

車用電子 - 毫米波雷達 & 光達

表一是目前五種主流的車用感測器，每個技術都有其技術專長，也存在先天的缺點。例如，紅外線、超聲波雷達的價格雖然較低，但是可探測的距離過短；攝影機雖然可分辨障礙物的大小與顏色，但就像人類的眼睛一樣，易受天氣因素影響。光達雖然精準度高，但有天氣因素制約，且目前價格少說一顆也要 400 美元，離大量普及還有一段時間。至於毫米波雷達，雖然價格適中，不易受環境影響，但精度卻也遜於光達。目前看來，並沒有哪一類型的感測方式獨霸一方，實務上反倒是在各應用場景中互相搭配。

表一、車用感測器分類

	紅外線雷達	超聲波雷達	毫米波雷達	光達	攝影機
成本	低	很低	中	高	中
探測角度	30度	120度	10~70度	15~360度	30度
探測距離	近	很近	遠	遠	遠
環境限制	溫度	風、沙塵	少	雨天	光線
優點	低成本，在夜間可正常使用	便宜、結構簡單、體積小	不受天氣及夜晚影響，探測距離100m以上	測距精度高、反應快、不受地面雜訊影響	可分辨障礙物的大小與顏色
缺點	受天氣限制大、僅可近距離探測且難辨識行人	受天氣限制大、最大測距僅幾公尺	精度遜於光達	成本高，遇濃霧、大雪、大雨無法使用	類似人類視覺，受視野和天氣影響

資料來源:華南投顧整理

毫米波是指工作約介於 30~300GHz 的頻段，毫米波雷達的硬體結構，主要零組件包括發射器、接收器、訊號處理器、電路板以及天線等等，雖然目前各國針對車載毫米波雷達所分配的頻段各有不同，但主要還是集中於 24GHz 及 77GHz。由於 24GHz 毫米波的波長較長（約 1.25cm），故其天線、雷達體積會相較 77GHz（約 4mm）來得大。不過，由於 24GHz 雷達的「繞射能力」較強，因此 24GHz 毫米波雷達主要用於小於 50 公尺的短距離偵測。廣泛地用於智慧家庭、智慧開門系統、工業機器人。24GHz 雷達市場主要由博世（Bosch）、法雷奧（Valeo）、海拉（Hella）所主導。

77GHz 雷達由於頻率較高，具有精度高、訊號穿透性佳等優點，因此 77GHz 的毫米波雷達主要適用於長距離（約 250 公尺）偵測。77GHz 雷達主要由博世（Bosch）、大陸集團（Continental）和德爾福（Delphi）主導。至於 79GHz，由於 24GHz ISM 頻段的頻寬只有 250MHz，使得其「分辨率」與「探測距離」有其限制，因此，2015 年國際電信聯盟決定開放 76GHz~81GHz 頻段供車載雷達應

用。79GHz 不僅較 24GHz 車載雷達頻寬更大，讓分辨率得以壓縮至 5 公分，而設備體積也更小，更易於後續安裝。

整體看來，汽車毫米波雷達不斷朝高精度需求發展，使得雷達系統持續從 24GHz 往 77GHz、79GHz 升級。我們可以預測，未來車載雷達頻段將趨向 76GHz~81GHz 之間，最終以 77GHz 雷達作為長距通信的載體，79GHz 作為短距通信的載體。臺灣發展汽車毫米波雷達系統之廠商包括啟碁電子、為升科技等公司。

表二、毫米波雷達各頻段的應用

	24GHz(24~24.5GHz)	77GHz(76~77GHz)	79GHz(77~81GHz)
探測距離	0.2~50公尺	10~250公尺	0.15~70公尺
偵測角度	60度	30度	120度
頻寬	250MHZ	1GHZ	4GHZ
分辨率	60公分	18公分	5公分
成本	美金50~80元	美金120~200元	美金100~200元
應用	BSD、LDW 、自動跟車	ACC、AEB、FCW	BSD、LDW、自動跟車、AEB、FCW

資料來源:華南投顧整理

車用毫米波雷達重要性漸增，但角解析度不足為主要弱項，而 4D 毫米波成像雷達可改善。當前車用毫米波雷達角解析度約 5 度，以偵測前方 100 公尺物體為例，角解析度 5 度代表兩物件間隔 8.7 公尺方能區分，若角解析度提升至 1 度，代表兩物件間隔 1.7 公尺便可區分。以市街情境為例，若雷達方位角解析度不足，將無法區辨前方車輛與鄰近的機車／行人。

4D 毫米波成像雷達可感測(1)相對距離、(2)相對速度、(3)方位角、(4)仰角等四種資訊，且方位角與仰角解析度可接近 1°，產出如光達般點雲圖。一般毫米波雷達約 100~300 美元，4D 成像雷達價格約 1,000 美元，受自駕 L3 普及時程牽動，初期以 L2 高階車款為目標導入市場。

光達產業鏈可分為發射模組、接收模組、掃描模組、信息處理模組即主板，及其他組件。光達性能取決於收發模塊、可靠度取決於掃描模塊。光達未來的技術路線演變方式為：(1)按雷射發射方式，為 EEL→VCSEL；按雷射波長，為 905nm→1550nm (2) 按掃描方式，為機械式→半固態→純固態。機械式和純固態的差異便在於是否有活動的零件。機械式的光達透過 360 度旋轉發射頭，射出許多光束進而形成面以偵測周圍環境，最大的缺點是其活動零件因持續轉動

容易導致故障，且體積大較不美觀；而混合固態的光達則是透過小幅度轉動內部的光學元件，對環境進行快速掃描，優勢在於其體積較小、活動零件也較少，雖然不能 360 度偵測，但價格較機械式便宜，安全性更高。而固態式光達（包含 OPA 相位式和 Flash 面光式）則是沒有任何的活動零件，具有更可靠的安全性。

圖一、光達零件組成示意圖



資料來源: Bosch

表三、車用光達產品技術分類

掃描系統	機械式
	MEMS
	閃光
	光學相位
發射端	EEL (邊緣發射雷射器)
	VCSEL (垂直腔面發射雷射器)
	光纖激光器
接收端	PIN diode(移相關關二極體)
	APD (雪崩光電二極管)
	SPAD (單光子雪崩二極管)
	SiPM (矽光電二極管)

資料來源: 華南投顧整理

光達市場處發展初期，行業格局尚未定型，目前法國 Valeo 市占最高為 28%，中國廠商(速騰聚創 10%/大疆覽沃 7%/圖達通 3%/華為 3%/禾賽科技 3%)合計占 23%，美國廠商 Luminar/Cepton 占 7%，日本 Denso 占 7%。光達公司大多仍處於燒錢階段。美國灣區的光達廠商包括 Innoviz、Luminar、Cepton、Aeva、AEye 等公司。

歐洲車廠透過光達進軍 Level 3，德國車廠賓士的 S Class 轎車與 EQS 電動車，具備 Level 3 自動駕駛系統，採用的光達是法雷奧的第二代光達；法雷奧的光達 SCALA Gen1 曾搭載於奧迪(Audi)2017 年推出的高級乘用車 A8；BMW 光達會採用 Innoviz 的產品。除了 BMW 之外，Innoviz 在 2022 年 8 月宣布，已和福斯汽車簽訂光達供應合約，按照合約將提供 66 億美元的光達，福斯先行付款 40 億美元。

日本大型車廠採用電裝、法雷奧與 Luminar，Toyota 在 2021 年確定採用豐田相關企業電裝的光達，搭載於可放手駕駛的 Level 2 加強版系統 Advanced Drive。該系統裝配於高階轎車品牌 Lexus 的 LS 車款，以及豐田氫燃料電池車 (FCV) Mirai 的第二代車款；Honda Legend Hybrid EX 搭載的光達有 5 個，另有毫米波雷達 5 個、攝影機 2 台，以及超音波聲納 12 台。其中，光達與攝影機，都是由法國法雷奧(Valeo)供應。

22H1 中國乘用車激光雷達安裝量約 2.47 萬顆、全球範圍內超過 5 萬顆。2022H2 擬交付激光雷達新車超 10 款，包括小鵬 G9、蔚來 ET5、理想 L9 等，下半年、尤其 Q4 激光雷達裝車量將明顯提升，全球全年出貨量或超 25 萬顆。蔚來汽車於 2022 年開賣的純電動房車 ET7，每輛車的車前擋風玻璃上方，都搭載 1 個蘇州 圖達通 Innovusion 供應的光達 Falcon；中國吉利集團旗下的瑞典車廠 Volvo Cars 與 Polestar，都以 Luminar 為光達供應商。

中國市場因有新車企的採用支持，中國光達供應鏈也逐漸成熟，Innovision、華為、速騰聚創及禾塞科技等都已可量產光達產品，且在產品效能端也急起直追，光達成本隨中國越來越多車廠採用已逐漸降低，預計會是 Level 3 以上車款的主要元件之一。由於光達產業仍在發展初期，市場規模不大供應鏈也尚未完整，因此能否降低成本、體積做小卻不失精準度會是各供應商的首要目標。

表四、中國乘用車光達供應商

	車型	供應商	光達型號
蔚來	ET7 / ET5	Innovusion(圖達通)	Falcon
理想	L9	禾賽科技	AT128線
極星	極星3	Luminar	IRIS
Volvo	XC90	Luminar	IRIS
上汽	非凡 R7	Luminar	IRIS
寶馬	新7系 / ix	Innoviz	Innoviz One
極狐	阿爾法S HI版	華為	華為96線
長城	機甲龍	華為	華為96線
本田	LEGEND	Valeo	SCALA GEN2
小鵬	G9	速騰聚創	M1
廣汽	埃安 LX PLUS	速騰聚創	M1

資料來源:華南投顧整理

不同光達技術會對應不同的光源（紅外光為主），目前多數業者所使用的光源波長為 905 nm，其最大的問題在於眼睛的安全性（一般人眼安全的波段是光源波長需大於 1,400 nm），因此 Luminar、Innoviz 等光達大廠致力於研發 1,550 nm 之光源，雖然成本較高，但可以在人眼安全的前提下實現更長的探測距離。光源波段為 905 nm，可以矽作為接收器的材料；1550nm 在探測距離遠、靈敏度高、人眼安等方面更具優勢，而要吸收波長 1,550 nm 的光源，需使用成本較高的 InGaAs(砷化銻鎵)做材料，此部分是台灣業者切入光達產業鏈的關鍵。

圖二、台灣 VCSEL 元件供應鏈



資料來源: 工業技術研究院