

晶圓破片避免機構：離心、真空裝置 創新之雛形實做

D. Daniel Sheu and Davy Chang

Sheu.daniel@gmail.com

dsheu@ssi.org.tw

Department of Industrial Engineering and Engineering Management
National Tsing Hua University, Hsinchu, Taiwan

專題架構

1. 破片背景
2. 萃智(TRIZ)手法
3. 改善方法與專利
4. 改善方法比較
5. 理論計算
6. 雛形實驗
7. 結論

破片背景(1/2)

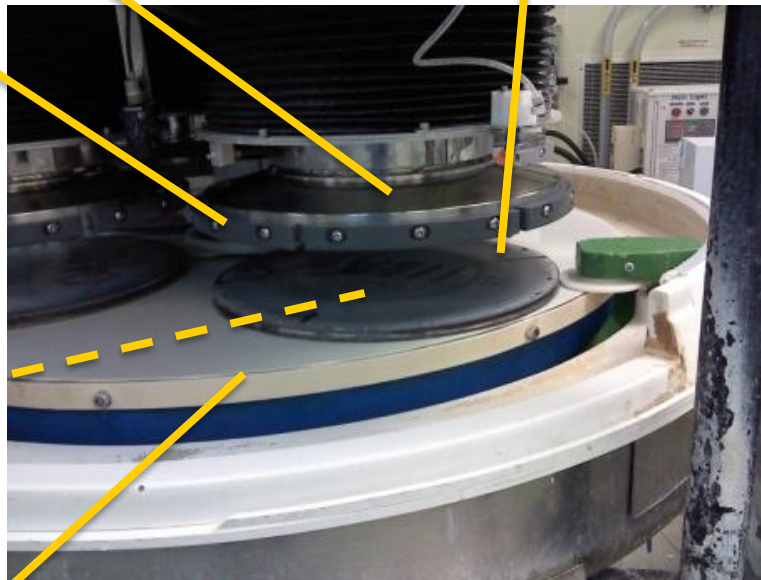
■ 晶圓化學機械拋光CMP機台

壓力盤(PP頭) 載具(Block, Carrier)

圓環(Ring)

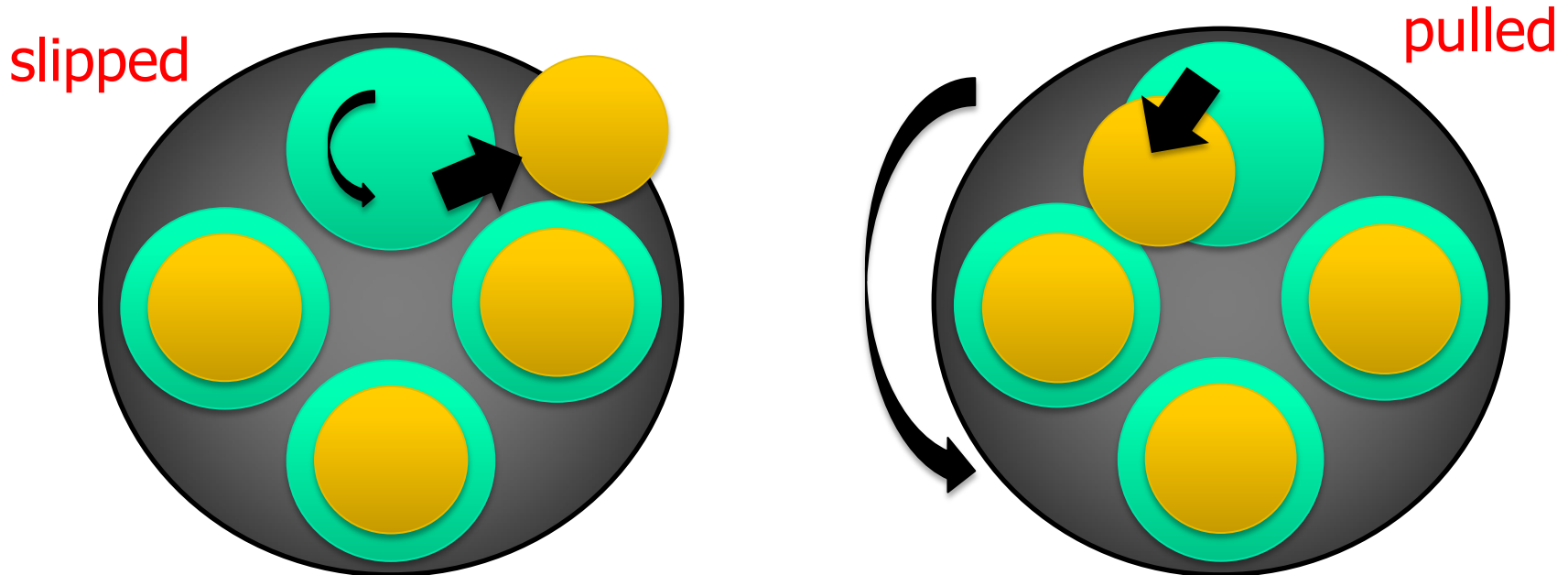
晶圓(Wafer)

拋光墊(Pad)



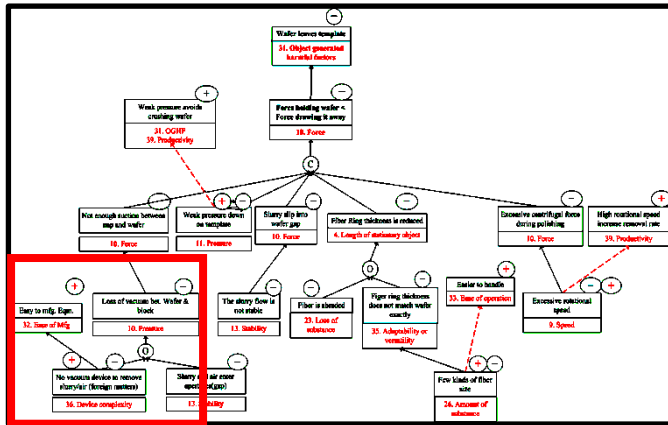
破片背景(2/2)

1. Slipped：晶圓與載具間的吸附力不足，晶圓滑離載具中央凹槽
2. Pulled：晶圓與拋光墊之間產生瞬間拉力，晶圓被扯離載具中央凹槽



萃智手法(1/2)

1. 因果衝突鏈分析CECCA



Not enough suction between
nap and wafer

Weak pressure down
on template

10. Force

11. Pressure

+

-

Easy to manufacture device
32. Ease of MFG

Lack of Vacuum between
Wafer and Block
10. Pressure

The slurry
not
13. Stability

Observations

+

-

-

Main Issue



Design & Manufacturing
Management Lab.

No vacuum device removing
Slurry/Air(Foreign matters)
36. Device complexity

Slurry/Air enter
the apertures
13. Stability

萃智手法(2/2)

2. 功能-屬性-效果資料庫

輸入：移除、氣體/液體

輸出：離心力、柏努利、吸附

功能(以動詞表達): 移除

接受功能的物件: ☐ 固體 ☒ 液體 ☐ 氣體 ☐ 場

尋找

☐ 離心力(Centrifugal forces)
☐ 白努利定理(Bernoulli's theorem)
☐ 吸附(Sorption)

3. 資源搜尋表格

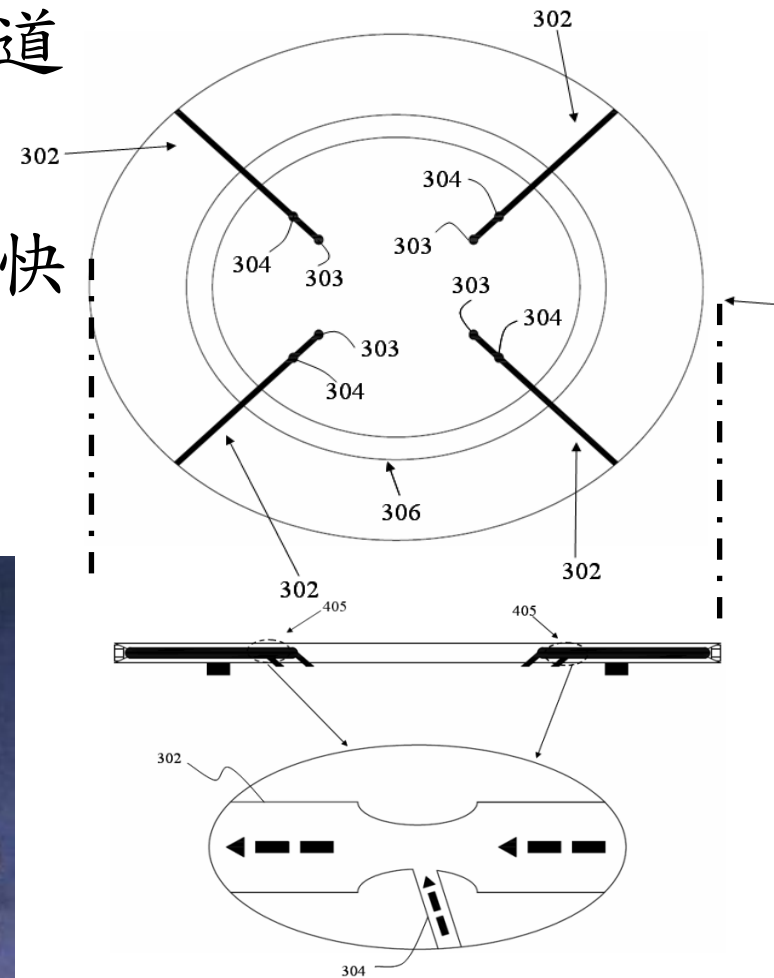
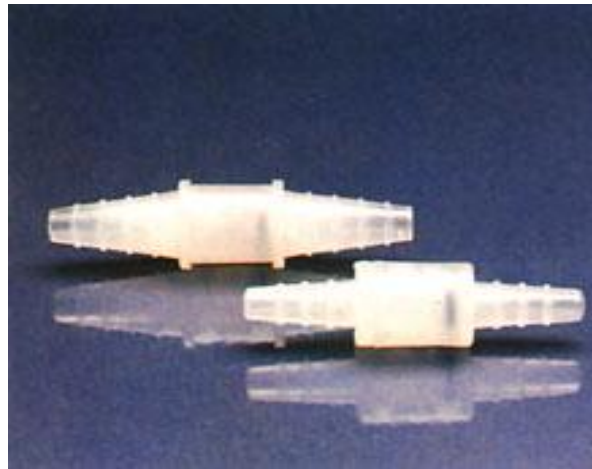
資源	資源問題	狀態	可用方法
晶圓	如何使 晶圓 提供真空?	旋轉	不能改變目標
載具絨毛層	如何使 絨毛層 提供真空?	旋轉	絨毛層太薄，無法產生真空
載具	如何使 載具 提供真空?	旋轉	製作孔道，運用離心力
纖維圓環	如何使 纖維圓環 提供真空?	旋轉	太小，無法在其上鑽孔

改善方法與專利

- 在載具上鑽孔，主孔道與附孔道
- 根據**柏努利**原理，液體的流速在較粗的主孔道內比較細副孔道快

$$A_1 v_1 = A_2 v_2 = \text{const.}$$

- 加裝**單向閥**避免氣/液回流
- 專利申請中



真空離心機制與真空管比較

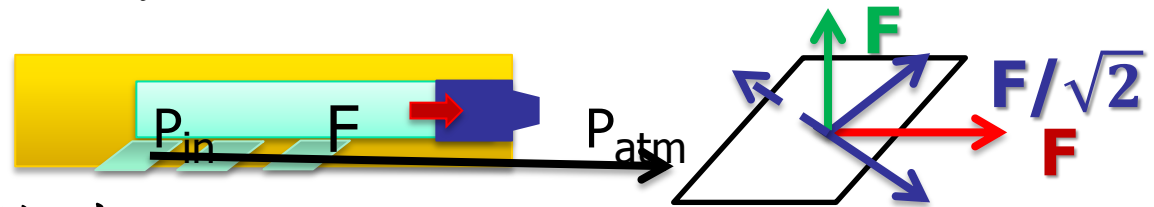
比較項目	拉中央真空線產生真空	使用離心力產生真空
完成容易度	困難。中央線通過零件都會受影響。	容易，只要在現有的載具上鑽孔。
使用能量	需要額外能量產生真空	使用現有旋轉能量，不用外加能量。
真空洩漏	轉動時零件間隙可能破壞真空。	載具一體成形，漏氣可能性低。
成本	昂貴，長真空線、真空設備費用。	便宜，僅需鑽孔費用與單向閥成本。

理論計算

■ 離心力分解 $F = m_s * \omega^2 * R = d * R_m^2 * \pi * R^2 * \omega^2$

$$= \int_{0.02}^{0.13} (0.15 * 1000 * R_m^2 * \pi * \omega^2 * R) dR$$

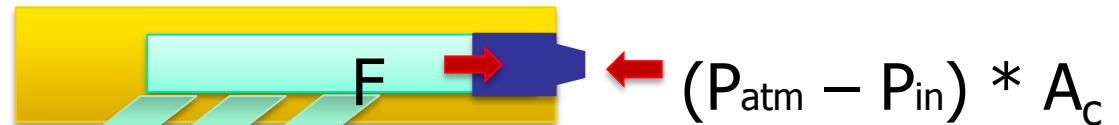
1. 副孔道計算



提升水所需離心力做功：

$$\int_0^{0.01} F dh \geq \int_0^{0.01} m * g dh, \text{ 所需轉速} = 24 \text{ rpm}$$

2. 主孔道計算



甩出水所需離心力量：

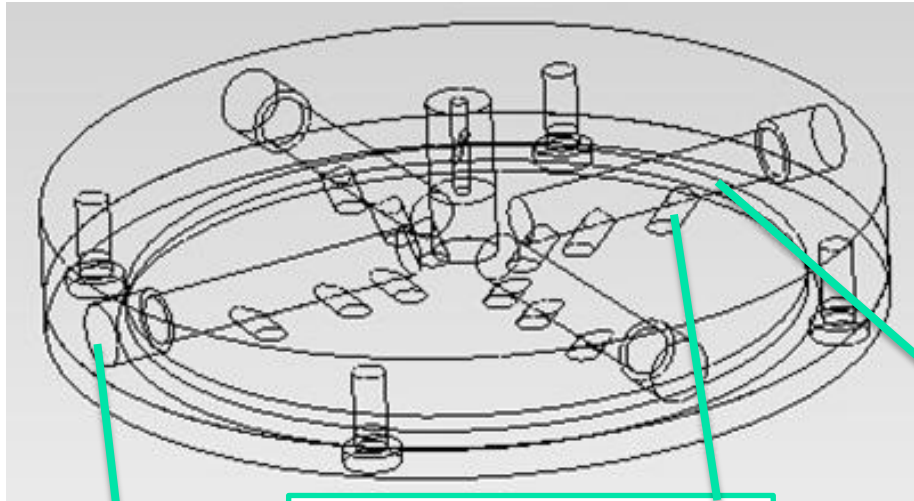
$$F \geq (P_{atm} - P_{in}) * A_c,$$

轉速rpm	大氣阻擋力 N	離心力N	可滿足內壓
24.00	7.95	0.11	99884.96
35.00	7.95	0.24	98262.42

3. 吸起晶圓所需內壓：101311Pa

雛形實驗(1/3)

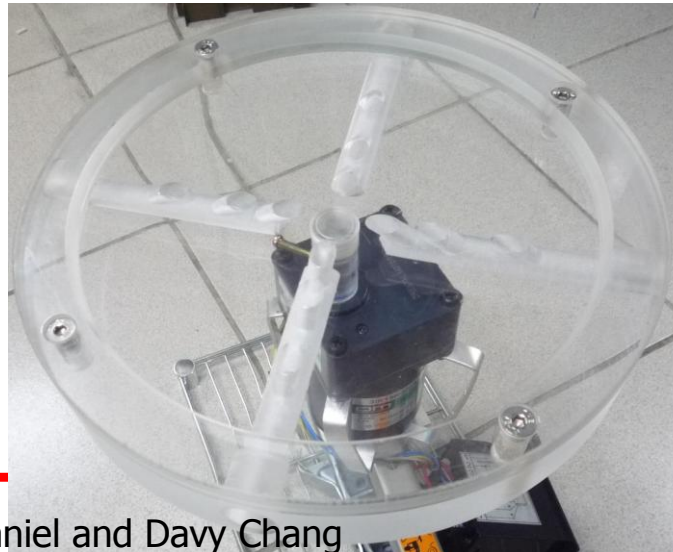
- Solidworks設計、建模，工廠製作



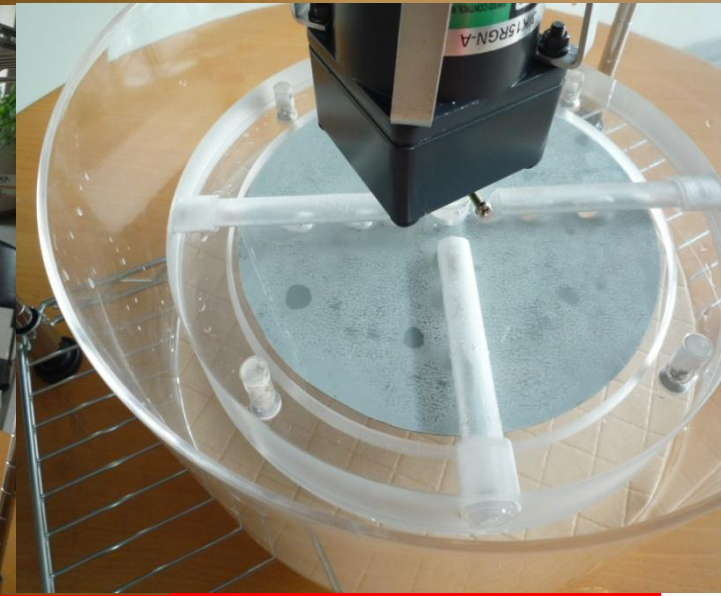
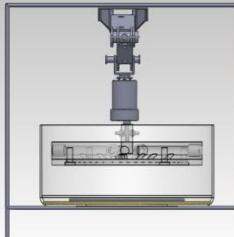
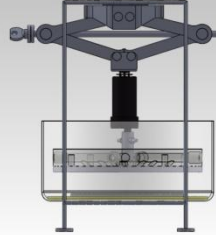
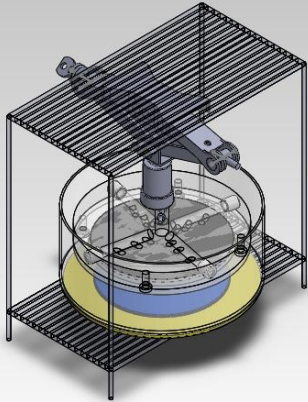
主孔道
 $R_m = 7.5 \text{ mm}$

副孔道
 $R_b = 5 \text{ mm}$

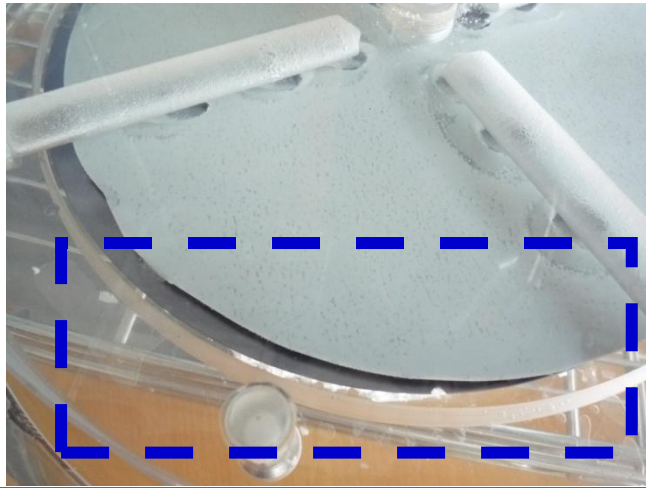
單向閥安裝處



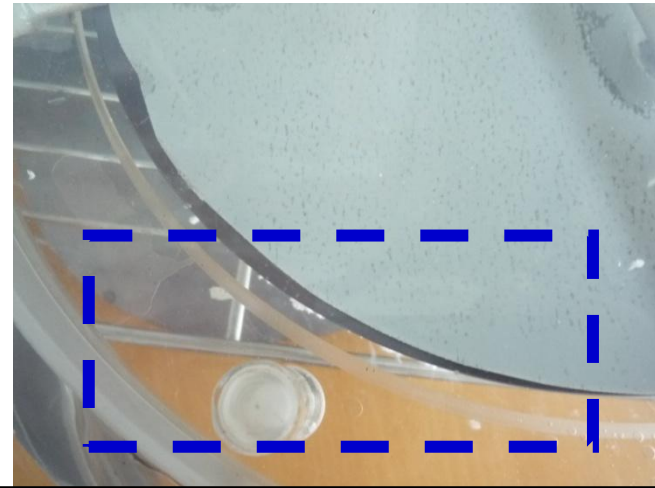
雛形實驗(2/3)



離形實驗(3/3)



晶圓未被吸起，可看到陰影



晶圓被吸起，陰影消失

轉速rpm	25	35	50	100	130	160
晶圓吸附時間(秒)	0	3.5	4	5	7.5	8.5

- 觀察結果：離心、真空機制可行，實際轉速比理論計算多，因為單向閥內的橡皮膜有阻力

結論

- 實驗證實真空、離心機制改善方法可行。
- 若破片次數降為0，每年晶圓廠估計可剩下40萬美元。
- 縮近理論與實際應用的距離：提供雛形與計算數據參考，以協助日後改善。
- 若能測出系統內摩擦力、附著力等等的參數，則能直接算出所需要真空吸力、內鴨以及轉速。