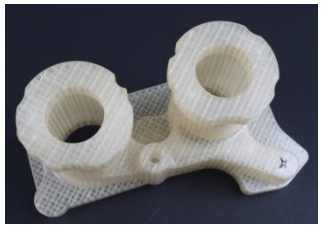
顱顏口腔課程
3D列印技術介紹

報告人:王宣文

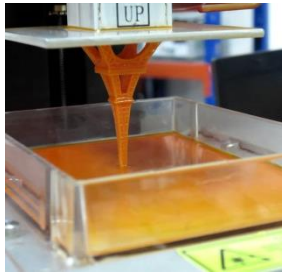
3D列印技術的演進過程(1)

Kodama博士在日本申請史上第一個RP技術專利申請。	80
Charles W. Hull以SLA技術申請成功，為史上第一個RP技術專利。	86
SLA-1技術發佈。	87
Carl Deckard發表SLS成型技術。	89
Stratasys公司發表FDM成型技術。	92

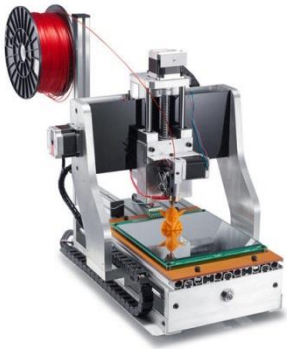
最早的3D列印技術出現於1980年代，當時被稱作為快速成形技術(Rapid Prototyping 簡稱RP)



在1986年，世界上第一個專利技術誕生，他在1983年研究出立體平板印刷技術SLA，並在數年後成立了3D Systems公司。



1987年Carl Deckard在美國申請選擇性激光燒結(Selective Laser Sintering 簡稱SLS)



1989年Scott Crump這位Stratasys公司的共同創辦人申請熔融沉積成型FDM，這項現在最廣泛流傳與入門應用的列印技術專利。

3D列印技術的演進過程(2)

00 MCP公司發表SLM成型技術。

此時技術與系統的建構仍然相當昂貴，所以大多集中在高附加價值產業、高度精密與工程領域，航空航太、汽車工業、醫療與珠寶等。

04 Bowyer博士發表RepRap體系3D列印概念，主打開源、自我複製。

2004年，Bowyer博士發表了RepRap 3D列印機概念。

07 史上第一台售價10000美金的3D列印機問市。

2007年市場上出現了第一款價格10000美金以下的3D列印系統，市場上的反應不佳，但確實在3D列印的發展史上標誌著一個轉折點。

09 第一台以RepRap概念為核心的3D列印機套件問市。

12 更多另類的3D列印原理與機型以入門導向方式進入市場。

FDM為列印原理的開源3D列印機體系在RepRap中開始萌芽並且開始獲得大眾注意。

Toy

Art Work

Medical Domain

Home Decoration

School Education

Architecture

3D列印技術分類

3D列印技術(Rapid Prototyping)分類

材料

- 固態
  - LOM (PLP)
- 半固態
  - FDM (PJP/PEP)
- 液態
  - SLA
  - DLP (FTI)
- 半液態
  - MJM
- 粉末
  - SLS/ SLM(DMLS) /EBM
  - 3DP/CJP

FDM(Fused Deposition Modeling)

LOM(Laminated Object Manufacturing)

SLA(Stereolithography)

DLP(Digital light processing)

MJM(Multi Jet Printing)

SLS (Selective Laser Sintering)

CJP(Color Jet Printer)

3D列印技術-LOM

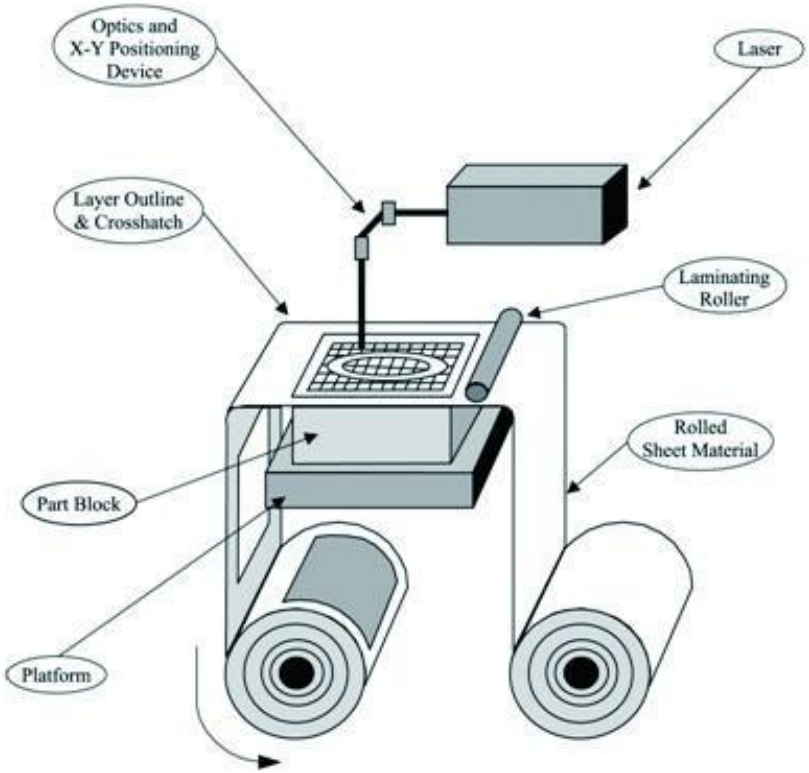
❖ LOM(Laminated Object Manufacturing，分層製造法)

- LOM的印製過程相當類似點陣式印表機的列印方式

- 原理

1. 利用雷射或刀具將塑料薄膜切成所需形狀
2. 再一層層使用膠水黏貼，堆出立體物件

- 材料
  - 理論上任何材料都可使用在LOM系統內
  - 包含了紙、塑膠、金屬、複合材料和陶瓷等
  - 而目前LOM應用最多的是紙類的材料
- 優點
  - 製作成本低
  - 材料多樣化
- 缺點
  - 精密度差
  - 幾何形狀限制多
  - 剝離拆除困難
  - 廢料較多



3D列印技術分類

- 光固化
  - DLP
  - SLA
- 熱熔融
  - FDM (FFM)
- 顆粒燒結
  - SLS
  - 3DP
  - SLM

3D列印技術-熱熔-FDM

❖ FDM(Fused Deposition Modeling，熔絲成型)

CAD軟體建構出3D立體模型圖

輸入FDM裝置

ABS樹脂
PLA聚乳酸
尼龍、蠟等

軟體分析切片

噴頭加熱噴料

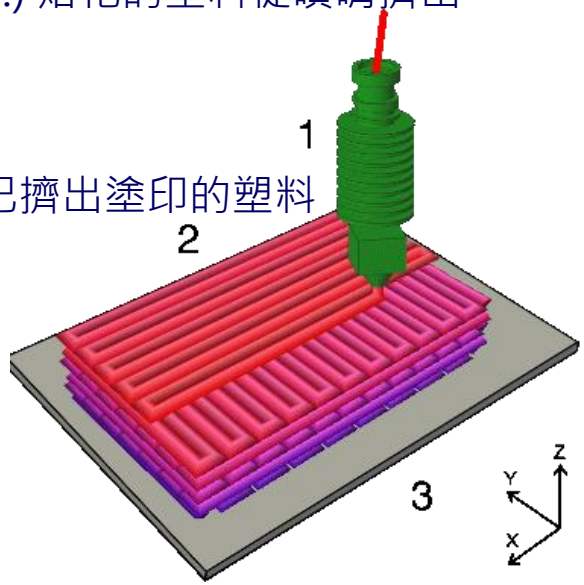
層層加工堆疊

拆卸支撐

3D實體製作完成

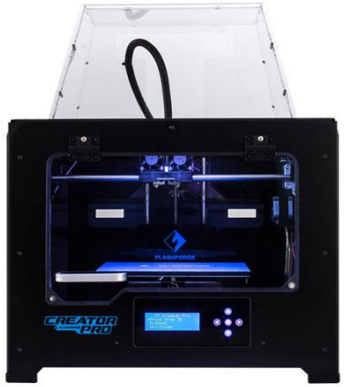
1.) 熔化的塑料從噴嘴擠出

2.) 已擠出塗印的塑料

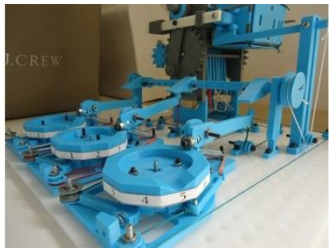


3.) XYZ三軸移動的底座平台

CAEB LAB $666,000
Dimension SST 1200es – Stratasys



CAEB LAB $39,000
閃鑄Creator Pro 3D



3D列印技術-熱熔-FDM

優點

- 價格平易近人
- 機械、熱和化學強度、生物相容性、抗紫外線性。
- 清潔、易用且適合辦公室使用的3D列印技術
- 適合航空、汽車、醫療和其他行業高要求的設計人員和工程師。

缺點

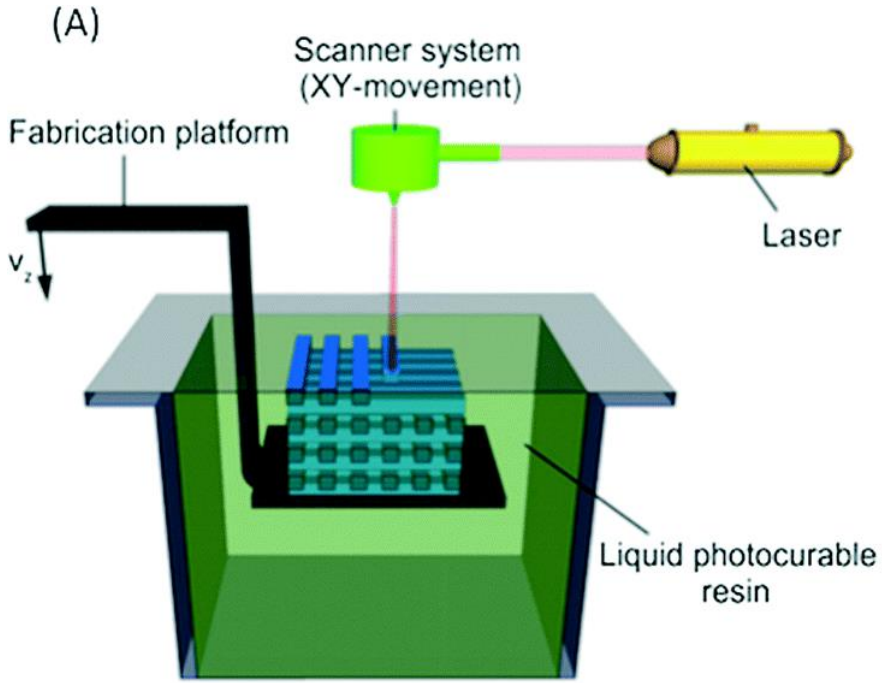
- 解析度與精細度呈現較差

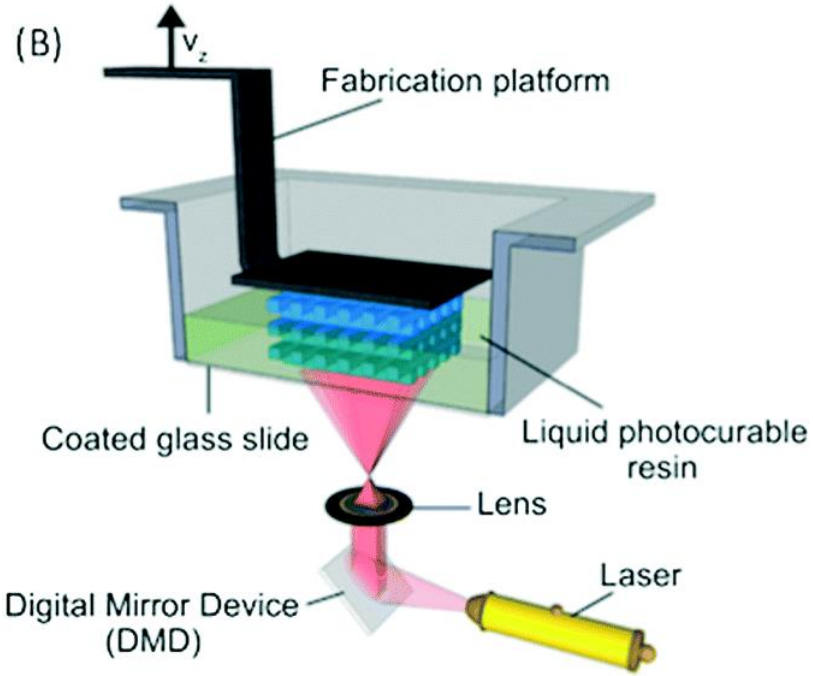
材料	特性
ABS plus	具有最廣泛的9種顏色選擇，具備持久的機械強度和穩定性
ABS-M30	為生產級別的ABS材料，具有卓越性機械效能
ABSi	具有透光效果，適合汽車產業，具有美觀及機構效能特性
Nylon 12	具有最佳Z軸層厚最高的衝擊強度，抗裂度及耐撞性優於其他材料五倍
PC-ISO	具有醫療等級相容性(ISO10993認證)，適合用於需高強度及消毒應用
ULTEM 9085	通過FST(火焰/煙霧/毒性)認證，具有最佳耐高溫及耐化學腐蝕屬性

3D列印技術-光固化-SLA/DLP

❖ 光固化技術

- 原理:用雷射光將態的光敏樹脂透過光照形成非常薄的固態表面，再堆疊形成一個完整的物體
- Stereolithography(SLA)
  - SLA用雷射光點照射成型，光線需要繞過所有路徑，速度較慢。
- Digital light processing(DLP)
  - DLP在列印某些物件時可以達到較快的列印時間，每次照一下就是一層，速度相對快速。

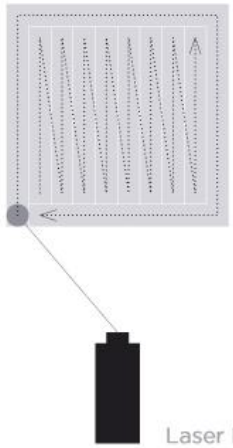


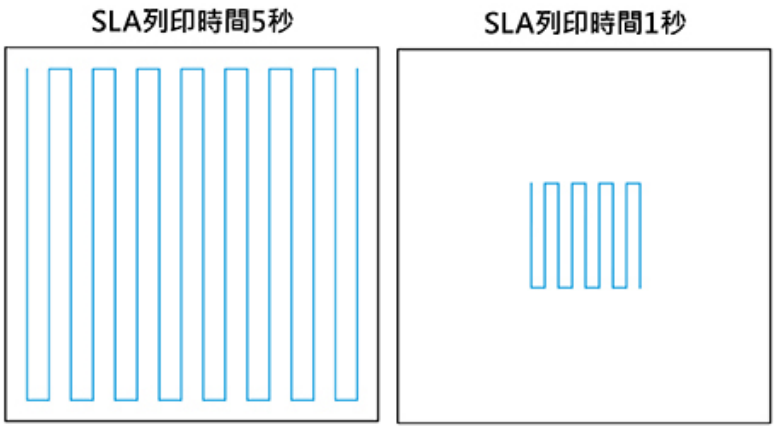


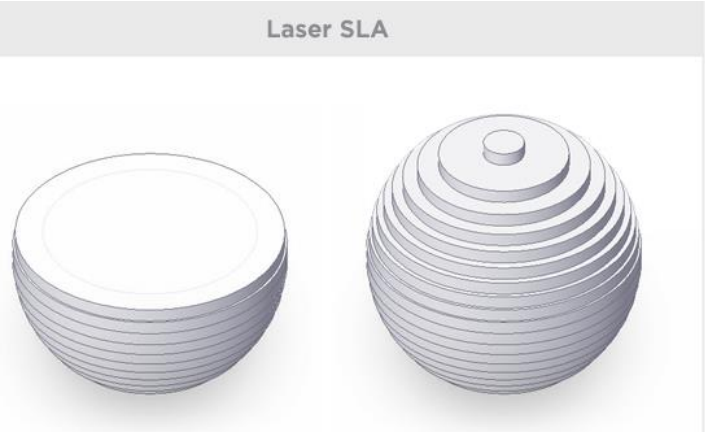
3D列印技術-光固化-SLA/DLP

❖ 光固化技術

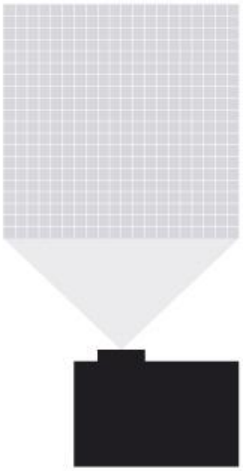
- 列印速度比較

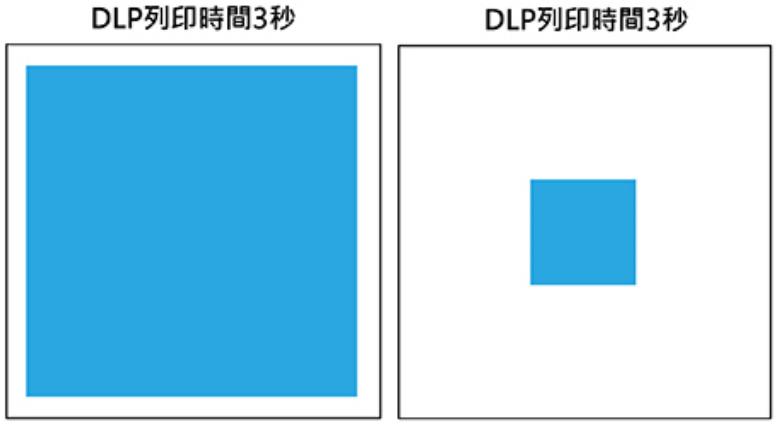


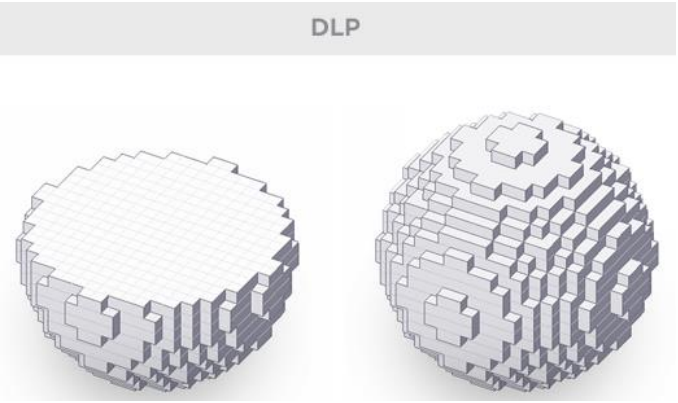




SLA單點雷射光，光線需要繞過所有路徑







DLP面積雷射光，光線照射一次做好一層

3D列印技術-光固化-SLA/DLP

❖ 光固化技術

- 列印品質比較

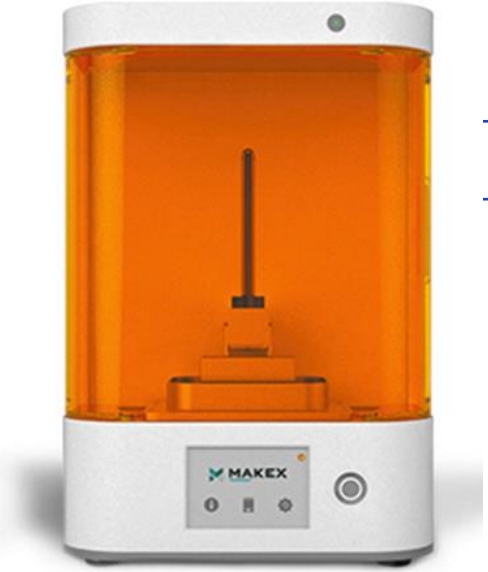
3D列印技術-光固化-SLA/DLP

優點

- 解析度高
- 成型速度快速
- 可用於需要透明材質的產品上
- 具有高度柔性

缺點

- 需要設計支撐結構
- 支撐結構需要未完全固化時去除，容易破壞成型件
- 材料價格偏貴
- 光固化材料長時間放置恐變質
- 雷射或照射燈泡衰退變弱考量
- 成型後強度、剛度、耐熱性都有限，不利於長時間保存



材料:通用其他光敏樹脂

蠟類	模型材	高透度	類ABS

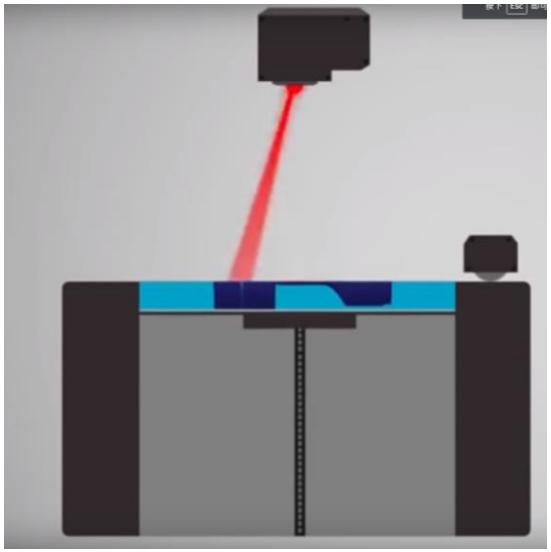
U Jewelry U50

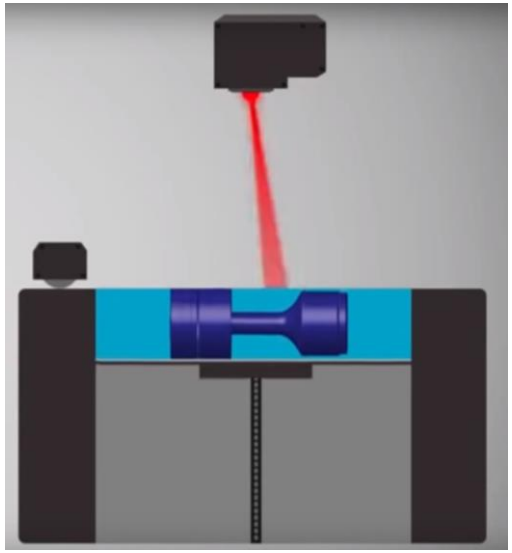
- 機台尺寸：270x250x380mm
- 機台重量：7kg
- 最大成型尺寸：64x40x130mm
- X/Y Resolution：50 microns
- Layer Thickness：1 - 100 microns
- UV Optical Band：405mm

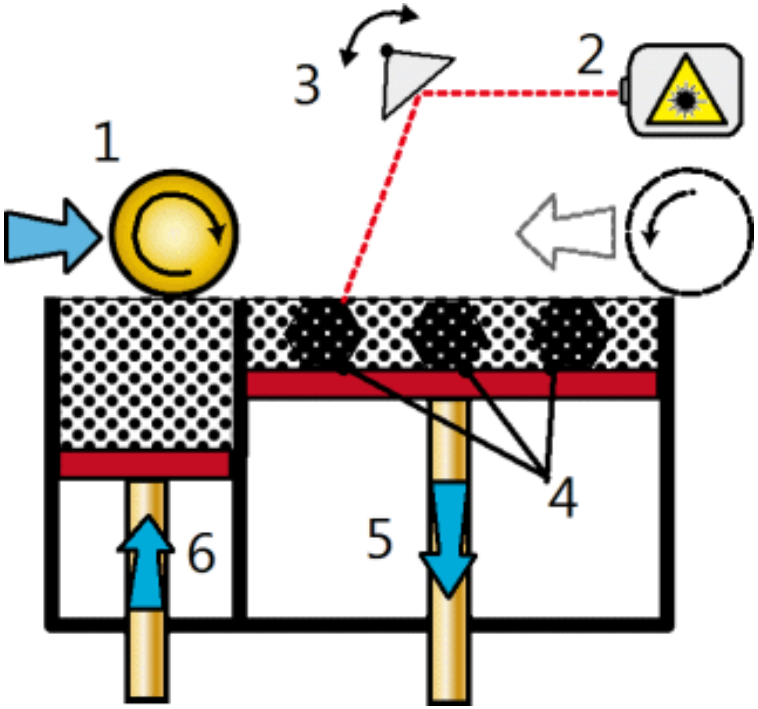
CAEB LAB $360,000

3D列印技術-燒結-SLS/SLM/3DP

❖ 燒結-SLA/SLM/3DP



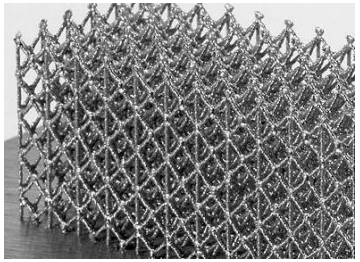




1.) 滾筒左右來回將複合粉末原料在工作平台鋪上薄薄一層
2.) 雷射光
3.) 偏光掃瞄儀，將需要成型部份進行選擇性燒結
4.) 台上已燒結黏固成形的部份
5.) 每當完成一層Z軸就再下降一微小距離
6.) 粉末原料供應槽上推一層以供滾筒再鋪下一新層使用。

3D列印技術-燒結-SLS/SLM/3DP

- 3DP(3D Printer)
  - 利用印表機噴頭噴出膠水，以一層一層方式，將所需的部分黏著在一起
  - 在成形時能夠在白色粉末上噴出 CMYK 彩色的膠水，因此成型後的物件可帶有顏色。
- SLS選擇性雷射燒結(Selective Laser Sintering)
  - 以雷射光為能量進行燒結
  - 材料可以為塑料、蠟、陶瓷、金屬或其他複合物的粉末
  - 在加工平台上以點、線、面，逐層掃瞄燒結需要成型的部份
  - 成型後需去掉多餘粉末並經過打磨、烘乾等適當的後製處理
- SLM選擇性雷射熔化(Selective Laser Melting)
  - 將 SLS 的雷射功率再加高，就會是 SLM(或DMLS)
  - 這種 3D 列印技術主要的材料以金屬為主
  - 將金屬粉末以高能量雷射加熱到變成液態
  - 機械強度高，列印出來後即可直接使用
- EBM（Electron Beam Melting）
  - 把 SLM 的雷射換成電子束
  - EBM 需要預熱金屬粉末和在真空下製造，因此適合以一些容易氧化的金屬（鈦）做為材料



3D列印技術-燒結-SLS/SLM/3DP

優點

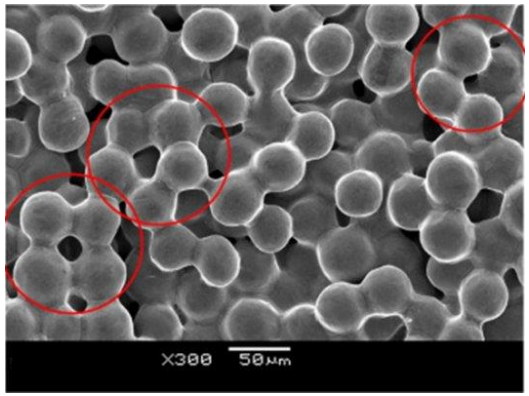
- 可使用材料廣泛
- 成型效率高
- 材料利用率高，未燒結的材料可重複使用，材料浪費少，成本較低
- 無需支撐

缺點

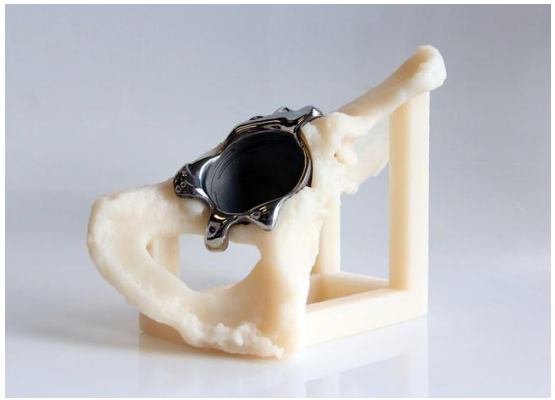
- 原材料價格及採購維護成本都較高。
- 孔隙度高，機械性能差，特別是延伸率很低。
- 精密度要求不高

材料	細項
金屬粉末	碳鋼、鐵、鈦、合金等 單一金屬粉末、金屬混合粉、金屬粉加有機物粉末
陶瓷粉末	Al_2O_3和SiC 無機粘結劑、有機粘結劑和金屬粘結劑三種
高分子材料	聚碳酸酯（PC）、聚苯乙烯粉（PS）、ABS、尼龍（PA）、尼龍與玻璃纖維的混合物、蠟等

在醫學上的應用。由於SLS工藝製造的零件具有一定的孔隙率，因此可以用於人工骨骼製造，已經有臨床研究證明，這種人工骨骼的生物相容性較好。



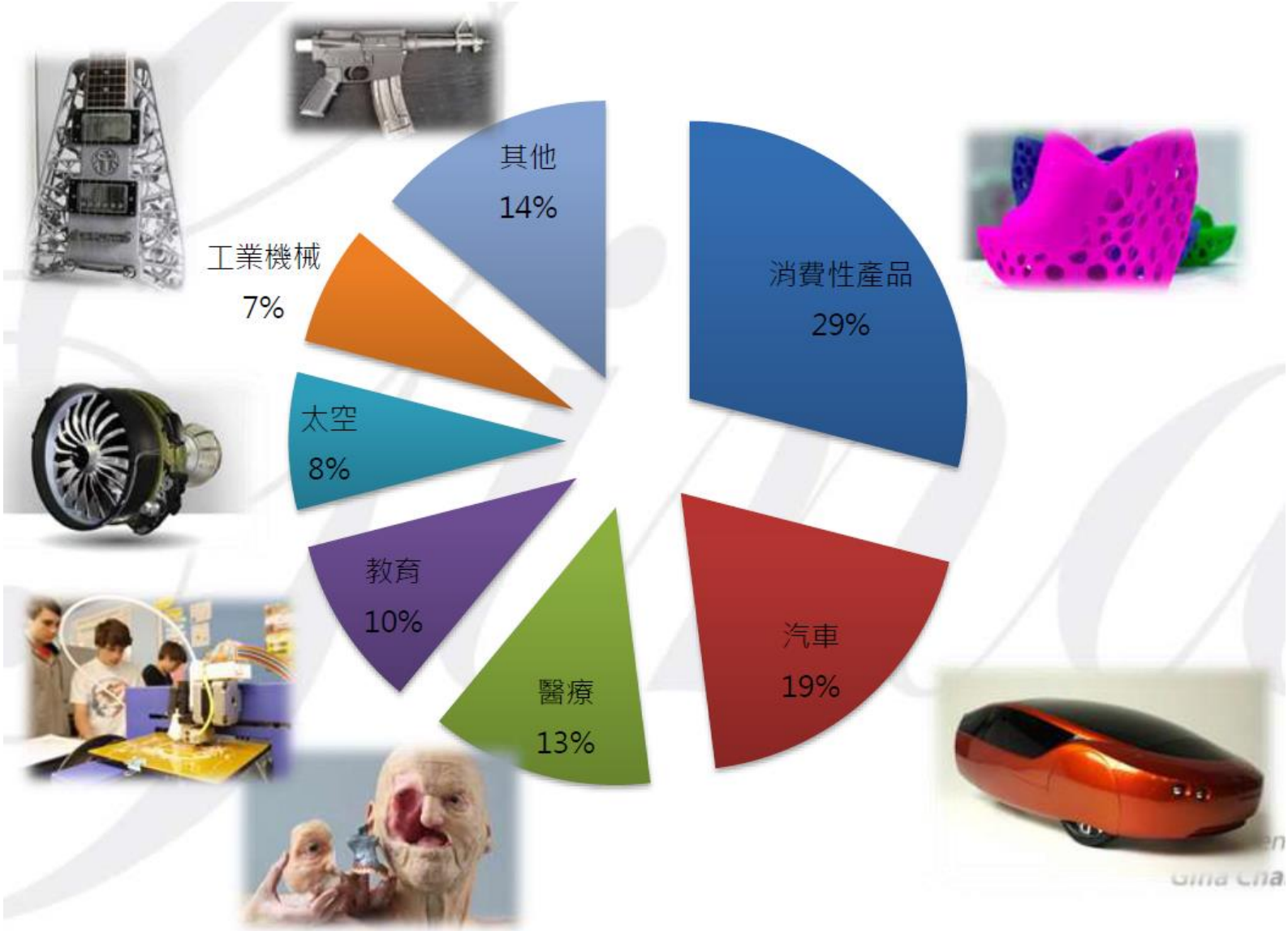
3D列印技術-燒結-SLS/SLM/3DP



3D列印技術比較表

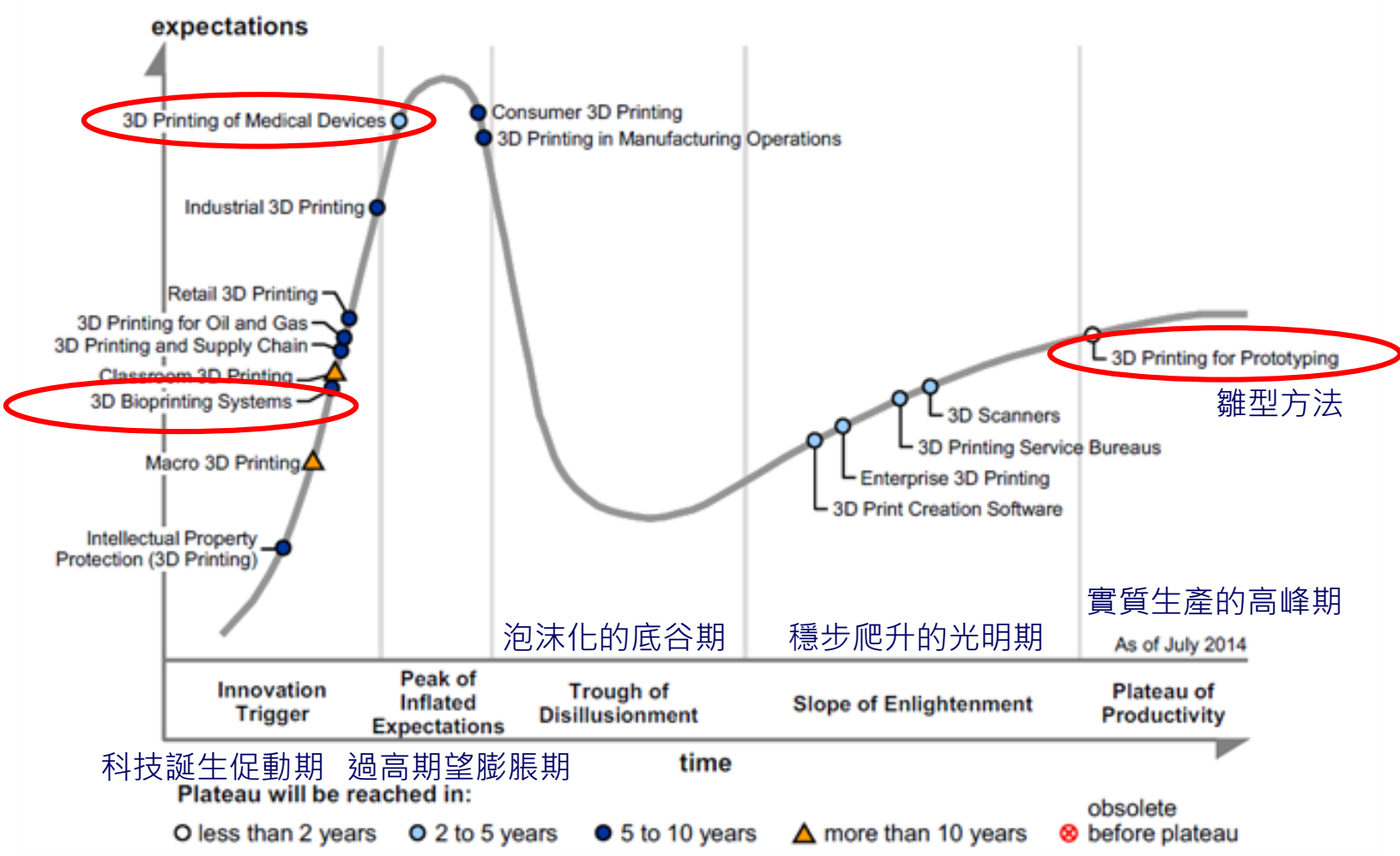
技術		優點	缺點
熱熔法	FDM	• 價格平易近人 • 機械、熱和化學強度、生物相容性、抗紫外線性 • 清潔、易用且適合辦公室使用的3D 列印技術 • 適合航空、汽車、醫療和其他行業高要求的設計人員和工程師	• 解析度與精細度呈現較差 • 蜂巢狀的支撐結構。 • 精緻度不夠，成品多需再進行手工拋光或磨平處理
光固化	SLA DLP	• 解析度高 • 成型速度快速 • 可用於需要透明材質的產品上 • 具有高度柔性	• 需要設計支撐結構 • 支撐結構需要未完全固化時去除，容易破壞成型件 • 材料價格偏貴 • 光固化材料長時間放置恐變質 • 雷射或照射燈泡衰退變弱考量 • 成型後強度、剛度、耐熱性都有限，不利於長時間保存
燒結法	SLS/SLM	• 可使用材料廣泛 • 成型效率高 • 材料利用率高，未燒結的材料可重複使用，材料浪費少，成本較低 • 無需支撐	• 原材料價格及採購維護成本都較高。 • 孔隙度高，機械性能差，特別是延伸率很低。 • 精密度要求不高
	3DP		• 精緻度不夠，成品多需再進行手工拋光或磨平處理。 • 由於材料特性，成品的硬度不高，通常用在製作模型或公仔等物品

3D列印應用範圍



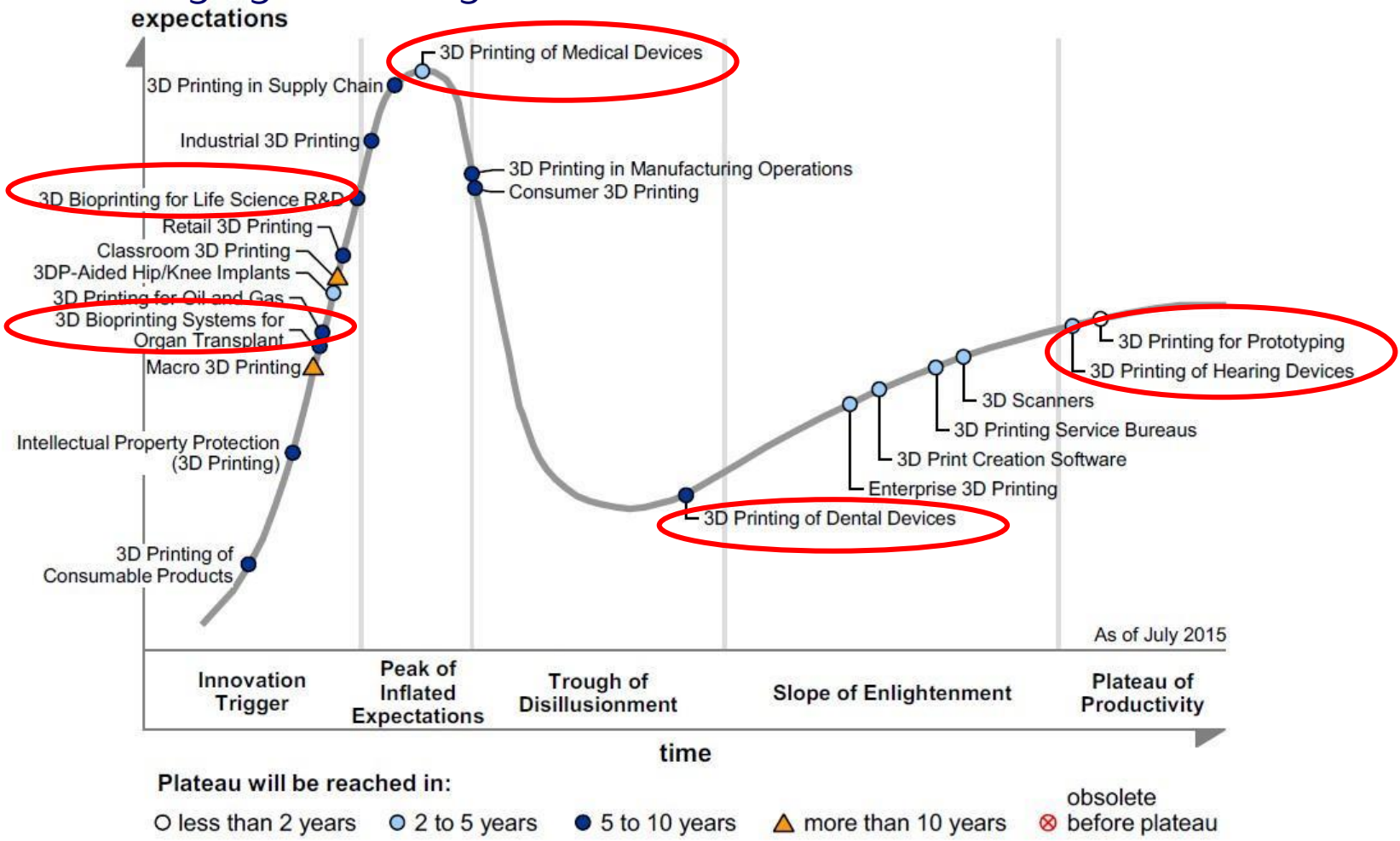
3D列印技術成熟度曲線-2014

Hype Cycle for Emerging Technologies



3D列印技術成熟度曲線-2015

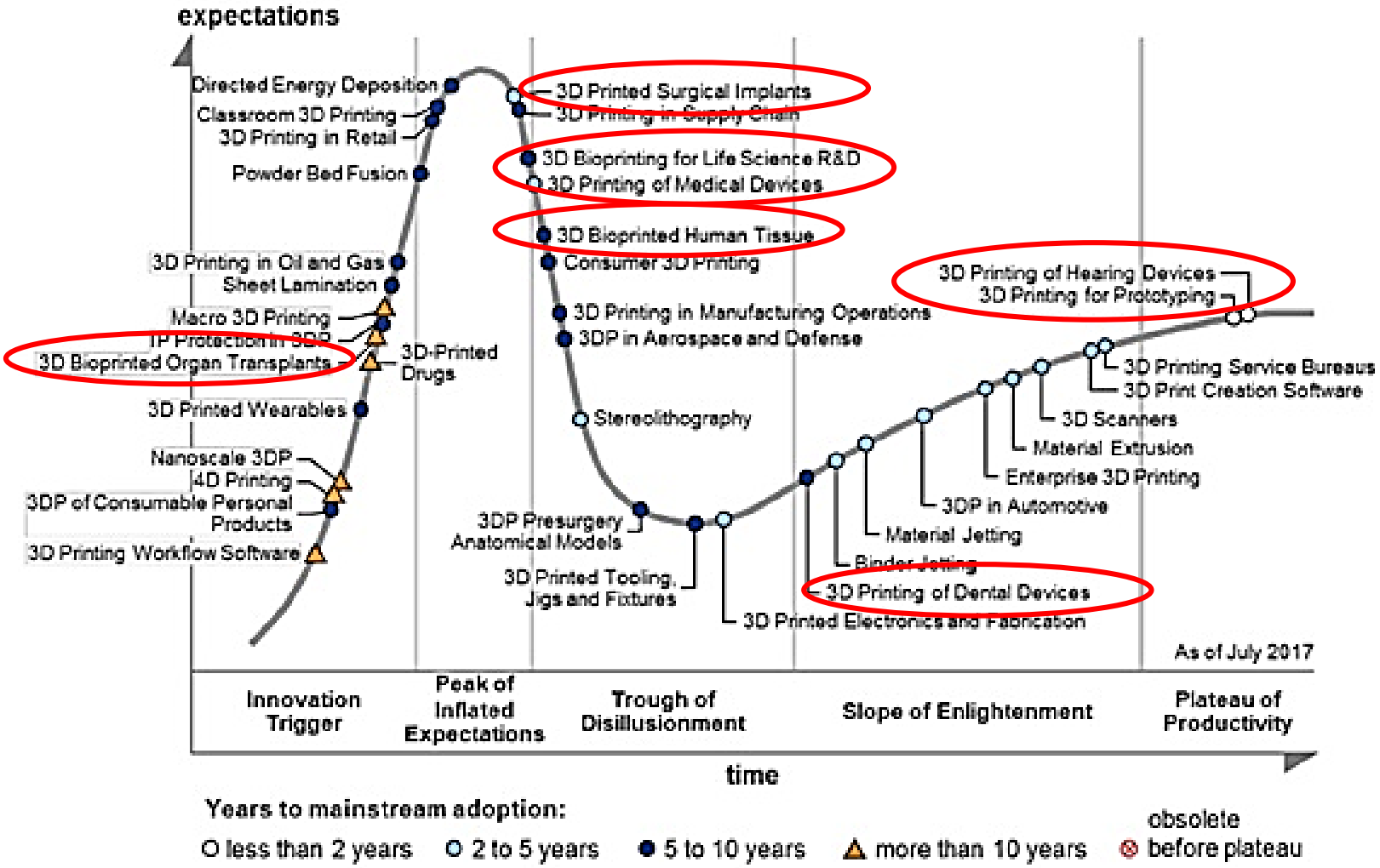
Hype Cycle for Emerging Technologies



Source: Gartner (July 2015)

3D列印技術成熟度曲線-2017

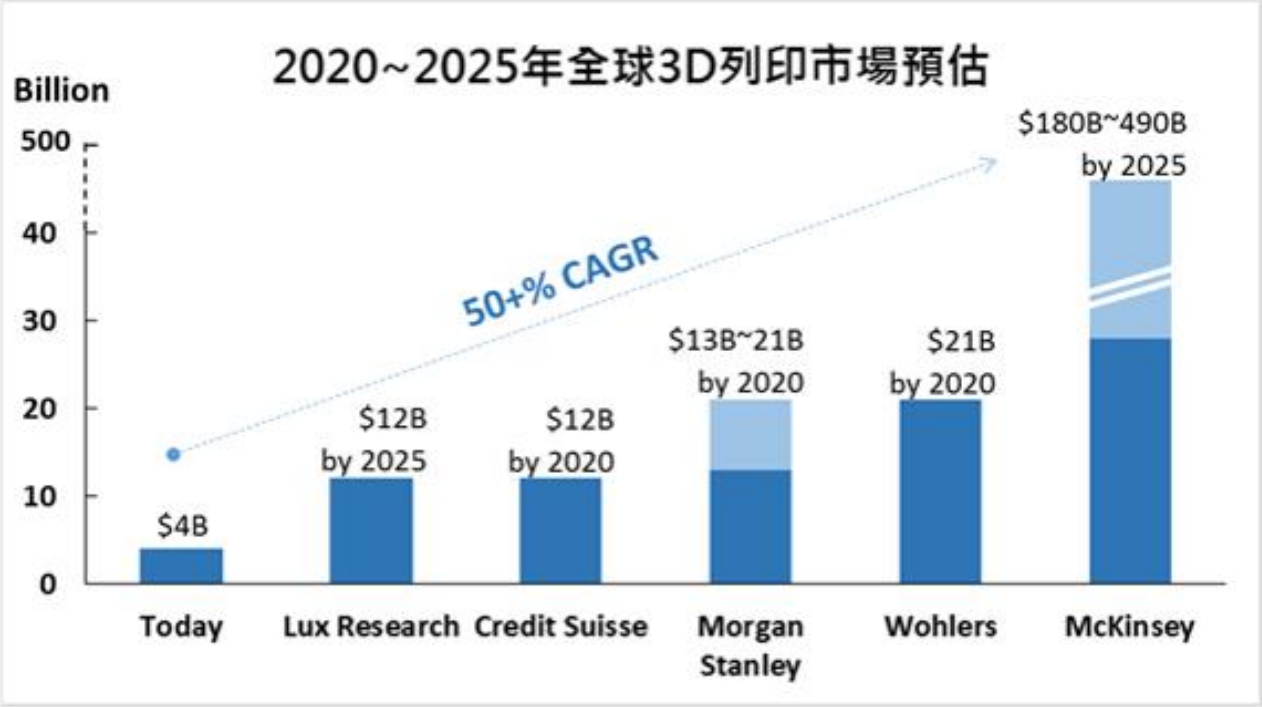
Hype Cycle for Emerging Technologies



3D列印市場-全球

根據Wohlers的統計報告指出，2015年全球3D列印市場達51.6億美元，未來幾年成長幅度還可保持在兩位數，若能持續維持下去，估計2020年可突破達到100億美元以上的產值。

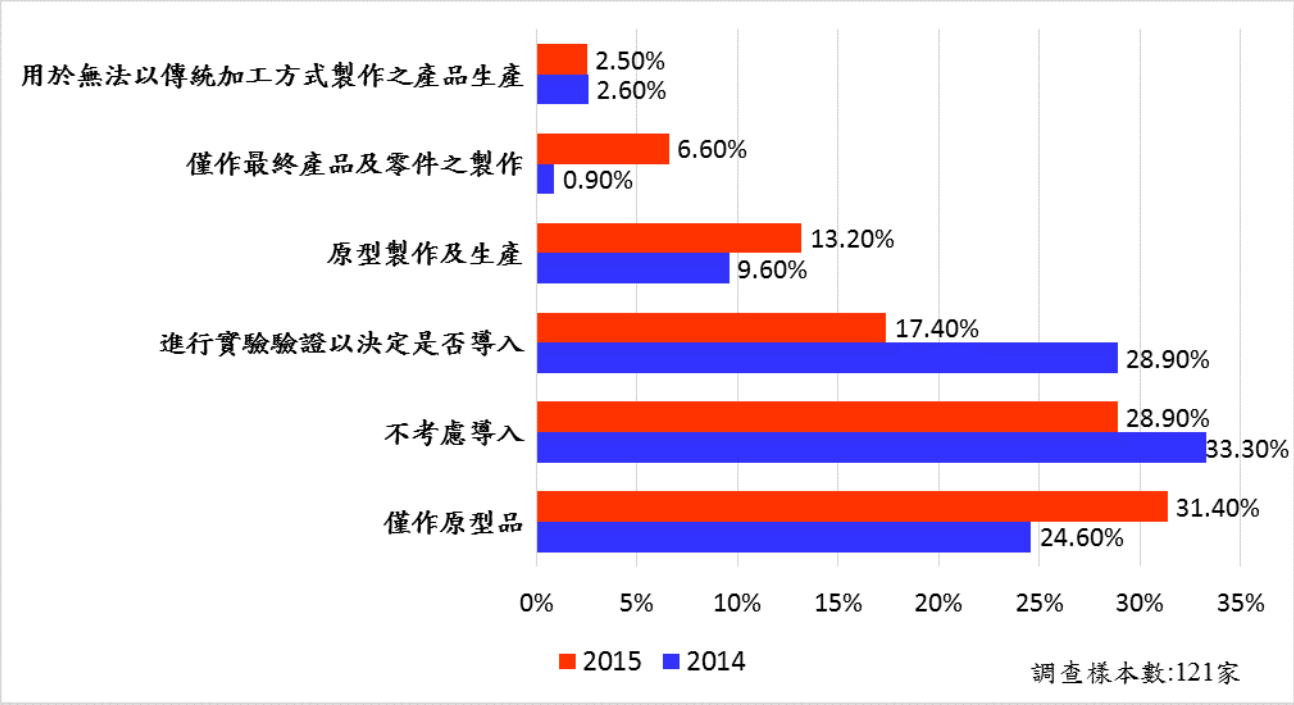
單位: USD



資料來源：ARK Investment Management LLC(2015/7)；Wohlers Associates (2015)；Gartner Press Release (2015/9)；工研院IEK整理(2017/3)
各產業研究機構對積層製造市場之產值預估

3D列印市場-全球

由2014及2015年，連續兩年對美國百多家製造廠商之問卷調查，了解其對於積層製造製程之應用導入狀況。真正應用於產品生產之比例約為10~15%，雖有提升，但仍未見明顯之成長。



資料來源：PwC analysis of Zpryme Research survey data (2015/10)；工研院IEK整理(2017/3)
製造廠商使用積層製造技術方式調查統計

3D列印市場-中國大陸

- 預計年均複合增長率約為41.36%，2021年產業規模將達到691億元。
- 2016金屬印表機銷售增長48%，材料銷售增長32%
- 選擇性雷射熔化（SLM），電子束熔煉（EBM）、送粉、金屬+粘結劑，焊接和一些新興的技術。
- 由於對航空航天和醫療應用的高度重視，金屬增材製造，鈦合金占有31%的市場份額。

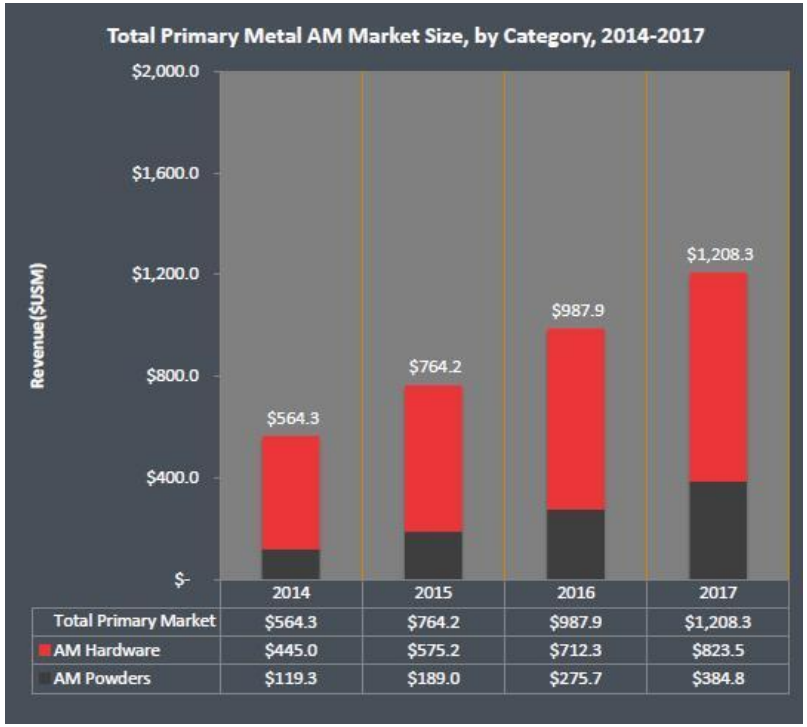
3D列印技術未來發展重點

- 航空航天
- 汽車
- 微流控晶片
- 記憶合金
- 結構電子

3D列印市場-未來趨勢

- 航空航天行業對金屬3D列印技術的引入在2024年以前都將保持在30%以上的年增長水平。
- 醫療領域，SmarTech預測在2018年前金屬3D列印的應用增長都保持在30%以上的高速增長水平，在2019年及2021年以後將進入20%左右的中速增長水平。
- 在2015年-2016年期間，全球幾大著名骨科醫療器械製造商 Zimmer、Smith&Nephew、Stryker、強生陸續推出了3D列印產品，這些產品經過多年的研發與驗證，獲得了FDA的批准，並正式進入到醫療市場。
- 汽車行業對金屬3D列印技術的引入將保持高速增長，根據SmarTech的預測，這一增長率在2026年以前將保持在30%以上的水平。在2021年則達到50%的爆髮式增長速度。

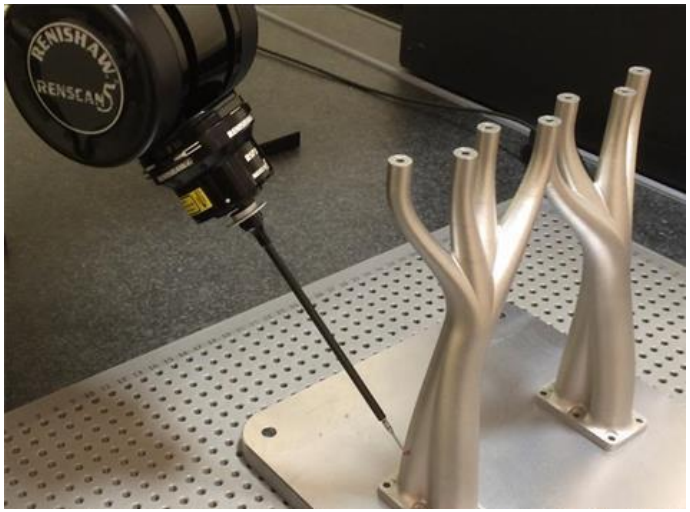
- 金屬設備的銷售金額在2014年為4.45億美金，金屬粉末的銷售金額為1.2億美金
- 2017年金屬設備的銷售金額達到8.2億美金，金屬粉末的銷售金額為3.8億美金。



SmarTech關於金屬3D列印設備及粉末銷量報告及預測

金屬3D列印-台灣發展

震旦集團(通業)-金屬3D列印航太金屬支架



工研院開發的國產第一台大尺寸50 x 50 x 50立方公分PBF金屬3D列印設備

東台精機-國家中山科學研究院+法國Poly-Shape
航太產業

金屬3D列印

3D Systems

鈷鉻合金（Cobalt-Chrome）-鈷鉻合金擁有出色的強度及耐腐蝕性，以及不錯的親生物金屬特性，常用於牙科醫療、人工關節、義肢假肢製作等領域。
麻時效鋼（Maraging steel）-具高強度、成型性佳、受冷熱時尺寸變化小的金屬材料，例如機翼、起落架、飛彈的彈體、以及國防武器等領域。
鈦合金（Titanium) 鈦合金也是一種強度高、重量輕，且親生物金屬材質，適合用於外科手術等醫療用途，例如關節、骨骼移植、頭蓋骨的修補等。

3D列印市場-未來發展

兩萬五買四輪
TVBS新聞台 HD
海南
"吱吱嘎嘎"響不停 陸3D列印技術待升級

THE WORLD'S FIRST
3D PRINTED AUTO
MANUFACTURING
PLATFORM.

三立財經台
Local Motors
20:52:39
紐約黃金期
1248.6
科技展3D列印車 現場造車身吸睛

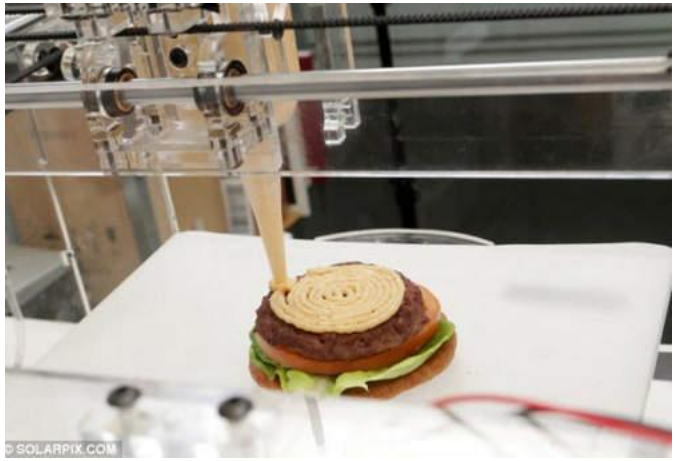
3D列印市場-未來發展

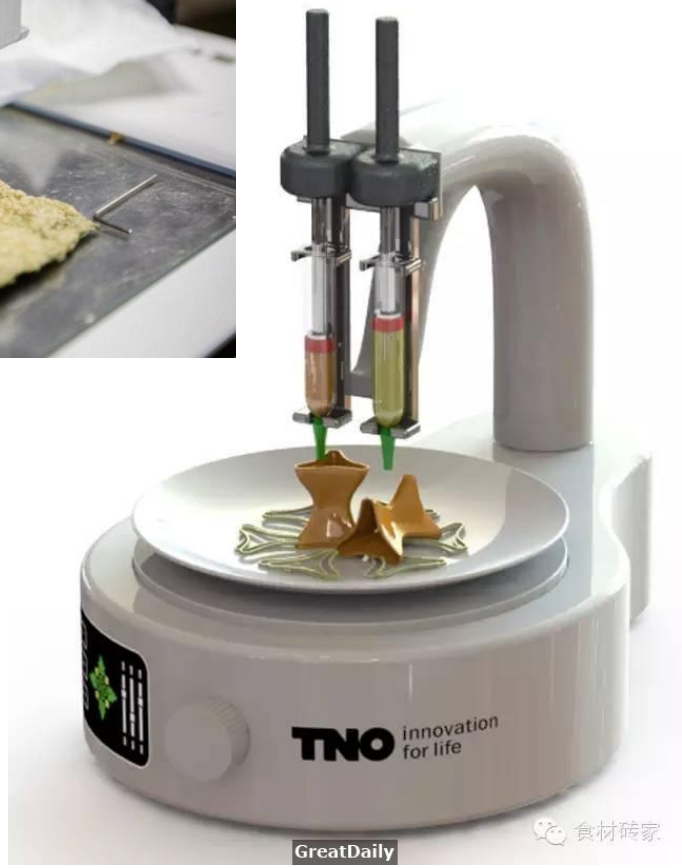
自己的房子自己印！

3D列印市場-未來發展

《3D列印食物機Foodini》想吃什麼通通

印給你...

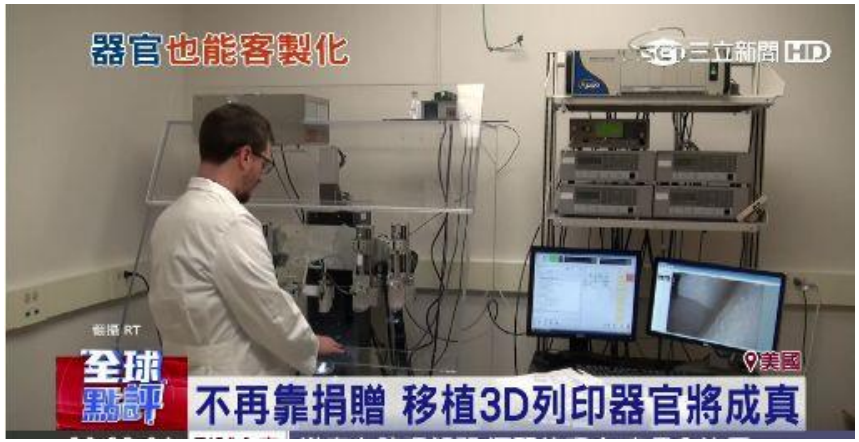




其實

你一定有吃過...

3D列印市場-未來發展


器官也能客製化
三立新聞 HD
全球點評
美國
不再靠捐贈 移植3D列印器官將成真

Wake Forest Inst. for Regenerative Medicine
器官也能客製化
5:40 PM
三立新聞 HD
美國維克森林大學 博士 亞特拉
入圈?! 林全:別找我
進而印列出 適合患者的器官
LIVE

Thank You !