

# 知識力專家社群

## 電動車市場大爆發 車載智慧與電池系統發展趨勢

曲建仲

台灣大學電機工程學系博士

政治大學科技管理與智慧財產研究所兼任助理教授

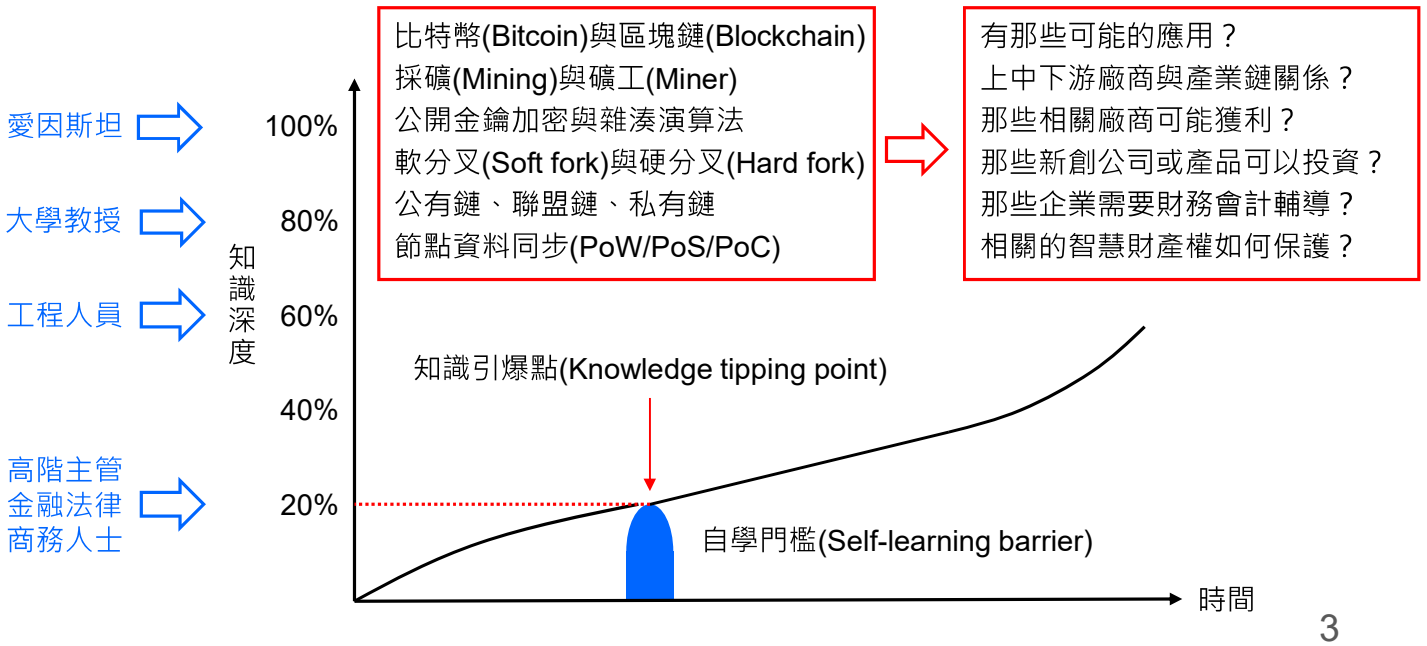
知識力專家社群創辦人

### 【工作經歷】



- ⇒ 中華民國九十六年度全國優秀青年工程師獎章並獲總統召見訓勉
- ⇒ 美商德州儀器公司技術傑出獎(2012 Technical Excellence Award)
- ⇒ 美商德州儀器公司明日之星獎(2008 Rising Star Champs)
- ⇒ 德州儀器工業股份有限公司 / 市場行銷與資深應用工程師(2003~2017)
- ⇒ 臺灣證券交易所 / 產業諮詢顧問 / 上市公司審查委員(2011~2012)
- ⇒ 兆豐金控兆豐創業投資股份有限公司 / 投資審議委員(2014~2017)
- ⇒ 台灣科技大學電子工程系 / 兼任副教授
- ⇒ 台灣大學工商管理學系 / 台灣大學進修推廣部 / 兼任實務教師
- ⇒ 教育部數位訊號處理器設計競賽審查暨評審委員
- ⇒ 曾經擔任技術顧問或講師之政府或民間單位：行政院經濟建設委員會、行政院金融監督管理委員會證券期貨局、證券櫃檯買賣中心、證券暨期貨市場發展基金會、資策會產業情報研究所(MIC)、工研院產業經濟趨勢研究中心(IEK)、資誠聯合會計師事務所(PWC)

## 如何帶領大家跨越科技門檻？



## 知識力專家社群(www.ansforce.com)

Ansforce 知識 搜尋知識、問題、解答 搜尋

知識平台 專業部落 問題討論 專家社群 智慧採礦 社團註冊 企業註冊

選擇分類

科學技術 醫療保健 法律智財 財務金融  
經營管理 建築設計 教育文化 人文藝術

- + 科學工程原理 (85)
- + 電子資訊產業 (60)
- + 積體電路產業 (88)
- + 微電產業 (22)
- + 量了科技產業 (25)
- + 光電元件產業 (18)
- + 光電顯示產業 (40)
- + 光纖通訊產業 (25)
- + 多媒體產業 (17)
- + 軟體資訊產業 (58)
- + 通訊網路技術 (47)
- + 無線通訊產業 (56)
- + 電力機械產業 (18)
- + 食品化學工業 (34)
- + 生物科技產業 (103)
- + 生醫製藥產業 (11)
- + 新興能源產業 (41)
- + 環境保護產業 (13)

科學技術 醫療保健 法律智財 建築設計 財務金融 經營管理 教育文化 人文藝術

4

## 曲博科技教室Youtube直播頻道



## 自動駕駛的等級

- ⇒ 由汽車工程師學會(SAE : Society of Automotive Engineers)定義，總共六個等級，後來成為「無人駕駛車(Driverless vehicles)」共同使用的標準。
- ⇒ 等級零(SAE Level 0)：完全由人工操作，沒有自動功能，駕駛必須隨時掌握車輛的所有功能，但是可能有基本的警告裝置等無關主動駕駛的功能。
- ⇒ 等級一(SAE Level 1)：具有一種或多種主要的自動化控制功能，但是只能單獨作用，例如：電子穩定程式(ESP)、防鎖死煞車系統(ABS)、巡航控制系統(CCS)等。
- ⇒ 等級二(SAE Level 2)：具有多種自動化控制功能，可以代替駕駛人處理駕駛環境的變化，以減輕駕駛人的負擔，但是駕駛人仍然需要注意行駛環境，隨時有可能需要介入控制車輛，例如：主動式巡航定速(ACC)、自動緊急煞車系統(AEB)、自動停車系統(APS)等。

## □ 自動駕駛的等級

- ⇒ 等級三(SAE Level 3)：車輛可以自動完成部分駕駛任務，在一定條件下可以監控駕駛環境，當汽車偵測到需要駕駛人時會立即讓駕駛人接管後續控制，因此駕駛人必須隨時準備接手系統無力處理的狀況，這算是無人駕駛車的開始階段。
- ⇒ 等級四(SAE Level 4)：在一定條件下，車輛可以自動完成所有駕駛和環境監控，在自動駕駛功能啟動時駕駛人不需要介入，但是自動駕駛僅限於高速或車輛較少的特定道路上使用，這就是所謂的「在一定條件下」，也有人把這個等級稱為「有方向盤的無人駕駛車」。
- ⇒ 等級五(SAE Level 5)：在所有條件下，車輛都可以自行駕駛，自動駕駛可以在所有道路上使用，可以執行所有與安全相關的控制功能，即使沒有人坐在車上也可以自動駕駛，也就是完全自動化，汽車不再需要方向盤、剎車、油門，也有人把這個等級稱為「無方向盤的無人駕駛車」。

7

## □ 自駕系統感測器比較

種類	超音波 (Ultrasonic)	紅外線 (Infrared)	毫米波雷達 (mmWave Radar)	光達 (Lidar)	影像感測器 (CIS)
元件成本	極低	低	中	高	中
深測角度	120°	30°	10°~60°	20°~360°	30°
深測距離	1m	1~50m	100~200m	100~200m	1~200m
夜間環境	辨識能力強	辨識能力強	辨識能力強	辨識能力強	辨識能力弱
路標識別	識別能力弱	識別能力弱	識別能力弱	識別能力弱	識別能力強
環境限制	風沙塵影響大	溫度影響大	影響較少	雨天影響大	強光影響大
優點	價格便宜 結構簡單 體積輕巧	價格便宜 夜間可正常使用	不受天氣夜間影響 可長距離探測	距離精確度高 方向性強反應快 不受電磁波干擾	可分辨障礙物 可分辨尺寸顏色 可分辨距離
缺點	受天氣影響大 只可近距離深測	受天氣影響大 只可近距離深測 難以識別行人	距離精確度較光達低 對行人辨識能力弱	成本較高 受天氣影響大	受天氣影響大 受視野影響大 類似人類視覺

8


## 自駕系統感測器比較

種類	等級1(Level 1)	等級2(Level 2)	等級3(Level 3)	等級4(Level 4)	等級5(Level 5)
達成年份	2012	2015	2022	2025	2030
超音波	6	8	8	8	8
紅外線	0	0	0	1	1
毫米波遠程雷達	0	1	1	1	1
毫米波近程雷達	0	0	4	4	4
前方影像感測器	1	3	3	3	3
後方影像感測器	1	1	1	1	1
四周影像感測器	0	4	4	4	4
室內影像感測器	0	0	1	1	1
光達	0	0	1	2	4


9

## 車用光達外型設計趨向方盒化


Valeo




- 唯一量產的乘用車光達
- 累積出貨逾12.5萬顆



Audi



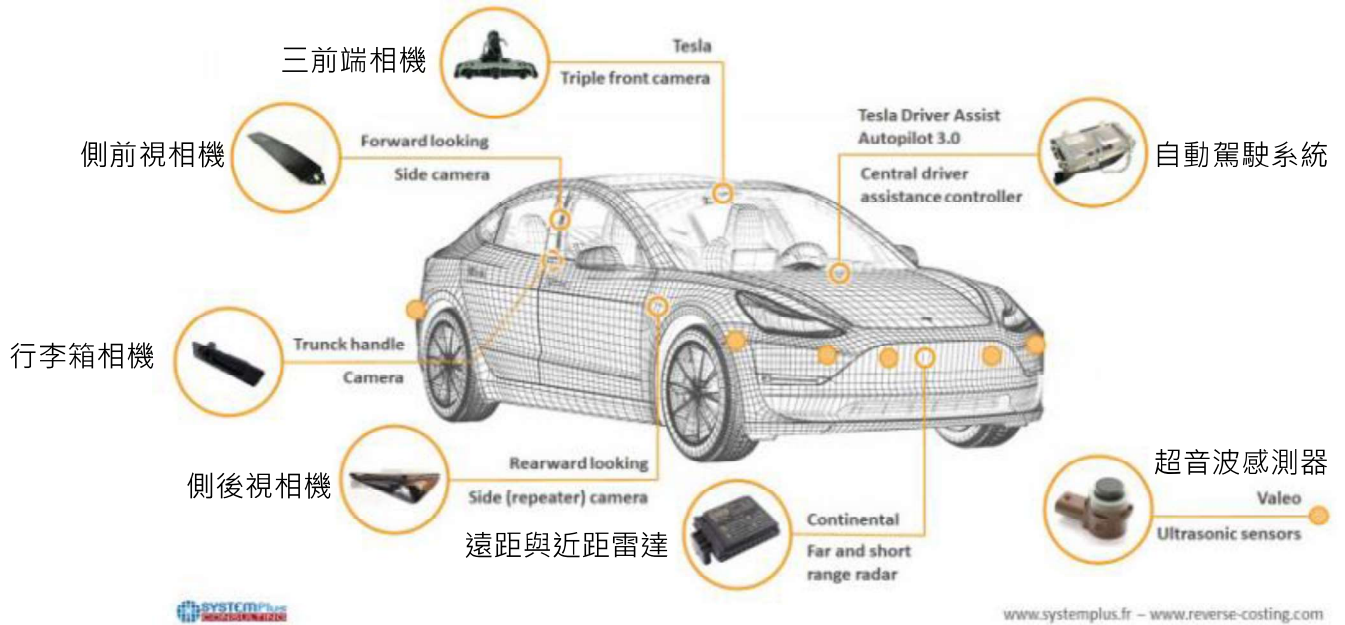
Mercedes · L3 in 2021



Honda · L3 in 2021

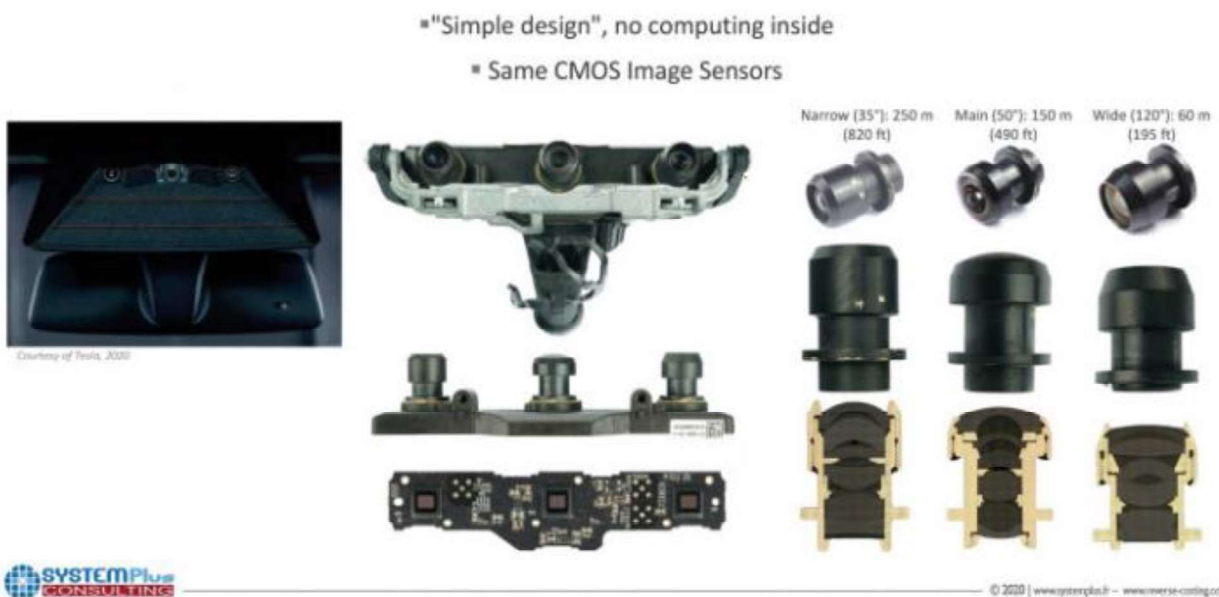
<b>Velodyne</b> Velarray系列  2021年量產	<b>Innoviz</b> InnovizOne  2021年量產	<b>Luminar</b> Iris  2022年量產	<b>Aeva</b> Aeries  2024年量產	<b>Ouster</b> ES2  2022年試樣
---	--	--	---	--

## □ Tesla Model 3自動駕駛系統



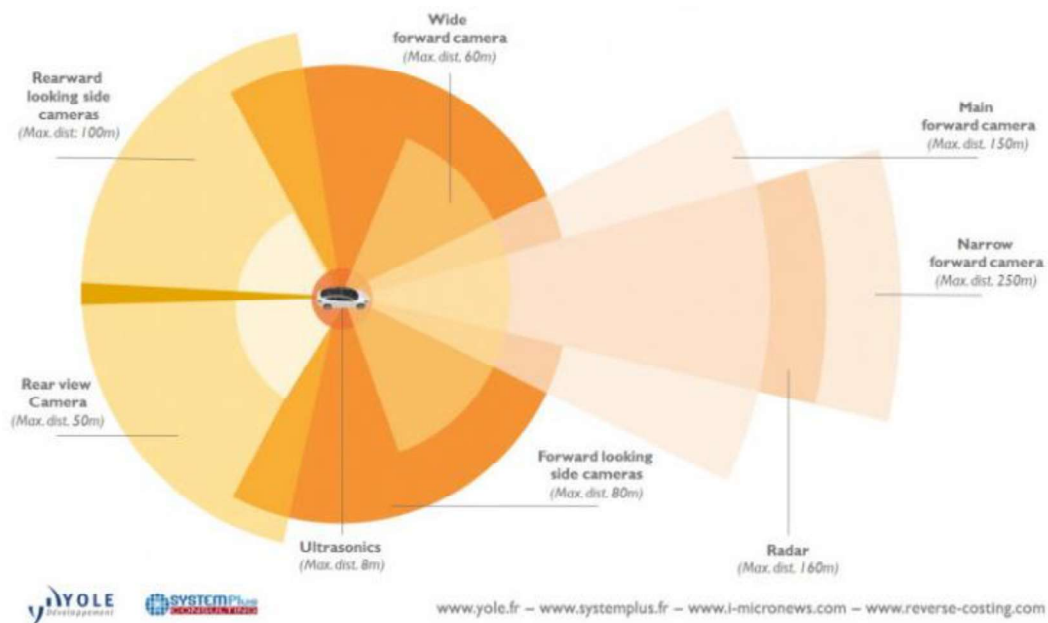
資料來源：Automotive Teardown Tracks 2020。

## □ Tesla Model 3三前端相機



資料來源：Yole Development & System Plus Consulting Report 2020。

## □ Tesla Model 3自動駕駛系統



資料來源：Yole Development & System Plus Consulting Report 2020。

13

## □ Tesla Model 3自動駕駛系統

### ◆ 8顆相機(Camera)：Onsemi 1.2M畫素、畫素尺寸3.75 $\mu$ m

- ⇒ 前方3顆負責前方視野與雷達形成互補，主要相機探測距離可達250公尺，視野較窄，其他2顆相機探測距離分別為150公尺、60公尺，視野較寬。
- ⇒ 另外5顆攝像頭則負責監控車輛側面和後方，探測距離可達100公尺。

### ◆ 12顆超音波感測器(Ultrasonic)：

- ⇒ 工作半徑只有8公尺，它能在任何速度下穩定工作，對車輛控制盲區相當有用，偵測近距離物體是視覺系統的補充，數據由Autopilot使用。

### ◆ 1顆雷達(Radar)：Continental ARS4-B與NXP MCU

- ⇒ 使用77GHz雷達晶片組與32位元微控制器(MCU)，大陸集團還有一款名為ARS4-A的雷達系統，主要用於碰撞預警、剎車輔助、碰撞緩解、自適應巡航控制系統等。

14

## □ Tesla Model 3雷達



資料來源：Yole Development & System Plus Consulting Report 2020。

15

## □ Tesla電腦單元(Computer unit)

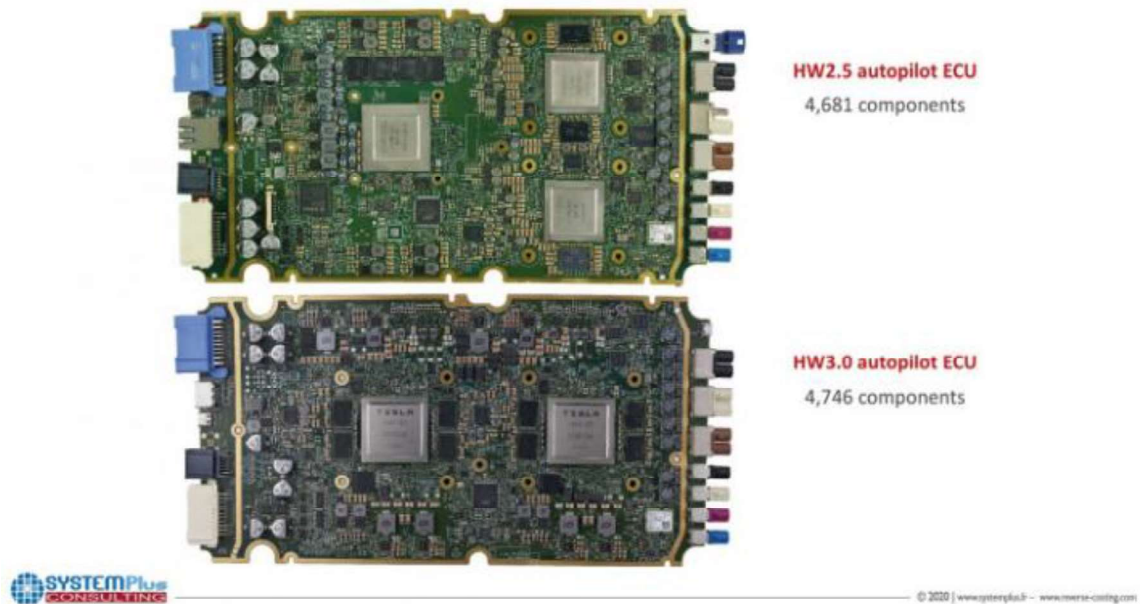
### ◇ 全自動駕駛(FSD : Full Self Driving)

- ⇒ 特斯拉自研了一款液態冷卻雙核心計算平台，直接進行Autopilot計算與信息處理，在兩塊印刷電路版上，但是整合進了一個模組。
- ⇒ 新的計算平台整合了負責中控訊號的娛樂用電子控制單元(ECU)與自動駕駛用電子控制單元(Autopilot ECU)。
- ⇒ 硬體2.5(HW 2.5)：使用輝達(Nvidia)的Parker系統單晶片(SoC)與Pacal圖形處理器(GPU)，英飛凌(Infineon)的TriCore中英處理器(CPU)。
- ⇒ 硬體3.0(HW 3.0)：使用特斯拉(Tesla)的系統單晶片(SoC)與輝達(Nvidia)的Pacal圖形處理器(GPU)。
- ⇒ 特斯拉(Tesla)的系統單晶片(SoC)使用14nm製程，硬體2.5的成本大約280美元，硬體3.0的成本大約190美元，顯然自研晶片價格低了許多。

16



## □ Tesla電腦單元(Computer unit)



資料來源：Yole Development & System Plus Consulting Report 2020。

17

## □ Tesla電腦單元(Computer unit)

- ⇒ 微處理器(MPU)：3個4核心ARM Cortex-A72工作頻率2.2GHz。
- ⇒ 圖形處理器(GPU)：ARM Mali G71 MP12 1GHz 600GFLOPS。
- ⇒ 神經處理單元(NPU：Neural Processing Unit)：自行設計工作頻率2GHz，綜合運算力大約73.72TFLOPS。



資料來源：en.wikichip.org/wiki/tesla\_(car\_company)/fsd\_chip。

18

## □ 電源供應器的種類

### ◇ 常常讓人頭昏腦脹的專有名詞

- ⇒ 變壓器(Transformer)：將交流電(AC)轉換成不同電壓的交流電(AC)。
- ⇒ 整流器(Rectifier)：將交流電(AC)轉換成直流電(DC)。
- ⇒ 穩壓器(Regulator)：將直流電(DC)轉換成不同電壓的直流電(DC)。
- ⇒ 逆變器(Inverter)：將直流電(DC)轉換成交流電(AC)。
- ⇒ 轉換器(Converter)：將AC或DC轉換成AC或DC：DC/DC converter。

### 【名詞解釋】

- ⇒ 因為太陽電池是產生直流電(DC)，而一般住家的插座是使用交流電(AC)，因此必須經由逆變器將直流電(DC)轉換成交流電(AC)才能與目前發電廠產生的交流電力系統併網，這個轉換恰好與我們平常使用的電源供應器(交流電轉換成直流電)相反，故稱為「逆變(Invert)」。

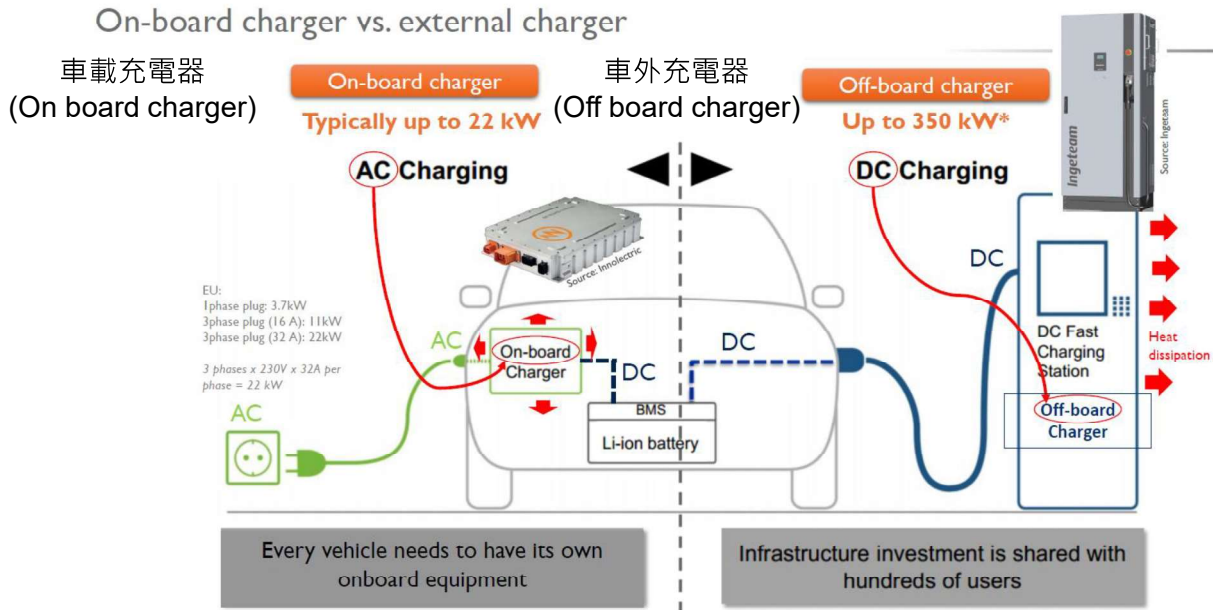
19

## □ 三個傻瓜(Three Idiots)



20

## □ 電動車充電系統示意圖

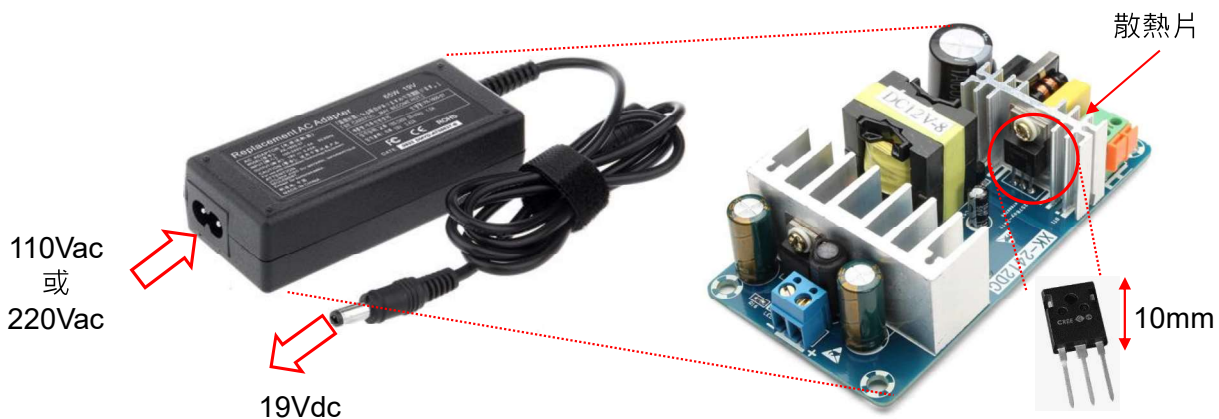


資料來源：Power SiC Materials, Devices and Applications, Yole 2019。

21

## □ 電源供應器(PSU : Power Supply Unit)

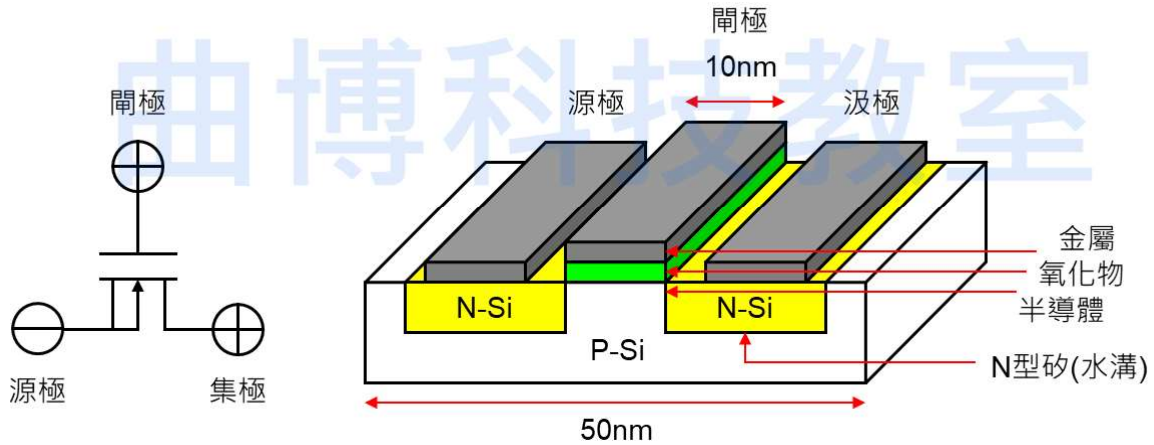
- ⇒ 將110V~220V的交流電(AC)轉換成19V的直流電(DC)再輸入筆記型電腦
- ⇒ 印刷電路板(PCB)上有許多積體電路(IC)，比較大的就是功率元件
- ⇒ 功率元件承受大電壓與大電流，工作溫度較高必須使用散熱片(Heat sink)



22

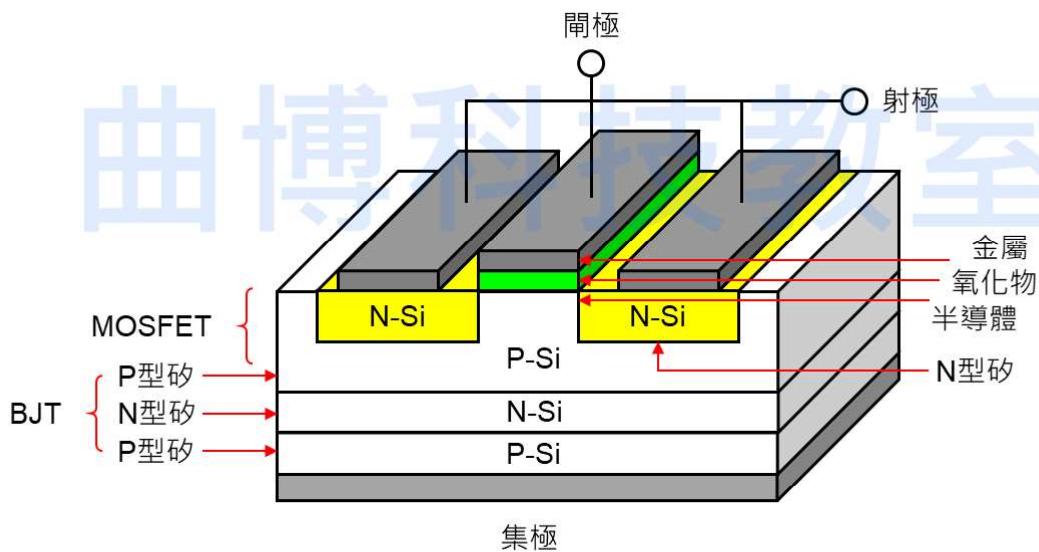
## □ 金屬氧化物半導體場效電晶體(MOSFET)

⇒ 閘極長度是所有構造中最細小也最難製作的，因此我們以「閘極長度 (Gate length)」來代表半導體製程的進步程度，又稱為「製程節點」。



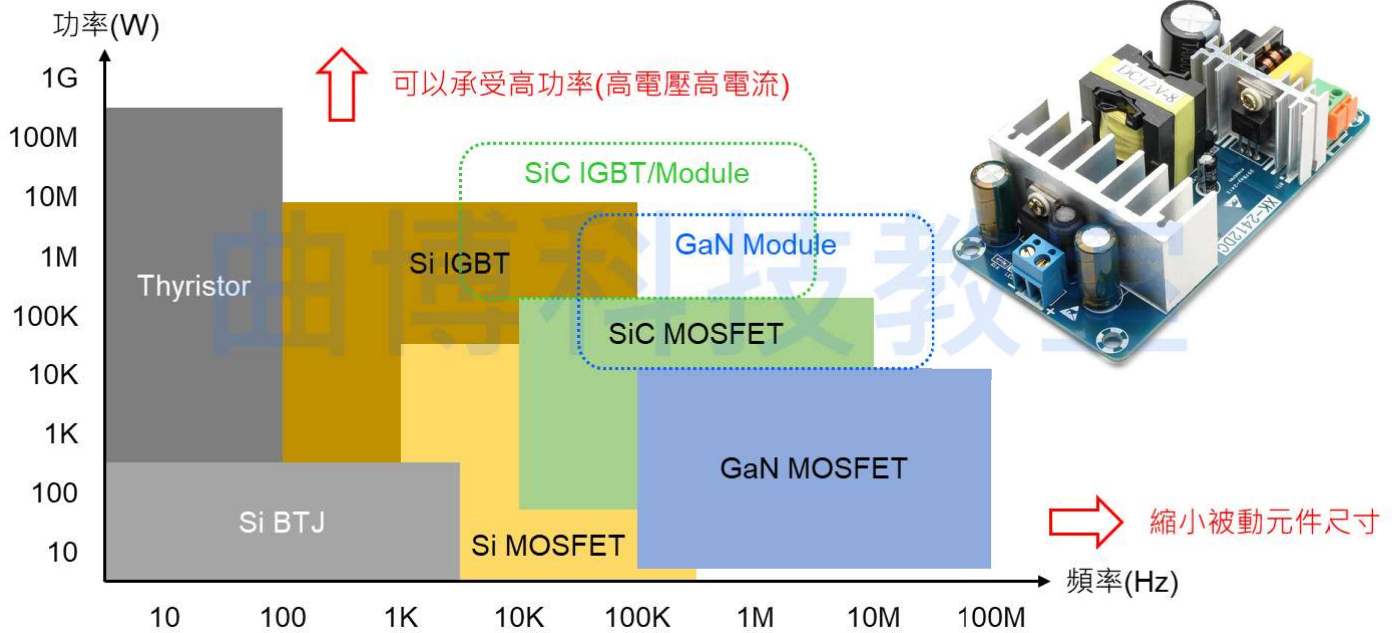
23

## □ 絕緣閘極雙極性電晶體(IGBT)



24

## 不同材料與元件的特性



25

## 第三代半導體的種類與應用

### ◆ 碳化矽(SiC) : 4吋、6吋、Cree計畫2021Q4量產8吋

種類	N型碳化矽晶圓	半絕緣碳化矽晶圓
元件	直接製作功率元件	成長氮化鎵磊晶，製作射頻元件
應用	電動車或基地台的電源供應器	手機或基地台的功率放大器
價格	6吋US\$1000	6吋US\$3000

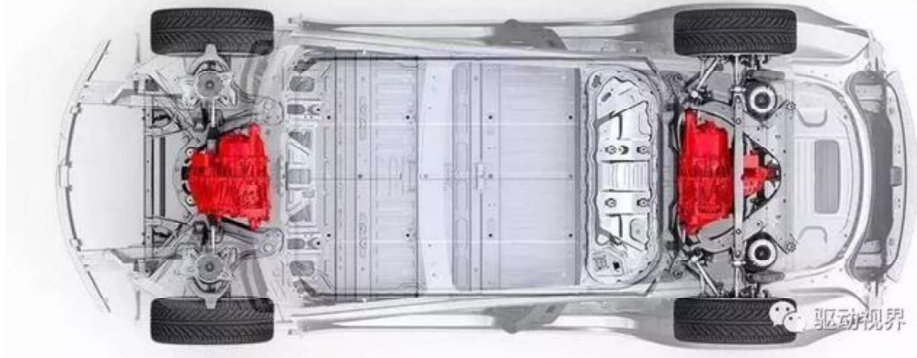
### ◆ 氮化鎵(GaN) : 目前大多用磊晶方式成長

英文名稱	GaN on Sapphire	GaN on Si	GaN on SiC	GaN on GaN
晶圓材料	藍寶石晶圓	矽晶圓	碳化矽晶圓	氮化鎵晶圓
晶圓尺寸	6吋、8吋	6吋、8吋	4吋、6吋	4吋、2吋
磊晶品質	差	尚可	佳	最佳
應用	發光二極體(LED)	功率元件	射頻元件	藍光雷射
價格	低	中	高	最高

26

## □ Tesla Model 3前後驅動系統

- ⇒ 雙馬達全時四輪驅動車款續航里程為500公里，大約4.5秒可以由靜止加到96.5公里 / 小時加，最高時速225公里 / 小時。
- ⇒ 單馬達後輪驅動車款，大約5.1秒可以由靜止加到96.5公里 / 小時加，最高時速225公里 / 小時。



資料來源：ek21.com/news/3/86852。

27

## □ Tesla Model 3前後驅動系統

- ⇒ 改用永磁同步交流馬達(PMAC：Permanent Magnet AC)，使用交流三相電機功率192千瓦(KW)，258匹馬力(hp)。
- ⇒ 永磁馬達的轉子(Rotor)使用永久磁鐵可以提升車輛能量轉換效率，同時減小體積與重量，增加續航里程數，起動力矩大、噪音較小、溫度較低。

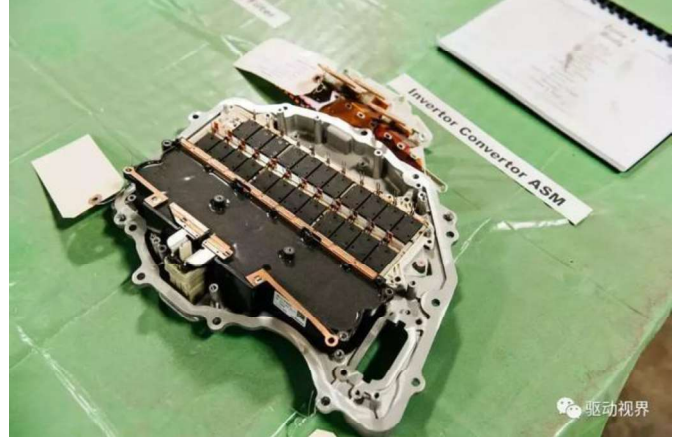


資料來源：ek21.com/news/3/86852。

28

## □ Tesla Model 3逆變器電路板

- ⇒ 由德州儀器數位訊號處理器(DSP)進行控制，與意法半導體的合作使用碳化矽功率電晶體(MOSFET)，含有24個功率模組晶片貼裝技術，可以降低傳導損耗和開關損耗，經由銅基板散熱。



資料來源：ek21.com/news/3/86852。

29

## □ Tesla Model 3逆變器電路板

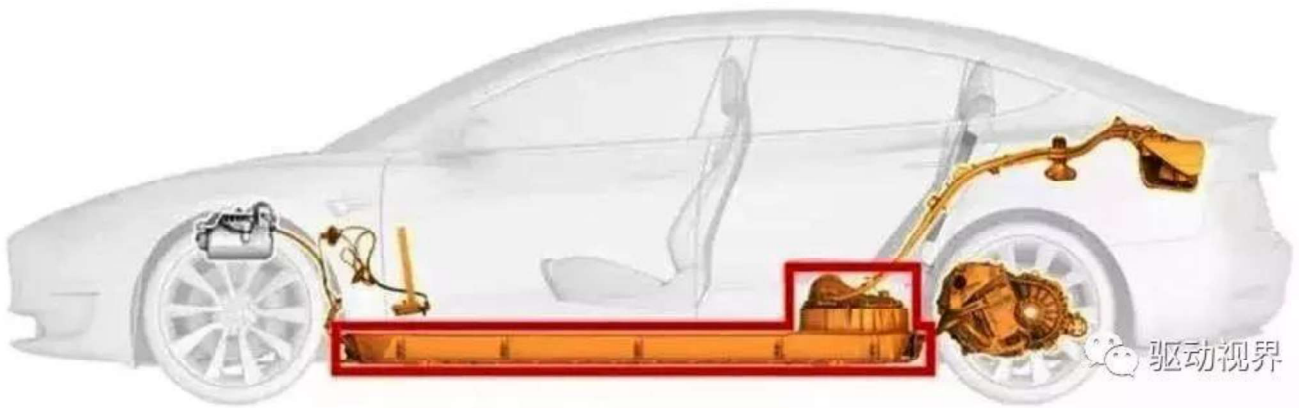
- ⇒ 使用雷射焊接技術連接銅母線，電池模組在車底，電池組電壓為350伏特(V)，容量為230安培小時(Ah)，所以達到80.5千瓦小時(KWh)。
- ⇒ 其中二個模組由25個電池單元組成，另外二個模組由23個電池單元組成，每個電池單元有46個21700電池芯，總共有4416顆21700電池芯。



資料來源：ek21.com/news/3/86852。

30

## □ Tesla Model 3逆變器電路板



資料來源：[ek21.com/news/3/86852](http://ek21.com/news/3/86852)。

31

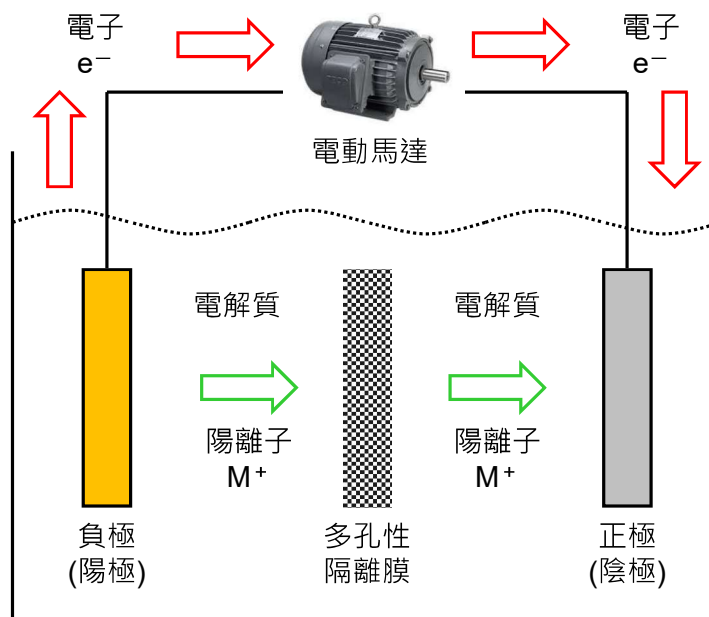
## □ 鋰電池的發展方向：安全第一

負極材料

石墨(Graphite)  
工作電壓0.1~0.2V  
安全性較低成本低

鈦酸鋰(LTO)  
工作電壓1.0~2.0V  
安全性較高成本高

矽(Silicon)  
工作電壓0.2~0.3V  
容量高成本高  
充電體積膨脹



正極材料

磷酸鋰鐵(LFP)  
工作電壓3.4V  
能量密度低

磷酸鋰錳鐵(LMFP)  
工作電壓3.8V  
安全性較高

鎳鈷錳(NCM)  
工作電壓3.8V  
安全性較低

32

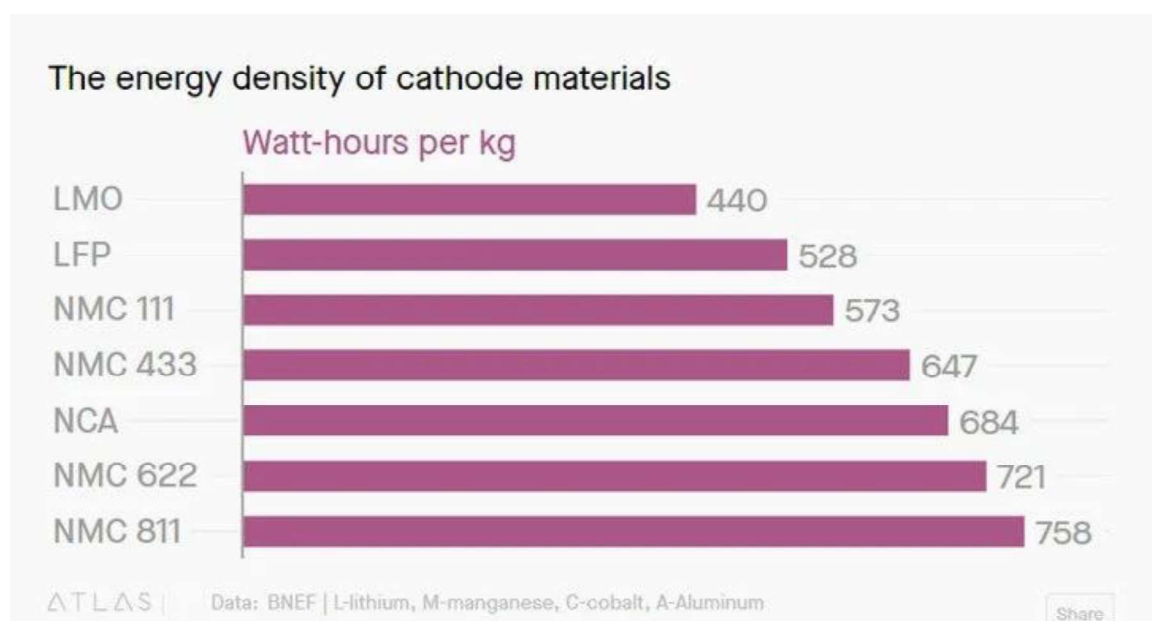


## ☐ 鋰離子電池(Lithium ion battery)

電池種類	鋰鈷氧化物	鋰鎳氧化物	鋰錳氧化物	磷酸鋰鐵
工作電壓(V)	3.6~3.7	3.6~3.7	3.7	3.2
質量能量密度 (Whr/Kg)	150~270	150~280	140~280	160~170
體積能量密度 (Whr/L)	450~500	450~500	400~500	300~350
價格	高	中	低	低
安全性	尚可	差	佳	優
充放電次數	1000次以上	1000次以上	1000次以上	2000次以上
放電能力	1C	2C	3C	3C
熱安定性	尚可	差	差	佳
製作困難度	合成容易	合成較難	合成困難	合成不易
主要缺點	材料成本高 安全性不足	高溫易分解 過充易起火	高溫自放電 循環壽命短	導電性不佳 體積較大

33

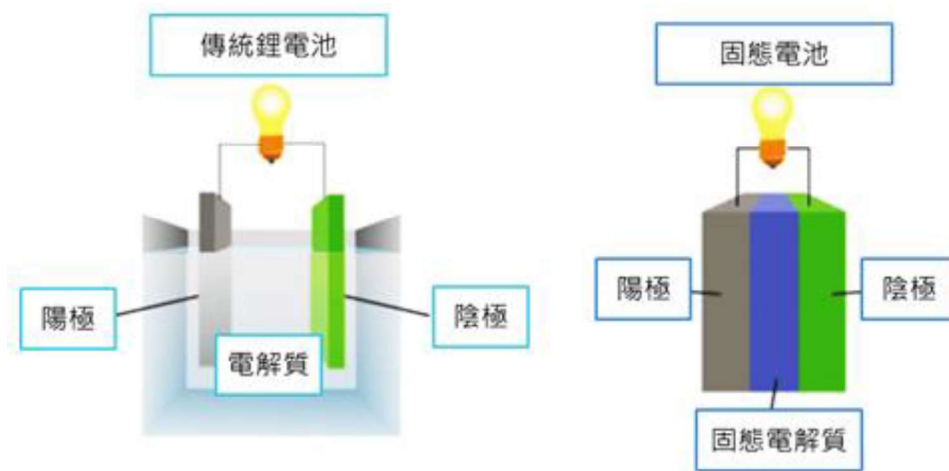
## ☐ 鋰離子電池(Lithium ion battery)



34

## □ 固態鋰電池(Solid state lithium battery)

- ⇒ 使用固態電解質不需要隔離膜所以沒有漏液汙染、易燃爆炸等問題，因為電解質為固態，電池不會因為隔離膜破損就導致陰陽極接觸短路爆炸。



資料來源：財團法人車輛研究測試中心。

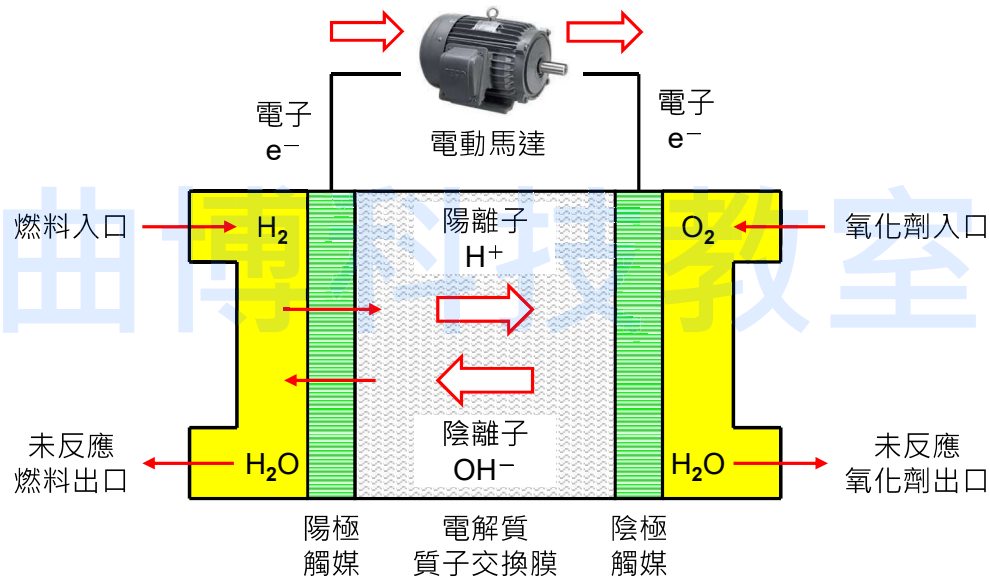
35

## □ 燃料電池(Fuel cell)

- ◇ 燃料電池同時具有「電池」與「燃料」的優點
- ⇒ 傳統電池直接使用化學反應產生能量，優點是能量轉換效率很高(80%以上)，缺點是充電需要比較長的時間。
- ⇒ 使用燃料以內燃機進行燃燒反應產生能量，優點是可以直接補充燃料，缺點是使用內燃機的能量轉換效率很低。
- ⇒ 燃料電池和傳統電池的原理相同，都是將活性物質的化學能轉換成電能，但是傳統電池的電極本身是活性物質，會參與化學反應，燃料電池的電極本身只是儲存容器而已，並不會參與化學反應。
- ⇒ 必須將活性物質加入電池內(就好像補充燃料一樣)，才能產生化學反應形成電能，是一種要補充燃料的電池，故稱為「燃料電池(Fuel cell)」。

36

## □ 燃料電池(Fuel cell)



37

## □ 儲氫技術(Hydrogen storage)

### ◇ 高壓儲氫技術

- ⇒ 利用高壓(大約100大氣壓)將氫氣灌入鋼瓶，可以將鋼瓶內的氫氣直接通入燃料電池的陽極，科學家經過計算發現。
- ⇒ 目前市售的汽車加滿一次油箱續航力大約500公里左右，1公斤的氫氣大約可以讓燃料電池車行駛100公里，所以總共大約需要5公斤的氫氣才夠。
- ⇒ 氫氣鋼瓶重量大約50公斤，只能儲存0.5公斤的氫氣(儲氫重量百分比1%)，需要10個氫氣鋼瓶才能儲存5公斤的氫氣，總重量高達500公斤。
- ⇒ 後來Quantum與Dynetek公司採用航太技術製作的儲氫槽可以承受高達700大氣壓，外層使用碳纖維強化複合材料，內層使用高分子聚合物阻止氫氣擴散穿透碳纖維，可以承受更大的撞擊力，安全性比較高，也容易大量生產降低成本，700大氣壓可以將儲氫的重量百分比提高到4%以上。

38

## □ 儲氫技術(Hydrogen storage)

高壓氫氣

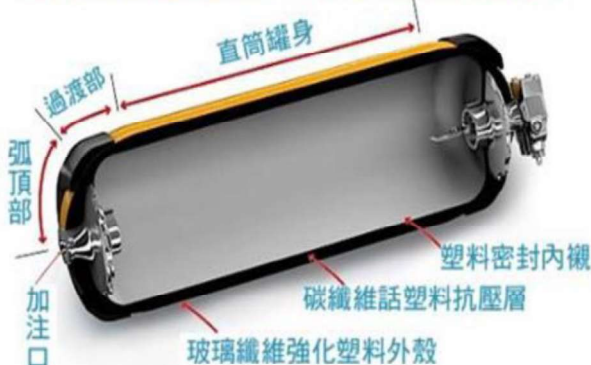


資料來源：三澤氣體有限公司。

39

## □ 儲氫技術(Hydrogen storage)

借助碳纖維強化塑料 (CFRP) 來實現外殼的輕量化



使用壓力	70MPa(約700個大氣壓)
儲存性能	質量百分比: 5.7wt%
內部容積	122.4L(前60.0L+後62.4L)
儲氫總量	約5公斤

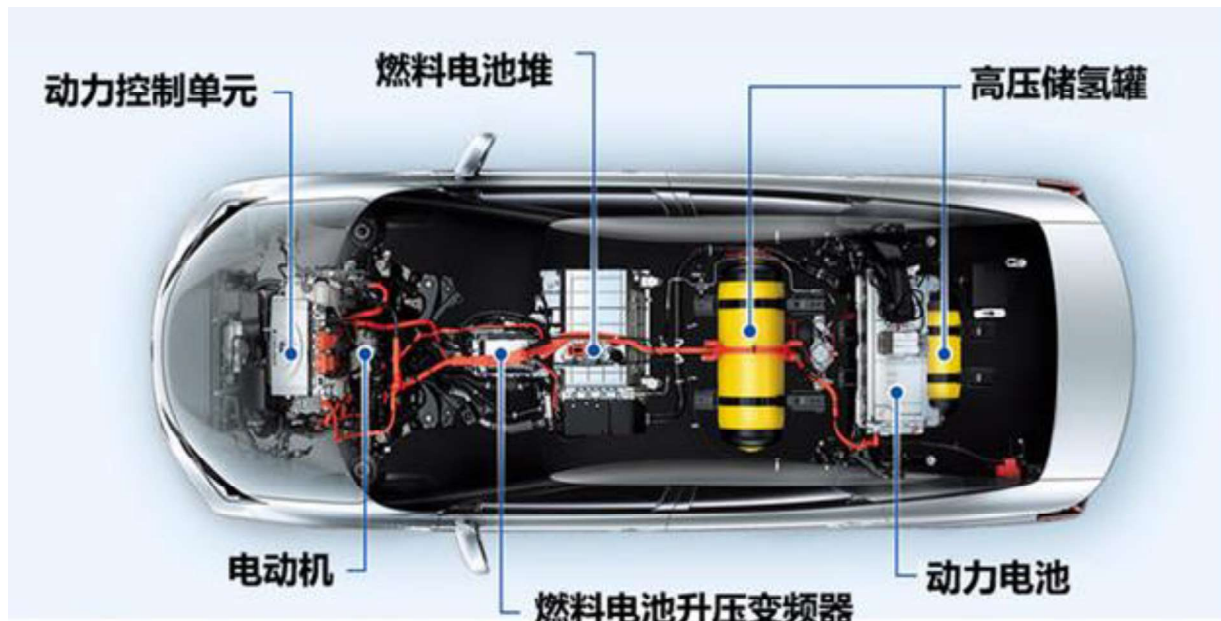


愛卡汽車

資料來源：愛卡汽車。

40

## □ 儲氫技術(Hydrogen storage)



資料來源：愛卡汽車。

41

## □ 知識力專家社群：您的專屬科技顧問

曲建仲博士  
兼任助理教授 / 政治大學科技管理與智慧財產研究所  
jeffchiu@nccu.edu.tw  
執行長 / 知識力科技股份有限公司  
jeff@ansforce.com



曲博科技教室影片查詢：<https://ansforce.page.link/drjlist>

科技問答：每週四晚上10:00直播解答網友各種科技產業問題。

科技導讀：每週四晚上10:30導讀專業科技文章並且進行詳細說明。

股市情報：每週二晚上10:00說明上市櫃公司法說會進行精闢解析。

股市科技：每週二晚上10:30深入全球上市櫃公司網站掌握關鍵趨勢！

42