Confidential

LINX

現有機器視覺夠Future Ready嗎？

剖析關鍵零組件最新趨勢與應用

霖思科技

2024.9

©LINX Corporation

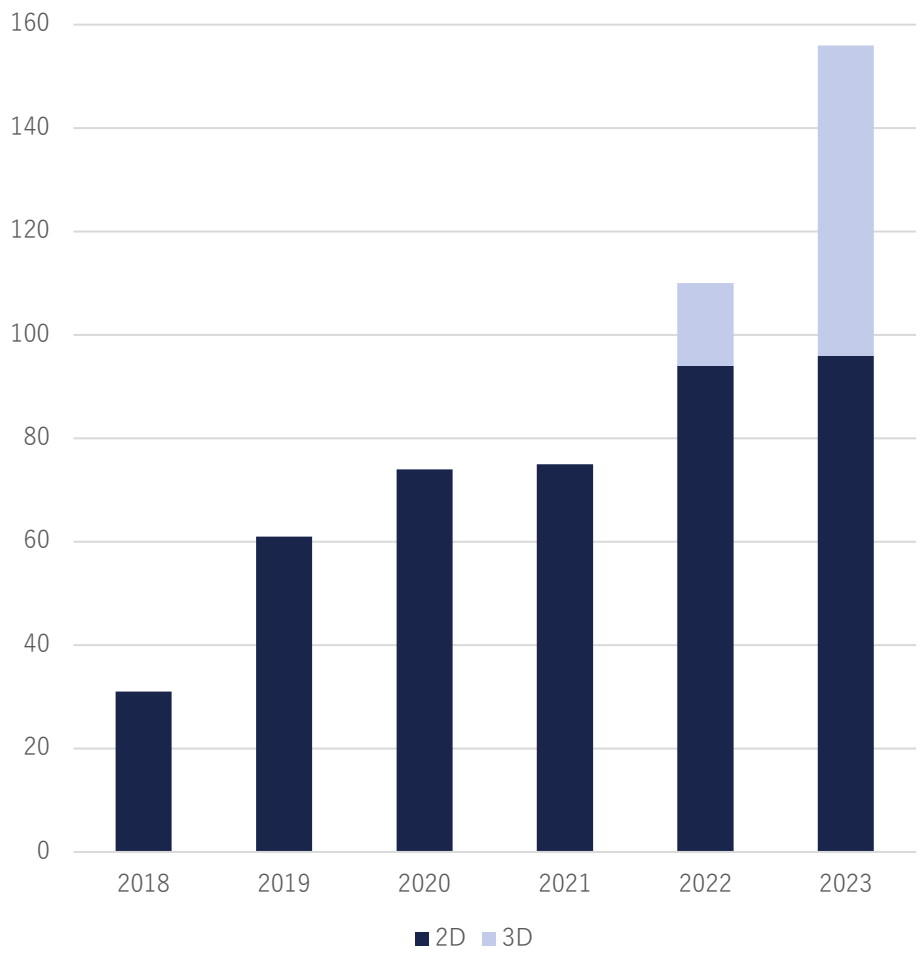
LINX集團簡介

- 成立年份: 1990年6月
- CEO: 村上 慶
- 全球員工人數：200
- 事業範疇：
  - 高端機器視覺及工廠零組件及產品代理
  - 嵌入式視覺系統服務
    - 適用於工業相機及系統單晶片（SoC)的PCB設計
    - 工廠無人化生產
  - 工業物聯網(IIoT) 諮詢服務

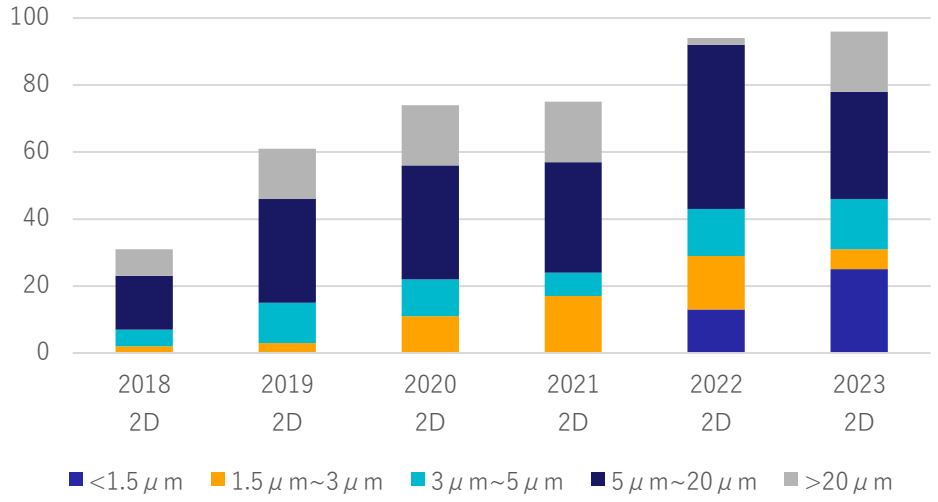
© LINX Corporation

由評估案件，一窺台灣近6年的AOI檢測趨勢

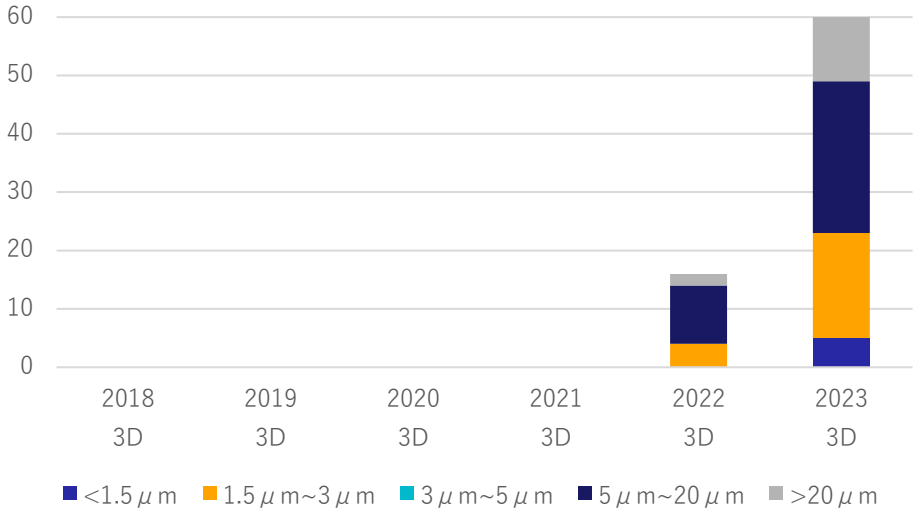
評估案件總數



2D



3D



© LINX Corporation

Confidential

從趨勢，我們能看到哪些重要背景？

重要趨勢

- 高精度檢測
- 3D檢測

市場需求的變遷

- 半導體先進封裝
- 產品結構精密+複雜化

零組件科技的演進

- 光學系統
- CMOS感光元件技術

© LINX Corporation

從趨勢，我們能看到哪些重要背景？

重要趨勢

高精度檢測

3D檢測

市場需求的變遷

半導體先進封裝

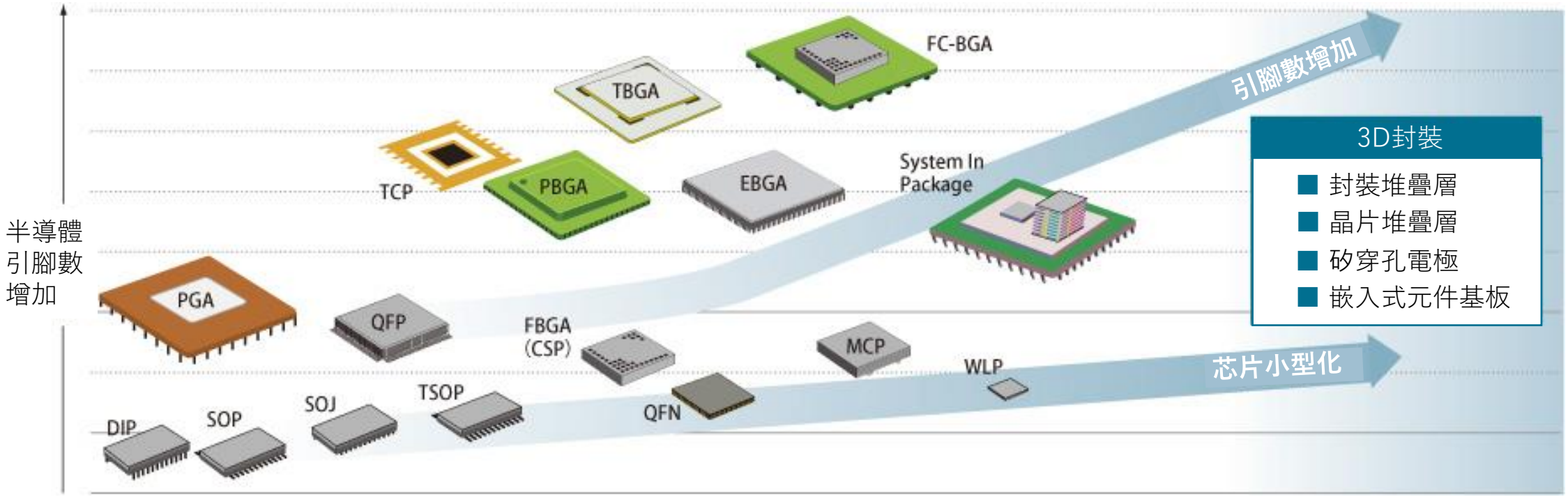
產品結構精密+複雜化

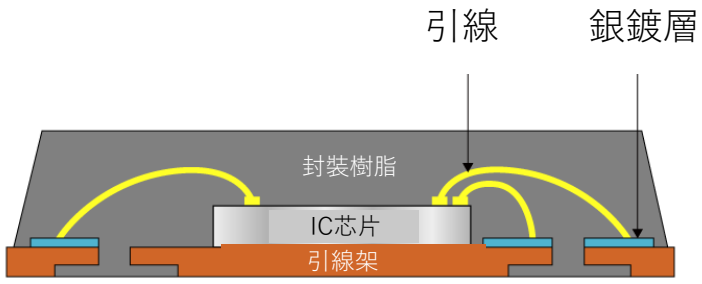
零組件科技的演進

光學系統

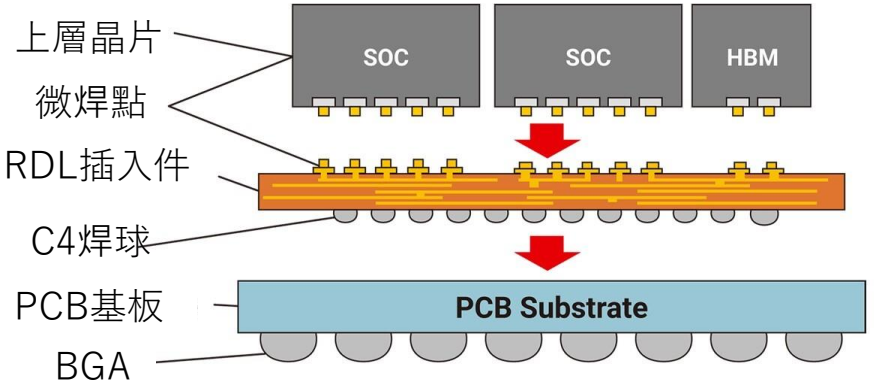
CMOS感光元件技術

半導體封裝發展趨勢





封裝方式

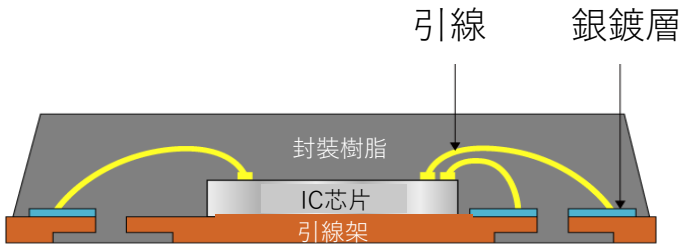


RDL：重分佈層

Confidential

封裝技術改變，帶給AOI什麼影響？

傳統封裝



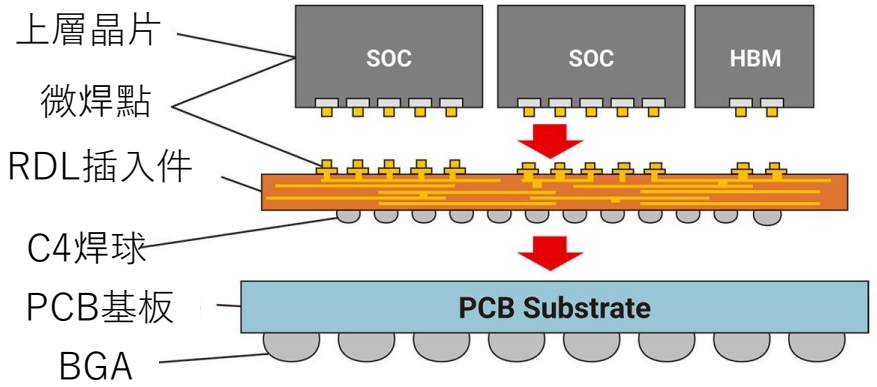
封裝方式

檢測標的

精度

- 晶圓刮傷
- BGA錫球
- 引線架
- Wire bonding

先進封裝



RDL：重分佈層

- 晶圓刮傷
- BGA 錫球
- C4焊球
- Micro bump
- IC基板
- RDL插入件
- 玻璃基板
- 3D HBM

這些趨勢隱含了哪些重要背景？

重要趨勢

高精度檢測

3D檢測

市場需求的變遷

半導體先進封裝

產品結構精密+複雜化

零組件科技的演進

光學系統

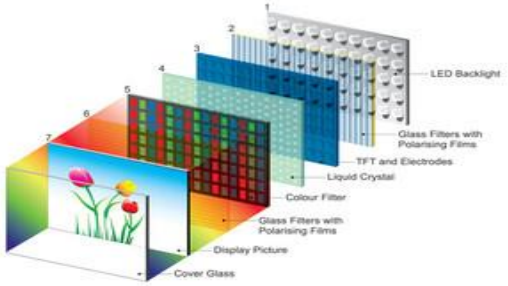
CMOS感光元件技術

© LINX Corporation

Confidential

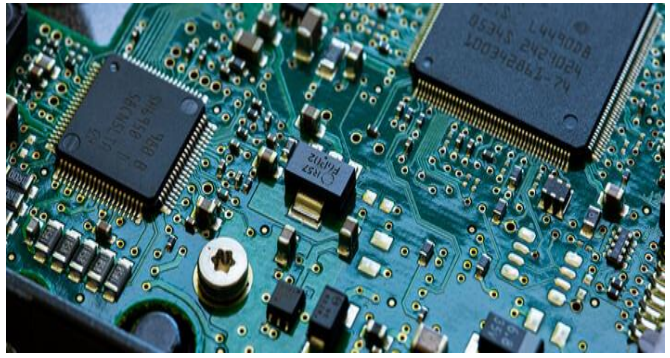
性能提升，複雜度也提升

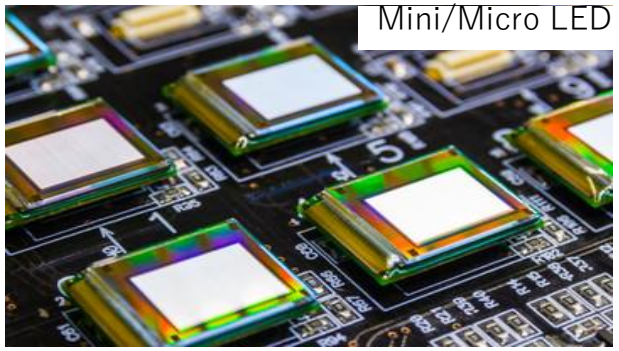
面板・螢幕

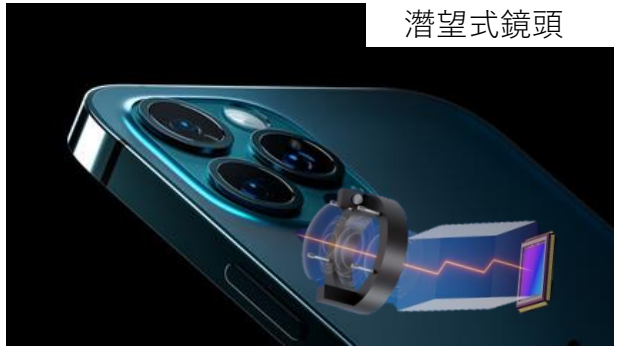


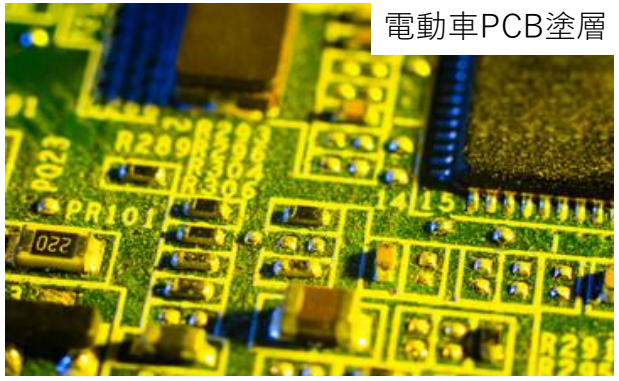
鏡頭

印刷電路板









10個近期應用熱點

半導體
Micro bump

非半導體產業
Mini LED

非半導體產業
Micro LED

半導體
RDL
重分佈層

非半導體產業
智慧手機
鏡頭

半導體
HBM堆疊

非半導體產業
PCB塗層

半導體
晶圓
全掃描

半導體
TGV
(Through Glass Via)

半導體
一般
封裝檢測

© LINX Corporation

10個近期應用熱點

半導體
Micro bump

非半導體產業
Mini LED

半導體
HBM堆疊

非半導體產業
PCB塗層

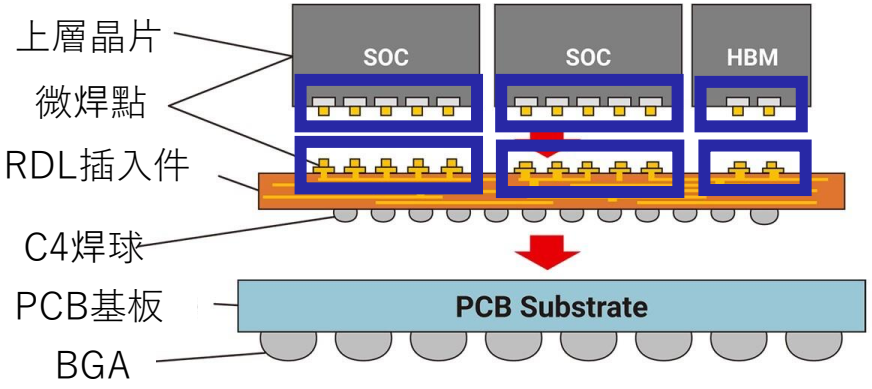
高精度3D檢測

Confidential

檢測應用1：Micro bump

為什麼需要檢測？

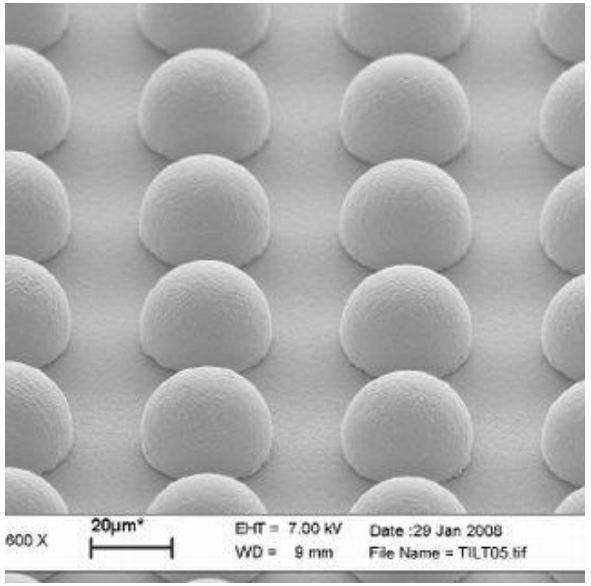
- 介於晶片與插入件之間的連接件
- Micro bump高度不等，可能導致斷接
- 晶片與RDL插入件的翹曲也可能導致斷接



RDL：重分佈層

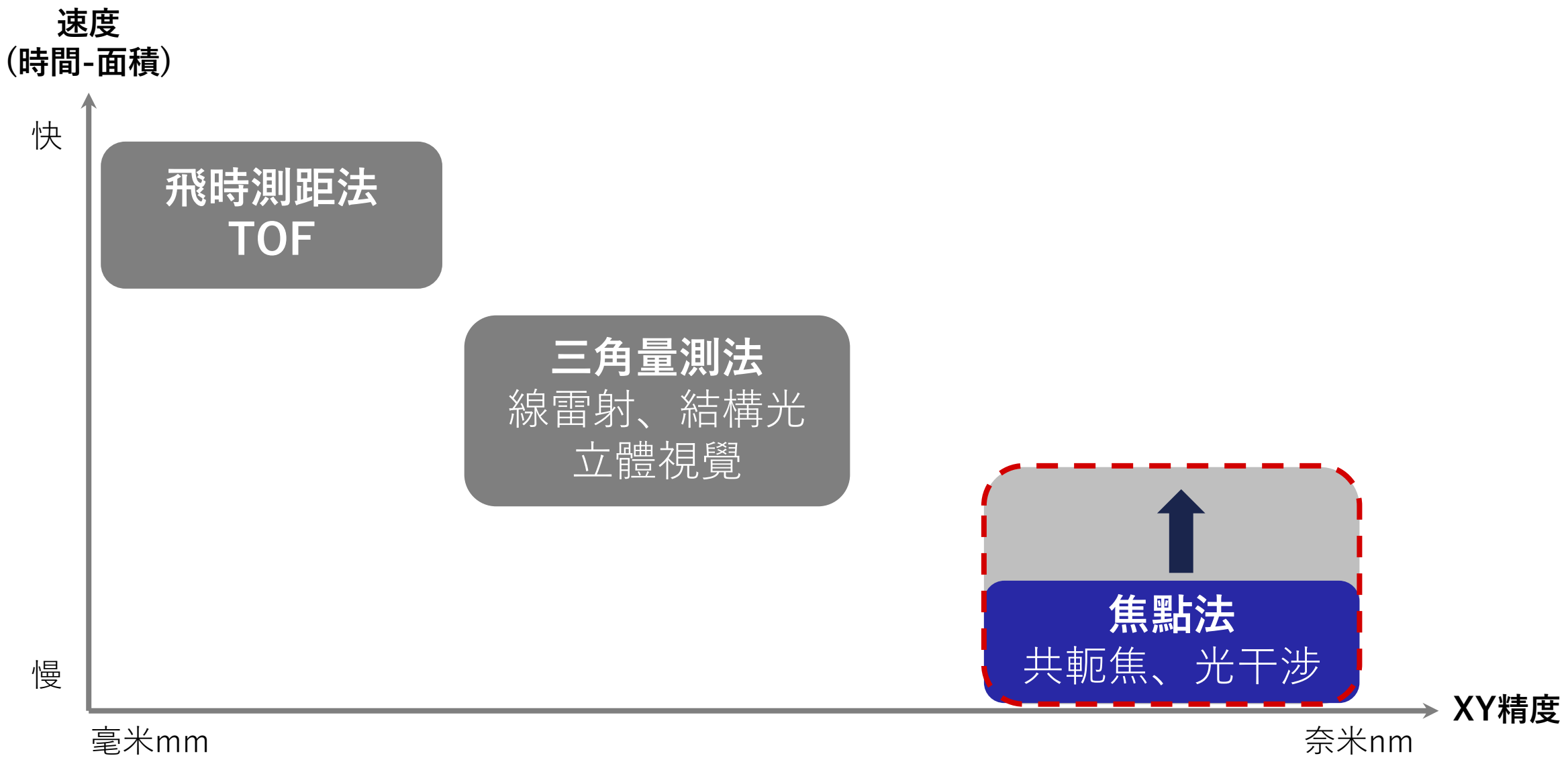
挑戰

- 超小尺寸：micro bump的尺寸比BGA小10倍
  - BGA錫球尺寸：200μm ⇔ Micro bump尺寸：20μm
- 快速全檢：先進封裝應用，1顆缺陷晶片的成本極高，因此需要100%全檢，而不能只是隨機抽檢
- 3D量測：需要取得3D資料，以精確檢測高度



Reference: Dang et al. (2008). 50 μm pitch Pb-free micro-bumps by C4NP technology.

非接觸式3D種類


速度
（時間-面積）
快
慢
飛時測距法
TOF
三角量測法
線雷射、結構光
立體視覺
焦點法
共軛焦、光干涉
XY精度
毫米mm
奈米nm

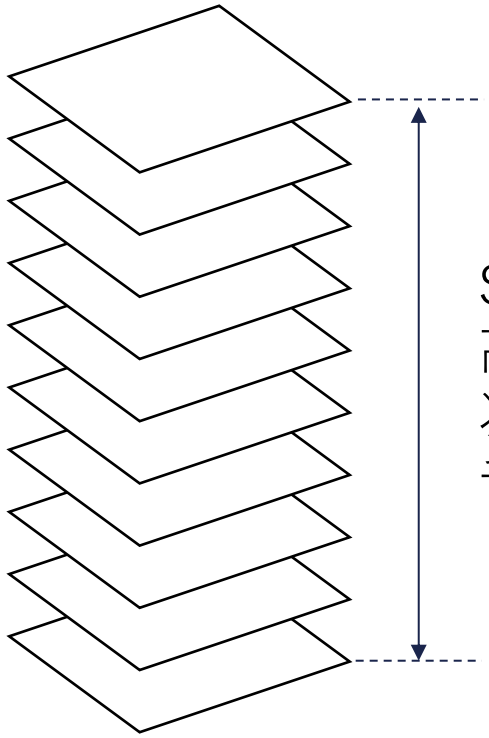
焦點法

共軛焦
Confocal Scanning

找出反射光量最多的Z位置
適合低反射表面

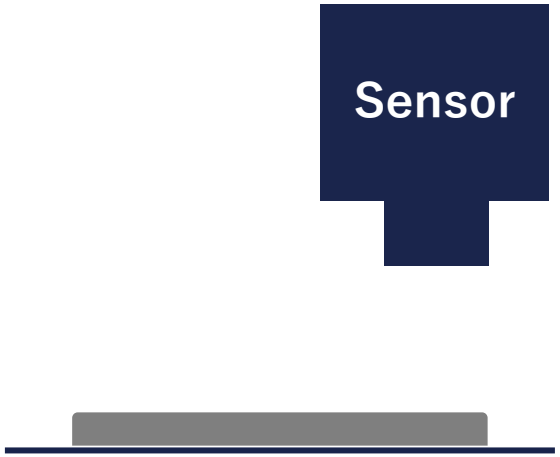
白光干涉
White Light Interferometry

找出干涉條紋強度最大的Z位置，適合高反射表面



Sensor在不同的高度進行拍攝，次數從數百到數千次不等。

白光干涉

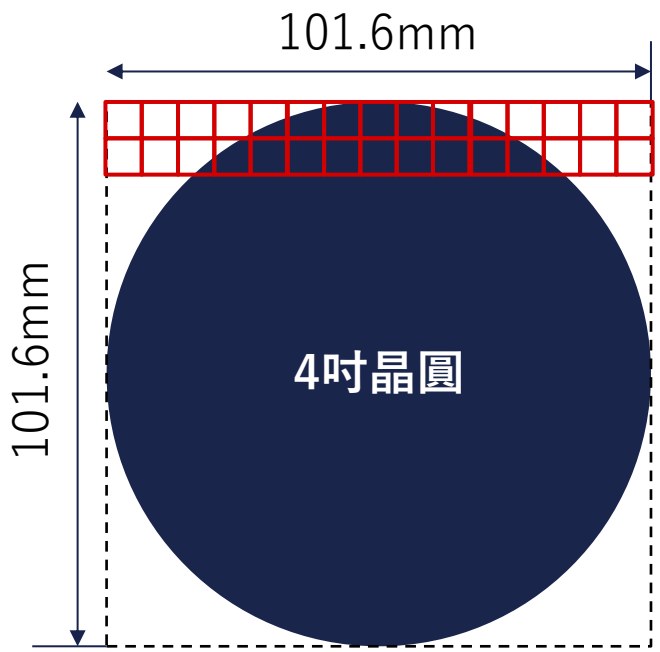


它牌高速白光干涉

- FOV : 3.3 x 3.1mm (@4x)
- XY解析度 : 3μm (@4x)
- Z-Rang : 0.5mm

Processing	1 cycle		
相機拍攝	+0.3sec →		
影像輸出	+0.5sec →		
平台移動	+0.5sec →		
Total	**0.8sec**		

白光干涉



FOV : 3.3 x 3.1mm

它牌高速白光干涉

- FOV : 3.3 x 3.1mm (@4x)
- XY解析度 : 3μm (@4x)
- Z-Rang : 0.5mm

Processing	1 cycle	≈	1023 cycle
相機拍攝	+0.3sec	≈	+0.3sec
影像輸出	+0.5sec		+0.5sec
平台移動	+0.5sec		+0.5sec
Total	0.8sec		0.8sec

0.8 sec x 1023 cycle = 約13分38秒

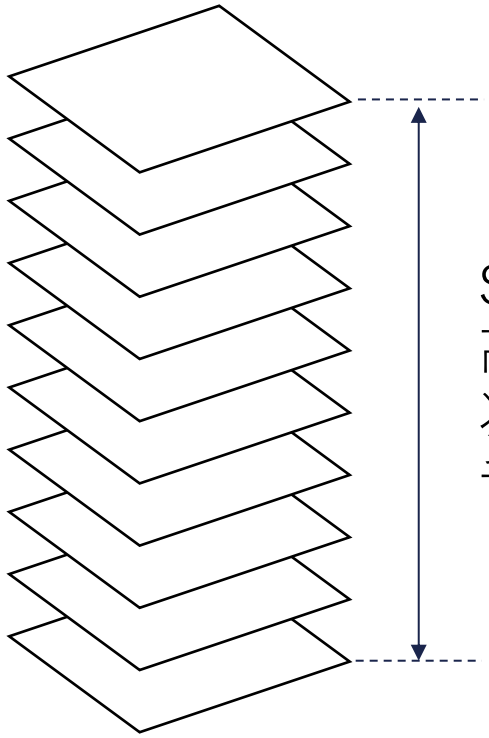
焦點法

共軛焦
Confocal Scanning

找出反射光量最多的Z位置
適合低反射表面

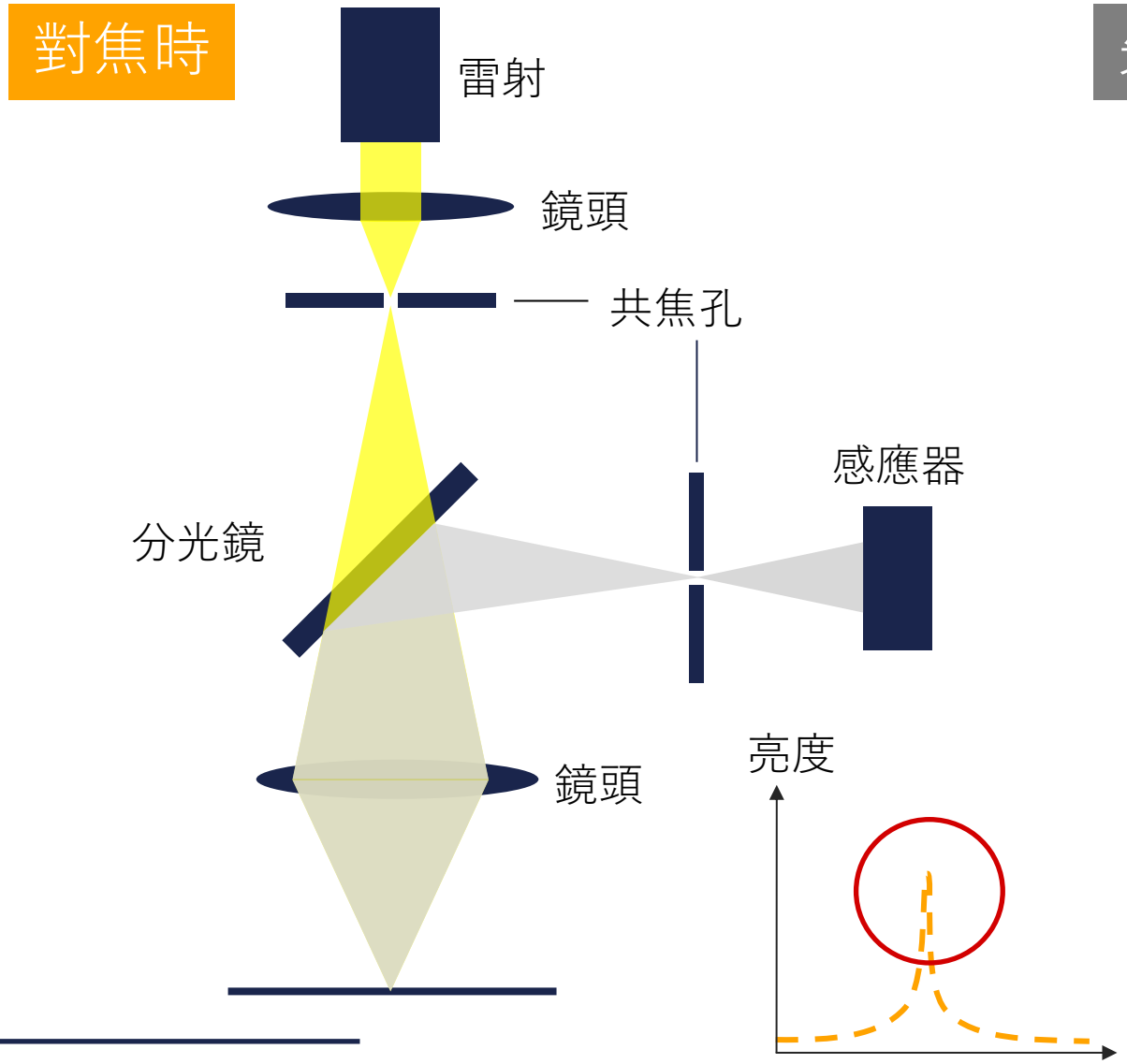
白光干涉
White Light Interferometry

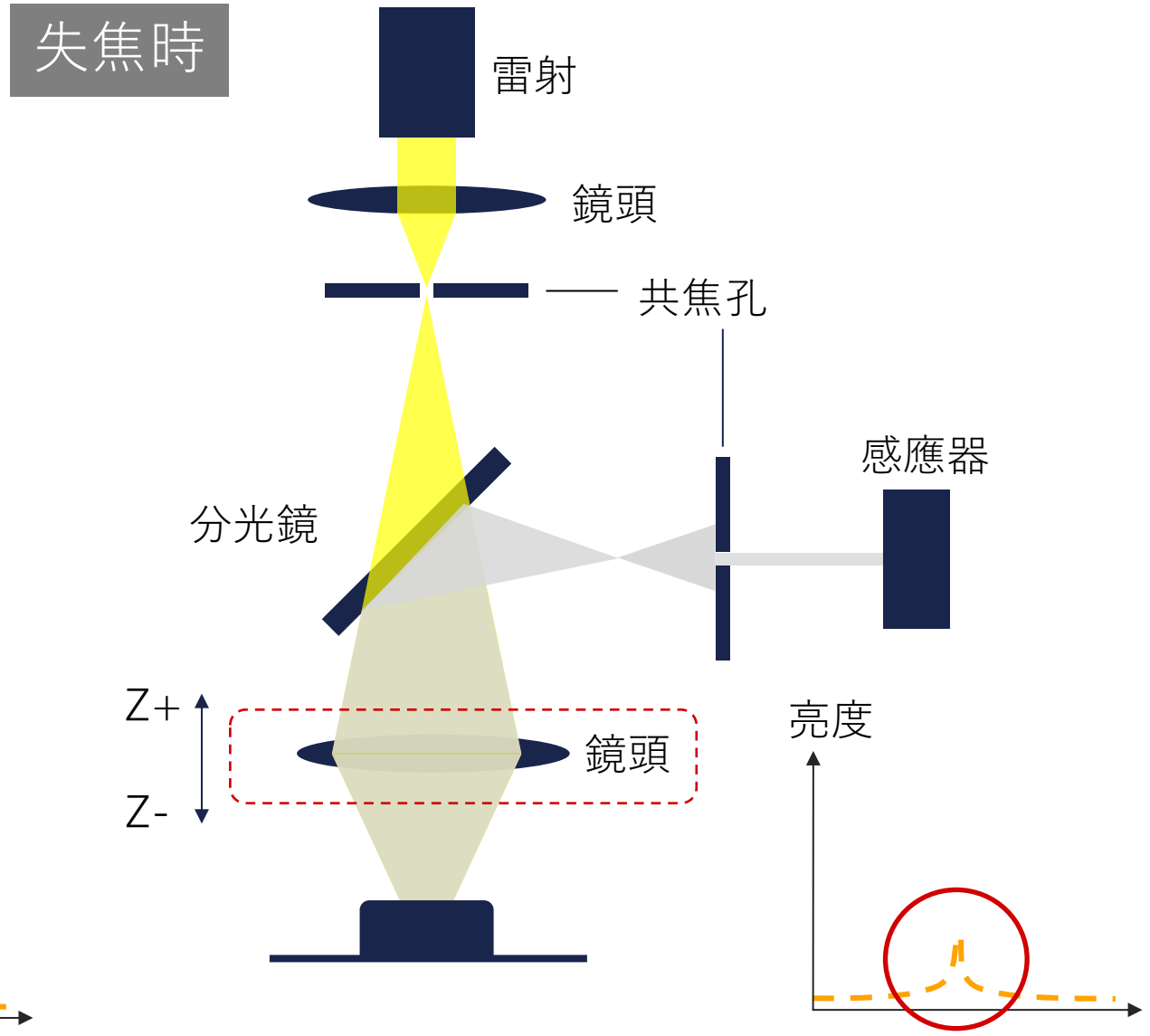
找出干涉條紋強度最大的Z位置，適合高反射表面



Sensor在不同的高度進行拍攝，次數從數百到數千次不等。

傳統共軛焦光學系統如何運作？





© LINX Corporation

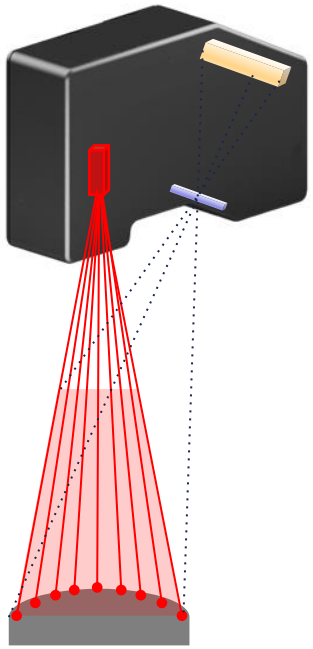
LMI Technologies 線共焦3D傳感器

Gocator 5500系列

彩色線共焦技術，挑戰精度 & 速度極限

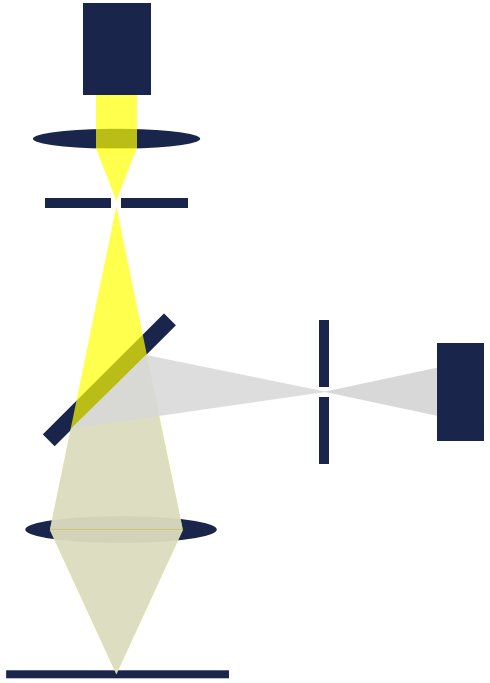
三角量測法

利用三角量測方式量測物體高度
優點是速度快，但是Z軸解析度到1μm已是極限



共軛焦法

藉由漸漸改變Z軸的高度來找出焦點
雖能達到次微米的量測精度，但缺點是速度慢



LMI的彩色線共焦技術

光源
(發射端)

Sensor
(接收端)

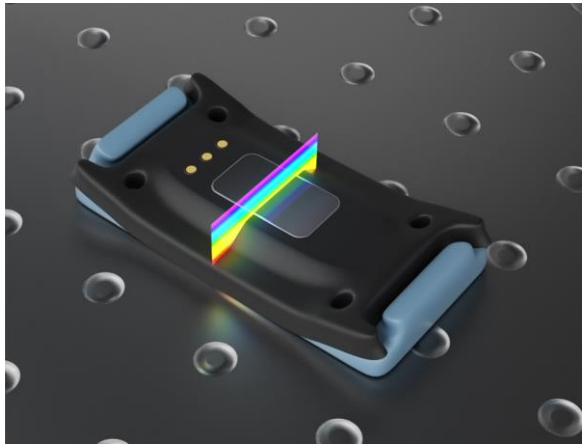
通過狹縫的反射光，根據不同的波長，投射在感光元件相應的位置

焦平面

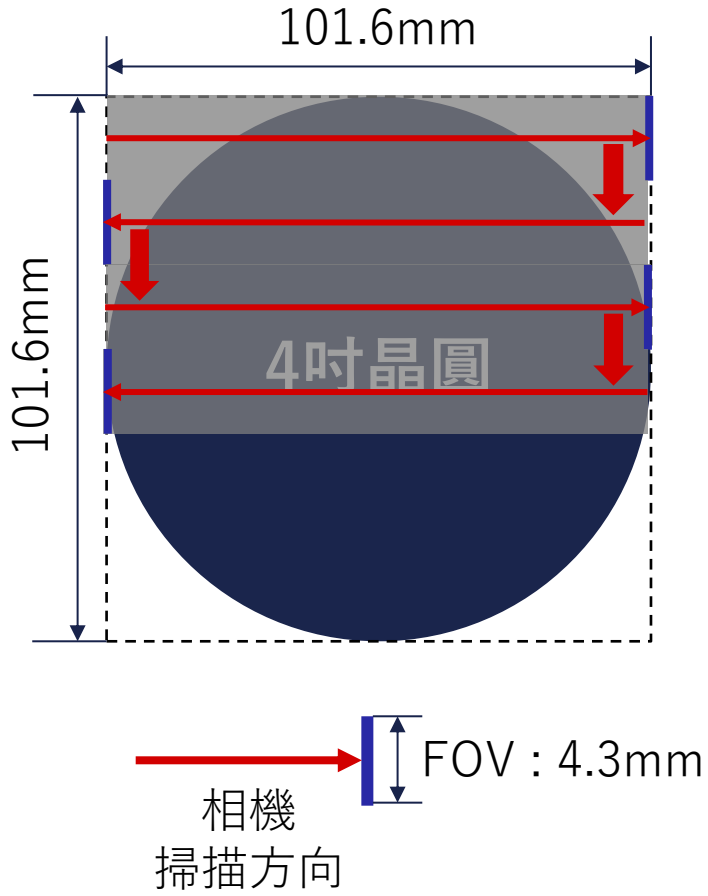
只有同時在焦平面與待測物表面反射的光才能通過狹縫

複雜的光學鏡組將光分成多個波長，並將不同波長的光聚焦到不同的高度，從而形成焦平面

Z軸(高度)
量測範圍



Gocator 5504 vs. 白光干涉



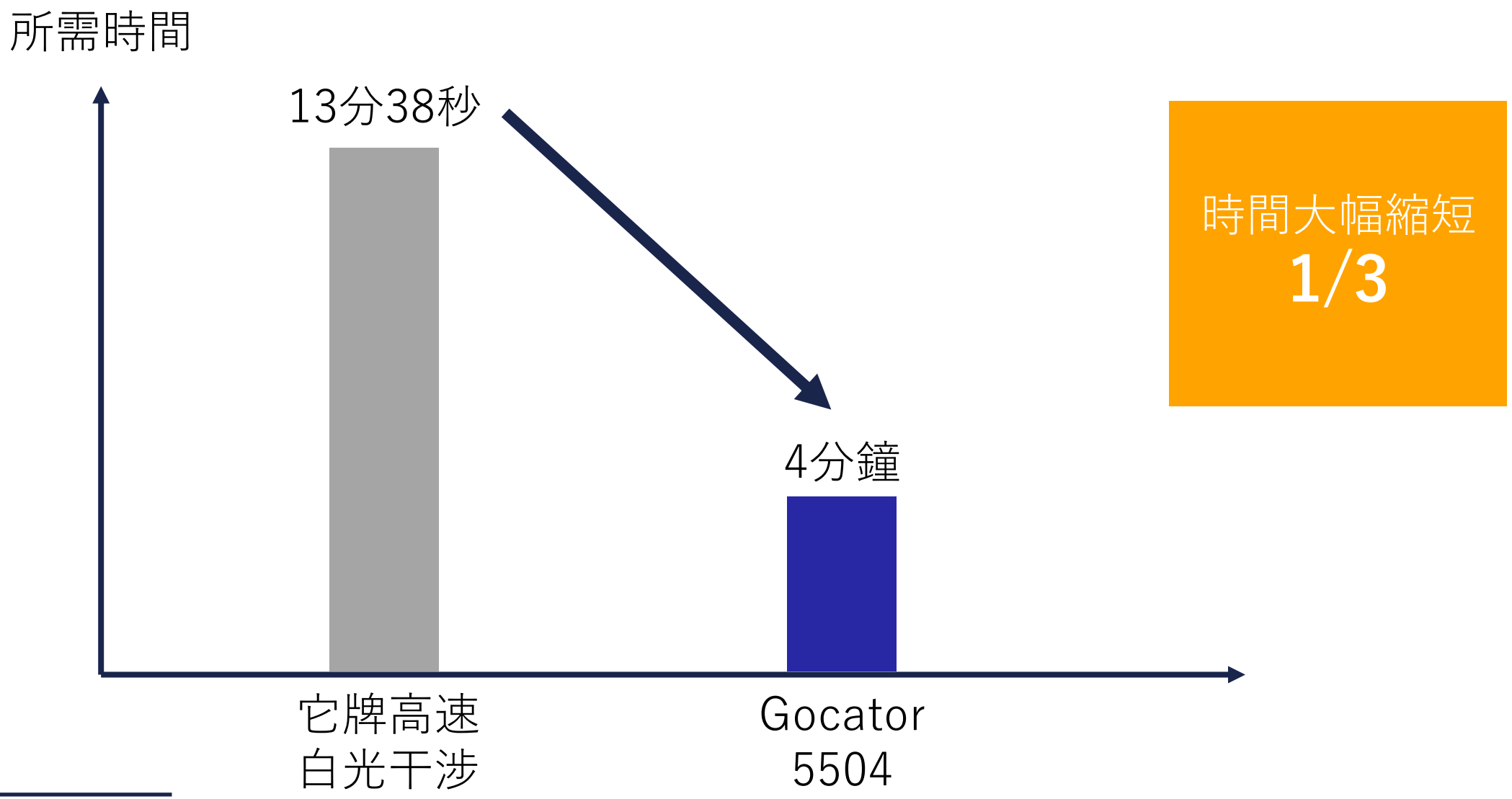
Gocator 5504

- FOV : 4.3mm (Line)
- X解析度 : 2.5μm
- Z-Rang : 0.5mm

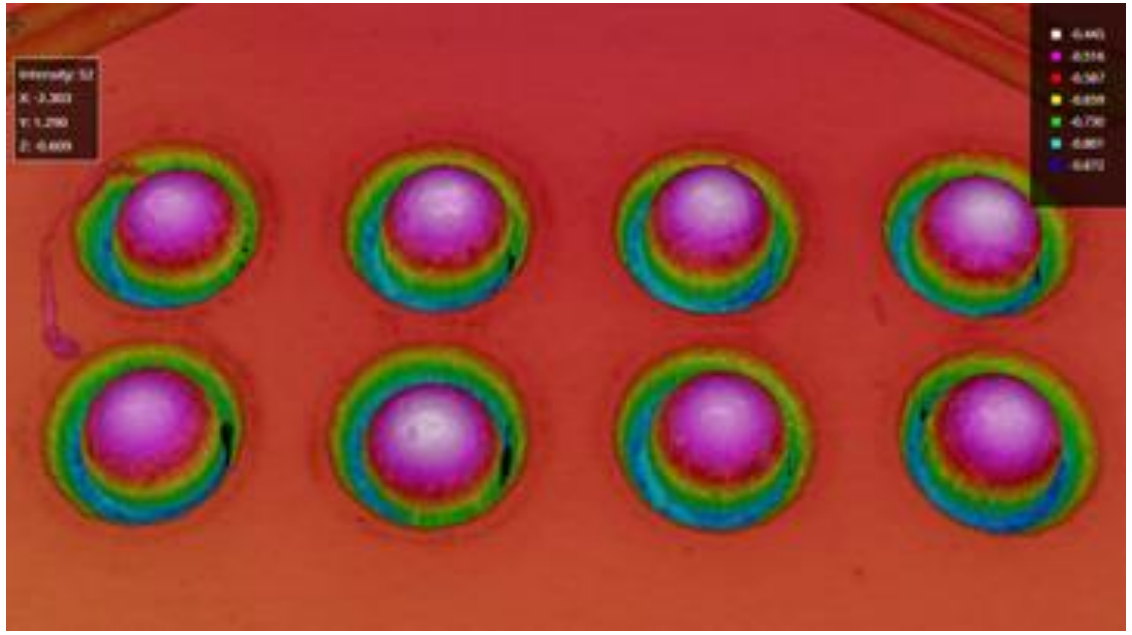
Processing	1 cycle	≈	24 cycle
相機掃描	+7.7sec	≈	+7.7sec
影像輸出	+2sec		+2sec
Y軸移動	+1sec		+1sec
Total	9.7sec		9.7sec

9.7 sec x 24 cycle = 約4分鐘

Gocator 5504 vs. 白光干渉



應用案例：線共焦實際拍攝Micro bump所得影像

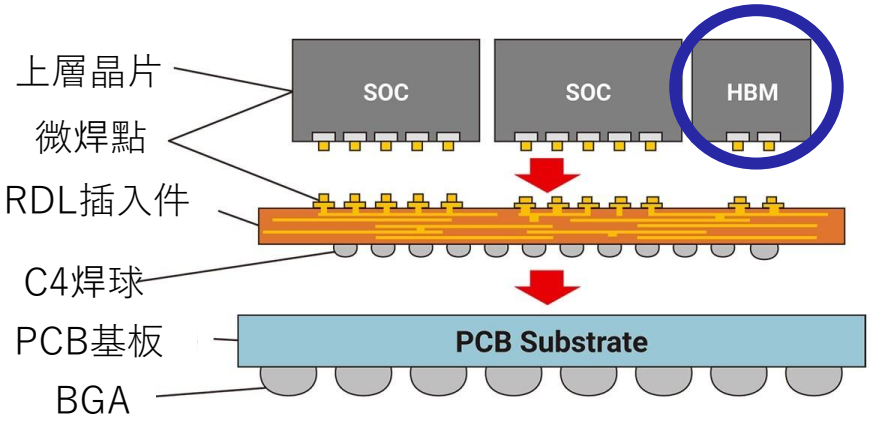


Confidential

檢測應用2：HBM堆疊翹曲

為什麼需要檢測？

- 在高頻寬記憶體（HBM）中，堆疊了許多層記憶體
- 任何一層有翹曲，就可能會導致各層之間的斷接



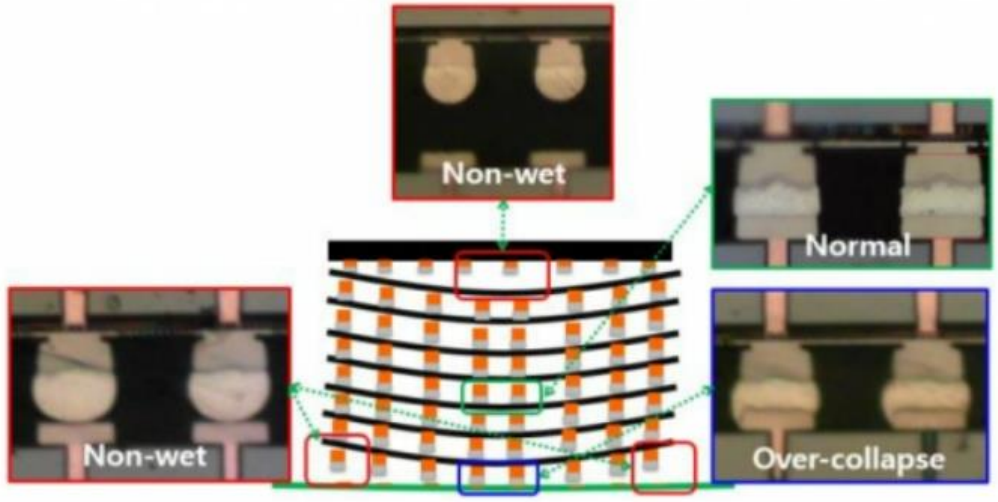
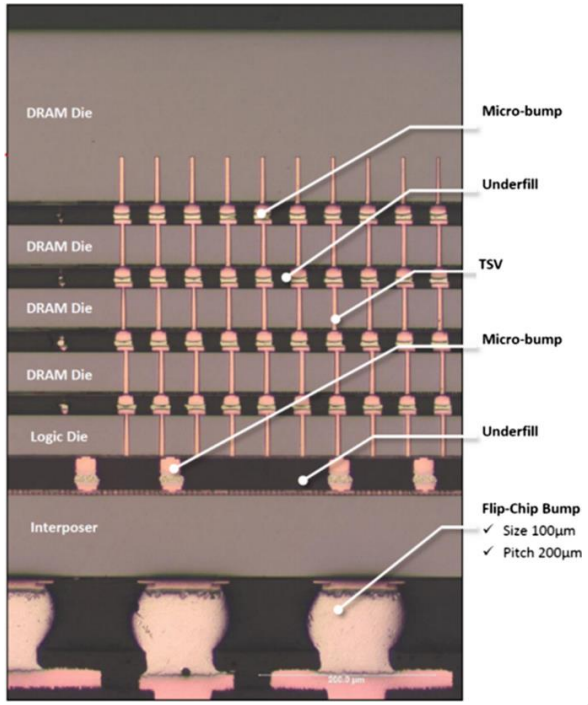


Fig. 5. Schematic and joint shapes due to the chip warpage miss-match

Reference: https://seongyun-dev.tistory.com/111

RDL：重分佈層



Reference: Agrawal et al. (2017). HBM cross-section.

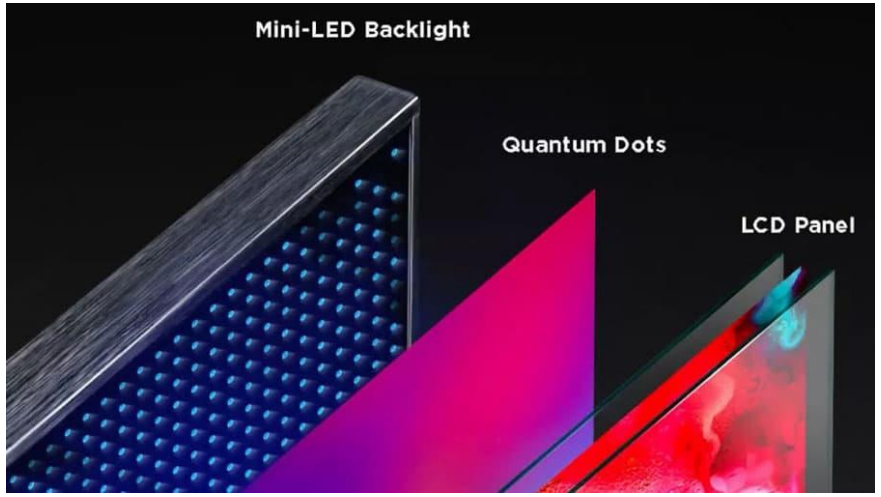
檢測應用3：Mini LED

為什麼需要檢測？

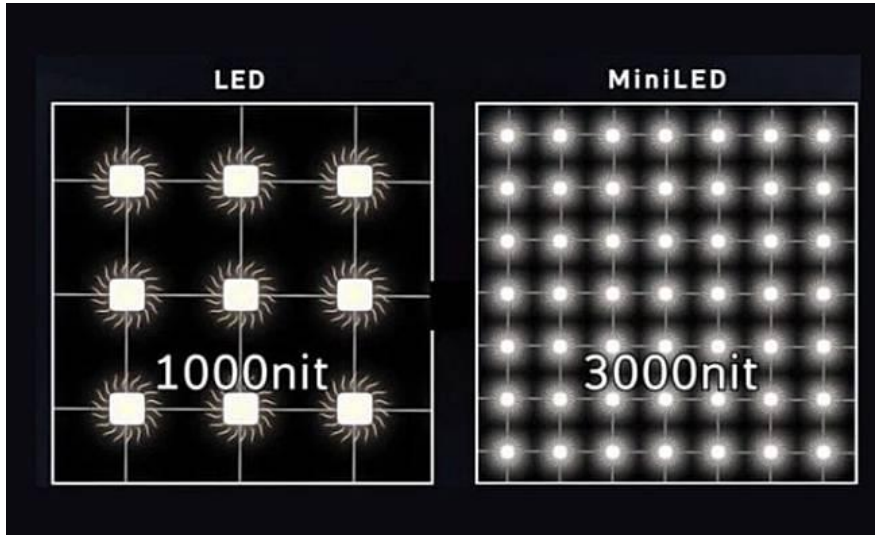
- Mini LED 背光面板的品質對 LCD 顯示器的影像品質至關重要
- 平板顯示器（FPD）製造商對 Mini LED 面板的品質非常敏感

挑戰

- 3D量測：不僅要檢測X-Y LED 位置，還需檢測有無3D傾斜缺陷
- 尺寸更小：Mini LED比傳統LCD背光面板使用的LED還要更小
  - Mini LED 的大小僅有100μm
- 速度要快：Mini LED用於背光面板，面板尺寸通常很大，解決方案若太慢則相當耗時



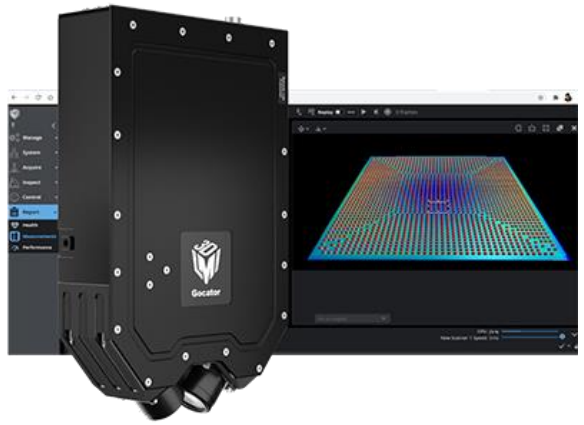
Reference: https://www.ecoustics.com/ask-an-expert/wtf-mini-led/



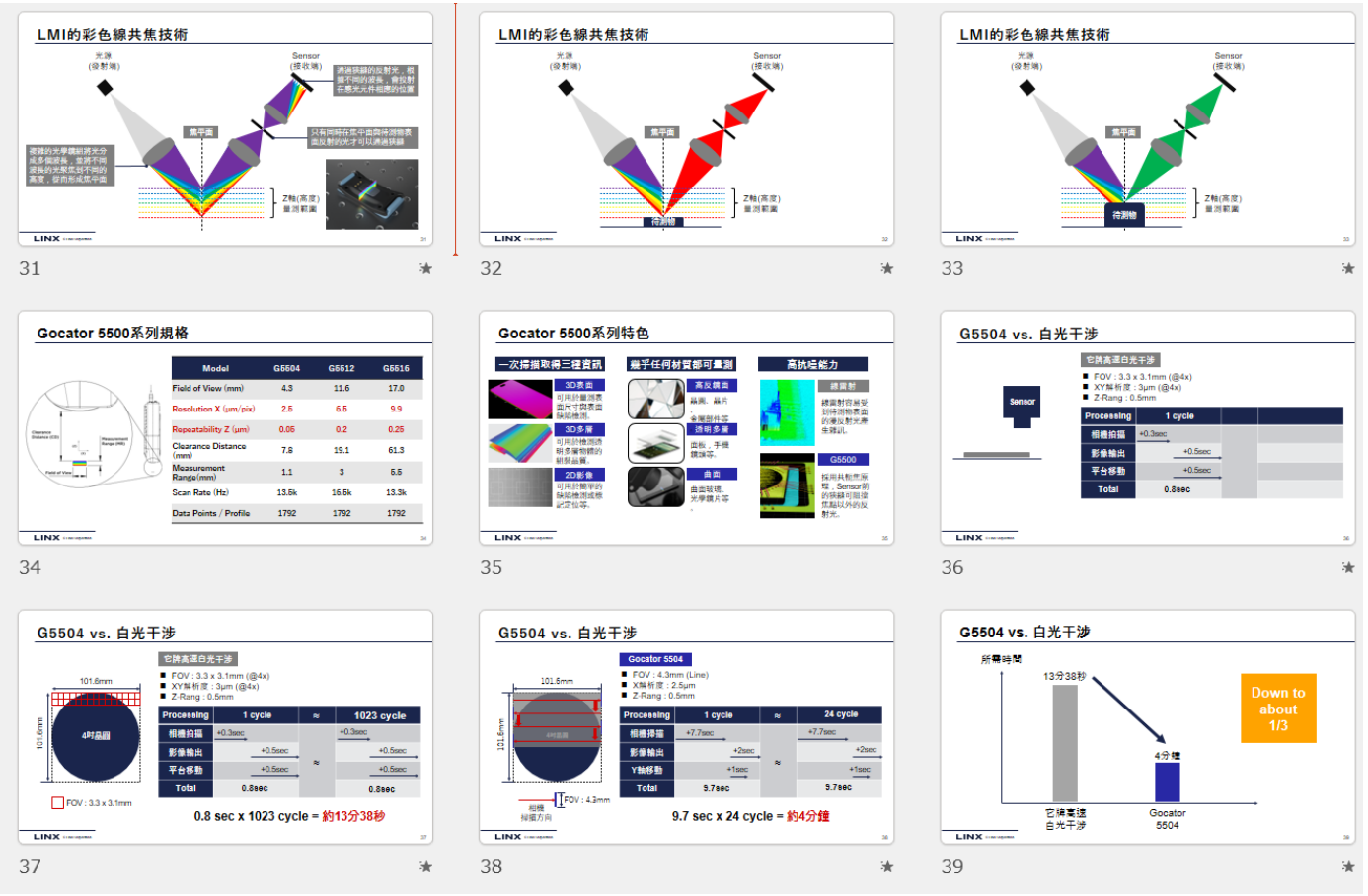
Reference: https://today.line.me/hk/v2/article/JPoN59y

WLI vs Confocal

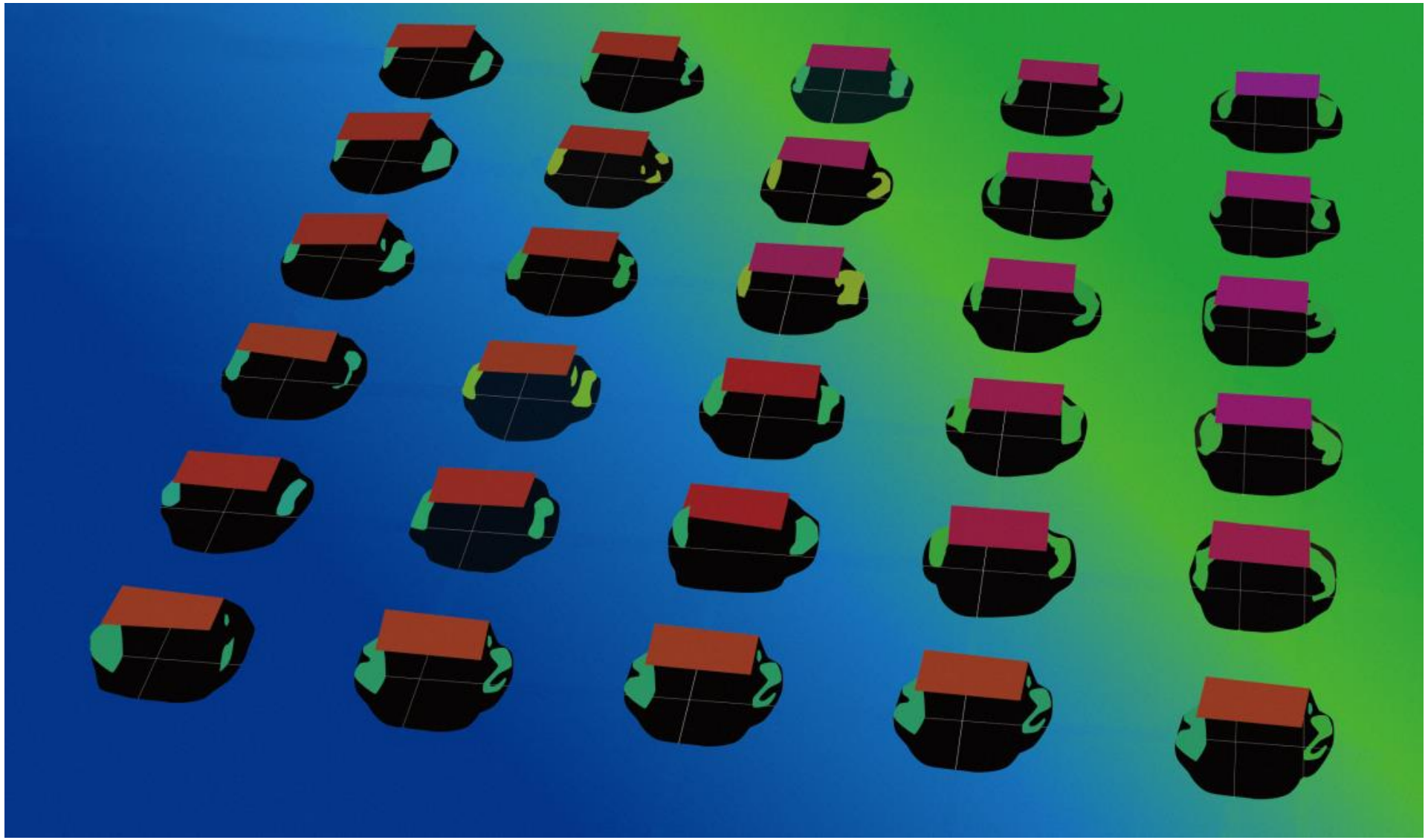
WLI
30分
50mm x 50mm



Confocal
5分
50mm x 50mm



應用案例：線共焦實際拍攝Mini LED所得影像(示意圖)



檢測應用4：印刷電路板塗層

為什麼需要檢測？

- 為了保護PCB電路，在表面加上「防護塗層」(conformal coating)是一種常見的方式
  - 電動車的PCB板，對於這種塗層保護的需求特別高
- 為檢查塗層是否均勻，必須測量整面PCB板的塗層厚度

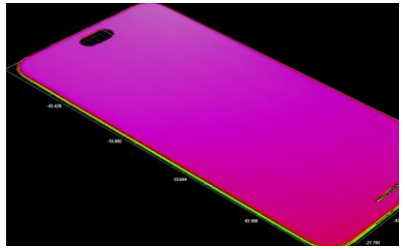
Reference: Hirsch, 2016. Conformal Coatings.

挑戰

- 掃描面積大：傳統厚度測量方式是使用厚度計，但缺點是只能測量單個點。為了確保塗層品質，需要掃描整個 PCB
- 厚度超薄：塗層的厚度通常介於25-250μm之間
- 速度要快：需要以高速掃描整片PCB，才能保持產線速度

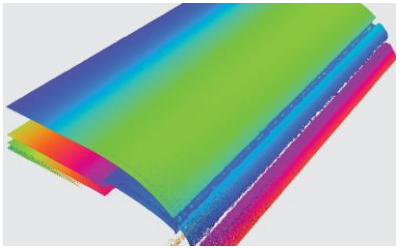
Gocator 5500系列特色

一次掃描取得三種資訊



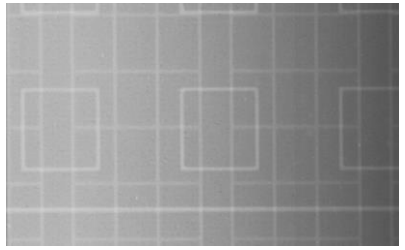
3D表面

能夠量測表面尺寸與表面的缺陷檢測



3D多層

可檢測透明多層物體的組裝品質



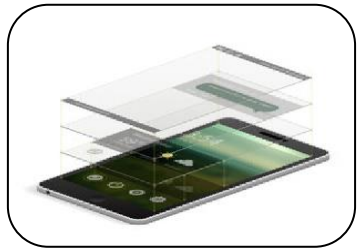
2D影像

可用於簡單的缺陷檢測，或標記定位等

幾乎任何材質都可量測

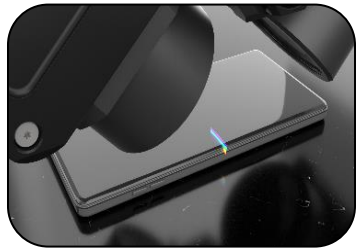
高反鏡面

晶圓、晶片、金屬部件等



透明多層

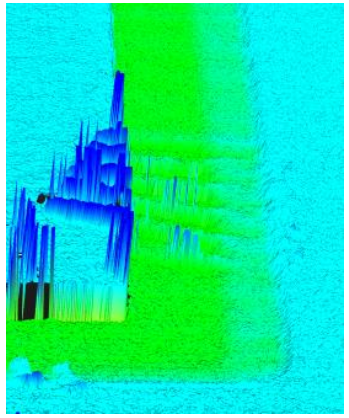
面板，手機鏡頭等



曲面

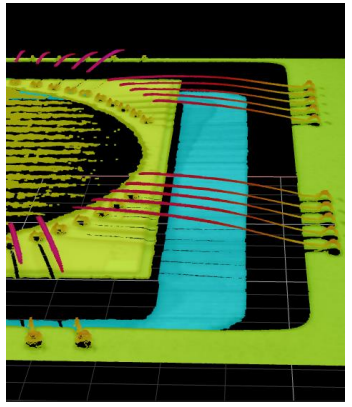
曲面玻璃、光學鏡片等

高抗噪能力



線雷射

線雷射易受到待測物表面的漫反射光產生雜訊



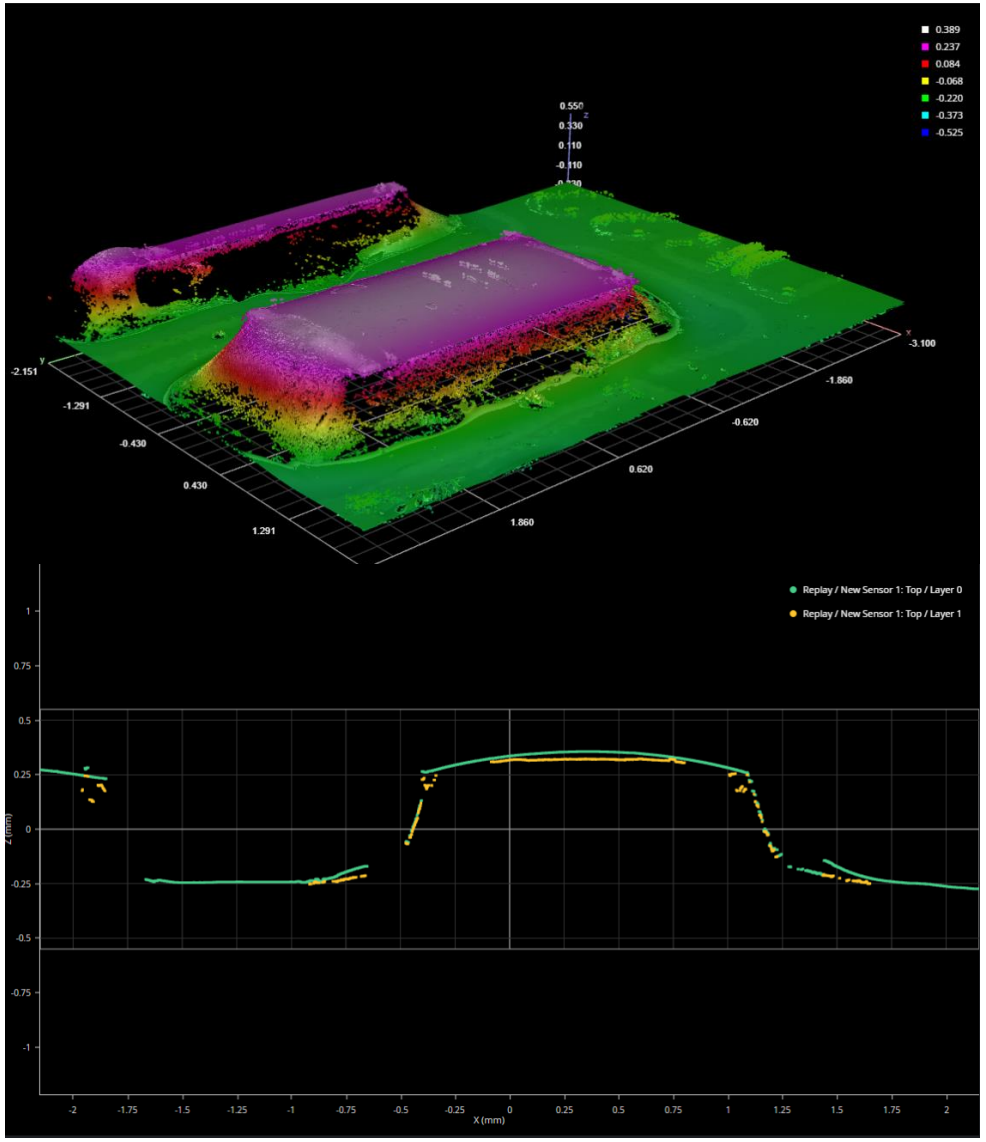
Gocator 5500

共軛焦原理，Sensor前方的狹縫能夠阻擋焦點以外的反射光

Confidential

實際取得的3D資料

Reference: https://www.viasion.com/conformal-coating/



10個近期應用熱點

半導體
Micro bump

非半導體產業
Mini LED

非半導體產業
Micro LED

半導體
HBM堆疊

非半導體產業
PCB塗層

半導體
晶圓
全掃描

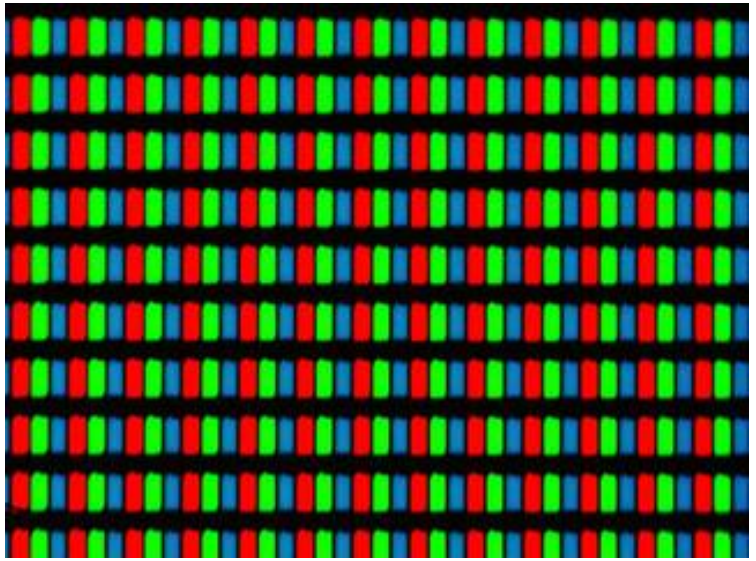
大FOV的高精度2D影像

Confidential

檢測應用5：Micro LED

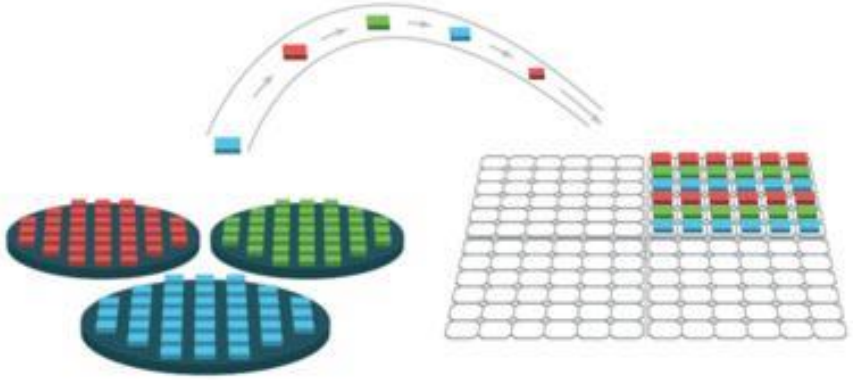
為什麼需要檢測？

- Micro LED是FPD科技的新一代技術
- Micro LED上的每一個像素都是由RGB構成，因此如果LED有缺陷，就會導致面板上出現缺失點



挑戰

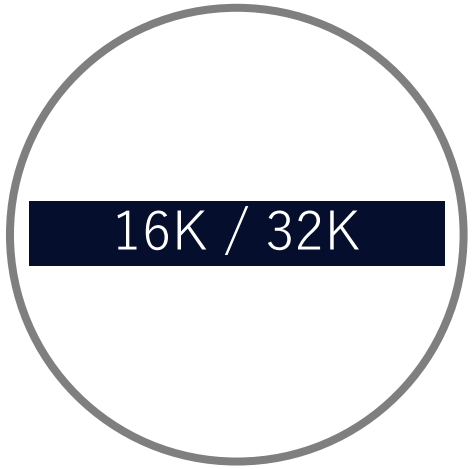
- 超小尺寸: Micro LED的尺寸僅有10-50μm
- 速度要快：顯示器通常有一定大小
- 淺景深：在高放大倍率配置中，翹曲對掃描至關重要
  - 使用5倍鏡時，景深須小於10μm



Reference: https://www.microled-info.com/microled-transfer-technology-explained

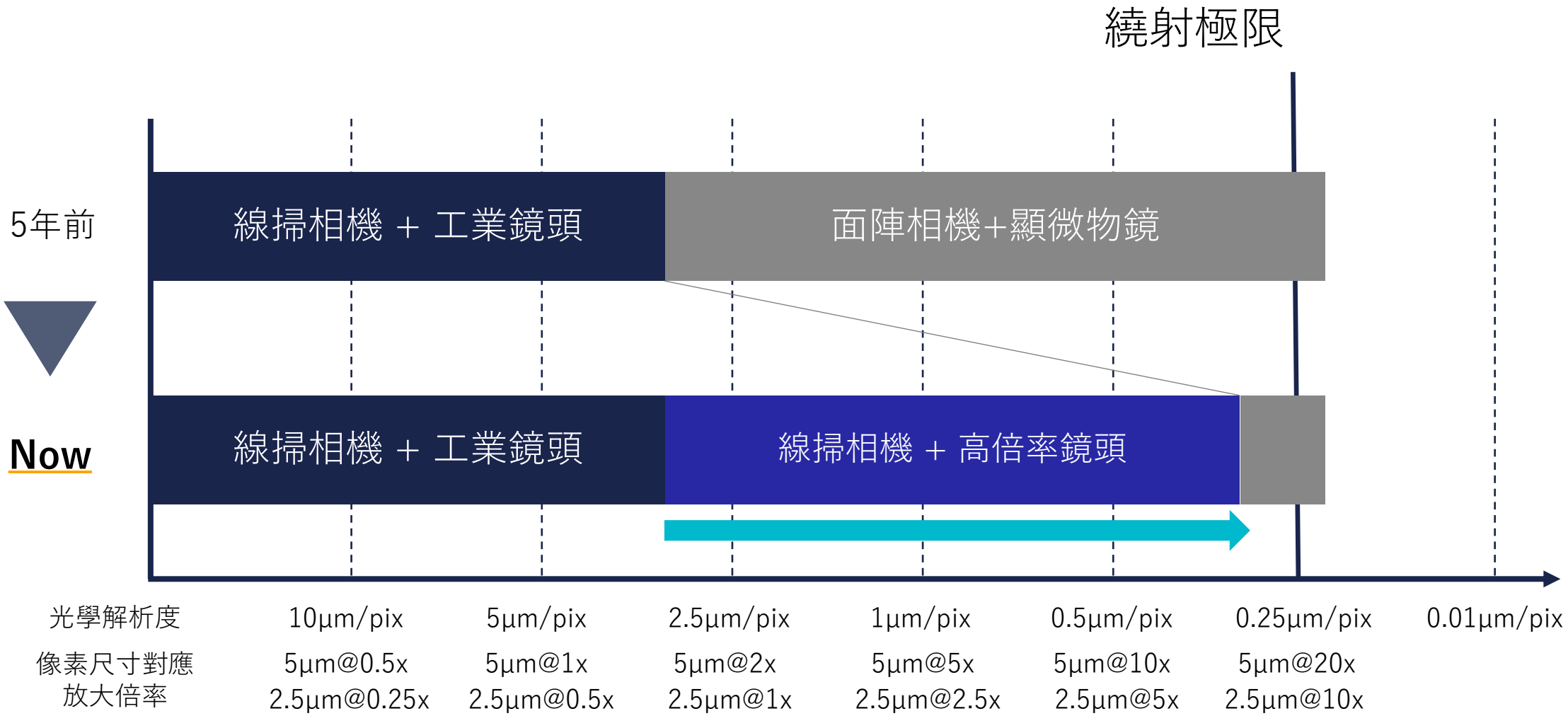
工業鏡頭vs物鏡

	大型感測器 + 工業鏡頭	小型感測器 + 物鏡
支援感光元件大小	82mm	33mm / 20mm
對應相機解析度 (Horizontal水平方向)	16K : 畫素尺寸 5μm 32K : 畫素尺寸 2.5μm	5k : 畫素尺寸 2.7μm

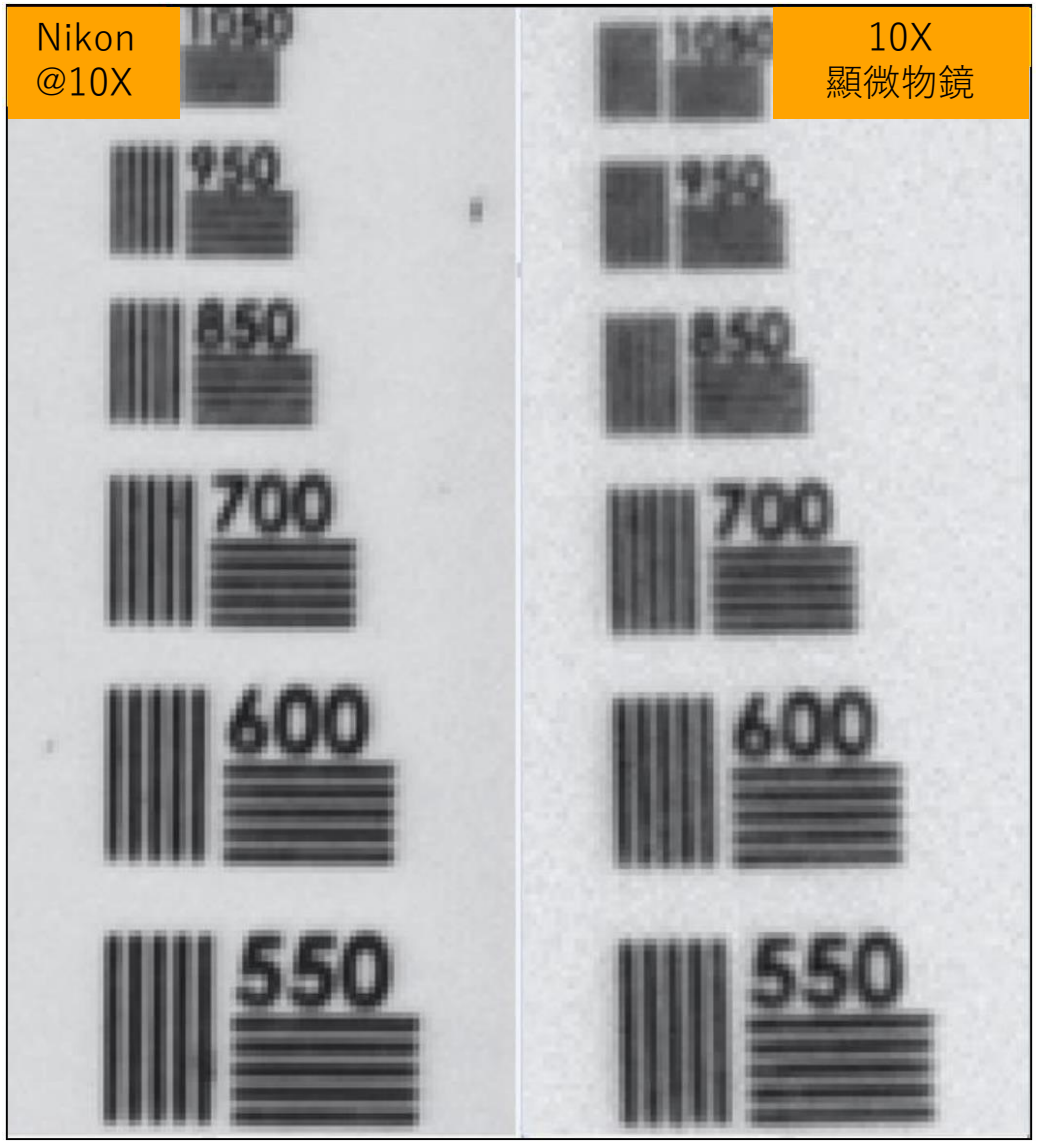


近5年技術創新趨勢

線掃相機解決方案現在涵蓋了更多更高分辨率的應用。



10倍鏡實拍影像 – 與10X顯微鏡比較



- 與10X的顯微鏡比較成像， 甚至還略勝一籌。但搭配16K線掃描相機， 視野範圍是顯微鏡三倍以上！

不滿意顯微鏡速度
的最佳替換方案

Confidential

高倍工業鏡頭一覧

	1x	2.5x	3.33x	5x	7x	10x
16K : 5μm pix	5μm/pix	2μm/pix	1.5μm/pix	1μm/pix	0.7μm/pix	0.5μm/pix
32K : 2.5μm pix	2.5μm/pix	1μm/pix	0.75μm/pix	0.5μm/pix	0.35μm/pix	0.25μm/pix

© LINX Corporation

自動對焦光學模組

- 對應產線速度
  - 搭配2.5倍鏡頭 : Up to 720mm/s of stage speed
  - 搭配3.33倍鏡頭 : Up to 540mm/s of stage speed
  - 搭配5.0倍鏡頭 : Up to 360mm/s of stage speed

- 搭配鏡頭
  - 2.5X : Edmund 2.5X LS
  - 3.33X : Qioptiq d.fine HR3.33X
  - 5.0X : Schneider Kelly-Diamond 5X

Edmund
2.5x LS

Qioptiq
d.Fine HR 3.33x

Schneider
Kelly-Diamond 5x

詳細規格

		搭配16K相機			搭配32K相機		
DALSA Linea HS 相機	解析度	16,384 Pixels			32,768 Pixels		
	畫素尺寸	5μmx 5μm			2.5μmx 2.5μm		
	模式	TDI (128 stages)			TDI (64 stages)		
鏡頭	**倍率**	**2.5X**	**3.33X**	**5X**	**2.5X**	**3.33X**	**5X**
	景深	41μm	18μm	7μm	41μm	18μm	7μm
	光學分辨率	2μm	1.5μm	1μm	1μm	0.75μm	0.5μm
光源 REVOX SLG-165V	打光方式	同軸光					
	顏色	白光/藍光/綠光/紅光					
視野尺寸		32.76mm	24.57mm	16.38mm	32.76mm	24.57mm	16.38mm

© LINX Corporation

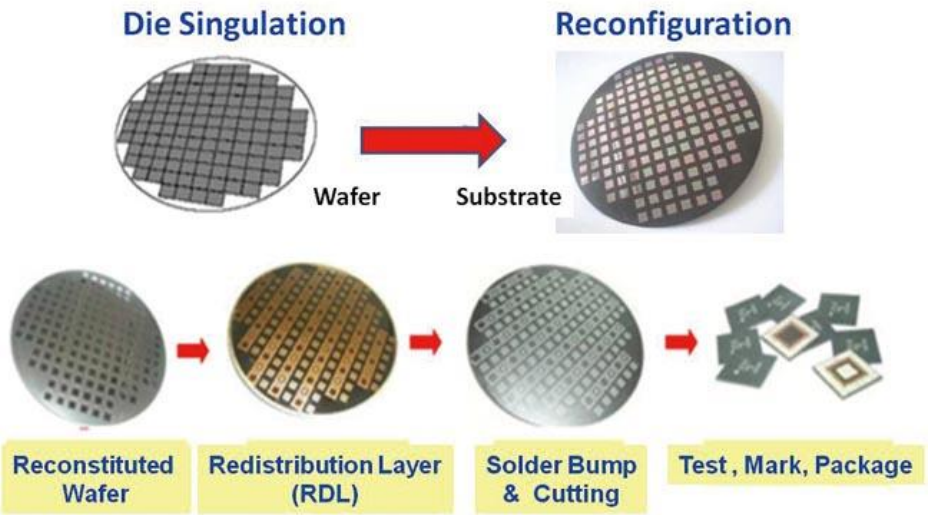
檢測應用6：整片晶圓檢測

為什麼需要檢測？

- 晶圓的使用越發普及
  - 不只用於晶片，還能用於晶圓級封裝（WLP, Wafer Level Packaging）

挑戰

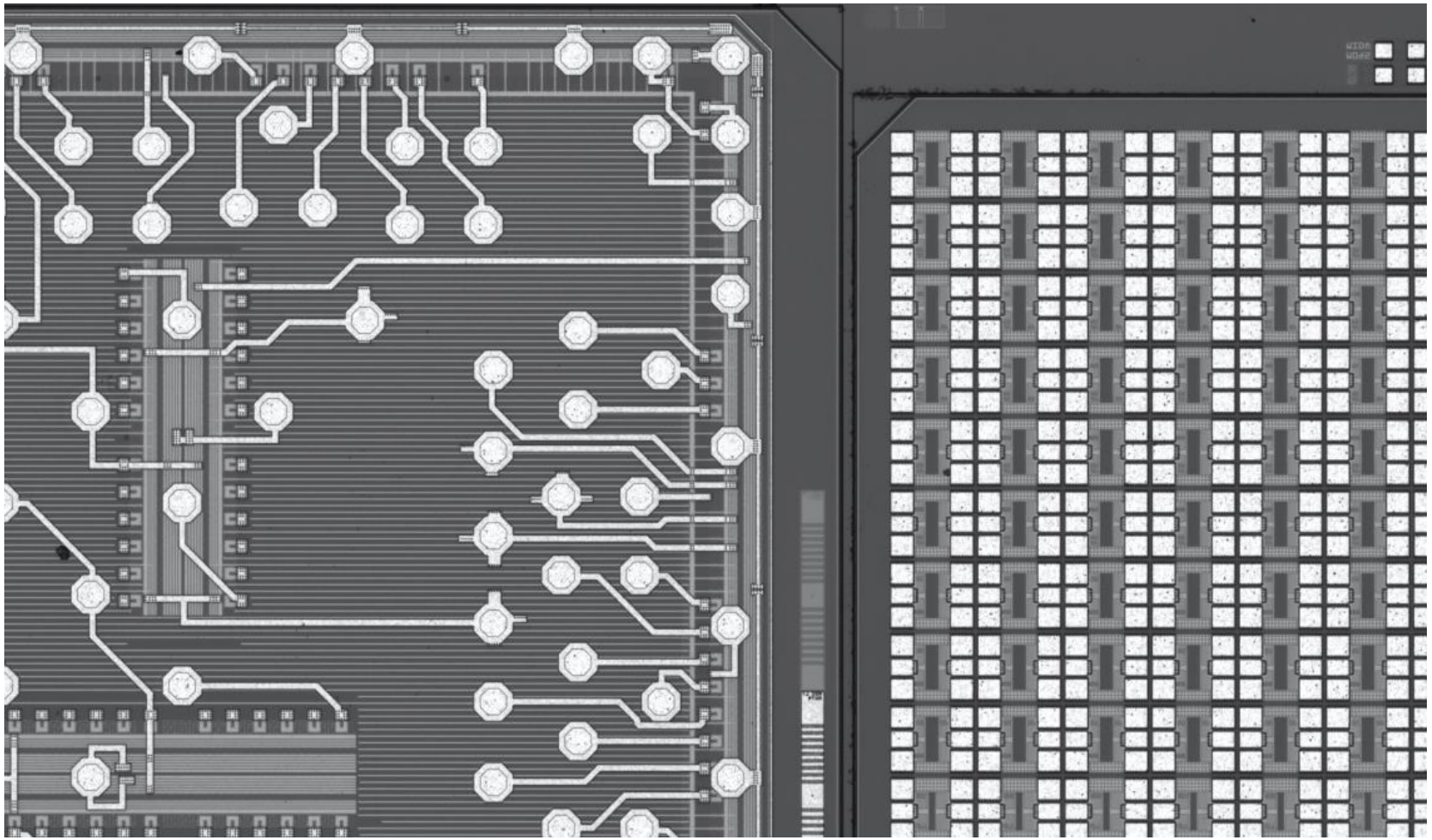
- 淺景深：在高放大倍率配置中，翹曲對掃描非常重要
  - 五倍鏡的景深通常小於10μm
- 檢測速度：12吋晶圓非常大，難以在高放大倍率下進行全掃描



Reference:
https://www.digitaltoday.co.kr/news/articlePrint.html?idxno=101445

Confidential

以線掃相機+自動對焦光學模組拍攝晶圓



10個近期應用熱點

半導體
Micro bump

非半導體產業
Mini LED

非半導體產業
Micro LED

半導體
RDL
重分佈層

半導體
HBM堆疊

非半導體產業
PCB塗層

半導體
晶圓
全掃描

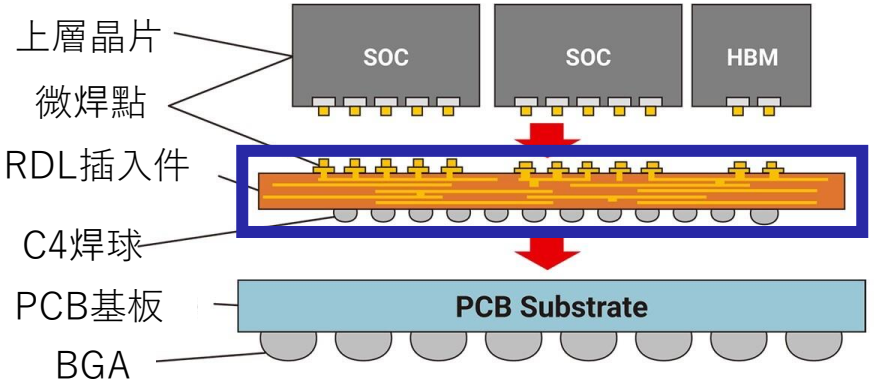
低照度檢測

Confidential

檢測應用7：RDL插入件

為什麼需要檢測？

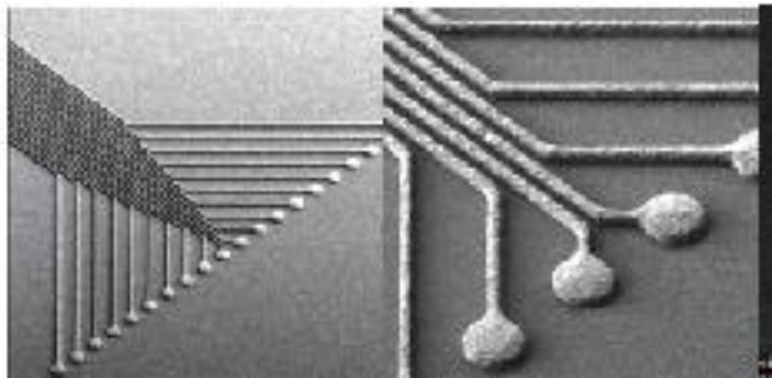
- RDL層上嵌入許多昂貴的晶片
- RDL線路圖案缺失，會導致晶片缺陷



RDL：重分佈層

挑戰

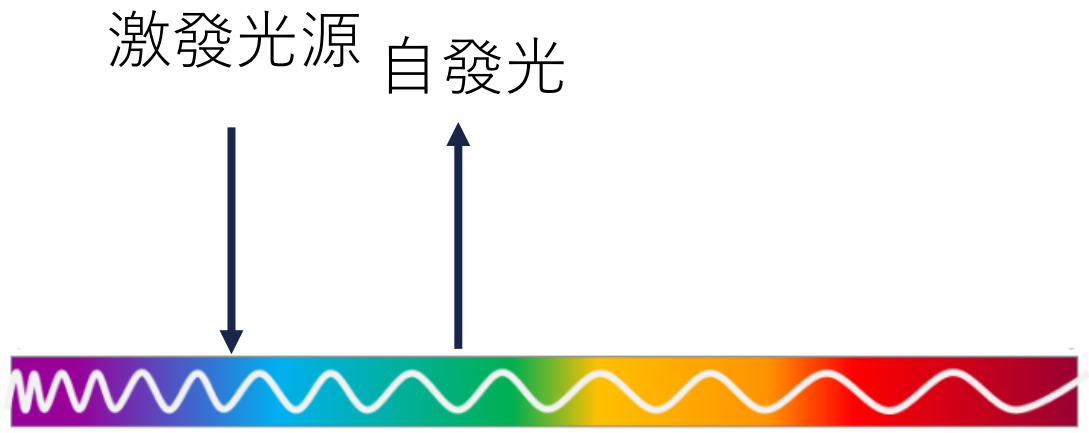
- 高精度：RDL的線路圖案比IC基板上的圖案精度更高
  - IC基板：線之間的間距＝9μm⇔ RDL：線之間的間距＝2μm
- 大尺寸：一次拍攝無法覆蓋整個視野
  - FOV：通常大於等於40mm x 40mm
- 超高速：先進封裝應用中，1顆缺陷晶片的成本非常高，因此需要進行100%全檢，而不是隨機抽檢
- 螢光檢測：光致發光技術
  - 需要能夠捕捉亮度極低的微光

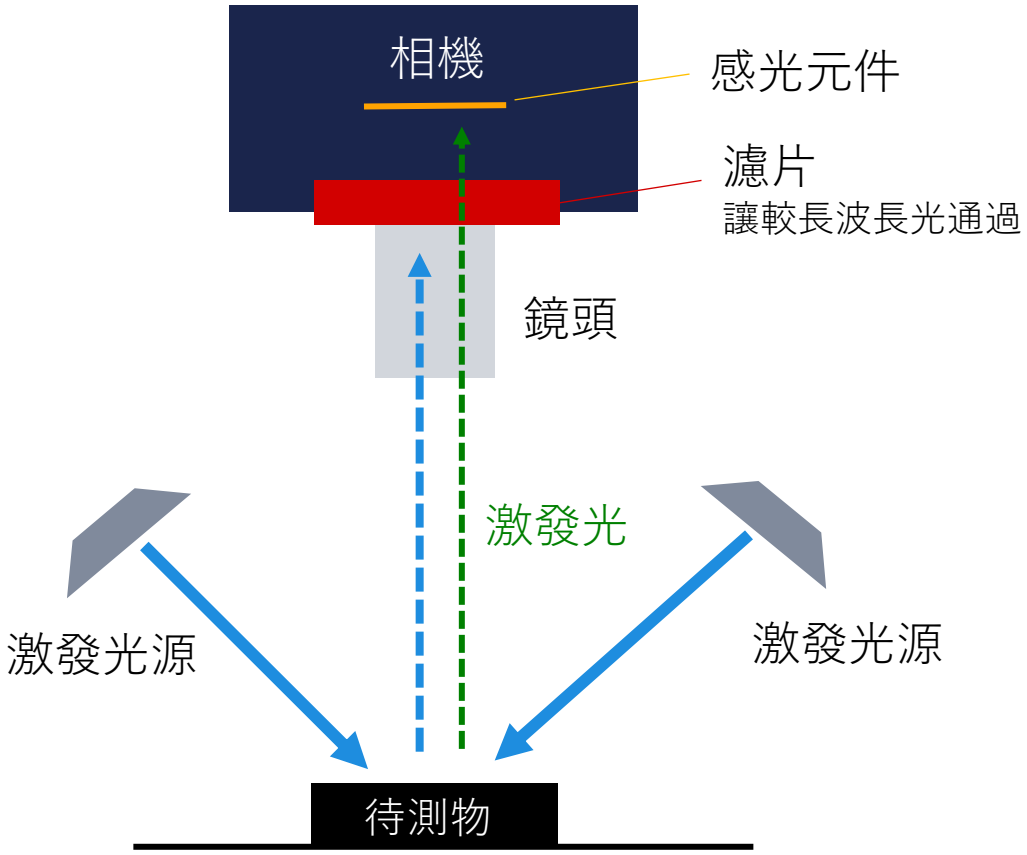


Reference: Ding et al. (2013). Polymer-based fine pitch Cu RDL to enable cost-effective re-routing for 2.5D interposer and 3D-IC. *Engineering, Materials Science.*

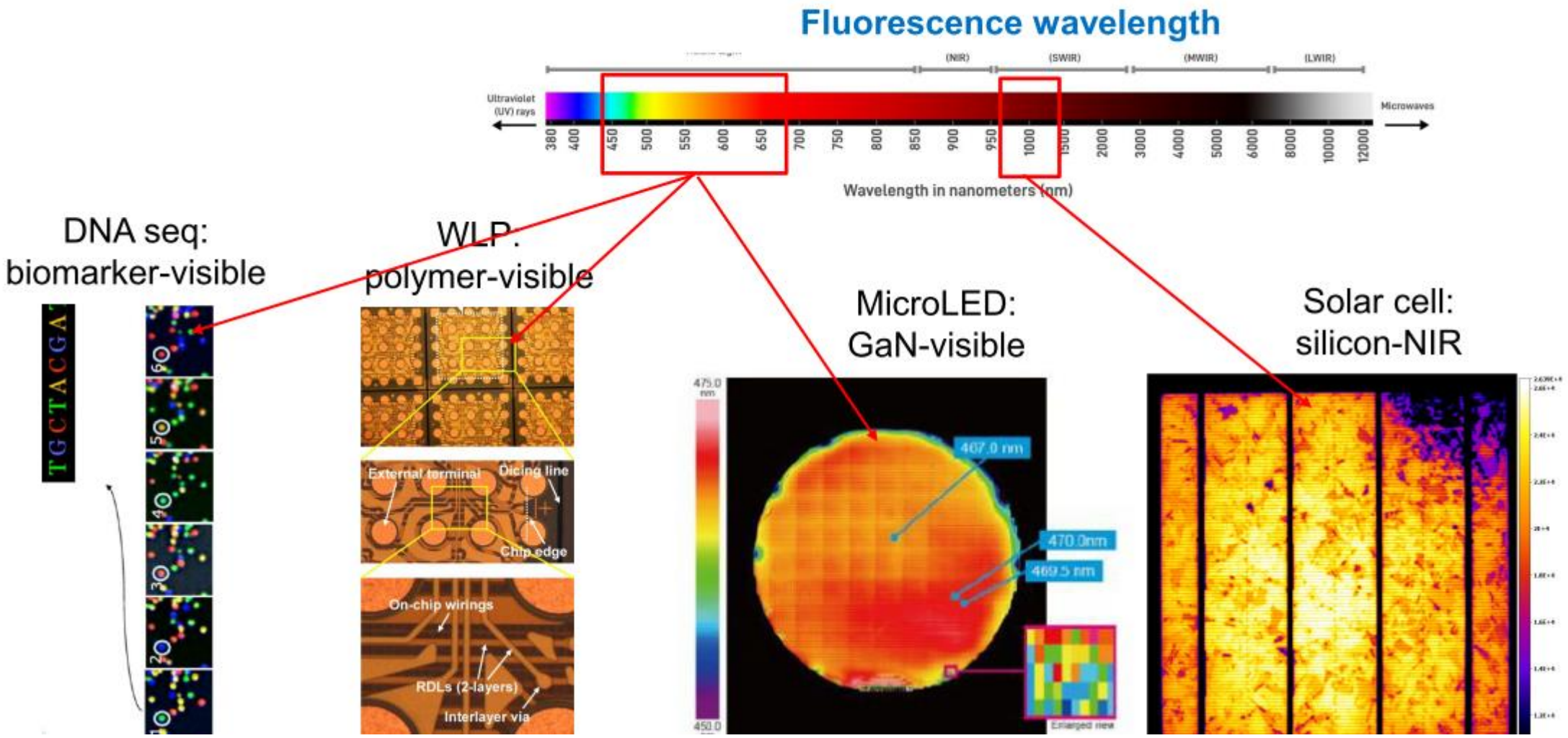
Confidential

低照度應用範例：Photoluminescence光致發光(PL)





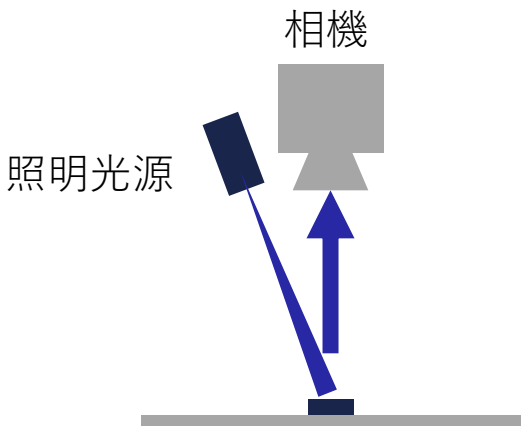
Photoluminescence光致發光

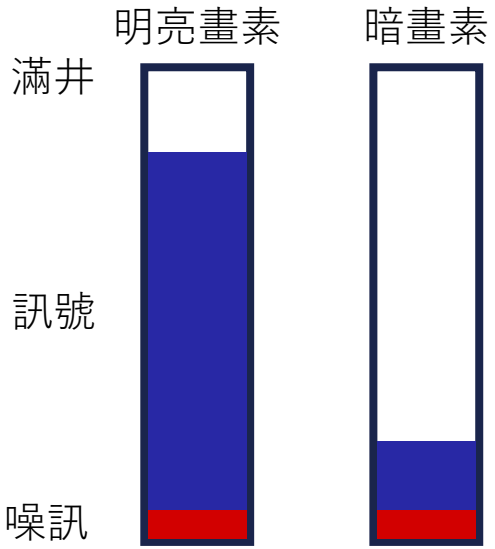


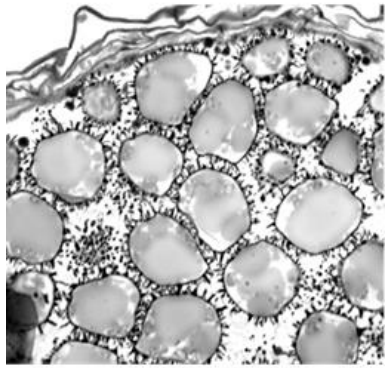
Confidential

在低照度應用裡的噪訊問題

標準照度

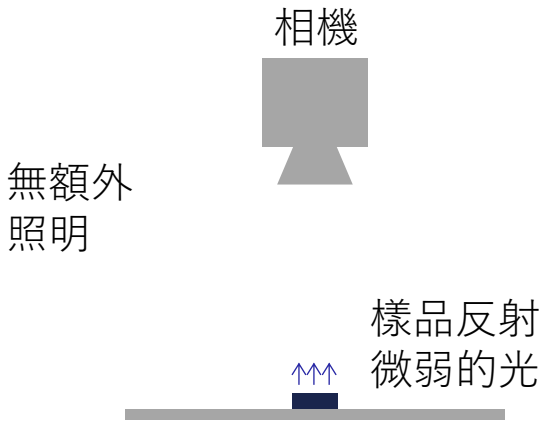


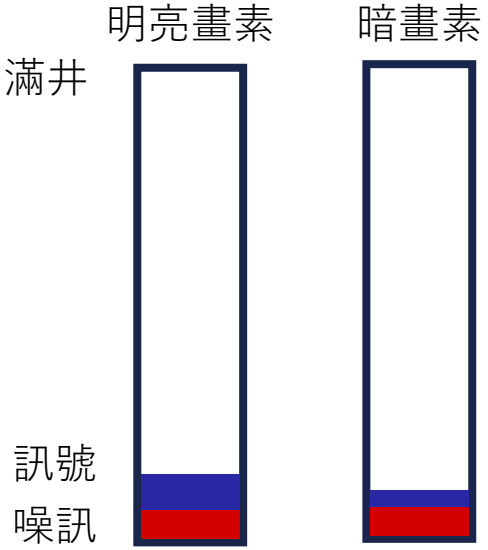


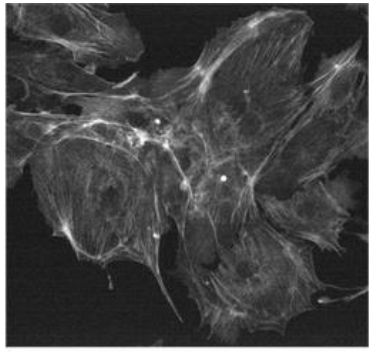


因為有照明，能夠收集到足夠的訊號，訊噪比表現佳

低照度





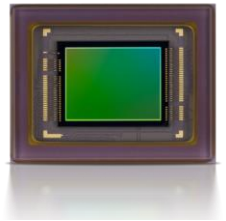


低亮度下,訊噪比差

低噪訊
高響應度
十分重要

什麼是科學sCMOS (Scientific CMOS)?

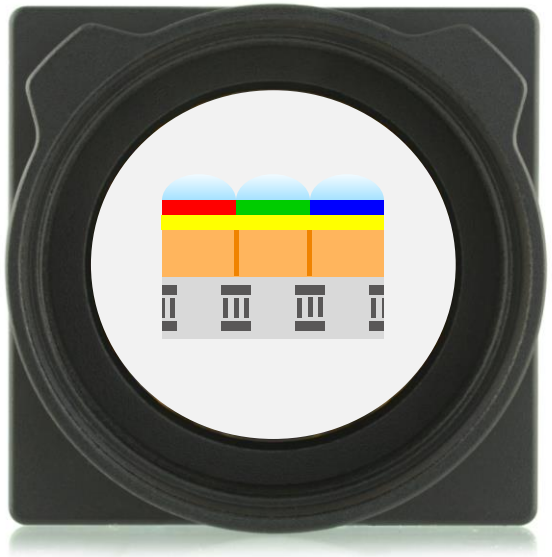
專門針對低照度應用場合設計的特殊高性能CMOS感測器

工業用 CMOS	科學用sCMOS (Kinetix)	
		
畫素尺寸: 3-5μm	畫素尺寸: 6.5μm	大
QE量子效率: 70-80%	QE量子效率: 96%	高
讀取噪訊: 2-10 e-	讀取噪訊: 0.7 e-	低

使用sCMOS的科研相機

線掃相機：4個感光元件關鍵技術

背照式設計

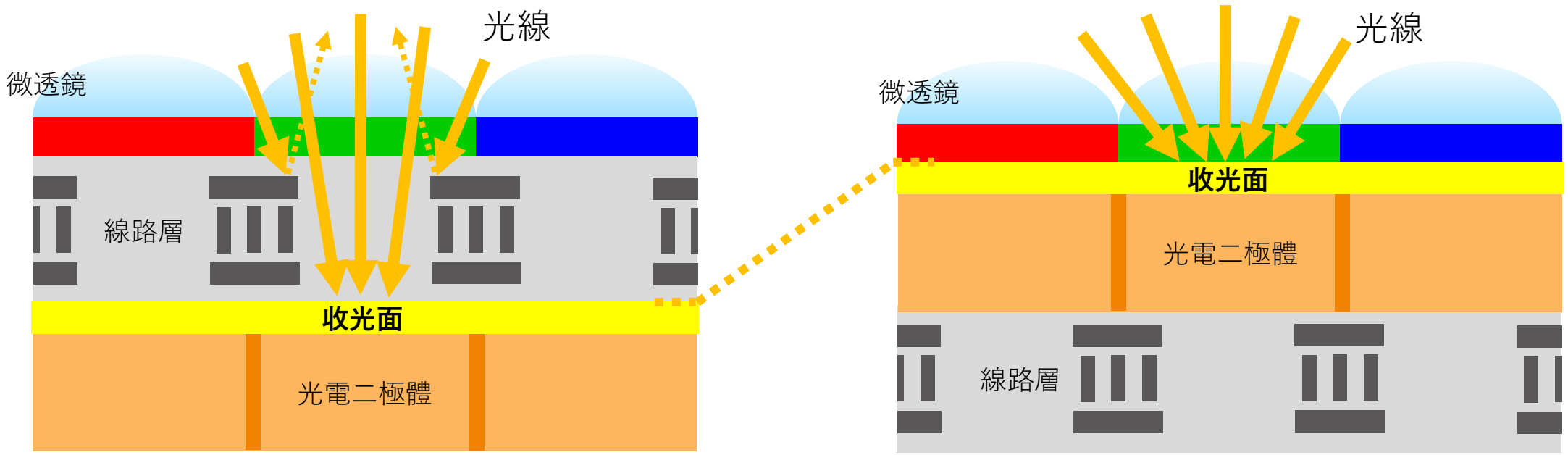


© LINX Corporation

關鍵技術：BSI（Back Side Illumination，背照式設計）

FSI：Front Side Illumination前照式設計

BSI：Back Side Illumination背照式設計



透過改變線路層位置，讓光電二極體有更好的光線接收

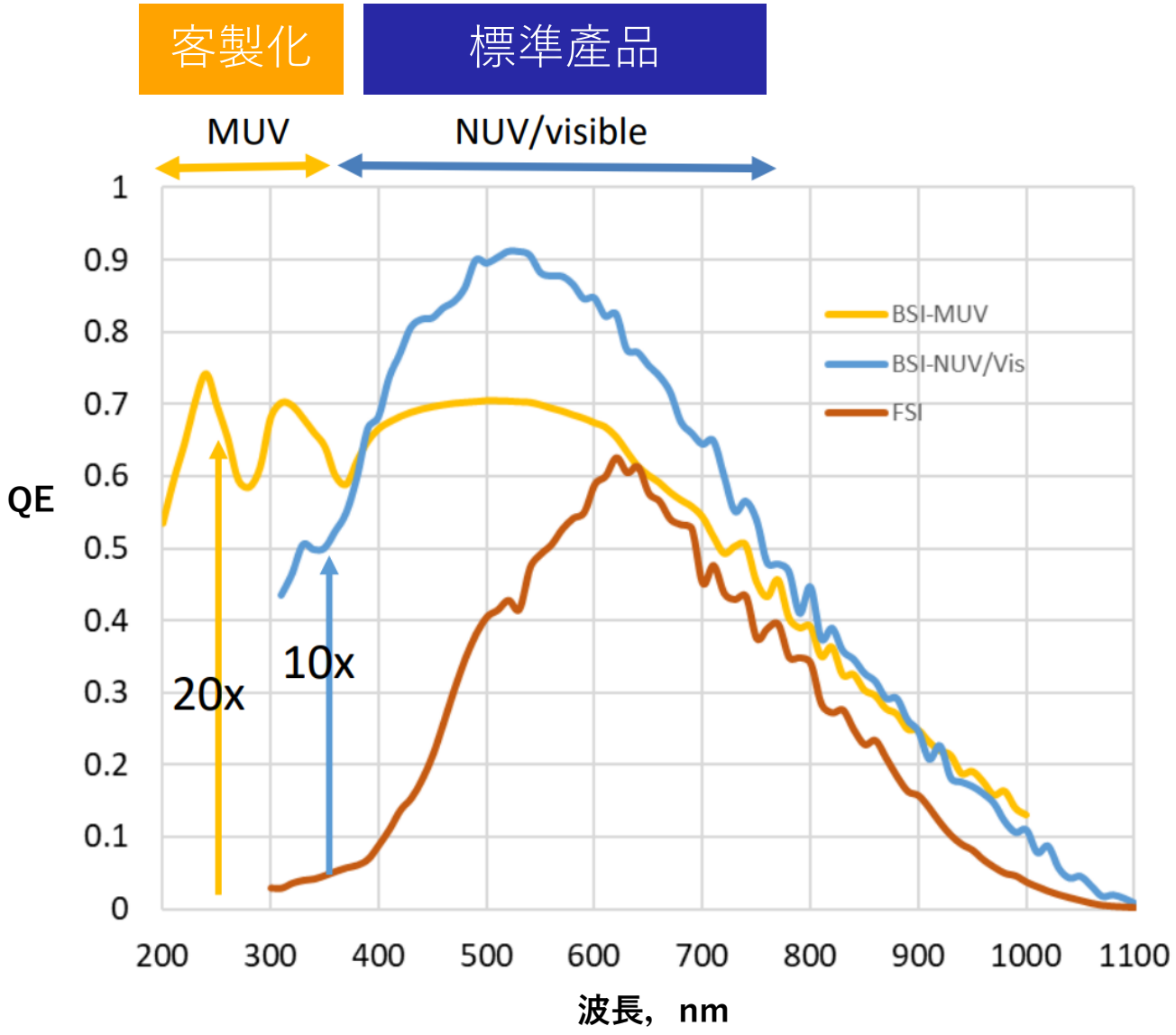
© LINX Corporation

Linea HS 16K BSI式線掃相機

以背照式設計改善量子效率

×

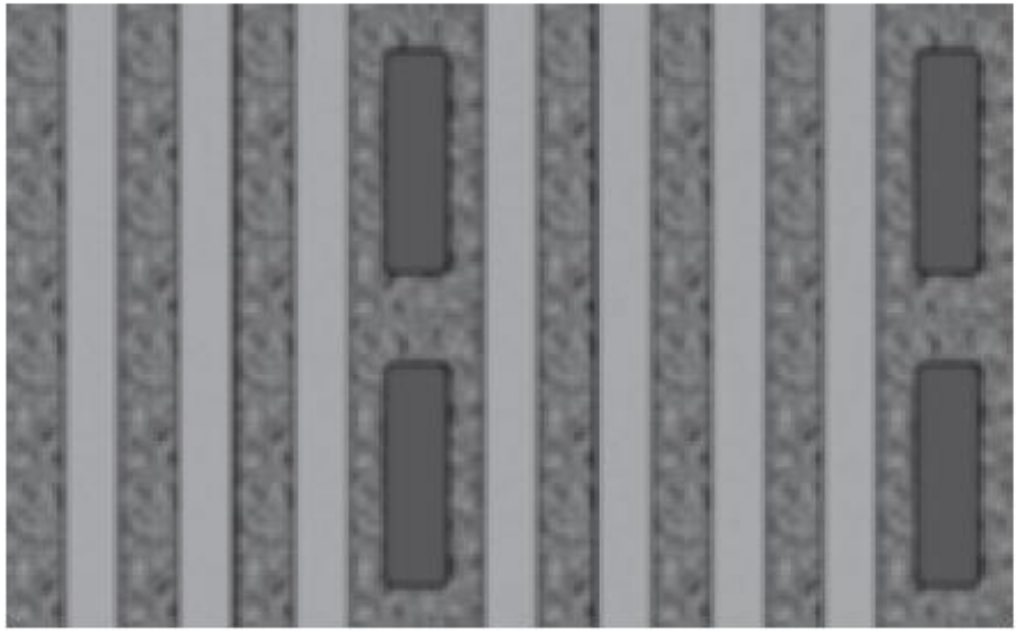
新設計
改善UV紫外線端的QE量子效率



Confidential

光致發光的應用

一般光源拍攝RDL線路



螢光顯微方式拍攝RDL線路

10個近期應用熱點

半導體
Micro bump

非半導體產業
Mini LED

非半導體產業
Micro LED

半導體
RDL
重分佈層

非半導體產業
智慧手機
鏡頭

半導體
HBM堆疊

非半導體產業
PCB塗層

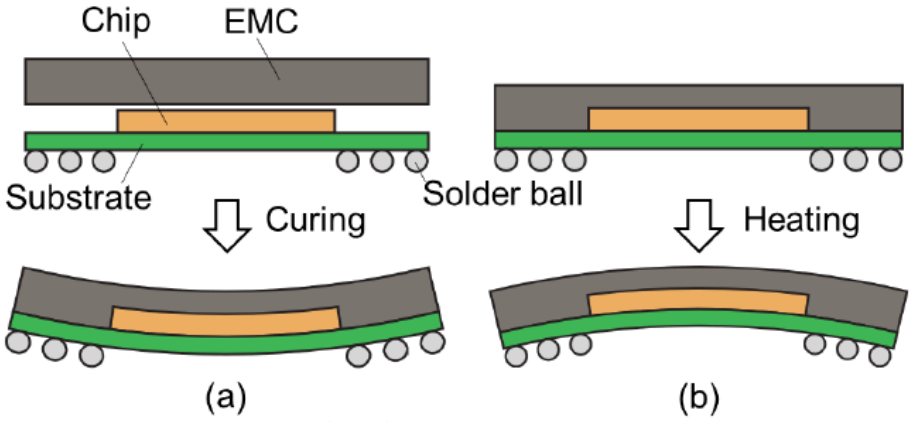
半導體
晶圓

半導體
TGV
(Through Glass Via)

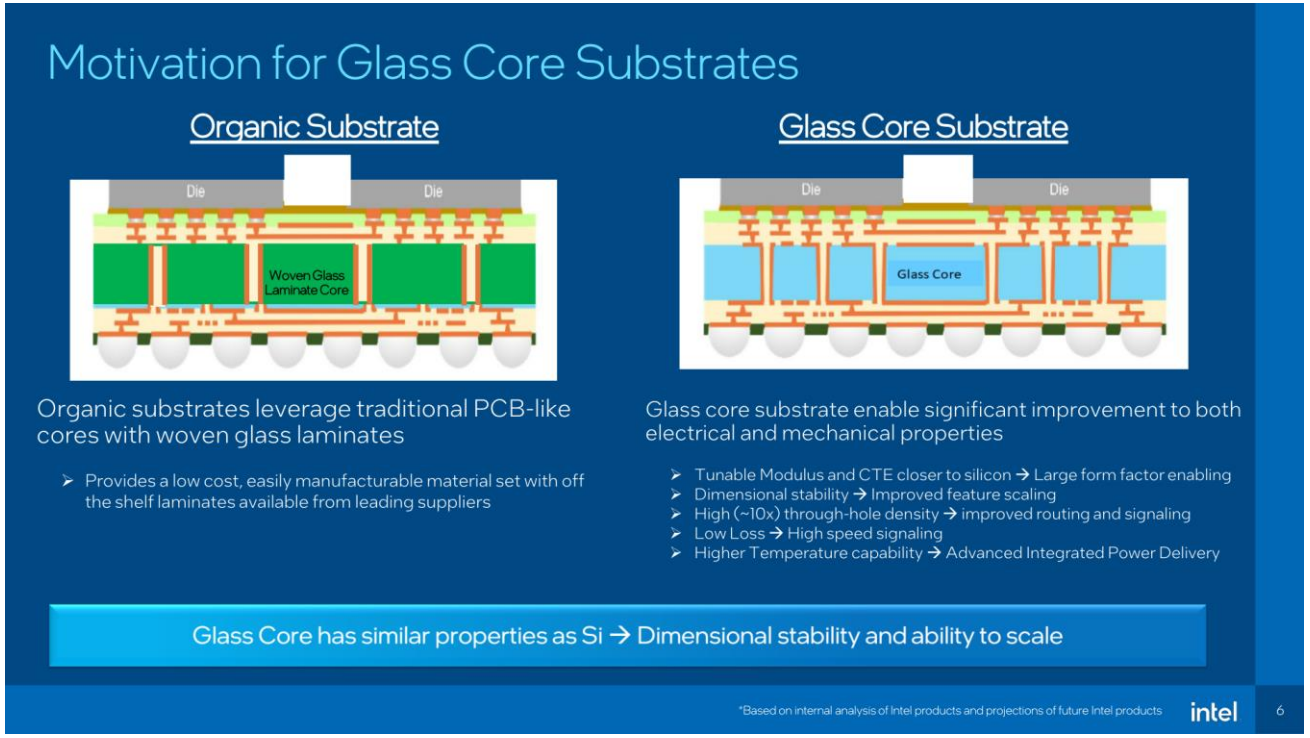
景深議題

Confidential

下一世代的基板：從有機到玻璃



Reference: Phansalkar et al., (2022). Effect of critical properties of epoxy molding compound on warpage prediction: A critical review. *Microelectronics Reliability*, Vol.30, 2022.



Reference: https://www.eettaiwan.com/20240527nt61-understand-glass-substrates/

Confidential

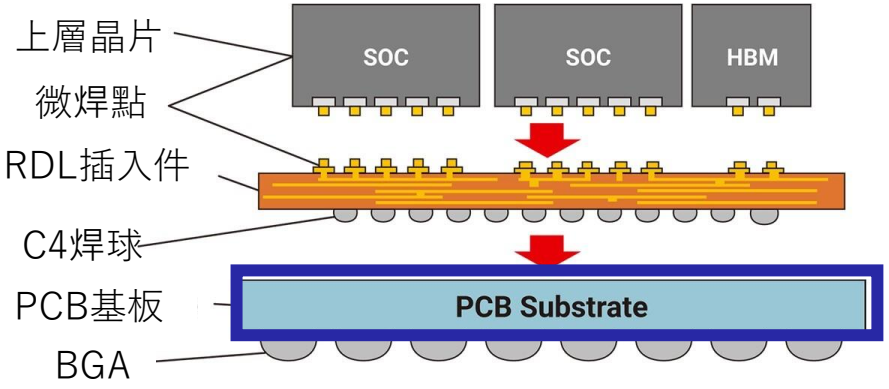
檢測應用8：TGV

為什麼需要檢測？

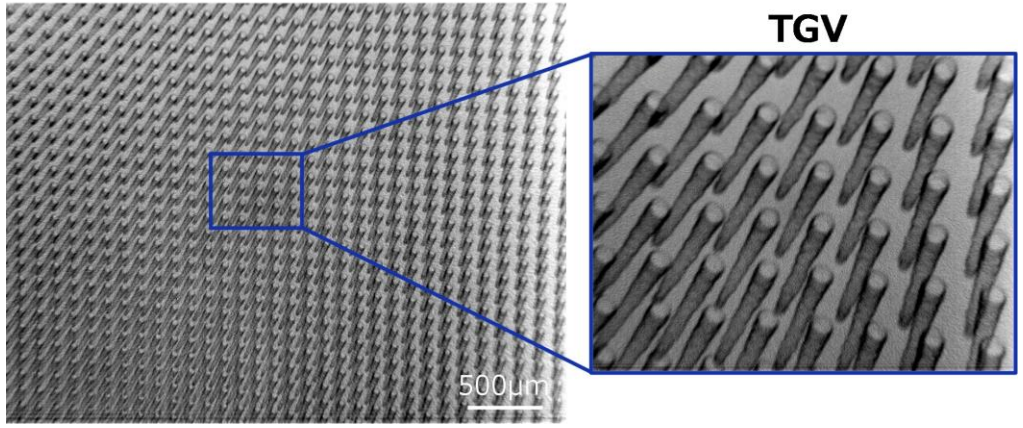
- 基板是封裝的基礎
- 玻璃通孔的缺陷會導致BGA的斷接

挑戰

- 小尺寸：玻璃通孔的直徑通常小於100μm
- 3大測量點：通孔頂部、底部，以及通孔周長
- 只能進行非破壞性檢測

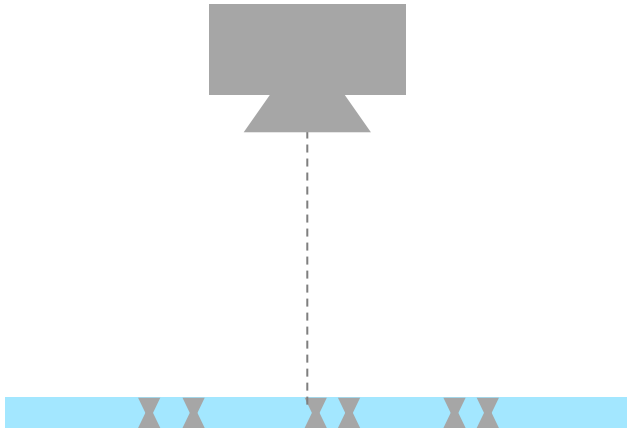


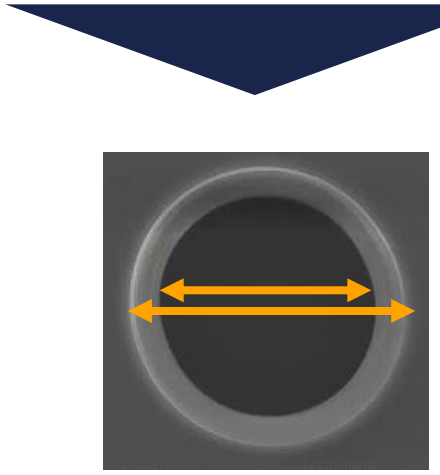
RDL：重分佈層

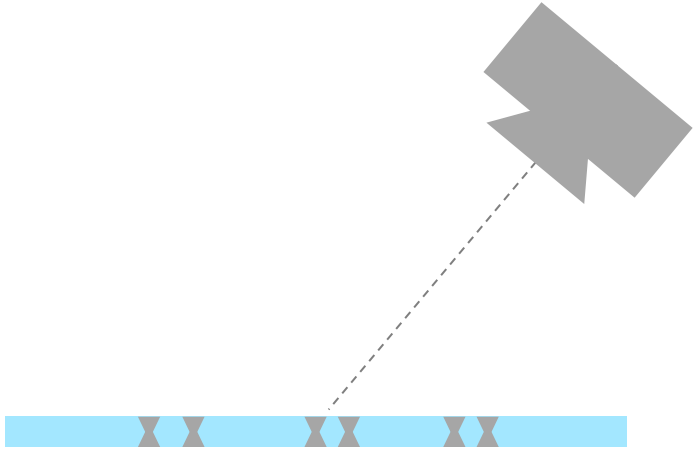


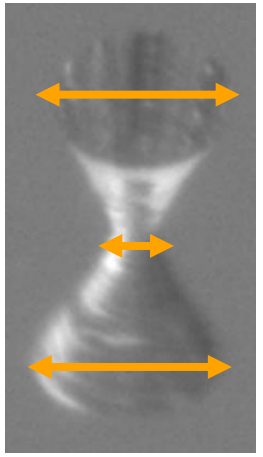
Reference: https://www.businesswire.com/news/home/20230314005575/zh-HK/

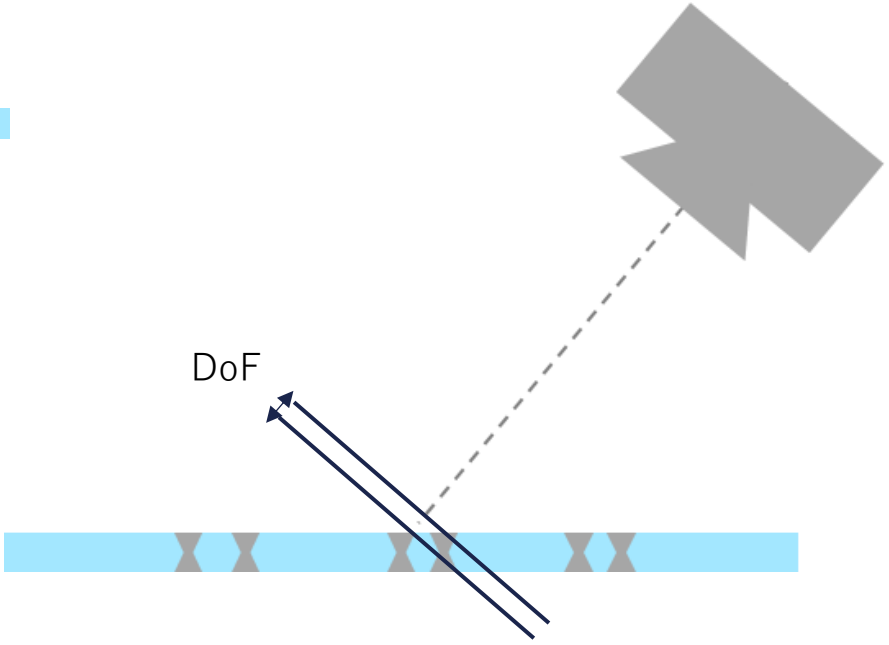
如何拍攝TGV影像？











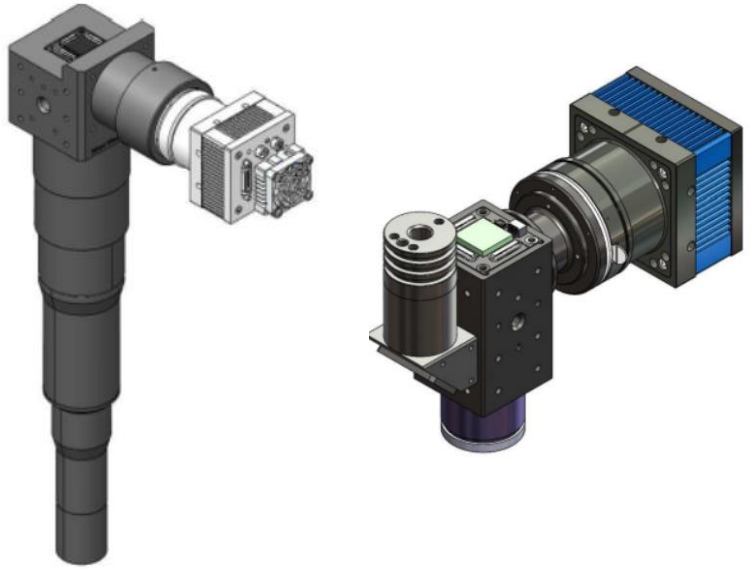
景深是最大挑戰

「景深擴展」的最新技術

Wise Topo

可以安裝在既有的顯微鏡上
(5百萬畫素, C-mount)

Wise Scope



相機：可選擇
放大倍率：可達50倍
C-mount / F-mount

© LINX Corporation

檢測應用9：智慧手機鏡頭

為什麼需要檢測？

- 每支智慧型手機的相機數量增加，導致鏡頭的數量也隨之成長
- 每個鏡頭模組中都包含多層鏡頭，且每一層鏡頭都必須經過檢測

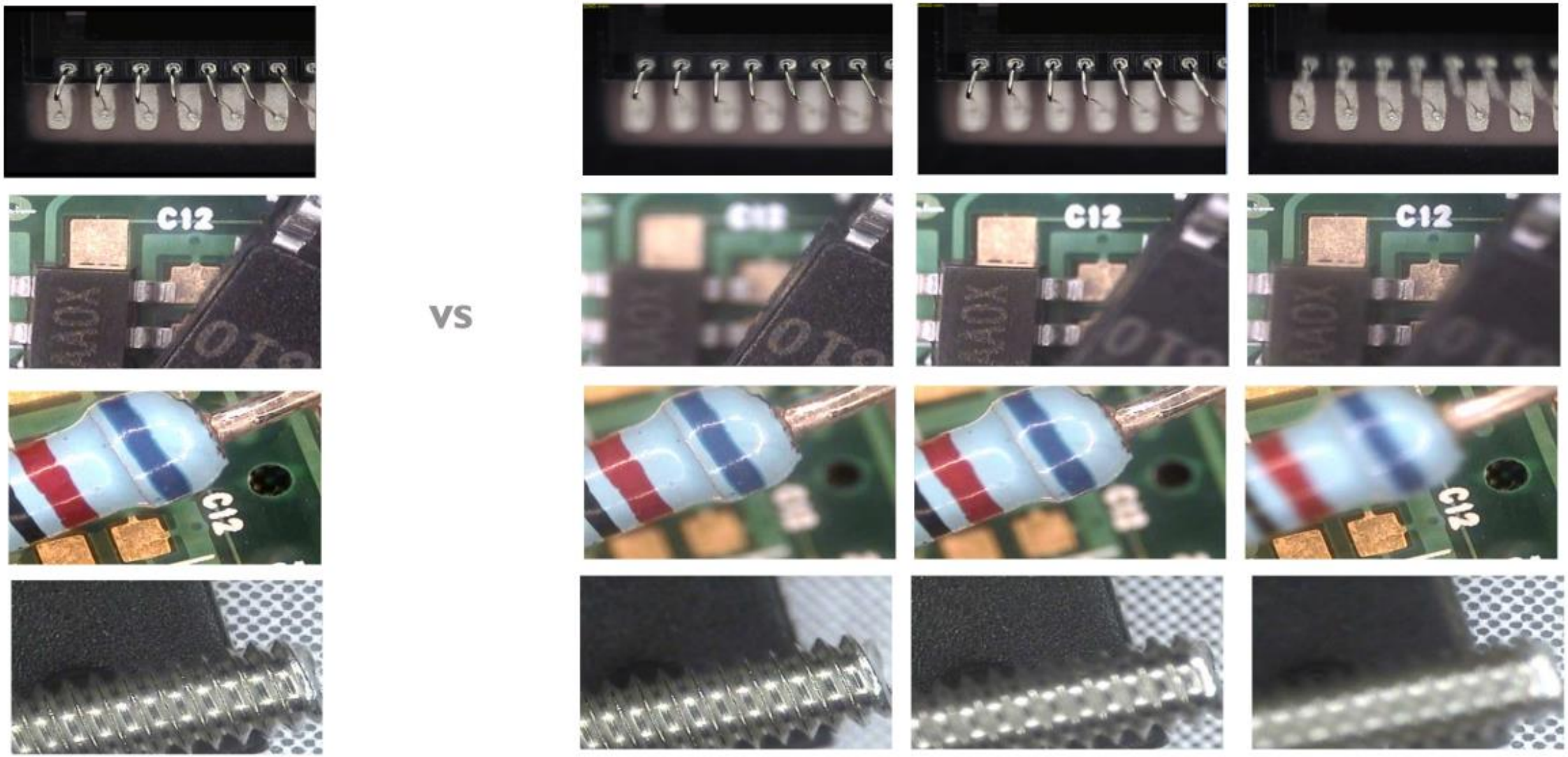
挑戰

- 多層待測物：顯微鏡的景深不足以掃描多層鏡頭
- 檢測速度：Z軸移動需要更久時間，才能掃描多層待測物

Reference: SONY.

Confidential

景深擴展的其他應用案例



10個近期應用熱點

半導體
Micro bump

非半導體產業
Mini LED

非半導體產業
Micro LED

半導體
RDL
重分佈層

非半導體產業
智慧手機
鏡頭

半導體
HBM堆疊

非半導體產業
PCB塗層

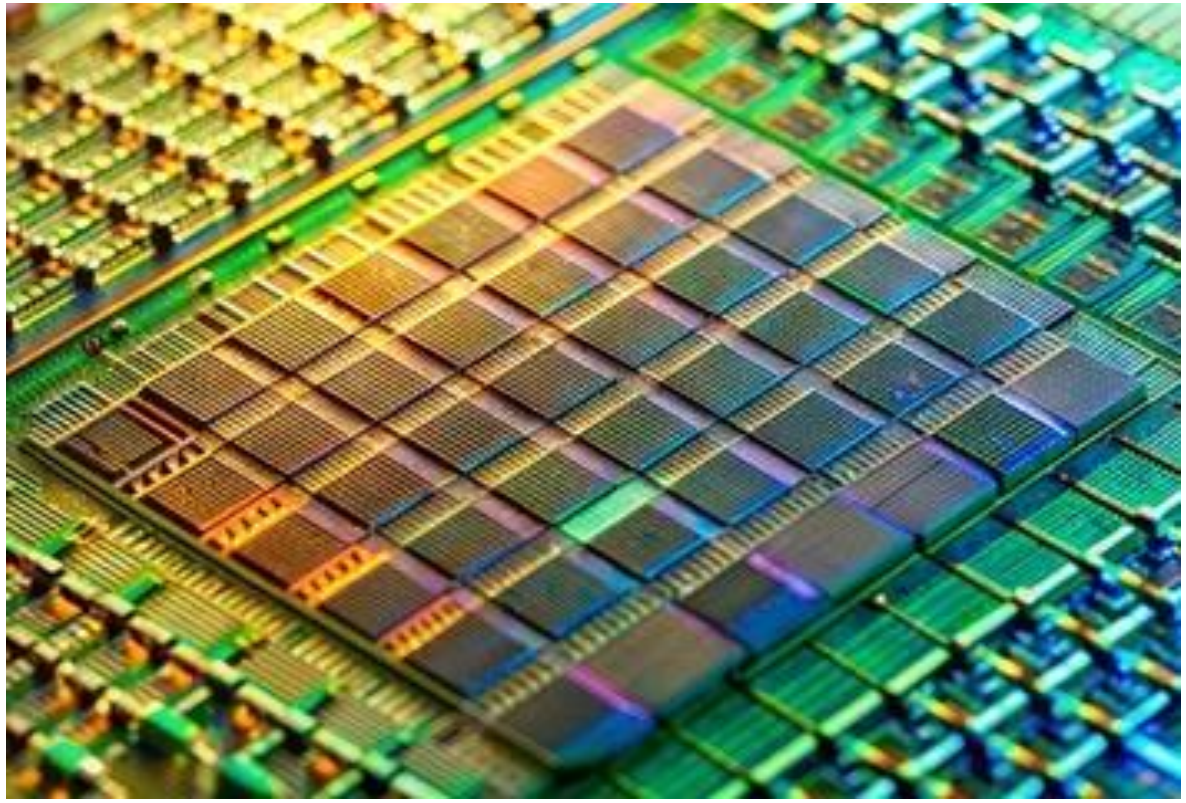
半導體
晶圓
全掃描

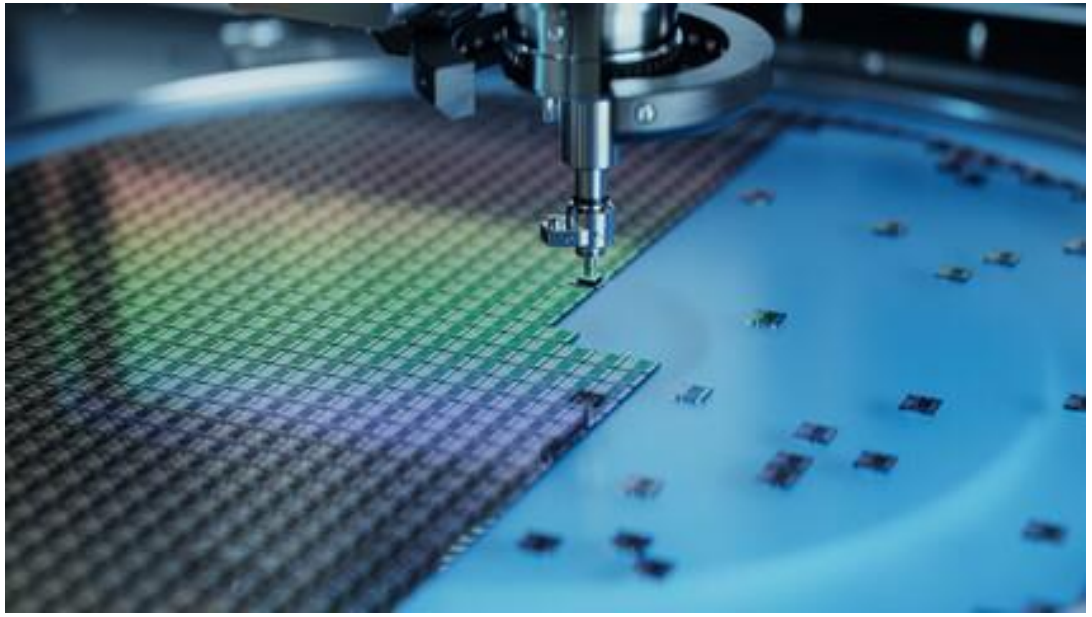
半導體
TGV
(Through Glass Via)

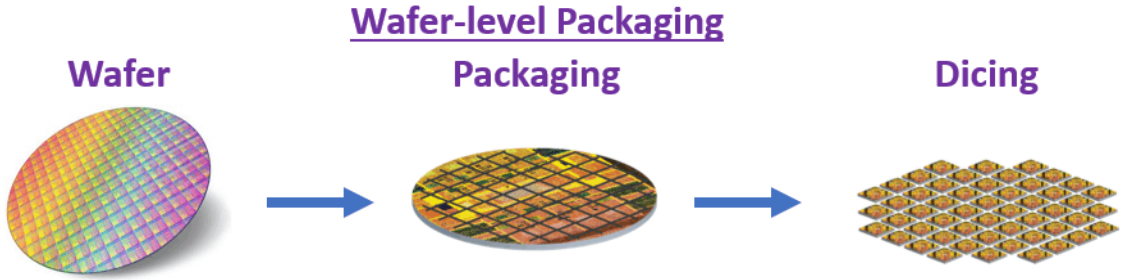
半導體
一般
封裝檢測

© LINX Corporation

檢測應用10：一般封裝檢測







Reference: https://www.linkedin.com/pulse/in-depth-analysis-wafer-level-packaging-market-size-share-rahul-kaur-unapf/

關鍵零組件三大熱門技術

面陣相機推出正方形影像感光元件

SONY SWIR InGaAs影像感光元件

適用於有限空間應用的CIS

© LINX Corporation

關鍵零組件三大熱門技術

面陣相機推出正方形影像感光元件

SONY SWIR InGaAs影像感光元件

適用於有限空間應用的CIS

© LINX Corporation

Confidential

正方形CMOS感光元件的產品線，正在逐步擴展

2019 → 2022 → 2022 → **2024**

GMAX0505	Emerald 37M	Emerald 67M	DCS144M
25MP (5120 x 5120)	37MP (6144 x 6144)	67MP (8192 x 8192)	144MP (12000 x 12000)
2.5μm/pix	2.5μm/pix	2.5μm/pix	3.5μm/pix
Gpixel	TELEDYNE e2V Everywhereyoulook™	TELEDYNE e2V Everywhereyoulook™	SYNCRON

Confidential

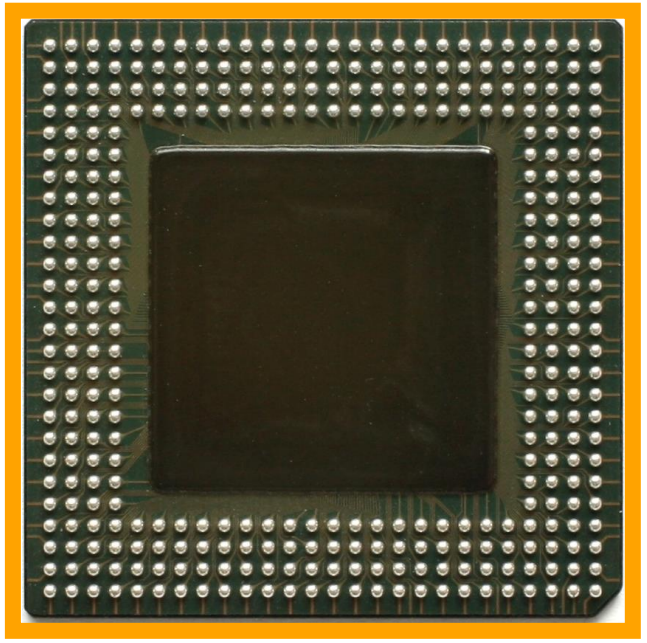
正方形感光元件在半導體產業中的優勢

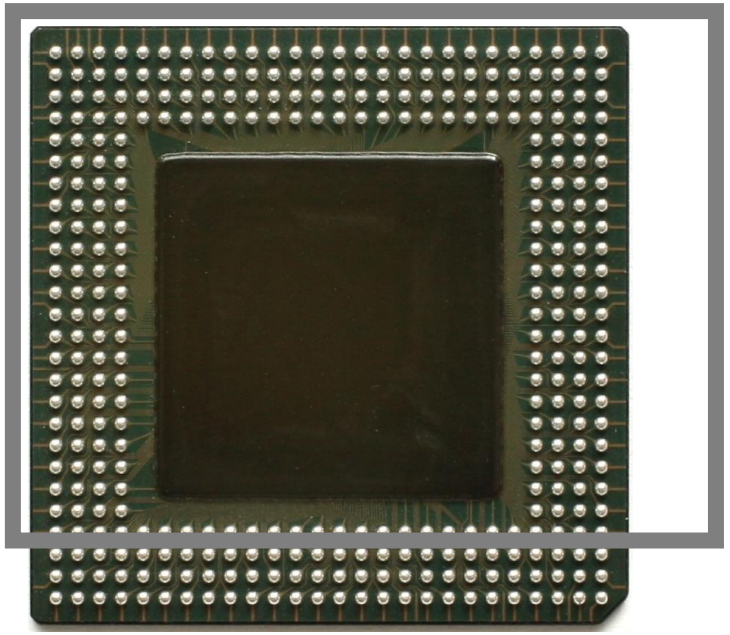
Emerald 67M
67MP (8192 x 8192)
2.5µm/pix

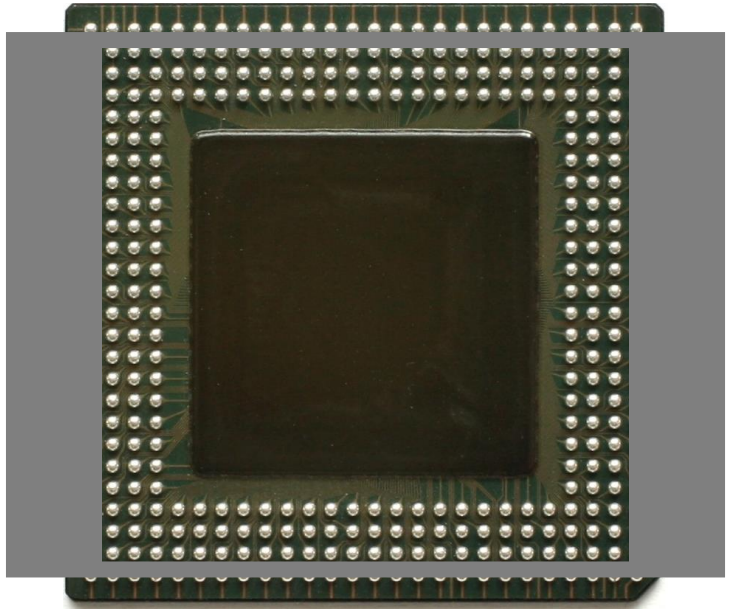
GMAX 3265

GMAX 3265 with ROI
49MP (7000 x 7000)
3.2µm/pix

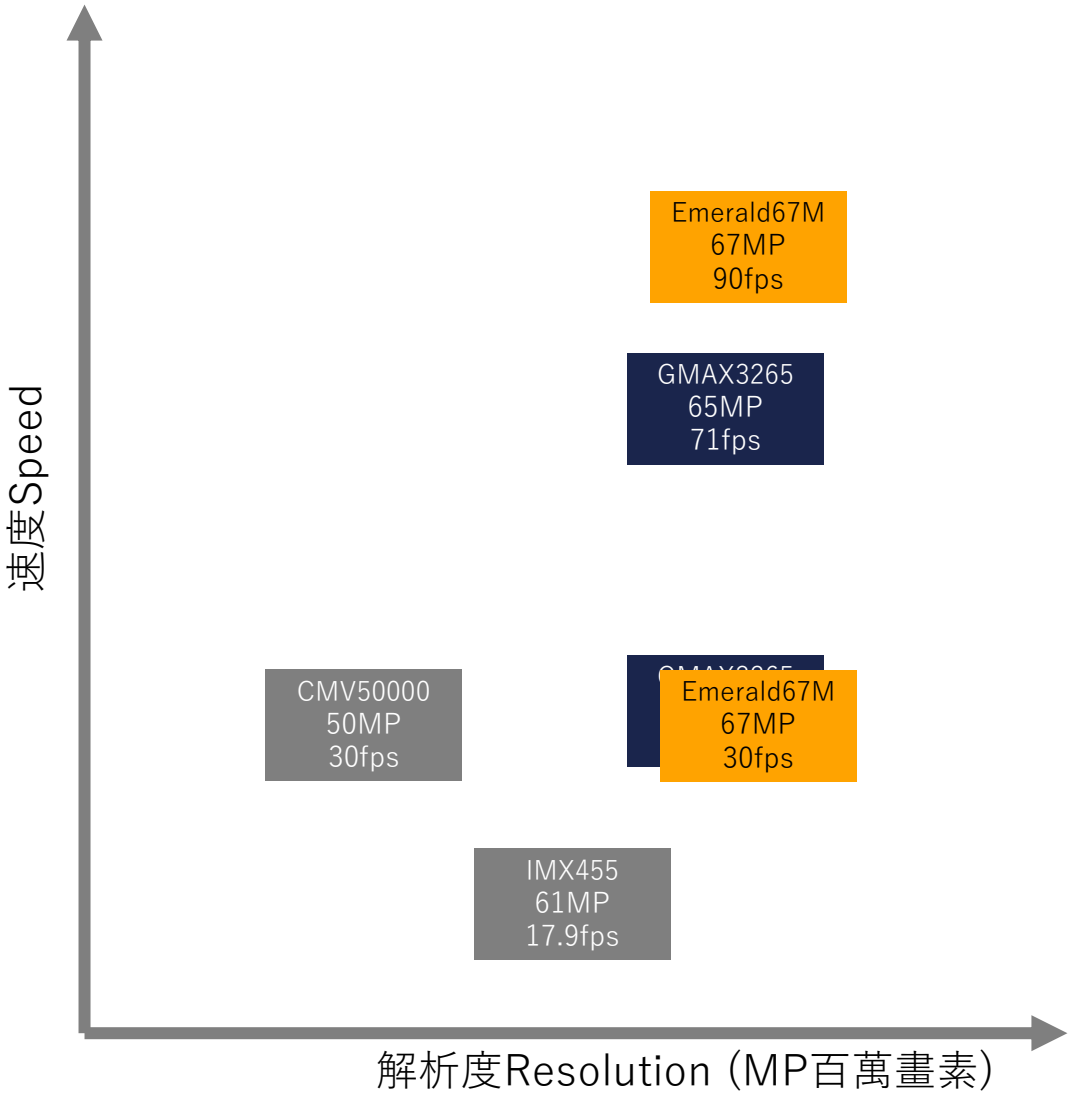
37%

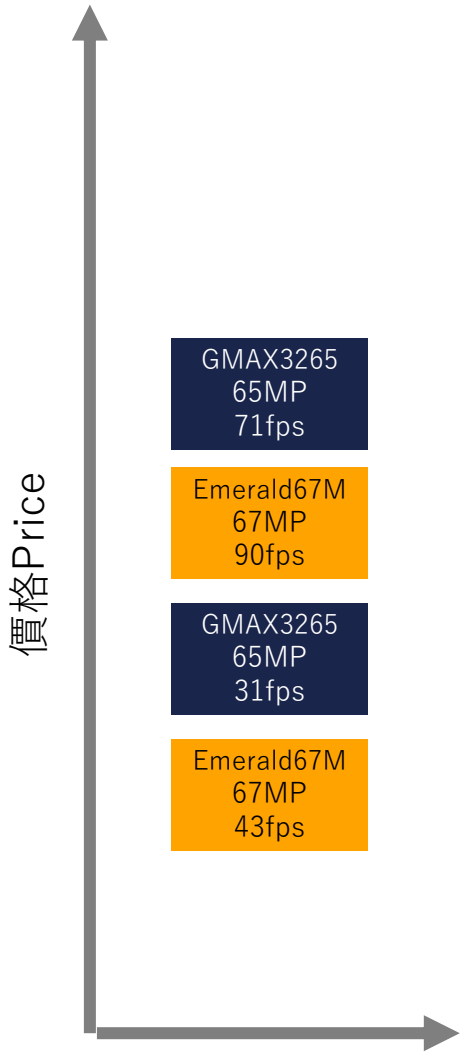






中上等級的感光元件





Emerald 67MP / E2V

- 有競爭力的價格
- 正方形感測器(8192 x 8192 pix)
- 小的感測器尺寸 APS-C(29mm)

GMAX3265 / Gpixel

- 愈來愈受歡迎
- 矩形感測器(9344 x 7000)
- 較大的畫素尺寸(3.2μm)

© LINX Corporation

關鍵零組件三大熱門技術

面陣相機推出正方形影像感光元件

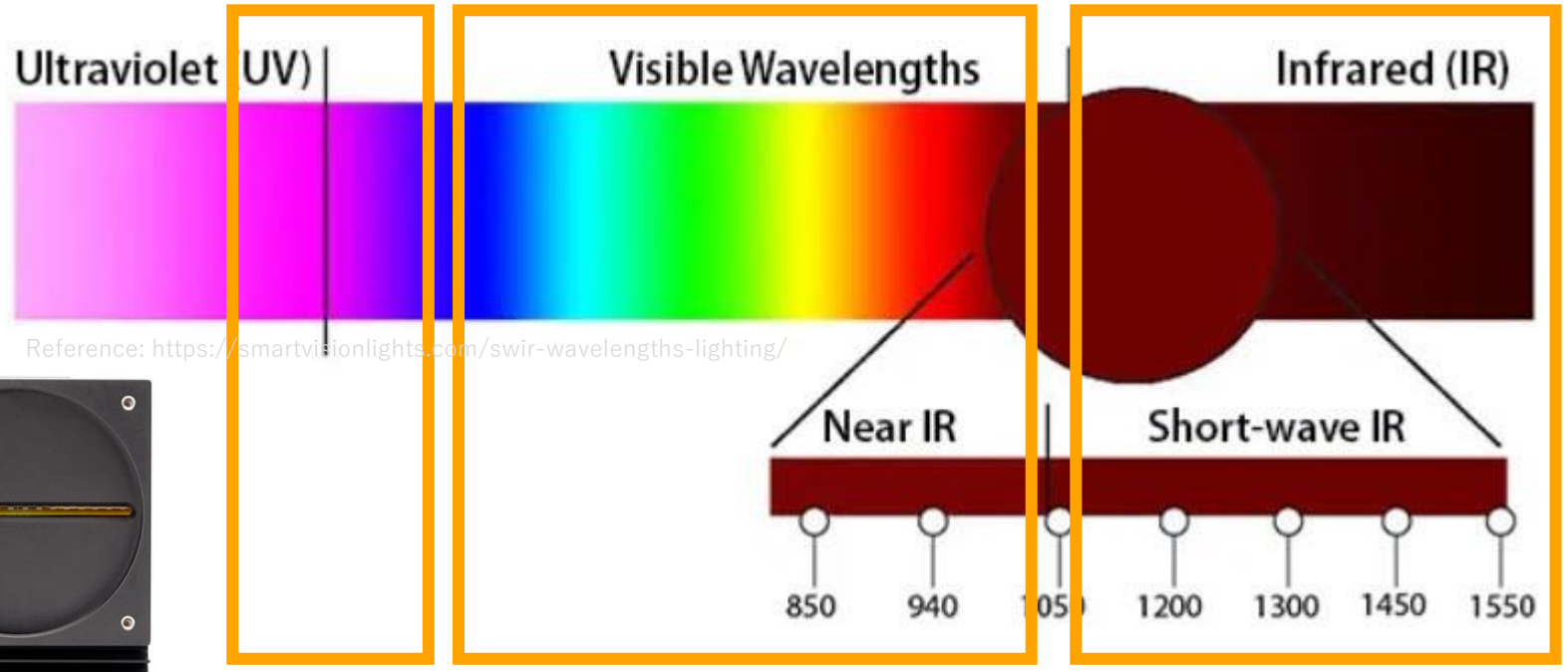
SONY SWIR InGaAs影像感光元件

適用於有限空間應用的CIS

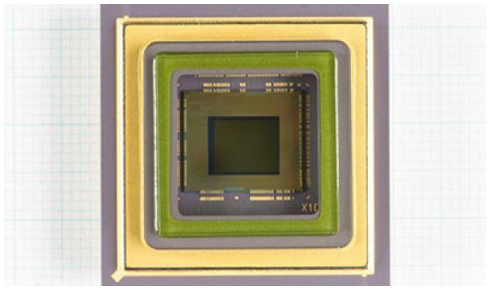
© LINX Corporation

Confidential

多波長



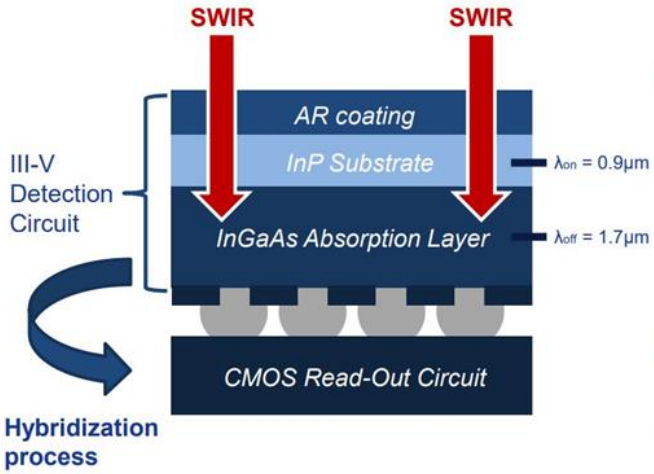
Reference: https://smartvisionlights.com/swir-wavelengths-lighting/



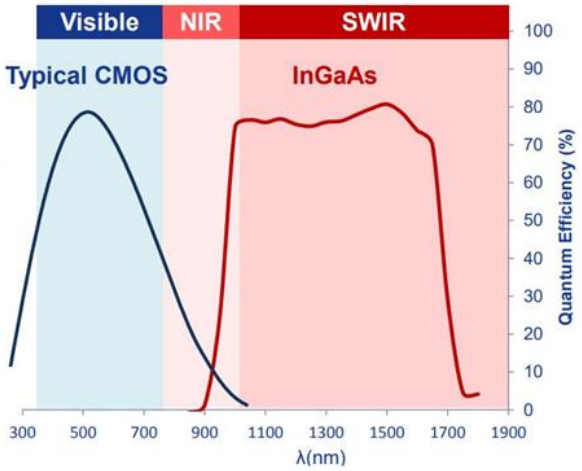
InGaAs Sensor
SONY SenSWIR

Linea HS
背照式線掃相機

標準型
矽感測器

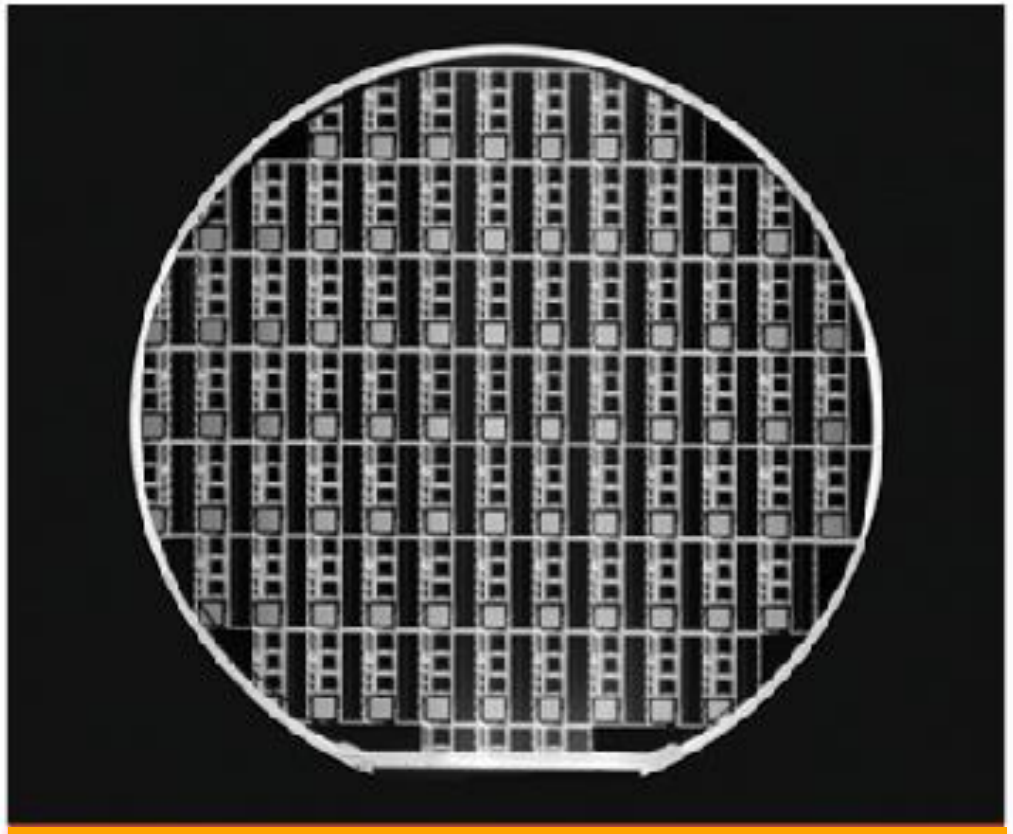


Reference: SOFRADIR.



SWIR應用案例

可見光



SWIR

1100nm波長下，利用矽可穿透的特性使內部圖案可見

Reference: https://www.hamamatsu.com/jp/ja/product/cameras/ingaas-cameras/imaging-examples/index.html

SONY擴充SWIR感測器產品線

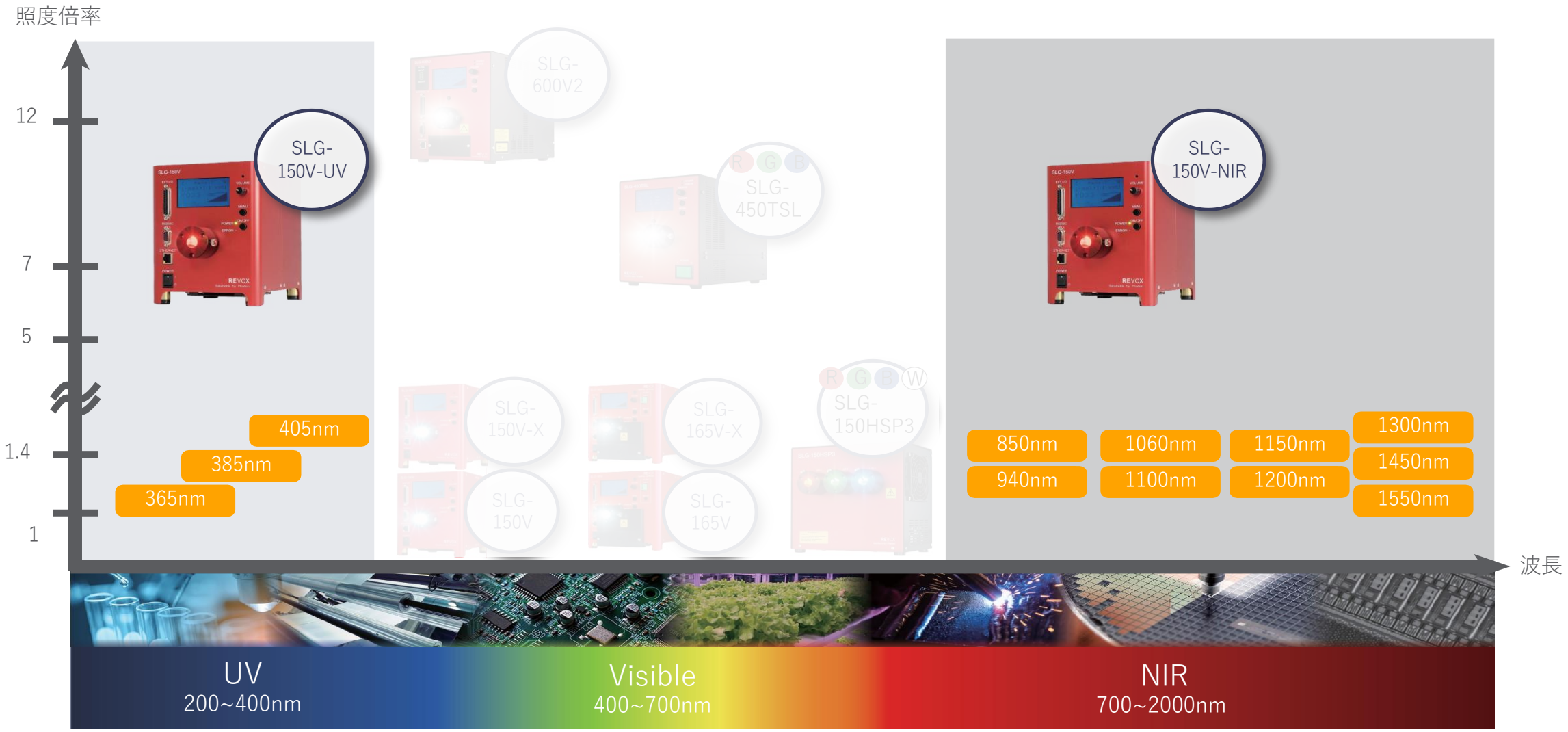
SONY SenSWIR

	IMX991	0.34MP
	IMX990	1.3MP
New	IMX993	**3.2MP**
New	IMX992	**5.3MP**

		GigE	USB3	5GigE	CL	CXP
0.3MP	標準機種	○	○	-	○	○
	致冷機種	○	○	-	○	○
1.3MP	標準機種	○	○	-	○	○
	致冷機種	○	○	-	○	○
3.2MP	標準機種	-	○	○	-	○
	致冷機種	-	-	○	-	○
5.3MP	標準機種	-	○	○	-	○
	致冷機種	-	-	○	-	○

© LINX Corporation

LED光箱産品線


照度倍率
12
7
5
1.4
1
SLG-150V-UV
405nm
385nm
365nm
SLG-600V2
SLG-450TSL
SLG-150V-X
SLG-165V-X
SLG-150HSP3
SLG-150V
SLG-165V
SLG-150V-NIR
850nm
940nm
1060nm
1100nm
1150nm
1200nm
1300nm
1450nm
1550nm
波長
UV
200~400nm
Visible
400~700nm
NIR
700~2000nm

關鍵零組件三大熱門技術

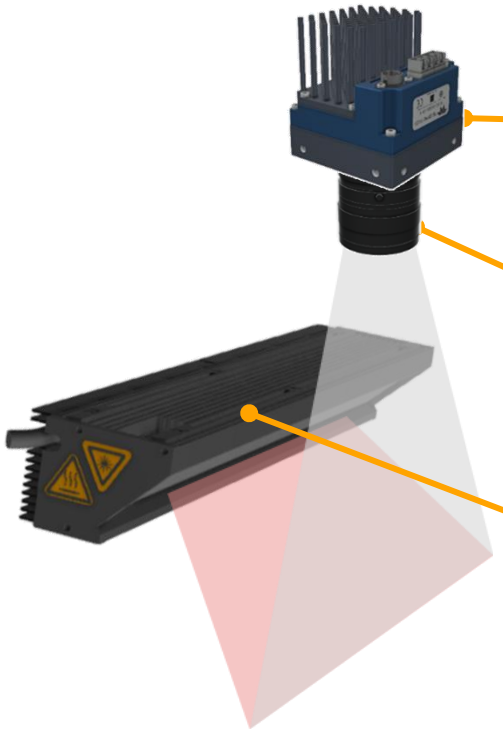
面陣相機推出正方形影像感光元件

SONY SWIR InGaAs影像感光元件

適用於有限空間應用的CIS

© LINX Corporation

CIS：Contact Image Sensor接觸式成像掃描器



線掃相機

鏡頭

光源

整合

CIS
Contact Image Sensor
接觸式成像掃描器

使得系統變簡單, 節省物理空間

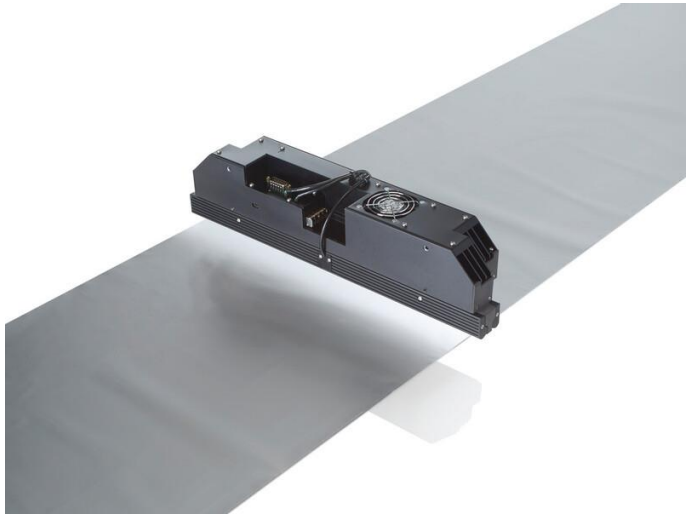
© LINX Corporation

CIS精度可達到10μm/pixel

傳統CIS

光譜：黑白
最大解析度（In dpi）：600dpi
每一像素解析度：42μm
掃描速度：40kHz

AxCIS系列



光譜：黑白/彩色
最大解析度（In dpi）：900dpi
每一像素解析度：28μm / 42μm / 56μm / 84μm
掃描速度：120/60kHz x 2（黑白）
60/50kHz x 3（彩色）

S-CIS系列

光譜：黑白
最大解析度（In dpi）：2540 dpi
每一像素解析度：10μm / 20μm
掃描速度：150kHz

© LINX Corporation

10個近期應用熱點

半導體
Micro bump

非半導體產業
Mini LED

非半導體產業
Micro LED

半導體
RDL
重分佈層

非半導體產業
智慧手機
鏡頭

半導體
HBM堆疊

非半導體產業
PCB塗層

半導體
晶圓
全掃描

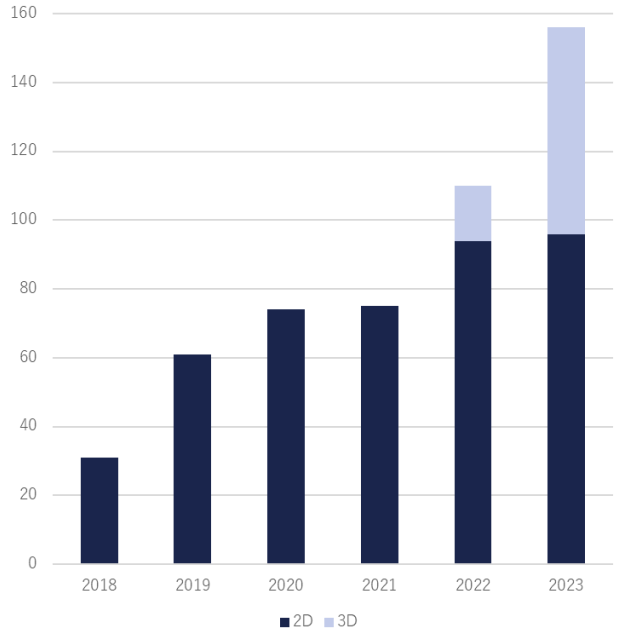
半導體
TGV
(Through Glass Via)

半導體
一般
封裝檢測

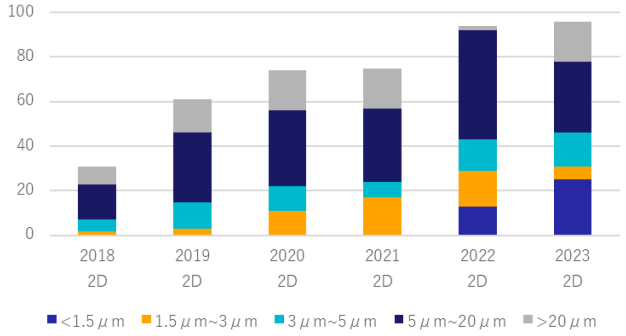
© LINX Corporation

總結

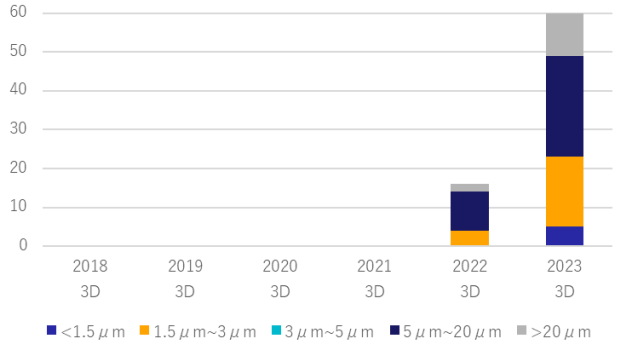
Total number of evaluations



2D



3D



市場需求的變遷

半導體先進封裝

產品結構精密+複雜化

零組件科技的演進

光學系統

CMOS感光元件技術

LINX