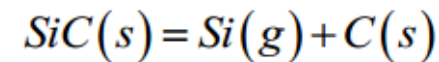


PVT法 SiC 晶體成長過程

SiC

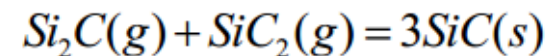
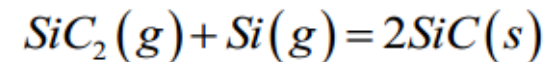


1. $T > 1800^\circ\text{C}$ ，粉料昇華-分解反應：



2. 氣相組成傳輸；

3. 過飽和狀態下，組成再結晶：



碳化矽長晶技術難度

SiC



時間長

Si : 3~4天
SiC : 7天



長度短

Si : 200公分
SiC : 2公分



純度高

原料、晶種
取得難

SI-SiC長晶製程概述

SiC

高純度長晶製程

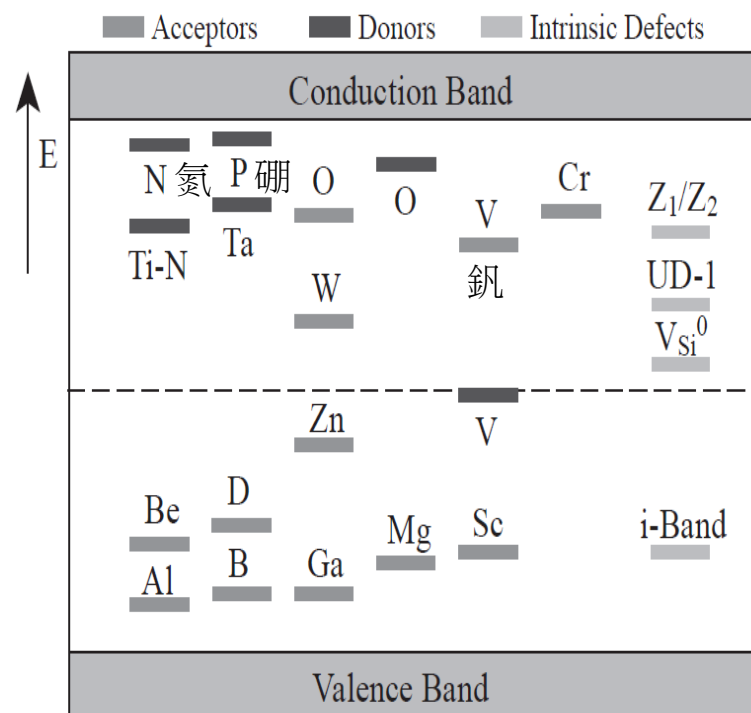
半絕緣SiC基板阻值要求 $\geq 1\text{E}6\Omega\cdot\text{cm}$ ，有兩種技術可達成此規格要求：

1. 以摻雜釩元素來修飾基板電性，此技術會引起生長缺陷，降低SiC晶體品質而降低元件良率，使得晶體製造複雜度提高並使成本增加。

2. 以**高純度長晶**的方式，調控SiC晶體內之缺陷，達到提高基板電阻率的目的。

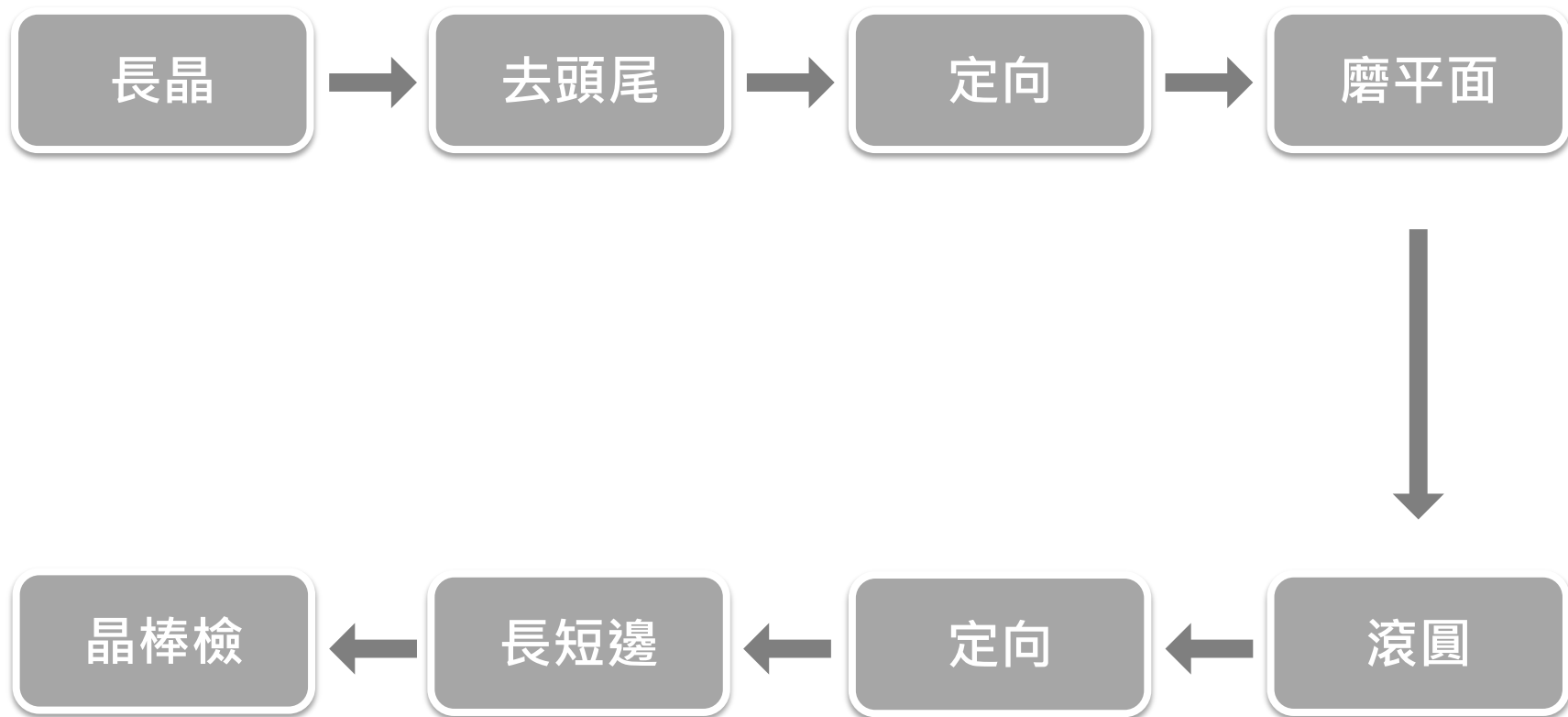
使用高純度長晶法除在石墨坩堝、原料需高純度、低雜質外，還需克服環境中的**氮含量**(因SiC晶體中氮濃度較高時，導電率會提升)。

摻釩製程



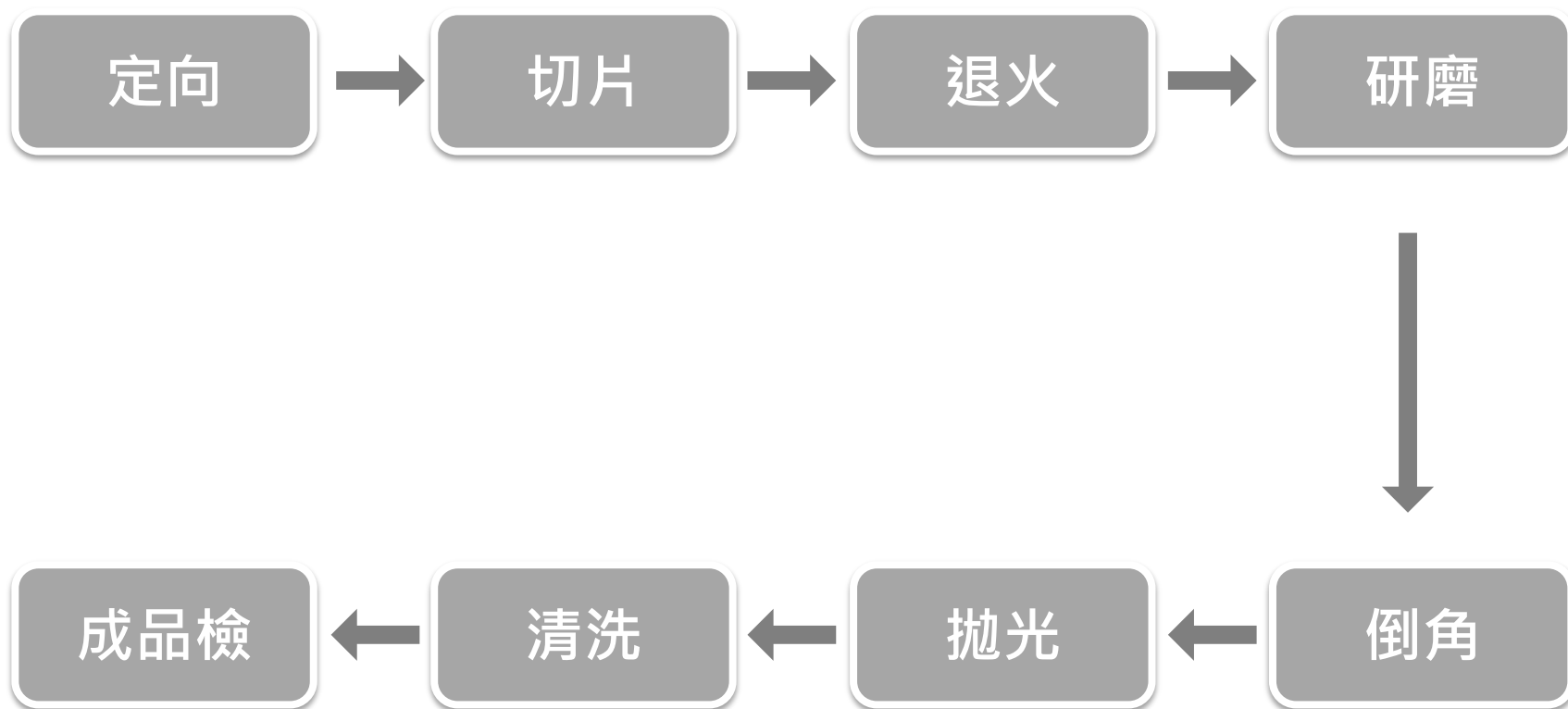
SiC晶棒製作流程

SiC



SiC晶圓製作流程

SiC



大綱

1. 公司基本資料
2. 第三代半導體材料簡介與應用
3. SiC市場概述
4. SiC生產工藝
5. 結語

1. 碳化矽在高壓功率元件和高頻通訊元件的應用上，市場在未來幾年將會有爆炸性的成長
2. 碳化矽晶圓技術難度高，供應無法滿足需求，因此我們選擇投入最上游的晶圓事業，現在是最好的投資時機
3. 太極能源和子公司盛新材料科技積極跨入SiC基板製造領域，開發自有核心專利及核心技術，目前已進入產品送樣驗證階段，預計2021年Q1開始量產。



太極能源 4934

邁入次世代半導體的新世紀