

國立交通大學

高階主管管理學程碩士班

碩 士 論 文

易經決策模式應用於台灣半導體產業22奈米世代以
下黃光微影關鍵製程技術之研發策略選擇

I-Ching Decision Making Model Applied to Taiwan
Semiconductor Photolithography R&D Strategy
Selection for 22 nm Generation and Beyond

研 究 生：林思閩

指 導 教 授：丁承 教授

中 華 民 國 九 十 九 年 六 月 十 二 日

易經決策模式應用於台灣半導體產業 22 奈米世代以下黃光微影
關鍵製程技術之研發策略選擇

I-Ching Decision Making Model Applied to Taiwan Semiconductor
Photolithography R&D Strategy Selection for 22 nm Generation and
Beyond

研 究 生：林思閩

Student : Benjamin Szu-Min Lin

指 導 教 授：丁 承

Advisor : Cherng G. Ding

國 立 交 通 大 學
高階主管管理學程碩士班
碩 士 論 文



Submitted to Master Program of Management for Executives
College of Management
National Chiao Tung University
in partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of
Executive Master
of
Business Administration

June 2010

Hsinchu, Taiwan, Republic of China

中華民國九十九年六月

易經決策模式應用於台灣半導體產業 22 奈米世代以下黃光微影關鍵製程技術之研發策略選擇

學生：林思閩

指導教授：丁承 博士

國立交通大學高階主管管理學程碩士班

中文摘要

微影製程為進入未來世代技術的關鍵技術，但先進技術機台昂貴售價與開發成本造成進入下一代技術的實質成本快速成長。此外，先進技術的不確定性和多重選擇性，亦造成技術開發成本和時間上昇。因此，如何選擇 22nm 世代以下先進微影製程技術研發策略，以求降低技術開發成本，快速提供新技術給客戶使用，提升成本競爭力，是為重要關鍵議題。

本論文則結合易經決策模式，台灣交通大學講座教授黎漢林教授首創之「易經心知力均衡觀」為易經決策流程主體，輔以本研究所提出的「易立方」概念做為易經六十四卦相對位置關係，以及新的易經卦象能量的定義，來探討在 22 奈米以下世代台灣半導體廠商所需採用的最佳微影技術研發策略選擇。

關鍵字：易經，決策，易立方，技術預測，半導體技術，微影技術

I-Ching Decision Making Model Applied to Taiwan Semiconductor Photolithography R&D Strategy Selection for 22 nm Generation and Beyond

Student : Benjamin Szu-Min Lin

Advisor : Dr. Cherng G. Ding

Master Program of Management for Executives
National Chiao Tung University

ABSTRACT

Lithography process is the most critical path to enter the next generation, especially for 22nm HP generation. However, expensive advanced equipments and high R&D costs make the rapid growth of actual total cost while adopting advanced technologies for next generation. Uncertainties and multiple technology choices also increase R&D costs and time to market. Therefore, selecting an optimum lithographic technology to meet R&D cost reduction, provide new technology to customers in time, and increase technology competence efficiently is an important topic for Taiwanese semiconductor industry.

In this study, I-Ching decision making model: “The Equilibrium Transformation among Mind, Recognition and Resource”, developed by Chair Prof. H. L. Li from NCTU, and I-Ching Cube, described in this work about special 3-D arrangement and energy states for 64 double-trigrams in a 4x4x4 cube, would be implemented to explain how to select the best lithographic solution to 22nm HP generation for Taiwanese semiconductor makers.

Keywords: I-Ching, Decision Making, I-Ching Cube, Technology Forecast, Semiconductor
Technology, Lithographic Technology

誌謝

「我的心哪，你要稱頌耶和華！耶和華我的神啊，你為至大！你以尊榮威嚴為衣服，披上亮光，如披外袍，鋪張穹蒼，如鋪幔子，在水中立樓閣的棟梁，用雲彩為車輦，藉著風的翅膀而行，以風為使者，以火焰為僕役，將地立在根基上，使地永不動搖。你用深水遮蓋地面，猶如衣裳；諸水高過山嶺。你的斥責一發，水便奔逃；你的雷聲一發，水便奔流。諸山升上，諸谷沉下，歸你為他所安定之地。你定了界限，使水不能過去，不再轉回遮蓋地面。耶和華使泉源湧在山谷，流在山間，使野地的走獸有水喝，野驢得解其渴。

.....

你安置月亮為定節令；日頭自知沉落。你造黑暗為夜，林中的百獸就都爬出來。少壯獅子吼叫，要抓食，向神尋求食物。日頭一出，獸便躲避，臥在洞裡。人出去做工，勞碌直到晚上。耶和華啊，你所造的何其多！都是你用智慧造成的；遍地滿了你的豐富。

.....

願耶和華的榮耀存到永遠！願耶和華喜悅自己所造的！他看地，地便震動；他摸山，山就冒煙。我要一生向耶和華唱詩！我還活的時候，要向我神歌頌！願他以我的默念為甘甜！我要因耶和華歡喜！願罪人從世上消滅！願惡人歸於無有！我的心哪，要稱頌耶和華！你們要讚美耶和華！」



聖經 詩篇 104 篇 1~11, 19~24, 31~35 節

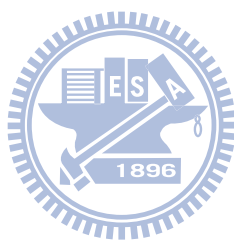
感謝黎漢林老師在「學易經助決策」課堂上的啟蒙，感謝丁承老師在論文寫作時的指導，感謝楊千老師和傅振華老師在論文口試時的耐心指正，感謝 EMBA 課程中所有老師的傳道授業解惑，感謝 EMBA 學長姐在學業事業生活上的指點鼓勵，感謝家人在這兩年中的支持，感謝上帝讓我有機會從易經和管理的角度來看見祂創造的大能，以及其中的智慧與豐富。

林思閔 Benjamin Szu-Min Lin 謹誌
中華民國九十九年六月
於交通大學高階主管管理學程碩士班

目錄

中文摘要	I
英文摘要	II
誌謝	III
目錄	IV
表目錄	VI
圖目錄	VII
第一章 緒論	1
1.1 研究背景與動機	1
1.2 研究目的	1
1.4 章節架構	2
第二章 文獻探討	4
2.1 易經六十四卦	4
2.2 各家之六十四卦圖	5
2.3 易方陣，易經球與易半球	8
2.4 易經心知力決策一條龍	8
2.5 半導體微影製程技術發展	10
第三章 新六十四卦象：易立方	17
3.1 三度空間排列之六十四卦象：易立方	17
3.2 在易立方內的消息卦	21
3.3 在易立方內的錯綜複雜循環反覆	22
3.4 在易立方內的內外心知力	23
3.5 六十四卦象能量定義	25
第四章 易立方的數學模式	27
4.1 六十四卦表示法	27
4.2 錯綜複雜的數學運算子	27
4.3 易立方的座標變化	29
4.4 易立方的能量分析	29
4.5 完全對稱之擴充易立方	30
第五章 台灣半導體廠 22nm HP 世代微影研發策略選擇分析	34

5.1 決策流程	34
5.2 決策問題與動機	34
5.3 決策背景與框架	34
5.4 情境卦	35
5.5 方案卦	37
5.6 變與定卦	46
第六章 結論與建議	52
6.1 研究結論	52
6.2 建議	52
參考文獻	55



表目錄

表 1	易立方卦象能量分佈：Pascal 6 階係數.....	29
表 2	決策動機.....	34
表 3	決策框架.....	35
表 4	決策情境卦之內外心知力.....	36
表 5	決策情境卦之內外心知力結果.....	37
表 6	決策情境卦之內外心知力結果：漸卦及其錯綜複雜卦.....	37
表 7	決策方案卦之內外心知力.....	39
表 8	DP 方案卦之內外心知力.....	40
表 9	EUVL 方案卦之內外心知力.....	41
表 10	MBEBDW 決策方案卦之內外心知力.....	42
表 11	Imprint 方案卦之內外心知力.....	43
表 12	方案卦內外心知力與對應卦.....	44
表 13	轉心知力後 DP 方案卦之內外心知力.....	46
表 14	轉心知力後 EUVL 方案卦之內外心知力.....	47
表 15	轉心知力後 MBEBDW 方案卦之內外心知力.....	48
表 16	轉心知力後 Imprint 方案卦之內外心知力.....	49
表 17	轉心知力前後方案卦內外心知力與對應卦.....	50



圖目錄

圖 1	論文章節架構圖	3
圖 2	八卦生成圖	5
圖 3	伏羲六十四卦橫圖	6
圖 4	京房八宮卦圖	7
圖 5	易方陣	9
圖 6	2007 ITRS 半導體微影發展藍圖	11
圖 7	2009 ITRS 半導體微影發展藍圖	12
圖 8	主要 Double Patterning 的三種技術	13
圖 9	歷年在 EUVL 研討會當中所討論之技術障礙排名	14
圖 10	伏羲八卦立體圖和平面表示法	17
圖 11	易立方的內八卦立體圖和外八卦的鏡面對稱關係	18
圖 12	易立方：外卦為乾卦與外卦為坤卦的卦象分佈	19
圖 13	易立方：八純卦的卦象分佈	20
圖 14	易立方：顯八卦與隱八卦的卦象分佈	21
圖 15	易立方：消息卦的卦象分佈	22
圖 16	易立方：卦象的錯綜複雜反覆循環	23
圖 17	易立方：內心知力關係	24
圖 18	易立方：外心知力關係	25
圖 19	易立方：卦象能量分佈	26
圖 20	5x5x5 的擴充易立方的能量對稱性	31
圖 21	5x5x5 的擴充易立方的顯八卦與隱八卦位置分佈	32
圖 22	5x5x5 的擴充易立方的消息卦位置分佈	33
圖 23	決策流程	34
圖 24	第一次方案卦在擴充易立方位置	45
圖 25	第二次方案卦轉卦後在擴充易立方位置	51

第一章 緒論

1.1 研究背景與動機

半導體產業一直是台灣政府近年來所栽培的重點產業，從一開始的微米技術(micronmeter technology)，至次微米技術(sub-micronmeter technology)，進而至現今的奈米技術(nanometer technology)，無論是產官學界均投下了無數的心力和資源進行半導體技術的開發與生根。一般而言，興建一座六吋晶圓廠的成本大約為數億美元，一座八吋晶圓廠的成本大約為十數億美元，一座十二吋晶圓廠的成本大約為三十億美元，昂貴的晶圓廠和先進技術機台造價與先進技術開發成本造成進入下一代半導體技術的實質成本快速成長。此外，先進技術的不確定性和多重選擇性，亦間接造成技術開發的成本和時間上昇。因此，如何正確選擇先進技術研發策略，以求降低先進技術開發成本，快速提供先進技術給客戶使用，以便提升成本競爭力，是為台灣半導體的重要議題。

半導體製程中又以微影製程為進入下一世代技術的關鍵技術。以往的微影技術演進是經由縮短曝光光源波長、提高數位孔徑(Numerical Aperture, NA)，來達到更高的解析度，因此，曝光光源波長 λ 從水銀汞燈頻譜圖中的 g 線(波長 436nm)，逐漸縮短成 i 線(波長 365nm)，一直到近年來的 KrF 準分子雷射(波長 248nm)，甚至使用波長只有 193nm 的 ArF 準分子雷射[1, 2]。目前半導體量產設備市場中，解析度最好的微影機台係使用曝光光源波長為 193nm 的 ArF 的準分子雷射，輔以晶圓與鏡片之間加水為介質，形成所謂的浸潤式微影系統(Immersion Lithography System)，再配合其他先進光學技術及製程，如此的微影技術預測在製程應用上可以提供 22nm 世代以上的半導體元件大規模量產之用。但在 22nm 世代以下的半導體元件則面臨到沒有足夠成熟的微影技術提供大規模量產之用的問題，而且其中有許多不確定的因素使得半導體產業難以從眾多開發中的先進微影製程技術當中，找出最適當的下一代微影製程技術[3]。

1.2 研究目的

在一般常用於先進技術開發初期時的預測方式當中，以專家會議[4]、德菲法[5] (Delphi) 問卷調查為主。目前美國已較少運用德菲法，但藍圖法 (Road-mapping) 或稱技術路徑法(Technology Roadmap)[6]則普遍為政府研究單位所採用，且多逐漸朝「多國合作」而成為一國際性的活動[7]。在台灣半導體業界早年因技術仍需由國外移轉，故常用參考指標法(Benchmarking)來在國際大廠已使用的技術中選擇最合適的技術加以引進並且改良。選擇技術時，所採用的先進技術可行性評估方式不外乎是 SWOT(Strength, Weakness, Opportunity, Threaten)分析和績效風險評估法。經過這許多年和先進前輩們的努力，台灣的半導體科技已經晉昇國際一流水準，過去以跟隨者心態所用的參考指標法已經無法滿足先進技術之預測與開發，所以必需自行培養研發團隊，開發下一代所需的技術。但自行開發先進技術成本與風險過高，現在台灣半導體廠商均以參加國際研發組織或團體來分散技術開發成本與失敗風險。

International Technology Roadmap for Semiconductor (ITRS)是國際公認在半導體技

術預測上最具權威的組織，每年公開發表由全球產學研的專家們討論後制定的全球半導體技術發展方向。ITRS 半導體微影發展藍圖每年會隨技術的進步或落後調整藍圖內技術內容，對於那些尚未明確的技術則列出其中可行性較高的幾項技術選項做為業界發展方向，之後從許多開發中的先進微影製程技術藍圖中，找出最適的下世代微影製程技術。由於在台灣微影方面專家人數不多，加上台灣半導體廠商可以在先進製程跟上 22nm HP 世代的公司也只要一兩家，所以本論文則決定結合易經決策模式，來探討在 22 奈米以下世代，台灣半導體廠商所需採用的最佳微影技術研發策略選擇。本研究係以台灣交通大學講座教授黎漢林教授首創之「易經心知力均衡觀」[8]為易經決策流程主體，輔以本研究所提出的「易立方」概念做為易經六十四卦相對位置關係，以及新的易經卦象能量的定義來探討台灣半導體產業未來代之最佳微影技術研發策略。決策所需資訊來源則以研究者過往實際參與推動企業之微影技術研發策略所得到的知識和經驗為基礎外，透過多年來與國內外半導體業之微影研發中高階主管的深入交談以及其他公司或機構公開資訊管道，獲得實際導入各種研發策略之經驗與心得，結合中國古老經典易經智慧，整理歸納出研究結論。

1.3 研究限制

本研究的研究範圍限制在以「易經心知力均衡觀」在「易立方」卦圖以及新的卦象能量定義下來進行台灣半導體產業 22 奈米世代以下之最佳微影技術研發決策。

1.4 章節架構

本論文章節架構示於圖 1。第一章為緒論，說明研究背景與動機，研究目的，研究範圍與限制以及研究架構。第二章為文獻探討，說明易經六十四卦的來由與各家不同的卦象圖，交通大學講座教授黎漢林所提之易方陣，易經球與易半球，以及其首創的易經一條龍多方案決策系統，最後介紹半導體微影製程技術發展。第三章為新六十四卦象：易立方，提出全新的三度空間排列之六十四卦象：易立方，說明在易立方內的錯綜複雜循環反覆關係，在易立方內的顯八卦，隱八卦和消息卦，在易立方內的內外心知力關係，以及新六十四卦象能量定義。第四章為易立方的數學模式，說明符合現代數學運算的六十四卦表示法，以矩陣形式表示的錯綜複雜的數學運算子，探討易立方的座標變化，以及易立方的能量分析，最後提出完全對稱之擴充易立方。第五章則以台灣半導體廠下世代微影研發策略分析為例，說明以易經決策模式的決策流程，決策動機，決策框架，以及根據資訊判斷出的情境卦和方案卦，再經由內外心知力改變而得的變與定卦。第六章為研究結論與未來研究方向，包括了研究結論和未來研究方向。



圖 1 論文章節架構圖

(資料來源：本論文整理)

第二章 文獻探討

2.1 易經六十四卦

易經是中國最古老的典籍之一，雖然經過秦始皇的焚書暴行，但因易經被認為是占卜之書，而完整保存下來。易經理論是建立在陰陽變易的基礎上，經過數千年先聖先賢的研究演繹，產生的學派不計其數，其內涵的理論博大精深，而又至簡至易，孔子在繫傳中就指出「易簡而天下之理得」，其理論可擴大到用在治國平天下，也可以用在個人的齊家、處世、修身之上。易經之義理奠基於易經（上下兩經）與易傳（十翼）之中，其中包含了卦辭、卦象、卦序結構等，如今流傳下來的有繫辭上下傳、說卦傳、序卦傳、雜卦傳等，都是易學經傳的重要典籍。

繫辭說：伏羲氏「仰則觀象於天，俯則觀法於地，觀鳥獸之文與地之宜，近取諸身，遠取諸物，於是始作八卦，以通神明之德，以類萬物之情」，也就是相傳伏羲氏觀察大自然宇宙萬物現象所歸納出的可以作為代表之簡化符號，這也就是八卦的起源。

孔子在繫辭上傳裡說：「是故易有太極，是生兩儀，兩儀生四象，四象生八卦。」又在繫辭下傳裡說：「八卦成列，象在其中矣。因而重之，爻在其中矣。剛柔相推，變在其中矣。」也就是說八卦的本源，來自太極。太極各派眾說紛紜，老子稱之為道，有人說是陰陽混合，有人說是至極之理，無可形容者謂之太極。在周濂溪的太極圖說中「太極動而生陽，動極而靜，靜而生陰，靜極而動，一動一靜，互為其根，分陰分陽，兩儀立焉」，這裡明白指出兩儀就是陰陽兩儀。伏羲氏畫卦時便發明極為簡單的兩畫，以表示無窮無盡的象數之源。這兩畫就是「—」、「--」。「—」為奇，是為陽，「--」為偶，是為陰。兩儀為四象以至萬象的基本結構，萬象即由兩儀細分而成，所以萬象無不有陰陽兩儀。萬象之數雖然無窮，但基本之數則為陽奇陰偶的陰陽兩儀。

四象是從兩儀演化而來，也就是陽上加陽「☰」，名為太陽；陽上加陰「☱」，名為少陰；陰上加陽「☲」，名為少陽；陰上加陰「☴」，名為太陰。萬象都是陰中有陽，陽中有陰，於是陰陽奇偶從單一之畫加為二畫，因而出現四種象。而八卦係由四象演化而來，就是在四象（太陽，少陰，少陽，太陰）之上再加一畫，而成為三畫的八卦。太陽加一陽「☰」為乾，加一陰「☶」為兌。少陰加一陽「☳」為離，加一陰「☵」為震。少陽加一陽「☱」為巽，加一陰「☷」為坎。太陰加一陽「☴」為艮，加一陰「☷」為坤[9]，如此八卦生成如圖 2 所示。

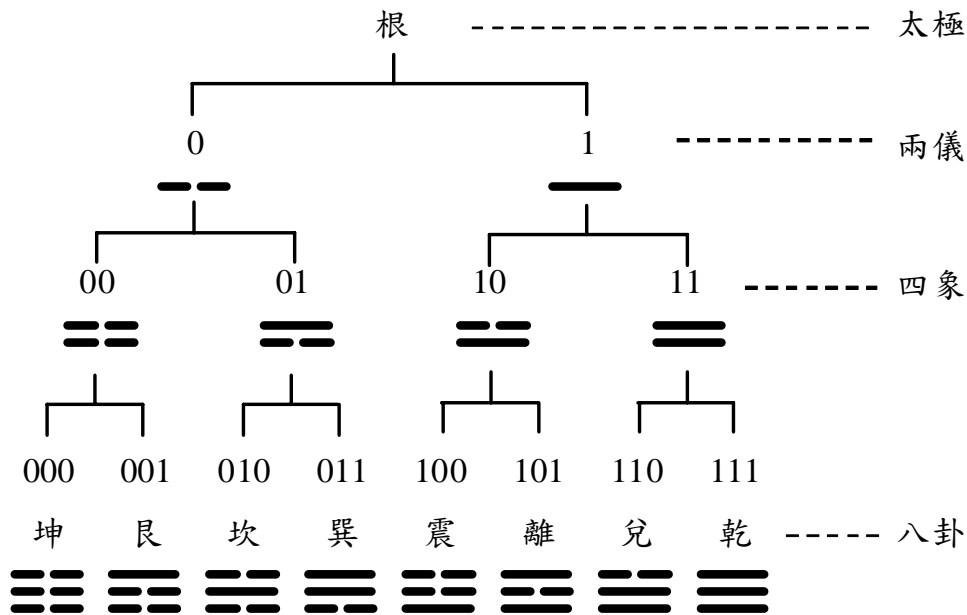


圖 2 八卦生成圖

(資料來源：<http://www.people.com.cn/mediafile/200309/11/F2003091120264700000.JPG>，本論文整理)

繫辭下傳「八卦成列」說：「八卦之列既成，則無窮之象具載於其中矣。因此八卦而重之，每一卦各以八卦加於其上，則為六畫之卦，凡有六十四卦，每卦六爻，一爻各有一義，則三百八十四爻之理又畢備於其中矣。」八卦上面再加上八卦，就變化成六十四卦，六十四卦每卦六畫稱之為六爻，仍是以陽剛陰柔二畫相推變化而成，故繫辭傳說：「剛柔相推，變在其中矣。」

2.2 各家之六十四卦圖

徐宇麓在「易經應用要論」[10]提到「易注自宋以前，未嘗有圖也，逮周濂溪傳陳希夷太極圖而之說，遂開理學之宗，但圖與易猶不相屬也；至朱子本義，取邵子河洛先後天八卦，大小方圓各圖，與其改訂之卦變圖，弁諸經首，歷代宗，之自是圖之與，相為附麗，後之言易者，無不有圖。」本節要來探討各家之易經六十四卦圖。

首先是伏羲六十四卦橫圖[11, 12]，如圖 3 所示，是由陰陽兩畫演化而來。類似前面提到的八卦生成圖，每加上一爻，卦的變化就為先前的兩倍。

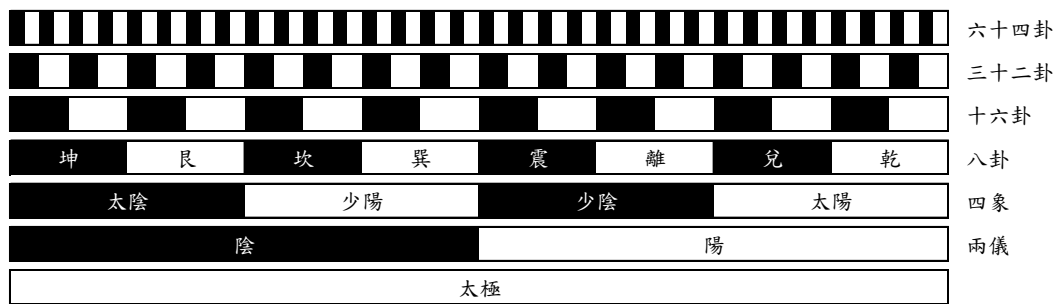


圖 3 伏羲六十四卦橫圖

(資料來源：http://pic4.nipic.com/20091117/3752136_111909083628_2.jpg，本論文整理)

伏羲橫圖之後，復規而圓之以象天地奠定氣化運行，成天上地下，天圓地方，則為目前較常見圓形周圍依序排列六十四卦的伏羲六十四卦次序圖[13]或伏羲六十四卦方位圖[14, 15]。其中伏羲六十四卦次序圖，以乾卦為天，坤卦為地，形成「天上地下」，並中央以太極圖為示。而伏羲六十四卦方位圖，除伏羲六十四卦次序排列在圓周外，佐以東西南北四個方位，再加上中間擺放八八六十四卦，形成「天圓地方」的伏羲六十四卦方位圖。

另有京房八宮卦圖[13, 16]，係由八純卦經一世、二世、三世、四世、五世、游魂與歸魂變化而來，如圖 4 所示。變化的次序由六爻中最下面的初爻開始爻變，為一世；往上，二爻再變為二世；依此類推，上到五爻變的五世；再往下，回到四爻再變，稱為游魂，再往下三至初爻全變，是謂歸魂。

本世	乾	震	坎	艮	坤	巽	離	兌
一世	姤	豫	節	賁	復	小畜	旅	困
二世	遯	解	屯	大畜	臨	家人	鼎	萃
三世	否	恆	既濟	損	泰	益	未濟	咸
四世	觀	升	革	睽	大壯	無妄	蒙	蹇
五世	剝	井	豐	履	夬	噬嗑	渙	謙
遊魂	晉	大過	明夷	中孚	需	頤	訟	小過
歸魂	大有	隨	師	漸	比	蠱	同人	歸妹

圖 4 京房八宮卦圖

(資料來源：www.zhouyiyouxi.com/XLZH/upload/Image/77.jpg，本論文整理)

重卦圖[17]是以位象成卦且由重卦六爻陰陽所在爻位構成。凡六爻之中得位者畫一陽爻，失位者畫一陰爻而成。得位與失位的定義和爻變的規則說明如下：凡一卦之中有六個爻位，一三五為陽位，得遇陽爻為得位，即畫一陽爻，得遇陰爻為失位，即畫一陰爻。二四上爻為陰位，得遇陰爻為得位，即畫一陽爻。得遇陽爻為失位，即畫一陰爻。如此六爻畫完，則另得一卦，即是位象成卦。例如乾之位象為既濟，既濟的位象為乾。坤之位象為未濟，未濟的位象為坤，等等。全部六十四卦則可以組成三十二對互為位象的卦，再把其互為綜卦者放在同一主宮中。如此一來，可以從六十四卦中整理得十六主宮，每主宮有四卦，總共排出四十八象，以盡六十四卦全體而無重複，頗見象數之妙趣。

以上各家均以平面圖表示六十四卦，近代亦開始用立體概念來看待易經六十四卦。如團正在「乾坤譜」所提的易經球[18]。團正係利用八個零向量，在三度空間坐標上內表示出八卦位置，再進一步建構三度空間包含六十四卦的易經球。其他尚有立體圖[19]和以天地人為概念的六十四卦平面卦[20]和立體表示圖[21]。

另外，還有以魔方陣形式來在 4x4x4 立方內來排列六十四卦的幻立方[22]，使得其中任意行列，或對角線四個卦的和為 130。

2.3 易方陣，易經球與易半球

台灣交通大學講座教授黎漢林教授在所著「學易經助決策—心知力均衡觀」一書中，根據史書所述及個人創見，亦提出了數種六十四卦的六十四卦圖，其中包括了易方陣，易經球與易半球。其中易方陣是參照文王整理的六十四卦成 8x8 方陣，易方陣上八單卦的編碼是按伏羲八卦的順序，但六十四卦的編碼則是黎教授依伏羲先天八卦的精神且運用矩陣的概念自行撰寫的一套包含內碼外碼，簡明的新編碼系統。另外再針對六十四卦按錯綜複雜循環往復的精神予以分組，以達到易讀，易記，易憶，易編，和易用等五易。

易經球則是為了考慮卦間距離而發展出來的。在黎教授的易方陣理論中，11 乾與 44 震的距離是 11 乾與 22 兌的 3 倍，所以認為六十四卦應該為球形而非平面，因而發展出易經球。

在黎教授所著「學易經助決策—心知力均衡觀」一書中和其網站上 http://140.113.73.192/mb316/assignment_examples/index.html，有著兩種易經球表示圖形。網路上的易經球的六十四卦則分佈在內外兩個小大球面上，書中的易經球的六十四卦分佈在同一個球面上。易半球是易經球的半球投影版，六十四卦則以投影方式呈現在半球剖面圓形上。

2.4 易經心知力決策一條龍

黎教授發展出「心知力決策一條龍」來處理多方案型決策。黎教授將上下兩卦(外內卦)視為兩組 Bite，單一爻視為單一個 Bit，並且利用內卦表示主決策者之心知力且外卦表示助決策者之心知力的概念，找出初卦的位置，利用現有已存在之資訊轉換成內外心知力卦象的科學方法來取代以往用龜甲取卦的不科學方式。如對每一個方案進行相同主客觀情勢的相對認知、相對位能分析後，就可以決定所有方案的第一次內外心知力卦象（方案卦），並將該方案卦在易方陣(圖 5)中標示出來，如此可以判斷各方案卦間的能量高低。若經過進一步確認主客觀情勢隨著時空環境認知而改變，各方案卦在易方陣中的位置也會隨之變化，也就是內外心知力卦象的變化而會有方案卦在易方陣中的位置變化。易方陣中八純卦的位置恰為一左上到右下之對角線，稱之為「易經一條龍」，而以左上方的 11 乾能量最高為龍首。在變卦與定卦之後，以靠近龍首附近且卦象能量最高之方案卦為最佳方案。

	乾 1	兌 2	離 3	震 4	巽 5	坎 6	艮 7	坤 8
乾 1	乾 11	夬 12	大有 13	大壯 14	小畜 15	需 16	大畜 17	泰 18
兌 2	履 21	兌 22	睽 23	歸妹 24	中孚 25	節 26	損 27	臨 28
離 3	同人 31	革 32	離 33	豐 34	家人 35	既濟 36	賁 37	明夷 38
震 4	無妄 41	隨 42	噬嗑 43	震 44	益 45	屯 46	頤 47	復 48
巽 5	姤 51	大過 52	鼎 53	恆 54	巽 55	井 56	蠱 57	升 58
坎 6	訟 61	困 62	未濟 63	解 64	渙 65	坎 66	蒙 67	師 68
艮 7	遯 71	咸 72	旅 73	小過 74	漸 75	蹇 76	艮 77	謙 78
坤 8	否 81	萃 82	晉 83	豫 84	觀 85	比 86	剝 87	坤 88

圖 5 易方陣

(資料來源：黎漢林，「學易經助決策—心知力均衡觀」，2009，本論文整理)

另外，黎教授對心知力的能量和卦間距離之解釋如下。內卦牽涉到個人心知力，可以視為主決策者的主觀意念。心的能量為 1，知和力的能量分別為 2 和 4，內卦與外卦兩者最高能量均為 7，最低能量均為 0，所以六十四卦的能量分佈為由 0 到 14。以坤卦為例(0 心，0 知，0 力)¹，此卦意涵：內心，內知，內力均不支持。若只是變化心、知、力中之一項，則成以下卦象。

(1 心，0 知，0 力) 艮卦：雖內心認同，但無知、無力支持。此卦與坤卦距離為 $D=1/14$ (以內外卦能量和最高值 14 當成基準)。

(0 心，1 知，0 力) 坎卦：雖內知認同，但無知、無力支持。此卦與坤卦距離為 $D=2/14$ 。

(0 心，0 知，1 力) 震卦：內力可充分配合，而內心、內知未顯。此卦與坤卦距離為 $D=4/14$ 。

黎教授解釋，就距離變化而言，艮卦距坤卦較近，表示從坤卦移動至艮卦所需能量較

¹這裡所使用的標記，為忠實原作者，三爻之上中下爻以心知力的次序排列，六爻之上爻到初爻以外心知力內心知力的次序排列。

小。這也符合了心的變化，喜惡的變化，企圖的變化是較容易。

黎教授又以同一外卦為例，如乾卦，再配合只變內卦的單一爻為例。若初卦為外卦是（1 心，1 知，1 力），內卦是（0 心，0 知，0 力）的 81 否卦（閉塞否定）：無為者，處有外心知力可運用之剛健環境。致無為者相對於剛健環境更形閉塞不前。

A) 只變化內心 (111, 100) 71 遯（退縮不前）：無知無力之隱退者，處有外心知力可運用之剛健環境。致隱退者遇剛健者會更退縮不前。

B) 只變化內知 (111, 010) 61 訟（易起興訟）：無心無力之困坎者，處有外心知力可運用之環境。此為一易因內外心力不一起爭訟之境。

C) 只變化內力 (111, 001) 41 無妄（不妄無災）：剛勇但心知不足者，處一外心知力可支持環境。此為一行事宜慎重不妄無災之境。

看起來以上三個卦都不是太好的卦。黎教授認為就距離變化而言，(111, 100) 71 遯卦為最短，且所遭遇之可能災禍最小。

2.5 半導體微影製程技術發展

半導體積體電路尺寸的微細化長久以來一直依循摩爾定律(Moore's Law)發展，亦即圖案線寬每 2~3 年縮小 70%，晶粒密度就會增加 2 倍，即透過各式各樣的製程上的改進，或是增加晶片面積，基本上單位晶片的晶粒密度，每隔 18 個月會以 2 倍速度增加。半導體微影製程技術是滿足摩爾定律的重要指標性製程，而光學微影技術(Optical Photolithography)是為目前微影製程的主流。根據光學中的雷利公式(Raleigh Equation)可以看出，光學微影技術所用的光源波長會隨著摩爾定律發展而縮小，但數位孔徑卻隨著摩爾定律發展而變大。在微米技術時代，曝光光源一般為汞燈所發出的紫外光（g-line 436nm 和 i-line 365nm），到次微米技術時代，曝光光源由於汞燈無法提供波長更短且高功率的光束，故轉而使用準分子雷射光源的深紫外光(KrF 248nm 和 ArF 193nm)為曝光光源。而數位孔徑方面則由 0.5 放大到當空氣為鏡頭和晶片間的介質時的物理極限 0.93，之後甚至引進水來當做鏡頭和晶片間的介質，藉由這種浸潤式微影技術(Immersion Lithography)[23]再把數位孔徑的物理極限往上推到 1.35，這些發展都是為了達到更小解析度所做的努力。此外，在光學中的雷利公式中和解析度有關的參數尚有製程常數 k_1 ，顧名思義 k_1 是和微影製程相關的參數。所以在光學微影領域中也藉由使用解析度改善技術(RET: Resolution Enhancement Technology)來降低 k_1 ，例如：使用相偏移光罩(PSM: Phase Shifting Masks) [24, 25]，多重相偏移光罩(Multi-Phase PSMs)[26]，偏軸入射照明(OAI: Off-Axis Illumination)，甚至雙重曝光技術(Double Exposure or Double Patterning)[27]等，來增加光學微影製程的解析度。以上的這許多的技術，都延長光學微影製程的使用範圍，從次微米技術延伸至奈米技術，這也導致開發光學微影以外的新技術之急迫性消失。換言之，大多數的半導體廠均以光學微影解析度改善技術配合符合微影製程的設計概念(Lithography Friendly Design)，來做為維持摩爾定律的方式，這樣的後果卻是造成光學微影以外先進微影技術遲遲無法實用化。

但是光學微影技術仍舊存在一天會面臨物理極限的問題，一般認為光學微影技術到了 22nm HP (half pitch) 已經瀕臨光學物理的極限，因此研究人員提出許多光學曝

光以外的新構想，不過到目前為止這些技術都還無法提供大量生產使用。這些先進非光學微影技術包含了 X 線鄰近微影(X-Ray Proximity Lithography)、投射式電子束微影(EPL: Electron Projection Lithography)、低加速電子線(LEEPL: Low Energy EPL)鄰近微影技術，投射式離子束微影(IPL: Ion Projection Lithography)等[28]。半導體廠非常注重半導體元件製作成本，因此廠商大多要求使用高產能(high throughput)且低缺陷密度(low defect density)的微影設備來降低製作成本，但上述這些先進非光學微影技術在高產能和低缺陷密度的要求上均遇到技術困難，加上開發速度嚴重落後，使得這些非光學微影技術一直無法達成量產需求。

International Technology Roadmap for Semiconductor (ITRS)是一個國際性的組織，其中包含了全球產學研的專家們，每年聚在一起討論並制定全球半導體技術發展方向。ITRS 發表的 2007 半導體微影發展藍圖(圖 6)中，極深紫外光微影(EUVL: Extreme Ultra Violet Lithography)、創新的 193nm 浸潤式曝光(Innovative 193nm immersion)、無光罩微影(Mask-Less Lithography: ML2)與奈米壓印(Imprint)等技術，在 2007 年底經過全球 ITRS 的專家同意視為實現 22nm 世代的最佳可行技術，而至於 16nm 世代可行的微影技術則需要創新的技術，創新的極深紫外光微影、無光罩微影與奈米壓印等技術外，再加上直接自行成型技術(Directed Self Assembly)。

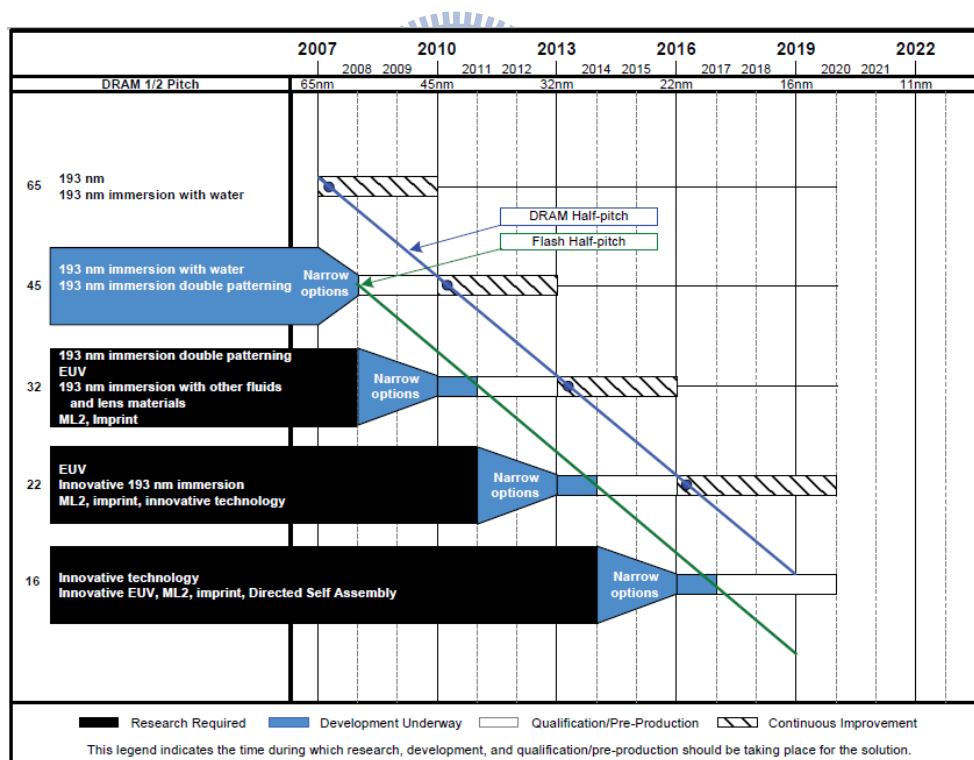


圖 6 2007 ITRS 半導體微影發展藍圖

(資料來源：ITRS)

然而經過兩年的全球研發實績之後，ITRS 在 2009 半導體微影發展藍圖(圖 7)中，更明確地指出極深紫外光微影、193nm 浸潤式雙重/多重曝光、無光罩微影與奈米壓

印等技術，被視為實現 22nm 世代的最佳可行技術，而對於 16nm 世代可行的微影技術則有極深紫外光微影、創新的 193nm 浸潤式多重曝光、無光罩微影、奈米壓印、直接自行成型技術等技術外，再加上干涉式微影技術(Interference Lithography)。另外，又針對 11nm 世代，提出最佳可行技術的看法。

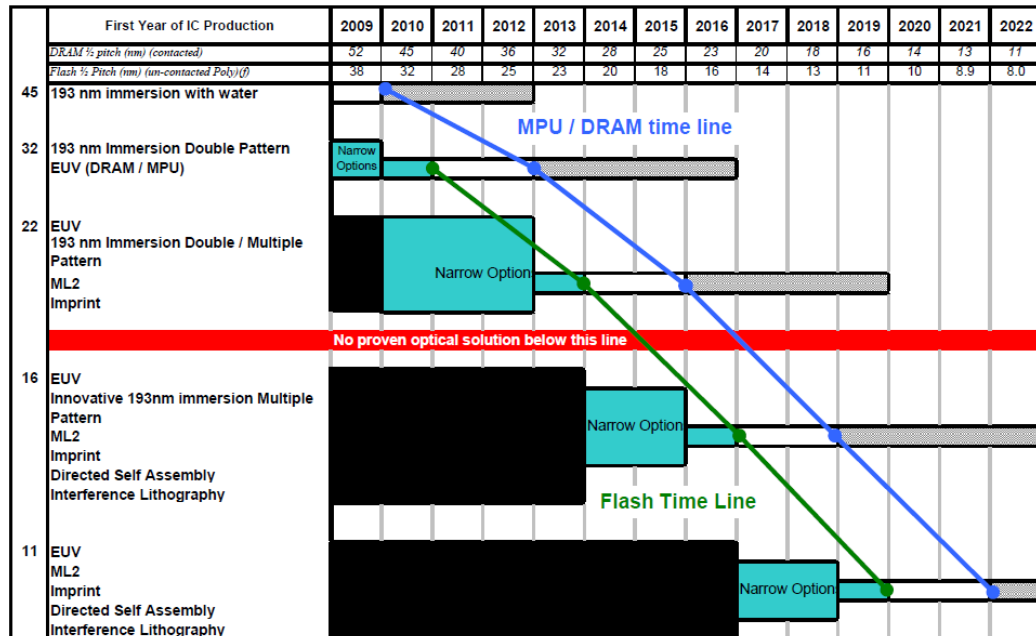


圖 7 2009 ITRS 半導體微影發展藍圖

(資料來源：ITRS)

以下就針對上述 22nm 半導體世代可能的微影技術做個別說明。

a. 雙重曝光技術

在其他技術尚未成熟前，浸潤式 193nm 光學微影雙重曝光技術是唯一可以用來進入 22nm 製程的微影技術，即使要花費相當的製程成本代價，在半導體製造商並沒有其他的選擇以下，只好使用浸潤式 193nm 光學微影雙重曝光技術來生產的產品。目前所謂的雙重曝光技術大致可以分成以下幾種方式：Double Exposure，Double Patterning，和 Spacer Double Patterning，如圖 8 所示。Double Exposure 是指在一次光阻覆蓋後，利用兩個不同光罩進行兩次曝光，達到增進解析度的方式。這種方式需要特殊的光阻，才能夠在兩次曝光中分隔各自的曝光效果，但這種光阻目前只在理論或實驗室階段，無法推上量產。Double Patterning 是在第一次光阻覆蓋後，利用第一個光罩進行第一次曝光，蝕刻後將第一次光罩圖形轉印到第一次光阻或底層薄膜後，再進行第二次光阻覆蓋，利用第二個光罩進行第二次曝光，蝕刻後將第一次及第二次光罩圖形轉印到底層薄膜上，達到增進解析度的方式。這種方式的好處是簡單明瞭，兩次的蝕刻製程可以避免 Double Exposure 無法在兩次曝光中分隔各自的曝光效果的問題，但是也增加了製程成本。而且因為有兩次光阻製程，造成前後兩次曝光時二個光

單圖形對準精確度較 Double Exposure 之一次光阻製程前後兩次曝光時二個光罩圖形對準精確度為差，目前曝光機設備最好的曝光對準精確度大約為 2~3nm，在 Double Patterning 製程當中，曝光對準精確度會增加線路線寬和線路間空隙寬度的變異，於是對於那些對於線路線寬和線路間空隙寬度容忍度要求較高的產品就無法使用 Double Patterning。換言之，除非有效解決對準精確度問題，否則 Double Patterning 製程只能使用在那些對於線路線寬和線路間空隙寬度容忍度要求較低的產品。Spacer Double Patterning 則是將第一次光罩圖形轉印到第一次光阻或底層薄膜後，再利用另一道薄膜製程產生 Spacer，並以 Spacer 來做為轉印層，達到增進解析度的方式，但仍然需要利用第二個光罩進行第二次曝光及蝕刻，將其他無法在第一次 Spacer 製程中產生的圖形轉印到底層薄膜上。這種製程最為複雜，成本也最為昂貴，但好處是可以利用 Spacer 製程中產生的圖形來涵蓋那些對於線路線寬和線路間空隙寬度容忍度要求較高的線路區域，避免曝光對準精確度不足的問題[29]。

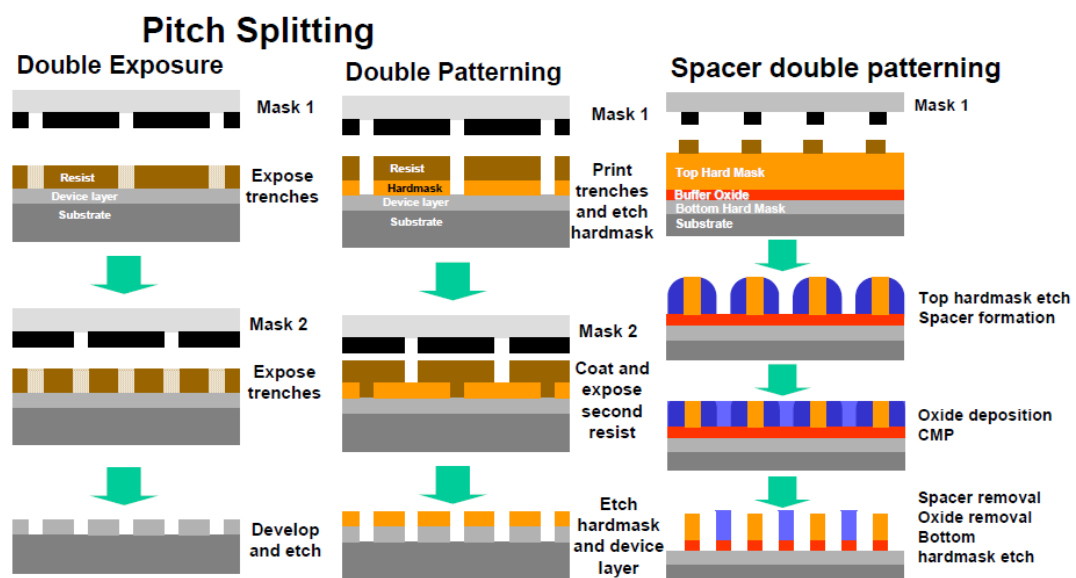


Figure LITH1 Process Flows for Pitch Splitting (DE, DP), and Spacer Patterning

圖 8 主要 Double Patterning 的三種技術

(資料來源：ITRS)

使用浸潤式 193nm 光學微影技術的雙重曝光技術，22nm HP 是它的界限，要求更微細化時必需考慮多重曝光技術。

b. 極深紫外光微影技術

極深紫外光微影技術是被列在 ITRS 中做為 193 奈米浸潤式微影技術之後可以在 2013 年解析出 32 奈米及以下世代最有前景的技術。然而，針對某些儲存元件量產時程，如 NAND 型快閃記憶體，則要求提早在 2011 年就需應用極深紫外光微影技術做為量產技術，甚至在 2009 年就需要此微影技術做為早期研發之用。為了實現極深紫外光微影技術，首先需要投入眾多資源開發高功率和高可靠度的極深紫外光光源，再者

需要來解決極深紫外光光阻劑性能問題，如光阻敏感度(photosensitivity)，線邊緣粗糙度 (Line Edge Roughness, LER)，以及線寬粗糙度 (Line Width Roughness, LWR) 等。另外也必需解決反射式光罩的缺陷檢驗，以及缺陷防範和修復等技術問題。在 2009 國際極深紫外光技術研討會中，專家們把目前極深紫外光技術遇到的問題加以排序(圖 9)，第一要務是解決反射式光罩相關問題，第二必需加速極深紫外光光源之開發，第三則進行光阻相關的問題。

2005 / 32hp	2006 / 32hp	2007 / 22hp	2008 / 22hp	2009 / 22hp
1. Resist resolution, sensitivity & LER met simultaneously	1. Reliable high power source & collector module	1. Reliable high power source & collector module	1. Long-term source operation with 100 W at IF and 5MJ/day	1. Mask yield & defect inspection/review infrastructure
2. Collector lifetime	2. Resist resolution, sensitivity & LER met simultaneously	2. Resist resolution, sensitivity & LER met simultaneously	2. Defect free masks through lifecycle & inspection/review infrastructure	2. Long-term reliable source operation with 200 W at IF
3. Availability of defect free mask	3. Availability of defect free mask	3. Availability of defect free mask	3. Resist resolution, sensitivity & LER met simultaneously	3. Resist resolution, sensitivity & LER met simultaneously
4. Source power	4. Reticle protection during storage, handling and use	4. Reticle protection during storage, handling and use	• Reticle protection during storage, handling and use	• EUVL manufacturing integration
• Reticle protection during storage, handling and use	5. Projection and illuminator optics quality & lifetime	5. Projection and illuminator optics quality & lifetime	• Projection / illuminator optics and mask lifetime	
• Projection and illuminator optics quality & lifetime				

圖 9 歷年在 EUVL 研討會當中所討論之技術障礙排名
(資料來源：2009 EUVL Workshop)

目前極深紫外光光阻的敏感性和光學穿透率使得極深紫外光光源的可用頻寬極深紫外光光阻劑性能訂在 2 % 以內。根據此極深紫外光光源 2 % 可用頻寬和 100wph 產量產出的條件，極深紫外光掃描式曝光機製造商訂出極深紫外光光源在中間焦點 (intermediate focus, IF) 處輸出功率的早期規格應該要大於 115 瓦，(假設使用 5 mJ/cm² 敏感度之極深紫外光光阻)，或者大於 180 瓦(假設使用 10 mJ/cm² 敏感度之極深紫外光光阻)。若極深紫外光光阻的敏感性高於 20 mJ/cm²，極深紫外光光源的輸出功率則被要求高於 200 瓦。因此，可擴充輸出功率的極深紫外光光源架構才可符合極深紫外光微影技術在技術生命演進週期中的使用需求。低功率放電激發電漿型 (discharge-produced-plasma, DPP) 極深紫外光光源文獻上已可達到 10 瓦之中間焦點輸出功率，且預期將可擴展到 30 瓦 - 50 瓦之水準。但為能擴充到高於 200 瓦以上之中間焦點輸出功率，則雷射激發電漿型 (Laser-produced-plasma, LPP) 極深紫外光光源更加有機會達成目標，且預計將在 193 奈米浸潤式時代之後，提供必要的高功率極深紫外光光源，以滿足大量生產時極深紫外光掃描式曝光機生產積體電路之用。

雷射激發電漿型極深紫外光光源[30]係藉由投射雷射光束至標靶元素，如氫氣，

錫或鋰，以產生電子溫度高達幾十電子伏特的高度離子化電漿，並輻射出 13.5 奈米波長極深紫外光。在離子激發和重組的過程中產生的高能極深紫外光向四面八方輻射，隨即被一個垂直入射的鏡面集光器所反射，並集中到一個中間焦點，再從那裡照射至光學掃描式曝光機的光學系統，並最終曝射在晶圓上。從雷射能量轉換到極深紫外光能量間的轉換效率是雷射激發電漿型極深紫外光光源能否達成所需要的高輸出功率的重要關鍵。西盟科技(Cymer Inc.)曾發表了幾種雷射波長和標靶元素之組合對轉換效率和其他光源整合方面的調查研究，發現以錫滴標靶和二氧化碳雷射所組合之雷射激發電漿型極深紫外光光源輸出功率最有開發潛力，並且針對未來的雷射激發電漿型遠極深紫外光光源研發藍圖將指出應用在量產規模上的雷射激發電漿型遠極深紫外光光源所應有的輸出功率目標和需求時程。

c. 奈米壓印技術

奈米壓印技術[31]發展至今已屆十多年之久，根據文獻資訊以及技術發展趨勢，目前可歸納為三大主流技術：(1) 熱壓成形奈米壓印[32] (Hot embossing Nanoimprint Lithography, HE-NIL)；(2) 紫外光硬化成形奈米轉印[33] (UV-curing Nanoimprint Lithography, UV-NIL)；(3) 軟微影技術 (Soft Lithography) [34]。這三大主流技術雖然製程方法皆不相同，但主要皆源自於蓋印章或模具輔助 (Mold-Assisted) 的轉印概念。首先製作壓印模具，接著壓附光阻劑轉印圖案。若與傳統半導體製程比較，它的技術門檻很低適合硬碟機的製作或其他低解析度需求且低成本的晶片製作，如生物晶片。當然，倘若未來大幅提升技術層次，奈米壓印技術未來也有希望成為 22nm HP 以下的前瞻性技術之一。

奈米壓印技術看似相蓋章般簡單，但其中製程上仍有許多工程問題有待克服，如壓印機台平行度、表面粗度不平整現象及高溫高壓製程，且不易在大面積晶圓中使用等等問題。

除了奈米壓印技術製程上的困難以外，在壓印模具方面，現有奈米級模具製作仍需依賴電子束等昂貴製程，使得壓印模具成本極高。再者傳統矽基材或電鑄鎳模具，一般阻劑會沾黏(Adhesion)在壓印模具模面上造成脫模困難，需額外進行抗沾黏處理。另外，硬質壓板、壓印模具和基材(Substrate)三者之平行/平坦度，壓力不均勻等因素，會造成壓印面和基材間有不完整接觸(Poor Contact)產生，導致奈米結構複製精度不佳，或者產生應力集中現象使晶圓破裂，因此大面積的壓印良率一直受到限制。在半導體產業追逐摩爾定律朝向 12 吋甚至 18 吋晶圓世代以降低成本的同时，如何改善奈米壓印技術在大面積壓印的良率與成本是為重要研究發展方向。

d. ML2 技術

ML2 是無光罩微影(ML2: Mask Less Lithography)技術的簡寫，或稱為 EBDW (Electron Beam Direct Write) 電子束直寫微影技術，它使用一萬條左右的電子束進行微影曝光[35, 36, 37]，由於不需要光罩，所以在對於小量量產的半導體產品開發成本上有很大的吸引力。目前在這個技術領先的公司為荷蘭商 MAPPER。MAPPER 公司的多

重電子束直寫微影技術(MBEBDW: Multiple Beam Electron-Beam Direct Write)運用了大量平行電子束(量產的設備將高達 13,000 條電子束)，直接將電路圖刻寫到晶圓上，可省去目前微影技術及機台設備所需的昂貴光罩。由於不需要運用到光罩，MAPPER 公司所開發的微影設備可望在未來大幅降低積體電路製造成本，並且提升其晶圓生產量。然而這個技術目前仍在開發階段，平行電子束的數量目前只能做到 110 條電子束，距離量產設備所要求的 13,000 條電子束，尚有一段差距。此外，量產設備的 13,000 條電子束每小時只能產出 5~10 片 12 吋晶圓，必需採用組合型(Cluster)機台設計，也就是使用多個平行電子束機台組合在一起，才能達到每小時 100 片以上 12 吋晶圓的產出量，以符合經濟效益。另外一個 ML2 會面臨到的問題是在下一個世代時電路線寬再縮小，電子束的尺寸也要跟著縮小，如此一來，產出量的問題又得重新面對。



第三章 新六十四卦象: 易立方

3.1 三度空間排列之六十四卦象: 易立方

從空間的角度，「太極生兩儀，兩儀生四象，四象生八卦」可以解為從零度空間的點擴展成一度空間的線，且將空間一分為二，陰和陽，或上和下等。再從一度空間的線擴展成二度空間的面，這時把平面分為四個「象」限ⁱⁱ，接著由二度空間的面再擴展成三度空間，則可把立體空間分為八個「卦」限ⁱⁱⁱ。若以正為陽或 1，負為陰或 0，則八個卦限正好包含了伏羲八卦，如圖 10 所示，乾 111，兌 110，離 101，震 100，巽 011，坎 010，艮 001，坤 000^{iv}。

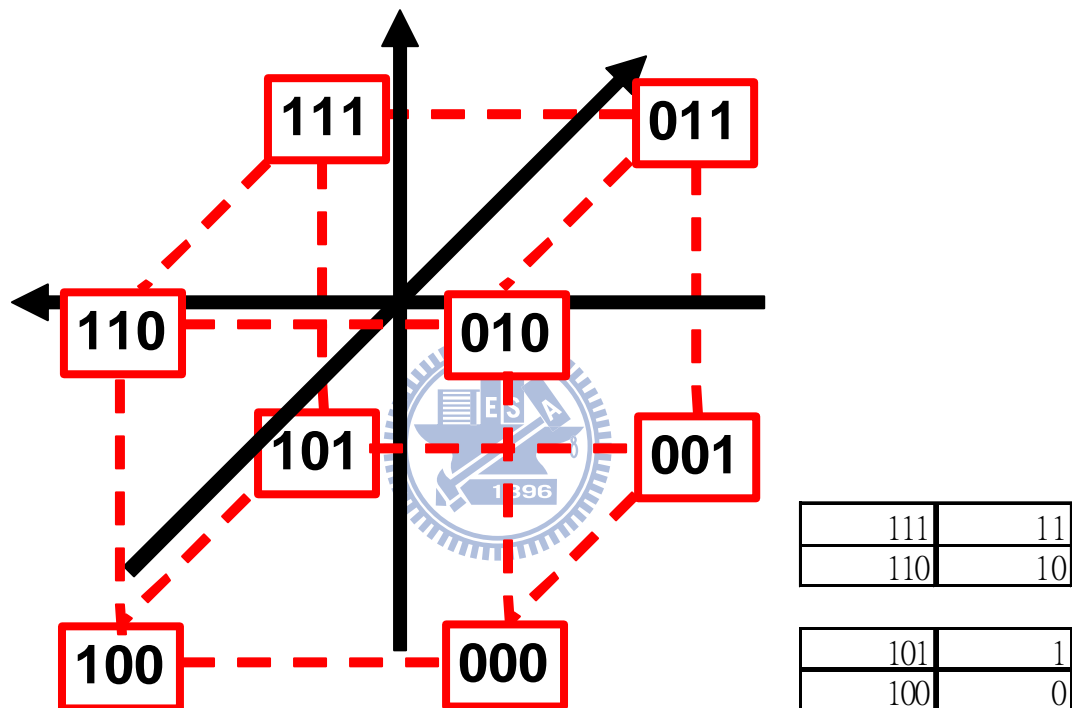


圖 10 伏羲八卦立體圖和平面表示法

圖 10 右側上下兩個 2x2 方陣是左邊八卦立體圖的平面表示法。上面的 2x2 方陣代表八卦立體圖中上一層的四個卦，而下面的 2x2 方陣代表八卦立體圖中下一層的四個卦。由於是在 MS Excel 中方便計算，八卦的陰陽皆以數字形式表示，如坤 000 在 MS Excel 中則以 0 表示。

接下來要從八卦擴展成六十四卦的話，在空間上很難再進入更高維度空間，本論文提出一個新的排列方式，可以在不增加維度的情況下，排出六十四卦。

ⁱⁱ數學上，在平面直角座標中垂直的 X 軸和 Y 軸將平面分為四個象限，(+ , +) 為第一象限，(- , +) 為第二象限，(- , -) 為第三象限，而 (+ , -) 為第四象限。

ⁱⁱⁱ數學上，在三維直角座標系中垂直的 X 軸，Y 軸和 Z 軸將空間分為八個卦限，(+ , + , +) 為第一卦限，(- , + , +) 為第二卦限，(- , - , +) 為第三卦限，(+ , - , +) 為第四卦限，(+ , + , -) 為第五卦限，(- , + , -) 為第六卦限，(- , - , -) 為第七卦限，而 (+ , - , -) 為第八卦限。

^{iv}本章節以後，為了符合數學運算，所使用標記由左到右三碼分別代表下中上三爻(力知心)次序排列。

首先以上述八卦立體圖為基礎核心，表示內卦間的相對關係，而外卦亦為類似八卦立體圖關係，只是先以內為坤，外為乾的方式排出六十四卦中內卦為乾卦的八個卦。再以鏡面對稱方式排列出相鄰內卦之外八卦。如內乾卦與內巽卦相鄰，則內乾卦的外八卦與內巽卦的外八卦則為鏡面對稱。依此鏡面對稱方式即可將所有六十四卦依內卦次序排出。如圖 11 所示。

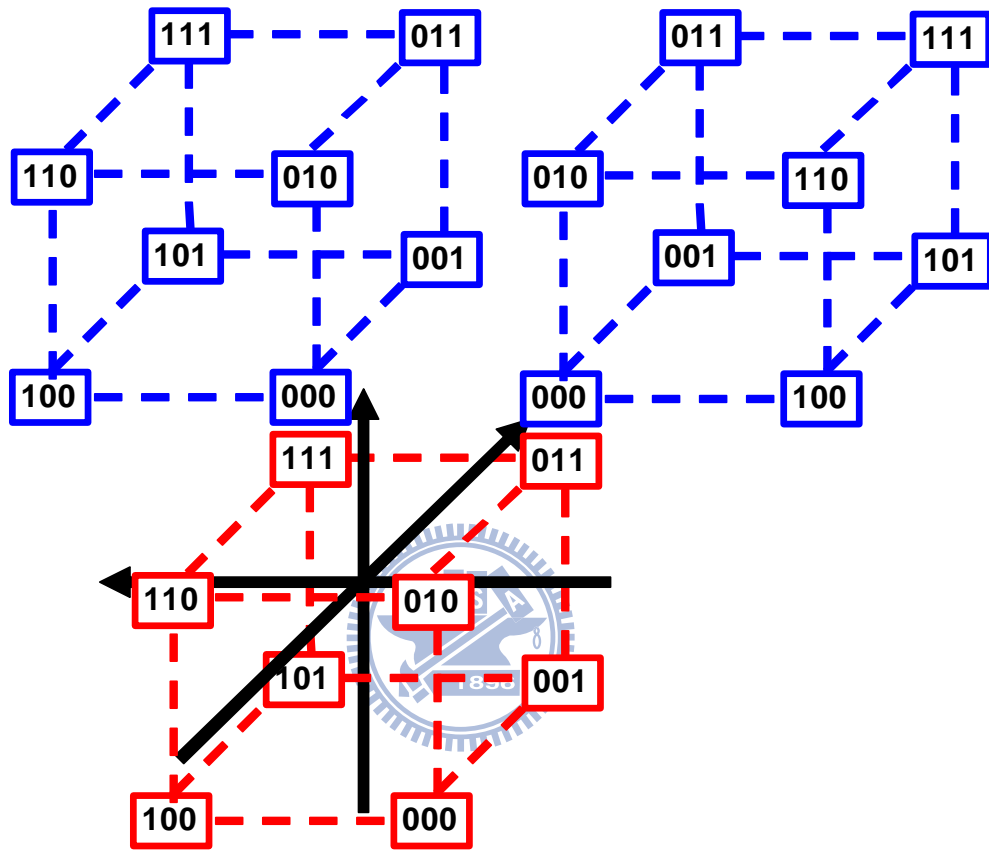


圖 11 易立方的內八卦立體圖和外八卦的鏡面對稱關係

若以平面表示法表示易立方的六十四卦，則如圖 12 所示^v。四個 4x4 的方陣由上而下分別代表了第一二六五卦限（依順時鐘方向，左上，右上，右下，左下）上層的十六個卦，第一二六五卦限下層的十六個卦，第四三七八卦限上層的十六個卦，以及第四三七八卦限下層的十六個卦。這樣的立體六十四卦象表示法可以有以下幾個特性：

- 第一，每一個卦象的最鄰近的六個卦象正好都只差一爻，表示每一次爻變可以變成鄰近的另一個卦；
- 第二，外卦為坤卦的八個卦正好為這個立方體的中心，外卦為乾卦的八個卦為這個立方體的八個外角，和乾為天，坤為地的概念相符；

^v六爻標記則由左到右六碼分別代表初爻到上爻（內力知心外力知心）之次序排列。

111111	111011	11011	11111
111110	111010	11010	11110
110110	110010	10010	10110
110111	110011	10011	10111

111101	111001	11001	11101
111100	111000	11000	11100
110100	110000	10000	10100
110101	110001	10001	10101

101101	101001	1001	1101
101100	101000	1000	1100
100100	100000	0	100
100101	100001	1	101

101111	101011	1011	1111
101110	101010	1010	1110
100110	100010	10	110
100111	100011	11	111

圖 12 易立方：外卦為乾卦與外卦為坤卦的卦象分佈

- 第三，一般所謂八純卦（顯八卦）的位置出現在第一層和第三層的方陣中(圖 13)，若將這八純卦的相對空間定為空間的八個卦象時，且將每一個卦象內再細分成另外八個卦象的話，八純卦的位置則恰好在每一個空間卦象當中第一卦象的位置，且八純卦(顯八卦)的相對位置又正好和內八卦的相對位置相同。而隱八卦的位置出現在第二層和第四層的方陣中，且隱八卦的位置則恰好在每一個空間卦象當中第三卦象的位置，且隱八卦的內八卦之相對位置又正好和顯八卦的內八卦的相對位置相同(圖 14)；
- 第四，這六十四卦所成的立方體可以為一個基本單元，向外四面八方重覆擴張，像是目前宇宙一直向外膨脹擴展的概念一樣[38]；

111111	111011	11011	11111
111110	111010	11010	11110
110110	110010	10010	10110
110111	110011	10011	10111

111101	111001	11001	11101
111100	111000	11000	11100
110100	110000	10000	10100
110101	110001	10001	10101

101101	101001	1001	1101
101100	101000	1000	1100
100100	100000	0	100
100101	100001	1	101

101111	101011	1011	1111
101110	101010	1010	1110
100110	100010	10	110
100111	100011	11	111

圖 13 易立方：八純卦的卦象分佈

111111	111011	11011	11111
111110	111010	11010	11110
110110	110010	10010	10110
110111	110011	10011	10111

111101	111001	11001	11101
111100	111000	11000	11100
110100	110000	10000	10100
110101	110001	10001	10101

101101	101001	1001	1101
101100	101000	1000	1100
100100	100000	0	100
100101	100001	1	101

101111	101011	1011	1111
101110	101010	1010	1110
100110	100010	10	110
100111	100011	11	111

圖 14 易立方：顯八卦與隱八卦的卦象分佈

3.2 在易立方內的消息卦

在一般六十四卦方陣圖中，還有一個表示一年中十二個月之月令的消息卦，分別是 18 泰，14 大壯，12 夬，11 乾，51 姤，71 遯，81 否，85 觀，87 剝，88 坤，48 復，28 臨等十二個月的消息卦在方陣圖中並不連續，但在易立方立方體的排列方式中，十二個月的消息卦似乎有一定的排列順序，且為連續爻變的十二個相隣卦(圖 15)。

111111	111110	110110	110111
111101	111100	110100	110101
101101	101100	100100	100101
101111	101110	100110	100111

111011	111010	110010	110011
111001	111000	110000	110001
101001	101000	100000	100001
101011	101010	100010	100011

11011	11010	10010	10011
11001	11000	10000	10001
1001	1000	0	1
1011	1010	10	11

11111	11110	10110	10111
11101	11100	10100	10101
1101	1100	100	101
1111	1110	110	111

圖 15 易立方：消息卦的卦象分佈

3.3 在易立方內的錯綜複雜循環反覆

錯綜複雜循環反覆是為六十四卦中一個卦卦相關的一種表示方式，這種錯綜複雜循環反覆在易方陣中並無一定的規則或圖形可循，但在易立方內則可以立體對角線上就可以看出錯綜複雜循環反覆，如圖 16 所示。以乾 111111 為例，在易立方的立體對角線上為乾 111111，泰 111000，坤 000000，及否 000111，正好為乾卦的錯綜複雜循環反覆。在圖中，以不同顏色表示出其錯綜複雜循環反覆關係和乾卦相同的另外三組錯綜複雜循環反覆關係，分別為 011011，110110 和 010010 的錯綜複雜循環反覆關係。其中 011011 和 110110 這兩組又為互綜。另外在易立方當中還有其他三組對角線也正好為其錯綜複雜循環反覆關係卦。

111111	111011	11011	11111
111110	111010	11010	11110
110110	110010	10010	10110
110111	110011	10011	10111

111101	111001	11001	11101
111100	111000	11000	11100
110100	110000	10000	10100
110101	110001	10001	10101

101101	101001	1001	1101
101100	101000	1000	1100
100100	100000	0	100
100101	100001	1	101

101111	101011	1011	1111
101110	101010	1010	1110
100110	100010	10	110
100111	100011	11	111

圖 16 易立方：卦象的錯綜複雜反覆循環

3.4 在易立方內的內外心知力

在 3.1 中提到易立方空間內，內卦和外卦間的關係，這裡再以內外心知力的角度來看易立方的配置。

從內卦心知力來看，圖 17 以顏色區分出的八個卦限分別代表了八個內卦心知力的意涵：乾為第一卦限表示內心內知內力俱傾向接納；巽為第二卦限表示雖內心內知認同，但無內力支持；艮為第三卦限表示雖內心認同，但無內知內力支持；離為第四卦限表示內心內力傾向支持，但內知未明；兌為第五卦限表示內知內力傾向支持，但內心未定；坎為第六卦限表示雖內知認同，但無內心內知支持；坤為第七卦限表示內心內知內力均不支持，而震為第八卦限表示內力可充分配合，但內心內知未顯。

從外卦心知力來看，圖 18 以顏色區分出的八個區域分別代表了八個外卦心知力的意涵：外卦為乾最外圍，表示外心外知外力俱傾向接納；外卦為坤在最中心，表示外

心外知外力均不支持；外卦為艮者在在坤之前後，表示雖外心認同，但無外知外力支持；外卦為坎者在在坤之上下，表示雖外知認同，但無外心外知支持；而外卦為震者在坤之左右，表示外力可充分配合，但外心外知未顯；外卦為巽者在艮之上下，表示雖外心外知認同，但無外力支持；外卦為離者在乾之上下，表示外心外力傾向支持，但外知未明；外卦為兌者在坎之左右，表示外知外力傾向支持，但外心未定。

111111	111011	11011	11111
111110	111010	11010	11110
110110	110010	10010	10110
110111	110011	10011	10111

111101	111001	11001	11101
111100	111000	11000	11100
110100	110000	10000	10100
110101	110001	10001	10101

101101	101001	1001	1101
101100	101000	1000	1100
100100	100000	0	100
100101	100001	1	101

101111	101011	1011	1111
101110	101010	1010	1110
100110	100010	10	110
100111	100011	11	111

圖 17 易立方：內心知力關係

111111	111011	11011	11111
111110	111010	11010	11110
110110	110010	10010	10110
110111	110011	10011	10111

111101	111001	11001	11101
111100	111000	11000	11100
110100	110000	10000	10100
110101	110001	10001	10101

101101	101001	1001	1101
101100	101000	1000	1100
100100	100000	0	100
100101	100001	1	101

101111	101011	1011	1111
101110	101010	1010	1110
100110	100010	10	110
100111	100011	11	111

圖 18 易立方：外心知力關係

3.5 六十四卦象能量定義

在黎教授的易半球中，心知力的能量定義分別為 1、2、4，因為黎教授認為要改變內心滿意程度最為容易，而要具備達成目標的資源最為困難，而且內外心知力的比重一致，所以內外心知力的能量分佈為 0(內外卦皆為坤)到 14(內外卦皆為乾)。但在本論文中認為，心知力的變化應視為相同等級，有些人改變想法之困難程度不亞於自身資源的預備，所以應該心知力均給予相同的能量。這樣一來，一樣考慮內外心知力的比重一致，內外心知力的能量分佈則為 0(內外卦皆為坤)到 6(內外卦皆為乾)。在易立方上面，坤卦的能量為零，乾卦的能量為 6，能量的擴展方向則由坤卦向外擴展，如圖 19 所示。

111111	6	111011	5	11011	4	11111	5
111110	5	111010	4	11010	3	11110	4
110110	4	110010	3	10010	2	10110	3
110111	5	110011	4	10011	3	10111	4

111101	5	111001	4	11001	3	11101	4
111100	4	111000	3	11000	2	11100	3
110100	3	110000	2	10000	1	10100	2
110101	4	110001	3	10001	2	10101	3

101101	4	101001	3	1001	2	1101	3
101100	3	101000	2	1000	1	1100	2
100100	2	100000	1	0	0	100	1
100101	3	100001	2	1	1	101	2

101111	5	101011	4	1011	3	1111	4
101110	4	101010	3	1010	2	1110	3
100110	3	100010	2	10	1	110	2
100111	4	100011	3	11	2	111	3

圖 19 易立方：卦象能量分佈

第四章 易立方的數學模式

4.1 六十四卦表示法

六十四卦除了用卦名來區分外，也會按各家因卦序不同，排列不同，定義不同，而有不同的六十四卦之數字的表示法。較常見的按照卦序給予 1 到 64 的編號，如上下經卦名次序歌[39]，以乾坤為首，既濟和未濟為末，給予 1 乾，2 坤，...，63 既濟和 64 未濟。或者以內外卦分開，分別給與 1 到 8 的次序的雙碼編號，如“學易經助決策”一書中，以乾兌離震巽坎艮坤八卦分別給予 1 到 8 的次序編號，則六十四卦就以內外卦象的次序編號表示之，乾卦為 11（前一碼為內卦，後一碼為外卦），坤卦為 88，泰卦為 18，否卦為 81。本論文以現代數學的角度，較贊成以八進位法來將內外卦分別給與 0 到 7 的雙或單碼編號[40]，如乾卦為 77（前一碼為內卦，後一碼為外卦），坤卦為 0，泰卦為 70，否卦為 7。如此一來可以容易地轉變為二進位的表示法，則乾卦 77 轉為二進位則為 111 111（前三碼為內卦，後三碼為外卦），坤卦 0 為 000 000，泰卦 70 為 111 000，否卦 7 為 000 111。進而可以用矩陣方式表示，則

乾卦為 $\begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \end{pmatrix}$ （下三碼為內卦，由上而下表內心知力，上三碼為外卦，由上而下表外
心知力），坤卦為 $\begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$ ，泰卦為 $\begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \end{pmatrix}$ ，否卦為 $\begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$ ，如此以 0 為陰，1 為陽的表示法，正好可以和卦象直接呼應。

當然「學易經助決策」的雙碼編號和八進位編碼這兩種雙碼編號是可以互相轉換的。公式如下：

$$88 - (\text{「學易經助決策」的雙碼編號}) = \text{八進位編碼，}$$

或

$$88 - (\text{八進位編碼}) = \text{「學易經助決策」的雙碼編號。}$$

如 $88 - \text{「學易經助決策」的乾卦 } 11 = \text{八進位編碼的乾卦 } 77$ ，又 $88 - \text{「學易經助決策」的泰卦 } 18 = \text{八進位編碼的泰卦 } 70$ 。

4.2 錯綜複雜的數學運算子

在「學易經助決策」一書中，曾運用「運算子」的觀念來把任意兩卦之間作連結。本論文則進一步利用現有的矩陣運算方式來解釋這些「運算子」，把六十四卦間的錯綜

複雜關係，使用簡單的矩陣運算操作，清楚表示錯綜複雜之間的轉換模式。

首先是錯卦，假設一卦用矩陣表示為

$$\begin{pmatrix} x \\ y \\ z \\ a \\ b \\ c \end{pmatrix} \dots\dots\dots(1)$$

其中 x, y, z, a, b, c 等於 0(陰)或 1(陽)， c 為初爻， abc 為內(下)卦，而 xyz 為外(上)卦。則此卦的錯卦則可表示為

$$\begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \\ a \\ b \\ c \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1-x \\ 1-y \\ 1-z \\ 1-a \\ 1-b \\ 1-c \end{pmatrix} \dots\dots\dots(2)$$

而此卦的綜卦可表為

$$\begin{pmatrix} x \\ y \\ z \\ a \\ b \\ c \end{pmatrix} * \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} c \\ b \\ a \\ z \\ y \\ x \end{pmatrix} \dots\dots\dots(3)$$

而此卦的複卦可表為

$$\begin{pmatrix} x \\ y \\ z \\ a \\ b \\ c \end{pmatrix} * \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} y \\ z \\ a \\ z \\ a \\ b \end{pmatrix} \dots\dots\dots(4)$$

而此卦的雜卦可有兩種表示方式，一為先錯後綜，

$$\left\{ \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \\ a \\ b \\ c \end{pmatrix} \right\} * \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1-y \\ 1-z \\ 1-a \\ 1-z \\ 1-a \\ 1-b \end{pmatrix} \dots\dots\dots(5)$$

二為先綜後錯，

$$\begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \\ a \\ b \\ c \end{pmatrix} * \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1-y \\ 1-z \\ 1-a \\ 1-z \\ 1-a \\ 1-b \end{pmatrix} \dots\dots\dots(6)$$

在「學易經助決策」中又提出上半錯，而上半錯的矩陣表示法可為

$$\begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \\ a \\ b \\ c \end{pmatrix} * \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \\ a \\ b \\ c \end{pmatrix} * \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1-x \\ 1-y \\ 1-z \\ a \\ b \\ c \end{pmatrix} \dots(7)$$

而下半錯的矩陣表示法可為

$$\begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \\ a \\ b \\ c \end{pmatrix} * \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \\ a \\ b \\ c \end{pmatrix} * \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \\ 1-a \\ 1-b \\ 1-c \end{pmatrix} \dots(8)$$



4.3 易立方的座標變化

在目前本論文中所展示的易立方是以特定的坐標軸所建構出來的六十四卦主體空間排法。一旦坐標軸有所變化，卦象間的位置也會隨之更動，但唯一不動的是為易立方對角線上的乾泰坤否間錯綜複雜關係。

4.4 易立方的能量分析

在 3.5 節當中重新定義了卦象能量，心知力均給予相同的能量，考慮內外心知力的比重一致，內外心知力的能量分佈則為 0(內外卦皆為坤)到 6(內外卦皆為乾)。在易立方上面，坤卦的能量為零，乾卦的能量為 6，能量的擴展方向則由坤卦向外擴展。這樣的能量分佈以卦的數量來看，恰好形成巴斯卡(Pascal)三角形在六次元的係數，如表 1 所示。

表 1 易立方卦象能量分佈：Pascal 6 階係數

能量	0	1	2	3	4	5	6
個數	1	6	15	20	15	6	1

兩卦間能量的差異（距離）則可視為內外心知力轉換所需要的能量，用矩陣數學表示則為

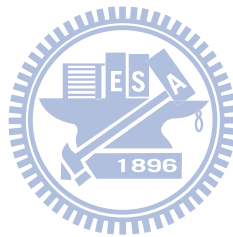
$$(1\ 1\ 1\ 1\ 1\ 1) * \begin{vmatrix} X \\ Y \\ Z \\ A \\ B \\ C \end{vmatrix} - \begin{vmatrix} x \\ y \\ z \\ a \\ b \\ c \end{vmatrix} = |X-x| + |Y-y| + |Z-z| + |A-a| + |B-b| + |C-c|$$

.....(9)

4.5 完全對稱之擴充易立方

在 3.1 中提到宇宙空間的概念是不斷擴充的，而且可視易立方的六十四卦為一基本單元，往四面八方不斷重覆，而佈滿整個宇宙空間。在 4x4x4 的易立方不斷重覆之下，可以取 5x5x5 的擴充易立方來探討，會發現有許多有趣的現象在其中。

首先是 5x5x5 的擴充易立方的能量對稱性。若以乾卦為一立方體的頂點，則可以發現在 5x5x5 的擴充易立方中，八個頂點均為乾卦，而 5x5x5 的擴充易立方的最中心的位於為坤卦，卦象能量從坤卦向外（乾卦）增加，呈完全對稱排列，如圖 20 所示。



111111	6	111011	5	11011	4	11111	5	111111	6
111110	5	111010	4	11010	3	11110	4	111110	5
110110	4	110010	3	10010	2	10110	3	110110	4
110111	5	110011	4	10011	3	10111	4	110111	5
111111	6	111011	5	11011	4	11111	5	111111	6

111101	5	111001	4	11001	3	11101	4	111101	5
111100	4	111000	3	11000	2	11100	3	111100	4
110100	3	110000	2	10000	1	10100	2	110100	3
110101	4	110001	3	10001	2	10101	3	110101	4
111101	5	111001	4	11001	3	11101	4	111101	5

101101	4	101001	3	1001	2	1101	3	101101	4
101100	3	101000	2	1000	1	1100	2	101100	3
100100	2	100000	1	0	0	100	1	100100	2
100101	3	100001	2	1	1	101	2	100101	3
101101	4	101001	3	1001	2	1101	3	101101	4

101111	5	101011	4	1011	3	1111	4	101111	5
101110	4	101010	3	1010	2	1110	3	101110	4
100110	3	100010	2	10	1	110	2	100110	3
100111	4	100011	3	11	2	111	3	100111	4
101111	5	101011	4	1011	3	1111	4	101111	5

111111	6	111011	5	11011	4	11111	5	111111	6
111110	5	111010	4	11010	3	11110	4	111110	5
110110	4	110010	3	10010	2	10110	3	110110	4
110111	5	110011	4	10011	3	10111	4	110111	5
111111	6	111011	5	11011	4	11111	5	111111	6

圖 20 5x5x5 的擴充易立方的能量對稱性

在 5x5x5 的擴充易立方來看顯八卦和隱八卦的話，正好也是完全對稱的圖形。在奇數層，奇數列，奇數排上的為顯八卦，而在偶數層，偶數列，偶數排上的為隱八卦，又再次符合奇為陽，偶為陰的規則，如圖 21 所示。

111111	6	111011	5	11011	4	11111	5	111111	6
111110	5	111010	4	11010	3	11110	4	111110	5
110110	4	110010	3	10010	2	10110	3	110110	4
110111	5	110011	4	10011	3	10111	4	110111	5
111111	6	111011	5	11011	4	11111	5	111111	6

111101	5	111001	4	11001	3	11101	4	111101	5
111100	4	111000	3	11000	2	11100	3	111100	4
110100	3	110000	2	10000	1	10100	2	110100	3
110101	4	110001	3	10001	2	10101	3	110101	4
111101	5	111001	4	11001	3	11101	4	111101	5

101101	4	101001	3	1001	2	1101	3	101101	4
101100	3	101000	2	1000	1	1100	2	101100	3
100100	2	100000	1	0	0	100	1	100100	2
100101	3	100001	2	1	1	101	2	100101	3
101101	4	101001	3	1001	2	1101	3	101101	4

101111	5	101011	4	1011	3	1111	4	101111	5
101110	4	101010	3	1010	2	1110	3	101110	4
100110	3	100010	2	10	1	110	2	100110	3
100111	4	100011	3	11	2	111	3	100111	4
101111	5	101011	4	1011	3	1111	4	101111	5

111111	6	111011	5	11011	4	11111	5	111111	6
111110	5	111010	4	11010	3	11110	4	111110	5
110110	4	110010	3	10010	2	10110	3	110110	4
110111	5	110011	4	10011	3	10111	4	110111	5
111111	6	111011	5	11011	4	11111	5	111111	6

圖 21 5x5x5 的擴充易立方的顯八卦與隱八卦位置分佈

從 5x5x5 的擴充易立方來看代表十二個月的消息卦的話，更可以看出十二個消息卦間的關係，如圖 22 所示。

111111	6	111011	5	11011	4	11111	5	111111	6
111110	5	111010	4	11010	3	11110	4	111110	5
110110	4	110010	3	10010	2	10110	3	110110	4
110111	5	110011	4	10011	3	10111	4	110111	5
111111	6	111011	5	11011	4	11111	5	111111	6

111101	5	111001	4	11001	3	11101	4	111101	5
111100	4	111000	3	11000	2	11100	3	111100	4
110100	3	110000	2	10000	1	10100	2	110100	3
110101	4	110001	3	10001	2	10101	3	110101	4
111101	5	111001	4	11001	3	11101	4	111101	5

101101	4	101001	3	1001	2	1101	3	101101	4
101100	3	101000	2	1000	1	1100	2	101100	3
100100	2	100000	1	0	0	100	1	100100	2
100101	3	100001	2	1	1	101	2	100101	3
101101	4	101001	3	1001	2	1101	3	101101	4

101111	5	101011	4	1011	3	1111	4	101111	5
101110	4	101010	3	1010	2	1110	3	101110	4
100110	3	100010	2	10	1	110	2	100110	3
100111	4	100011	3	11	2	111	3	100111	4
101111	5	101011	4	1011	3	1111	4	101111	5

111111	6	111011	5	11011	4	11111	5	111111	6
111110	5	111010	4	11010	3	11110	4	111110	5
110110	4	110010	3	10010	2	10110	3	110110	4
110111	5	110011	4	10011	3	10111	4	110111	5
111111	6	111011	5	11011	4	11111	5	111111	6

圖 22 5x5x5 的擴充易立方的消息卦位置分佈

第五章 台灣半導體廠 22nm HP 世代微影研發策略選擇分析

5.1 決策流程

本章將以台灣某知名半導體廠之 22nm HP 世代微影研發策略為例，利用易經決策模式加以分析，以得最佳之台灣半導體廠 22nm HP 決策選擇。

易經決策模式流程原則上以黎教授之流程為主，但在佈方案卦與轉心知力時，以本論文所提之擴充易立方來取代原本的易方陣，如圖 23 所示。另外，由於設情境卦與方案卦時，係以訪談所得資訊，佐以外部已公開資訊來源為主要依據，並沒有單一自然人為主決者或助決者，故決策風格部份不在此討論。

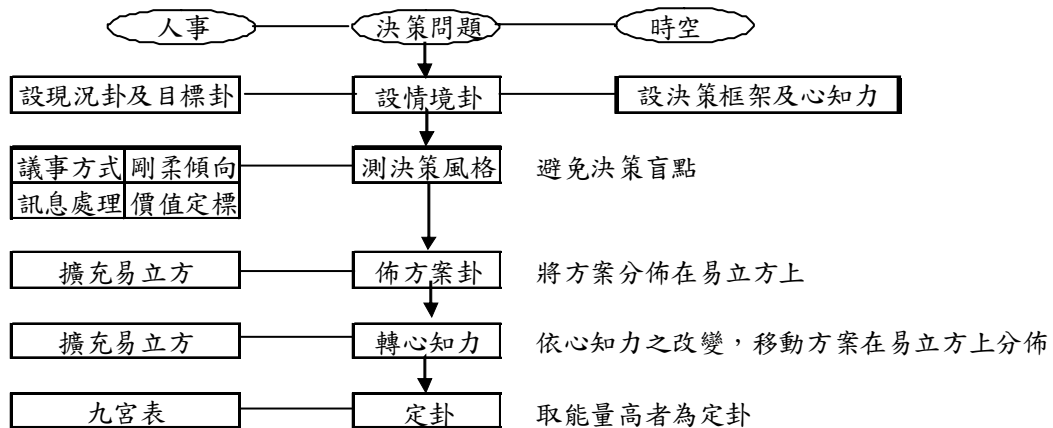


圖 23 決策流程

5.2 決策問題與動機

決策問題定義為由 ITRS 半導體技術藍圖中針對 22nm HP 世代微影技術所建議的可行方案中，選出最能滿足公司對於 22nm HP 世代微影技術大量生產需求之時程，成本，效能，製程表現等所有需求的方案。則決策動機可以表示為以下三點：1. 選擇滿足 22 奈米製程需求的微影技術；2. 達成公司研發目標，進而達成營運目標；以及 3. 擴大技術差異，領先競爭對手，如表 2 所示。

表 2 決策動機

決策動機	1. 選擇滿足22奈米製程需求的微影技術
	2. 達成公司研發目標，進而達成營運目標
	3. 擴大技術差異，領先競爭對手

5.3 決策背景與框架

決策背景當中的人事時空資訊在本節中討論。這家台灣半導體公司為台灣半導體之龍頭公司，亦為全世界半導體製造的技術領先者。在強勢的領導作風下，公司多次宣示要積極投資半導體產能及研發。公司在 1999 年延攬了半導體微影專家來擔任公司

內微影技術研發主管[41]，該微影技術研發主管在任內成功地推展浸潤式微影製程，得到國際一致的認同，所以微影技術研發主管為當然之決策參與者。目前該公司的微影技術研發部門規模為全台灣半導體公司中最大，也是經驗最為豐富者。微影技術研發主管之主要三個目標就是要 1.選擇技術上可滿足 22 奈米製程需求的微影技術；2.選擇最具經濟效益之 22 奈米製程的微影技術；3.選擇最快可以提供量產之 22 奈米製程的微影技術。由於公司對研發的要求是要做技術的領先者，所以這個龐大且有豐富經驗的團隊才足以負擔公司的任務，因為得在新製程大量生產前三~四年就開始展開研發工作，經過一~三年的先期研發，才能始得技術發展到成熟可量產的階段。這麼早的研發決策一旦失誤，則決策所造成重大影響會有以下數點：1.公司資源投入方向變化；2.與競爭對手的技術差距變化；3.公司新技術開發時程變化；4.公司營運報酬的變化，影響可說非常深遠。

除以上有關決策的相關資訊，其他有關決策的相關資訊則直接列在決策框架表內，做為決策時參考之用，如表 3 所示。由於新技術開發時程相當長，第一次方案卦的時間模擬假設為 22nm HP 世代微影技術開發初期(2008 年)，而轉心知力(第二次方案卦)時間則設為二年後(2010 年)。

表 3 決策框架

人	決策參與者	公司內微影技術研發主管
	相關影響者	產業內其他相關公司
	決策商議方式	綜合公司內外部意見之後做出決策
	決策風格	依決策參與者個人決策風格測驗結果
事	決策法源	公司付予微影技術研發主管之權責
	決策目標	1. 選擇技術上可滿足22奈米製程需求的微影技術 2. 選擇最具經濟效益之22奈米製程的微影技術 3. 選擇最快可以提供量產之22奈米製程的微影技術
	決策事項/範圍	從ITRS Lithgraphy Technology Roadmap中的potential technologies 挑出最適用於22奈米製程的微影技術
	決策成敗標準	滿足決策目標
	決策參考點	ITRS Lithgraphy Technology Roadmap中的potential
	重要資訊	1. ITRS Lithgraphy Technology Roadmap 2. 歷年SPIE Advanced Lithogrpahy Conference相關論文成果 3. 其他公司研發投資方向
	決策所造成重大事項	1. 公司資源投入方向變化 2. 與競爭對手的技術差距變化 3. 公司新技術開發時程變化 4. 公司營運報酬的變化
時	決策時機	新製程量產前三~四年
	決策費時	1. 技術領先者：一~三年（需先期研發） 2. 技術跟隨者：一~二年
	決策影響的時間	1. 公司新技術開發時間 2. 公司新製程導入時間
地	決策地點	公司
	決策影響的區域	1. 公司 2. 產業內其他相關公司
物	決策所需人力物力	需收集相關資訊
	配合行動所需人力物力	1. 研發團隊 2. 研發經費

5.4 情境卦

情境卦則模擬在 22nm HP 世代微影技術開發初期 2008 年當時的內外心知力情

境，以回答問題方式來決定卦象。這內外心知力可以由以下這幾個問題來決定(表 4)：

1. 決策關係人是否滿意這些技術？ 是則為陽，否則為陰；
2. 外部資訊是否有利與決策者？ 是則為陽，否則為陰；
3. 外部資源是否有利與決策者？ 是則為陽，否則為陰；
4. 決策者是否滿意這些技術？ 是則為陽，否則為陰；
5. 決策者是否掌握這些技術的充分資訊？ 是則為陽，否則為陰；
6. 決策者是否有能力完成開發這些技術？ 是則為陽，否則為陰；

表 4 決策情境卦之內外心知力

		問題	陰陽
外	心	決策關係人是否滿意這些技術？	Y: 1 N: 0
	知	外部資訊是否有利與決策者？	Y: 1 N: 0
	力	外部資源是否有利與決策者？	Y: 1 N: 0
內	心	決策者是否滿意這些技術？	Y: 1 N: 0
	知	決策者是否掌握這些技術的充分資訊？	Y: 1 N: 0
	力	決策者是否有能力完成開發這些技術？	Y: 1 N: 0

根據公司內部的狀況以及外部產業技術發展的資訊，可以知道雖然可以獲得由 ITRS 所有專家們所選出最有可行性的微影技術方案，可以縮小技術範圍從中挑選出最有可行性的微影技術，但因為大多數技術尚在評估階段，許多外部資源仍屬不足狀態；況且公司內部對這些新技術的熟悉度不若 ITRS 專家們那麼豐富，是否有能力開發這些技術仍屬未知。如此內外心知力的結果(表 5)則產生 75 漸卦^{vi}。

^{vi} 這裡所用的編碼為了配合之後九宮格查表方便，仍使用「學易經助決策」書中之編碼方式。

表 5 決策情境卦之內外心知力結果

	問題	陰陽	22nm	Note
外	心 決策關係人是否滿意這些技術?	Y: 1 N: 0	1	由 ITRS 所有專家們所選出最有可行性的微影技術
	知 外部資訊是否有利與決策者?	Y: 1 N: 0	1	最有可行性的微影技術可以縮小技術範圍
	力 外部資源是否有利與決策者?	Y: 1 N: 0	0	尚在評估階段，仍未與外部資源接觸
內	心 決策者是否滿意這些技術?	Y: 1 N: 0	1	認可由 ITRS 所有專家們所選出最有可行性的微影技術
	知 決策者是否掌握這些技術的充分資訊?	Y: 1 N: 0	0	尚在評估階段，仍未知是否有能力開發這些技術
	力 決策者是否有能力完成開發這些技術?	Y: 1 N: 0	0	尚在評估階段，仍未完全掌握這些技術

75 漸卦的錯綜複雜卦(表 6)查易立方(擴充易立方亦可)可知，分別為 74 小過，24 歸妹，25 中孚。查九宮格可知，75 漸卦表示內外無力支持方案，只能秉內外同心漸漸進行，正好說明評估初期的情況。其他錯綜複雜卦之卦意如下：74 小過表示方案因知與外心內力不足，恐只如鳥掠過不留下蹤跡；24 歸妹表示內力外力均支持方案，但心意與認知不同，推此案如兒智少女嫁入豪門，恐有變，宜謹慎；25 中孚表示中間(內心與外力)虛而兩旁實，故推案要講誠信以定內心並積外力。均說明在評估初期宜小心謹慎，觀察各個新技術發展後，再做判斷。

表 6 決策情境卦之內外心知力結果：漸卦及其錯綜複雜卦

	象曰
75 漸	山上有木，漸，君子以居賢德善俗
74 小過	山上有雷，小過，君子以行過恭，喪過乎哀，用過乎儉
24 歸妹	澤上有雷，歸妹，君子以永終知敝
25 中孚	澤上有風，中孚，君子以議獄緩死

5.5 方案卦

方案卦則以涵蓋較廣的問題回答方式來定方案卦的內外心知力，其中包括了在一般情況下用來判斷該微影製程是否為最適製程之相關資訊如解析度，產出量，成本，外在支援情況，技術障礙，研發預算，研發人力，以及研發經驗等。再將這些資訊分類，第一類是該微影製程本身特性且有明確資料可做主觀判斷，如解析度，產出量和成本是否為決策者所滿意，可做為「心」的判斷問題；第二類是該微影製程相關的資料可做客觀判斷，如該技術之相關配套技術是否齊全，相關配套技術是否存在技術開發障礙，技術開發障礙是否可以如期排除等，可做為「知」的判斷問題；第三類是該微影製程相關資源資料，如研發預算，研發人力，以及研發經驗是否可以符合需求，可做為「力」的判斷問題。如此，方案卦心知力的問題可以歸納如下：

1. 主觀上這個技術的解析度是否可以達成製程需求？是則為陽，否則為陰；
2. 主觀上這個技術的產出是否可以達成量產需求？是則為陽，否則為陰；
3. 主觀上這個技術是否為達成製程及量產需求之最合乎經濟效益的技術？是則為

陽，否則為陰；

4. 客觀來看，這個技術之相關配套技術是否已在同時開發中？是則為陽，否則為陰；
5. 客觀來看，這個技術及相關配套技術是否存在相當的技術開發障礙？是則為陰，否則為陽；
6. 客觀來看，這個技術及相關配套技術的技術開發障礙是否可以如期排除？是則為陽，否則為陰；
7. 在世界上是否有足夠的資金來研發這個技術？是則為陽，否則為陰；
8. 在世界上是否有足夠的人力來研發這個技術？是則為陽，否則為陰；
9. 在世界上是否有足夠的知識來研發這個技術？是則為陽，否則為陰；

心知力的三個問題當中，必需有兩個問題的回答為陽，則這個心知力才能夠指派為該心知力的陽，否則為陰。如果有更多的資源可供判斷，心知力問題可以增加，但以奇數的問題數為主，因為只有在奇數題時較容易分別出陰陽。

根據以上判斷該微影製程是否為最適製程之相關資訊所產生九個心知力問題，決策方案卦之內外心知力則可如表 7 所示。



表 7 決策方案卦之內外心知力

		問題	TYPE	陰陽
外	心	主觀上這個技術的解析度是否可以達成製程需求?	Resolution	Y: 1 N: 0
		主觀上這個技術的產出是否可以達成量產需求?	Throughput	Y: 1 N: 0
		主觀上這個技術是否為達成製程及量產需求之最合乎經濟效益的技術?	Cost	Y: 1 N: 0
	知	客觀來看, 這個技術之相關配套技術是否已在同時開發中?	Infrastructure	Y: 1 N: 0
		客觀來看, 這個技術及相關配套技術是否存在相當的技術開發障礙?	Technology Barrier	Y: 0 N: 1
		客觀來看, 這個技術及相關配套技術的技術開發障礙是否可以如期排除?	Delivery	Y: 1 N: 0
	力	在世界上是否有足夠的資金來研發這個技術?	Budget	Y: 1 N: 0
		在世界上是否有足夠的人力來研發這個技術?	R&D man power	Y: 1 N: 0
		在世界上是否有足夠的知識來研發這個技術?	Experiences	Y: 1 N: 0
內	心	主觀上這個技術的解析度是否可以達成製程需求?	Resolution	Y: 1 N: 0
		主觀上這個技術的產出是否可以達成量產需求?	Throughput	Y: 1 N: 0
		主觀上這個技術是否為達成製程及量產需求之最合乎經濟效益的技術?	Cost	Y: 1 N: 0
	知	客觀來看, 這個技術之相關配套技術是否已在同時開發中?	Infrastructure	Y: 1 N: 0
		客觀來看, 這個技術及相關配套技術是否存在相當的技術開發障礙?	Technology Barrier	Y: 0 N: 1
		客觀來看, 這個技術及相關配套技術的技術開發障礙是否可以如期排除?	Delivery	Y: 1 N: 0
	力	在貴公司內部是否有足夠的資金來研發這個技術?	Budget	Y: 1 N: 0
		在貴公司內部是否有足夠的人力來研發這個技術?	R&D man power	Y: 1 N: 0
		在貴公司內部是否有足夠的知識來研發這個技術?	Experiences	Y: 1 N: 0

以下, 先針對 ITRS 半導體技術藍圖中 22nm HP 世代微影技術的可行方案, 包含極深紫外光微影、193nm 浸潤式雙重/多重曝光、無光罩微影與奈米壓印等技術, 排出模擬在 22nm HP 世代微影技術開發初期(2008 年) 第一次的方案卦。回答方案卦的九個心知力問題所需資訊來源則以研究者過往實際參與推動企業之微影技術研發策略所得到的知識和經驗為基礎外, 透過多年來與個案公司內部微影研發中高階主管的深入交談以及公開資訊管道所獲得之資訊為判斷依據。

雙重曝光技術(DP)是光學微影技術的延伸, 因為建構在既有製程架構上, 配套技術已存在, 解析度可以往下延伸至 22nm HP。但由於用到兩次曝光, 需要 Scanner 廠商提供產量更高之機台, 以符合經濟效益。也是因為有兩次曝光, 和額外蝕刻及薄膜製程, 使得雙重曝光技術成本較高。全球已有多家公司及廠商投入資源開發以及投入研發人力開發, 累積開發經驗。表 8 為 DP 方案卦之內外心知力。

表 8 DP 方案卦之內外心知力

		TYPE	陰陽	DP	方案卦	Notes
外	心	Resolution	Y: 1 N: 0	1	0	光學微影在DP製程下，解析度可以往下延伸至22nm HP
		Throughput	Y: 1 N: 0	0		需要Scanner廠商提供產量更高之機台
		Cost	Y: 1 N: 0	0		因為需要兩次曝光，和額外蝕刻及薄膜製程，成本較高
	知	Infrastructure	Y: 1 N: 0	1	1	因為建構在既有製程架構上，配套技術已存在
		Technology Barrier	Y: 0 N: 1	1		至22nm HP沒有技術障礙
		Delivery	Y: 1 N: 0	1		因為建構在既有製程架構上，至22nm HP沒有技術障礙
	力	Budget	Y: 1 N: 0	1	1	全球已有多家公司及廠商投入資源開發
		R&D man power	Y: 1 N: 0	1		全球已有多家公司及廠商投入研發人力開發
		Experiences	Y: 1 N: 0	1		全球已有多家公司及廠商投入資源開發，累積開發經驗
內	心	Resolution	Y: 1 N: 0	1	0	光學微影在DP製程下，解析度可以往下延伸至22nm HP
		Throughput	Y: 1 N: 0	0		需要Scanner廠商提供產量更高之機台
		Cost	Y: 1 N: 0	0		因為需要兩次曝光和額外蝕刻及薄膜製程，成本較高
	知	Infrastructure	Y: 1 N: 0	1	1	因為建構在既有製程架構上，配套技術已存在
		Technology Barrier	Y: 0 N: 1	1		至22nm HP沒有技術障礙
		Delivery	Y: 1 N: 0	1		因為建構在既有製程架構上，至22nm HP沒有技術障礙
	力	Budget	Y: 1 N: 0	1	1	已投入資源開發
		R&D man power	Y: 1 N: 0	1		已投入研發人力開發
		Experiences	Y: 1 N: 0	1		已累積技術開發經驗

EUVL 為取代光學微影最可行的選擇之一，波長為 13.5nm，解析度可以往下延伸至 16nm HP 以下，但 EUVL 的研發卻一再延後。雖然偶爾有像 Intel 和 AMD 等大廠宣稱可以利用 EUVL 達成某種成果，但一般半導體廠對 EUVL 仍採觀望態度，主要是認為量產機台尚在開發中階段，產出會不如預期，如此會使成本上升。另外，因為 EUVL 為全新製程架構，其他配套技術尚待開發，如 EUV 光源，光罩製作，光罩檢測，光阻特性仍待加強，這些技術障礙短時間無法克服。但在國際上有好幾個國際性研發組織全力開發 EUVL，全球各大半導體廠亦提供研發人力參加這些國際性研發組織，使得國際性研發組織之 EUVL 技術開發經驗快速累積中。表 9 為 EUVL 方案卦之內外心知力。

表 9 EUVL 方案卦之內外心知力

		TYPE	陰陽	EUVL	方案卦	Notes
外	心	Resolution	Y: 1 N: 0	1	0	波長為13.5nm，解析度可以往下延伸至16nm HP以下
		Throughput	Y: 1 N: 0	0		量產機台尚在開發中階段
		Cost	Y: 1 N: 0	0		認為產出不如預期，會使成本上升
	知	Infrastructure	Y: 1 N: 0	1	0	因為全新製程架構，配套技術尚待開發
		Technology Barrier	Y: 0 N: 1	0		EUUV光源，光罩製作，光罩檢測，光阻特性仍待加強
		Delivery	Y: 1 N: 0	0		技術障礙短時間無法克服
	力	Budget	Y: 1 N: 0	1	1	國際性研發組織全力開發
		R&D man power	Y: 1 N: 0	1		國際大廠提供研發人力均參加國際性研發組織
		Experiences	Y: 1 N: 0	0		國際性研發組織之技術開發經驗累積中
內	心	Resolution	Y: 1 N: 0	1	0	波長為13.5nm，解析度可以往下延伸至16nm HP以下
		Throughput	Y: 1 N: 0	0		量產機台尚在開發中階段
		Cost	Y: 1 N: 0	0		認為產出不如預期，會使成本上升
	知	Infrastructure	Y: 1 N: 0	1	0	因為全新製程架構，配套技術尚待開發
		Technology Barrier	Y: 0 N: 1	0		EUUV光源，光罩製作，光罩檢測，光阻特性仍待加強
		Delivery	Y: 1 N: 0	0		技術障礙短時間無法克服
	力	Budget	Y: 1 N: 0	1	0	僅參加國際性研發組織
		R&D man power	Y: 1 N: 0	0		僅投入參加國際性研發組織之研發人力
		Experiences	Y: 1 N: 0	0		僅有國際性研發組織之技術開發經驗

多重電子束直寫微影技術在該公司被視為秘密武器，由於該公司自家的光罩工廠已經累計了相當的電子束技術的經驗，加上該微影研發主管的判斷與堅持，認為多重電子束直寫微影技術是為取代浸潤式光學微影技術的唯一出路。該公司很早就投資荷蘭商 Mapper 開發多重電子束直寫微影技術。但一般半導體界卻持不同看法，主要理由是電子束直寫微影技術很早就被提出，但因為產出過慢，一直沒有機會成為主流技術。而且這個產出過慢的問題，仍無法有效得到解決。雖然以多重電子束直寫微影技術來改善產出問題是很好的意見，但電子束之間的交互作用和同時控制多重電子束的困難度仍高。另外，現有的光學微影設備商亦不願見多重電子束直寫微影技術取代光學微影技術，全球只有少數幾家公司投入多重電子束直寫微影技術機台的研發。表 10 為 MBEBDW 方案卦之內外心知力。

表 10 MBEBDW 決策方案卦之內外心知力

		TYPE	陰陽	MBEBDW	方案卦	Notes
外	心	Resolution	Y: 1 N: 0	1	0	電子束解析度可以往下延伸至16nm HP以下
		Throughput	Y: 1 N: 0	0		不認為可以解決量產產出問題
		Cost	Y: 1 N: 0	0		若無法達成產量量出規模，成本上升
	知	Infrastructure	Y: 1 N: 0	1	0	因為架構於光罩製程架構之上，配套技術已成熟
		Technology Barrier	Y: 0 N: 1	0		多電子束控制為高難度技術障礙
		Delivery	Y: 1 N: 0	0		不認為技術障礙可以克服
	力	Budget	Y: 1 N: 0	0	0	只有少數公司投資開發MEBDW機台
		R&D man power	Y: 1 N: 0	0		只有少數公司投資開發MEBDW機台
		Experiences	Y: 1 N: 0	1		有EB之光罩製程技術開發經驗
內	心	Resolution	Y: 1 N: 0	1	1	電子束解析度可以往下延伸至16nm HP以下
		Throughput	Y: 1 N: 0	1		認為CLUSTER可以解決量產產出問題
		Cost	Y: 1 N: 0	1		因為不需光罩費用，成本最低
	知	Infrastructure	Y: 1 N: 0	1	1	因為架構於光罩製程架構之上，配套技術已成熟
		Technology Barrier	Y: 0 N: 1	0		多電子束控制為唯一技術障礙
		Delivery	Y: 1 N: 0	1		認為技術障礙可以克服
	力	Budget	Y: 1 N: 0	1	1	投資MAPPER開發MEBDW機台
		R&D man power	Y: 1 N: 0	1		投入研發組織人力
		Experiences	Y: 1 N: 0	1		有EB之光罩製程技術開發經驗

奈米壓印技術解析度可以業界光罩製程技術開發經驗，製作 1x 壓印模具，將解析度往下延伸至 16nm HP 以下。目前主要是應用在硬碟的製作上，在半導體製程上的應用還有待加強。產出方面，一般認為奈米壓印技術可以解決量產產出問題，但 1x 模具價格昂貴，造成成本上升，以及模具缺陷和污染問題需要解決。另外全球支援技術尚未完整也非短時間可克服，只有少數公司投資開發 Imprint 機台。表 11 為 Imprint 方案卦之內外心知力。

表 11 Imprint 方案卦之內外心知力

		TYPE	陰陽	Imprint	方案卦	Notes
外	心	Resolution	Y: 1 N: 0	1	1	Imprint解析度可以往下延伸至16nm HP以下
		Throughput	Y: 1 N: 0	1		認為可以解決量產產出問題
		Cost	Y: 1 N: 0	0		1x模具價格昂貴，造成成本上升
	知	Infrastructure	Y: 1 N: 0	0	0	全球支援技術尚未完整
		Technology Barrier	Y: 0 N: 1	0		模具缺陷和污染問題需要解決
		Delivery	Y: 1 N: 0	0		認為模具缺陷和污染問題技術障礙非短時間可克服
	力	Budget	Y: 1 N: 0	0	0	只有少數公司投資開發Imprint機台
		R&D man power	Y: 1 N: 0	0		只有少數公司投資開發Imprint機台
		Experiences	Y: 1 N: 0	1		業界光罩製程技術開發經驗，可供1x模具使用
內	心	Resolution	Y: 1 N: 0	1	1	Imprint解析度可以往下延伸至16nm HP以下
		Throughput	Y: 1 N: 0	1		認為可以解決量產產出問題
		Cost	Y: 1 N: 0	0		1x模具價格昂貴，造成成本上升
	知	Infrastructure	Y: 1 N: 0	0	0	全球支援技術尚未完整
		Technology Barrier	Y: 0 N: 1	0		模具缺陷和污染問題需要解決
		Delivery	Y: 1 N: 0	0		認為模具缺陷和污染問題技術障礙非短時間可克服
	力	Budget	Y: 1 N: 0	0	0	尚未投資開發Imprint機台
		R&D man power	Y: 1 N: 0	0		尚未投資開發Imprint機台
		Experiences	Y: 1 N: 0	1		自有光罩製程技術開發經驗，可供1x模具使用

根據以上各方案的內外心知力分析，可以得到各方案的方案卦(表 12)分別對應如下：DP: 110110，兌卦；EUVL: 000100，豫卦；MBEBDW: 111000，泰卦；Imprint: 001001，艮卦。以是 DP 的兌卦能量最高。查兌卦的九宮格可得兌卦的卦象原文，為「麗澤，兌，君子以朋友講習」，情境卦意即內心內力之剛智者，處一有外知外力可支持環境，此為一須合悅溝通內心與外心之情境，也就是說，智者居協調地位，聰明公司為協調同業。另外兌卦的卦辭原文為「兌，亨，利，貞。說也，剛中而柔外，順乎天而應乎人，說以先民民忘其勞，說以犯難民忘其死。」意為兌是通達正固，喜悅溝通，剛居中而柔居外，可順從天道應會人心，有喜悅與溝通再來領導百姓，再去冒險犯難。從方案卦意來看，推該方案 DP 時需和兌，說話溝通心志。

各方案卦在擴充易立方的分佈如圖 24 所示，DP 的兌卦能量為 4，位置距擴充易立方中心最遠，在擴充易立方較靠近頂角的位置；EUVL 的豫卦能量最低為 1，位置在較偏擴充易立方中心的位置；然而 MBEBDW 的泰卦和 Imprint 的艮卦，能量分別為

3 和 2，位置在距擴充易立方中心較遠的位置。

表 12 方案卦內外心知力與對應卦

方案	2008方案卦						對應卦
	內			外			
	力	知	心	力	知	心	
DP	1	1	0	1	1	0	兌
EUVL	0	0	0	1	0	0	豫
MBEBDW	1	1	1	0	0	0	泰
Imprint	0	0	1	0	0	1	艮



111111	6	111011	5	11011	4	11111	5	111111	6
111110	5	111010	4	11010	3	11110	4	111110	5
110110	4	110010	3	10010	2	10110	3	110110	4
110111	5	110011	4	10011	3	10111	4	110111	5
111111	6	111011	5	11011	4	11111	5	111111	6

111101	5	111001	4	11001	3	11101	4	111101	5
111100	4	111000	3	11000	2	11100	3	111100	4
110100	3	110000	2	10000	1	10100	2	110100	3
110101	4	110001	3	10001	2	10101	3	110101	4
111101	5	111001	4	11001	3	11101	4	111101	5

101101	4	101001	3	1001	2	1101	3	101101	4
101100	3	101000	2	1000	1	1100	2	101100	3
100100	2	100000	1	0	0	100	1	100100	2
100101	3	100001	2	1	1	101	2	100101	3
101101	4	101001	3	1001	2	1101	3	101101	4

101111	5	101011	4	1011	3	1111	4	101111	5
101110	4	101010	3	1010	2	1110	3	101110	4
100110	3	100010	2	10	1	110	2	100110	3
100111	4	100011	3	11	2	111	3	100111	4
101111	5	101011	4	1011	3	1111	4	101111	5

111111	6	111011	5	11011	4	11111	5	111111	6
111110	5	111010	4	11010	3	11110	4	111110	5
110110	4	110010	3	10010	2	10110	3	110110	4
110111	5	110011	4	10011	3	10111	4	110111	5
111111	6	111011	5	11011	4	11111	5	111111	6

圖 24 第一次方案卦在擴充易立方位置

5.6 變與定卦

再來需考慮變卦部份。經過兩年多的時間，各技術都有一些進展，藉由新的資訊新的認知，內外心知力必然有些變化。以下就各方案的情況來做轉心知力。回答第二次方案卦的九個心知力問題所需資訊來源和回答第一次方案卦的九個心知力問題所需資訊來源相同，係以研究者過往實際參與推動企業之微影技術研發策略所得到的知識和經驗為基礎外，透過多年來與個案公司內部微影研發中高階主管的深入交談以及公開資訊管道所獲得之資訊為判斷依據。

DP 方面，由於設備商可以提供性能和產量均更高的曝光機，使得產出問題得到解決，而且在其他技術延宕的情況下，有更多的半導體廠投入 DP 的開發上。目前除了高成本為必要之惡以外，DP 在 2010 年幾乎可以被認為是 22nm HP 最佳的選擇。表 13 為 DP 第二次方案卦轉卦後之內外心知力。

表 13 轉心知力後 DP 方案卦之內外心知力

		TYPE	陰陽	DP	方案卦	Notes
外	心	Resolution	Y: 1 N: 0	1	1	光學微影在DP製程下，解析度可以往下延伸至22nm HP
		Throughput	Y: 1 N: 0	1		Scanner廠商提供產量更高之機台
		Cost	Y: 1 N: 0	0		因為需要兩次曝光，和額外蝕刻及薄膜製程，成本較高
	知	Infrastructure	Y: 1 N: 0	1	1	因為建構在既有製程架構上，配套技術已存在
		Technology Barrier	Y: 0 N: 1	1		至22nm HP沒有技術障礙
		Delivery	Y: 1 N: 0	1		因為建構在既有製程架構上，至22nm HP沒有技術障礙
	力	Budget	Y: 1 N: 0	1	1	全球已有多家公司及廠商投入資源開發
		R&D man power	Y: 1 N: 0	1		全球已有多家公司及廠商投入研發人力開發
		Experiences	Y: 1 N: 0	1		全球已有多家公司及廠商投入資源開發，累積開發經驗
內	心	Resolution	Y: 1 N: 0	1	1	光學微影在DP製程下，解析度可以往下延伸至22nm HP
		Throughput	Y: 1 N: 0	1		Scanner廠商提供產量更高之機台
		Cost	Y: 1 N: 0	0		因為需要兩次曝光和額外蝕刻及薄膜製程，成本較高
	知	Infrastructure	Y: 1 N: 0	1	1	因為建構在既有製程架構上，配套技術已存在
		Technology Barrier	Y: 0 N: 1	1		至22nm HP沒有技術障礙
		Delivery	Y: 1 N: 0	1		因為建構在既有製程架構上，至22nm HP沒有技術障礙
	力	Budget	Y: 1 N: 0	1	1	已投入資源開發
		R&D man power	Y: 1 N: 0	1		已投入研發人力開發
		Experiences	Y: 1 N: 0	1		已累積技術開發經驗

EUVL 在這兩年中，主要克服了低功率光源的問題，光阻性能方面也有些進步，但進步的幅度仍不足以提供量產之用。即使如此，一般認為在 2013 年之前，EUVL 應該可以克服困難，提供產量之用，只是會錯過 22nm HP 量產的時機。表 14 為 EUVL 第二次方案卦轉卦後之內外心知力。

表 14 轉心知力後 EUVL 方案卦之內外心知力

		TYPE	陰陽	EUVL	方案卦	Notes
外	心	Resolution	Y: 1 N: 0	1	0	波長為13.5nm，解析度可以往下延伸至16nm HP以下
		Throughput	Y: 1 N: 0	0		量產機台尚在開發中階段
		Cost	Y: 1 N: 0	0		認為產出不如預期，會使成本上升
	知	Infrastructure	Y: 1 N: 0	1	0	除光罩相關之外，其他配套技術逐漸開發
		Technology Barrier	Y: 0 N: 1	0		EUV光源，光罩製作，光罩檢測，光阻特性仍待加強
		Delivery	Y: 1 N: 0	0		技術障礙短時間無法克服
	力	Budget	Y: 1 N: 0	1	1	國際性研發組織全力開發
		R&D man power	Y: 1 N: 0	1		國際大廠提供研發人力均參加國際性研發組織
		Experiences	Y: 1 N: 0	1		國際性研發組織之技術開發經驗累積中
內	心	Resolution	Y: 1 N: 0	1	0	波長為13.5nm，解析度可以往下延伸至16nm HP以下
		Throughput	Y: 1 N: 0	0		量產機台尚在開發中階段
		Cost	Y: 1 N: 0	0		認為產出不如預期，會使成本上升
	知	Infrastructure	Y: 1 N: 0	1	1	除光罩相關之外，其他配套技術逐漸開發
		Technology Barrier	Y: 0 N: 1	1		EUV光源堪用，光罩檢測可用晶片檢驗代替
		Delivery	Y: 1 N: 0	0		技術障礙短時間無法克服
	力	Budget	Y: 1 N: 0	1	1	僅參加國際性研發組織
		R&D man power	Y: 1 N: 0	1		已重新重組研發組織之研發人力
		Experiences	Y: 1 N: 0	0		僅有國際性研發組織之技術開發經驗

國際半導體界和該公司對 MBEBDW 的表現仍是兩種不同的看法。首先，MBEBDW 的實驗機台已在 2009 年在該公司安裝後試車，雖然只有 110 電子束，但已經比單一電子束多出一百倍。從壞的方面來看，110 電子束和量產用的 13,000 電子束又相距了一百倍的差異。另外意見差異較多的也是產出相關和多重電子束控制問題，正方覺得產出不夠只要多加電子束數量即可解決，但反方卻認為多加電子束後會引發電子束間互相干擾及控制方面的問題。因為該公司的研發人力充裕，投入人力開發多種技術也不成問題。表 15 為 MBEBDW 第二次方案卦轉卦後之內外心知力。

表 15 轉心知力後 MBEBDW 方案卦之內外心知力

		TYPE	陰陽	MBEBDW	方案卦	Notes
外	心	Resolution	Y: 1 N: 0	1	0	電子束解析度可以往下延伸至16nm HP以下
		Throughput	Y: 1 N: 0	0		不認為可以解決量產產出問題
		Cost	Y: 1 N: 0	0		若無法達成產量量出規模，成本上升
	知	Infrastructure	Y: 1 N: 0	1	1	因為架構於光罩製程架構之上，配套技術已成熟
		Technology Barrier	Y: 0 N: 1	1		第一台實驗多重電子束微影曝光機(110電子束) 已試車
		Delivery	Y: 1 N: 0	0		不認為技術障礙可以克服
	力	Budget	Y: 1 N: 0	0	0	只有少數公司投資開發MEBDW機台
		R&D man power	Y: 1 N: 0	0		只有少數公司投資開發MEBDW機台
		Experiences	Y: 1 N: 0	1		有EB之光罩製程技術開發經驗
內	心	Resolution	Y: 1 N: 0	1	1	電子束解析度可以往下延伸至16nm HP以下
		Throughput	Y: 1 N: 0	1		認為CLUSTER可以解決量產產出問題
		Cost	Y: 1 N: 0	1		因為不需光罩費用，成本最低
	知	Infrastructure	Y: 1 N: 0	1	1	因為架構於光罩製程架構之上，配套技術已成熟
		Technology Barrier	Y: 0 N: 1	1		第一台實驗多重電子束微影曝光機(110電子束) 已試車
		Delivery	Y: 1 N: 0	1		認為技術障礙可以克服
	力	Budget	Y: 1 N: 0	1	1	投資MAPPER開發MEBDW機台
		R&D man power	Y: 1 N: 0	1		投入研發組織人力
		Experiences	Y: 1 N: 0	1		有EB之光罩製程技術開發經驗

奈米壓印技術被重視的程度較前面其他三個技術為少，進展方面也比較少些。表 16 為 Imprint 第二次方案卦轉卦後之內外心知力。

表 16 轉心知力後 Imprint 方案卦之內外心知力

		TYPE	陰陽	Imprint	方案卦	Notes
外	心	Resolution	Y: 1 N: 0	1	1	Imprint解析度可以往下延伸至16nm HP以下
		Throughput	Y: 1 N: 0	1		認為可以解決量產產出問題
		Cost	Y: 1 N: 0	0		1x模具價格昂貴，造成成本上升
	知	Infrastructure	Y: 1 N: 0	0	0	全球支援技術尚未完整
		Technology Barrier	Y: 0 N: 1	0		模具缺陷和污染問題需要解決
		Delivery	Y: 1 N: 0	0		認為模具缺陷和污染問題技術障礙非短時間可克服
	力	Budget	Y: 1 N: 0	0	0	只有少數公司投資開發Imprint機台
		R&D man power	Y: 1 N: 0	0		只有少數公司投資開發Imprint機台
		Experiences	Y: 1 N: 0	1		業界光罩製程技術開發經驗，可供1x模具使用
內	心	Resolution	Y: 1 N: 0	1	1	Imprint解析度可以往下延伸至16nm HP以下
		Throughput	Y: 1 N: 0	1		認為可以解決量產產出問題
		Cost	Y: 1 N: 0	0		1x模具價格昂貴，造成成本上升
	知	Infrastructure	Y: 1 N: 0	0	0	全球支援技術尚未完整
		Technology Barrier	Y: 0 N: 1	0		模具缺陷和污染問題需要解決
		Delivery	Y: 1 N: 0	0		認為模具缺陷和污染問題技術障礙非短時間可克服
	力	Budget	Y: 1 N: 0	0	0	尚未投資開發Imprint機台
		R&D man power	Y: 1 N: 0	0		尚未投資開發Imprint機台
		Experiences	Y: 1 N: 0	1		自有光罩製程技術開發經驗，可供1x模具使用

綜合以上轉心知力的結果，可以得到新的方案卦(表 17)為：

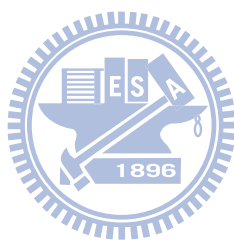
DP: 111111，乾卦；EUVL: 110100，歸妹卦；MBEBDW: 111010，需卦；以及 Imprint: 001001，艮卦。其中以 DP 的乾卦能量最高，為定卦。查乾卦的九宮格可得乾卦的卦象原文，為「天行健，君子以自強不息」，情境卦意即心知力剛健者，處一外心知力可支持之環境，此為一剛健強盛之情境，也就是說，君子居領導地位，剛健公司為產業領導。另外乾卦的卦辭原文為「乾，健也。元亨利貞，萬物資始，保合太和。體仁、嘉會、利物、真固。」意為乾即剛健，代表元創、亨通、便利、堅貞，萬物藉他開始，保存合在合諧狀況，君子宜效法之，體現仁德，以禮相待，謀事成物，堅定志向。從方案卦意來看，該方案 DP 可以剛健推展。

轉心知力前後各方案卦能量，除 Imprint 外，均有增加，轉心知力後各方案卦在擴充易立方的分佈如圖 25 所示。DP 的乾卦能量為 6，位置距擴充易立方中心最遠，在擴充易立方頂角的位置；Imprint 的艮卦能量最低為 2，位置在較靠近擴充易立方中心

的位置；然而 MBEBDW 的需卦和 EUVL 的歸妹卦能量分別為 4 和 3，位置在距擴充易立方中心較遠的位置。

表 17 轉心知力前後方案卦內外心知力與對應卦

方案	2008方案卦			2010方案卦										
	內	外	對應卦	內	外	對應卦								
	力	知		力	知									
DP	1	1	0	1	1	0	兌	1	1	1	1	1	1	乾
EUVL	0	0	0	1	0	0	豫	1	1	0	1	0	0	歸妹
MBEBDW	1	1	1	0	0	0	泰	1	1	1	0	1	0	需
Imprint	0	0	1	0	0	1	艮	0	0	1	0	0	1	艮



111111 DP	6	111011	5	11011	4	11111	5	111111	6
111110	5	111010 EBDW	4	11010	3	11110	4	111110	5
110110	4	110010	3	10010	2	10110	3	110110	4
110111	5	110011	4	10011	3	10111	4	110111	5
111111	6	111011	5	11011	4	11111	5	111111	6

111101	5	111001	4	11001	3	11101	4	111101	5
111100	4	111000	3	11000	2	11100	3	111100	4
110100 EUVL	3	110000	2	10000	1	10100	2	110100	3
110101	4	110001	3	10001	2	10101	3	110101	4
111101	5	111001	4	11001	3	11101	4	111101	5

101101	4	101001	3	1001	2	1101	3	101101	4
101100	3	101000	2	1000	1	1100	2	101100	3
100100	2	100000	1	0	0	100	1	100100	2
100101	3	100001	2	1	1	101	2	100101	3
101101	4	101001	3	1001 Imprint	2	1101	3	101101	4

101111	5	101011	4	1011	3	1111	4	101111	5
101110	4	101010	3	1010	2	1110	3	101110	4
100110	3	100010	2	10	1	110	2	100110	3
100111	4	100011	3	11	2	111	3	100111	4
101111	5	101011	4	1011	3	1111	4	101111	5

111111	6	111011	5	11011	4	11111	5	111111	6
111110	5	111010	4	11010	3	11110	4	111110	5
110110	4	110010	3	10010	2	10110	3	110110	4
110111	5	110011	4	10011	3	10111	4	110111	5
111111	6	111011	5	11011	4	11111	5	111111	6

圖 25 第二次方案卦轉卦後在擴充易立方位置

第六章 結論與建議

6.1 研究結論

由於在台灣微影方面專家人數不多，加上台灣半導體廠商可以在先進製程跟上 22nm HP 世代的公司也只要一兩家，所以本論文則決定結合易經決策模式，來探討在 22 奈米以下世代，台灣半導體廠商所需採用的最佳微影技術研發策略選擇。

首先，先以易經六十四卦排列為出發，在本論文中發展出三維空間的六十四卦排列法：易立方，從易立方中可以單一對角線原則輕鬆地看出原本十分難記的六十四卦間錯綜複雜反復循環關係。再經由新六十四卦能量的定義，配合易立方向四面八方延伸的特性，可以建構出一個以坤（地）為中心，乾（天）為外，且卦能量由內向外對稱增加的擴充易立方，以擴充易立方更方便判斷卦間相對能量的關係。

此外，在台灣半導體廠 22nm HP 世代微影研發策略選擇上，也可以不用透過眾多專家學者的反覆討論，直接應用易經決策模式和擴充易立方即可判斷情境卦和方案卦，再經由轉心知力，可以在擴充易立方上得卦能量最高的定卦。在本論文台灣半導體廠 22nm HP 世代微影研發策略選擇的例子中，技術開發初期（2008 年）時，即根據決策公司內部的狀況以及外部產業技術發展的資訊得知，由 ITRS 所有專家們所選出最有可行性的微影技術方案大多數尚在評估階段，許多外部資源仍屬不足狀態；況且決策公司內部對這些新技術的熟悉度不若 ITRS 專家們那麼豐富，是否有能力開發這些技術仍屬未知的情況下，決策公司的內外心知力情境所產生的情境卦為 75 漸卦。由此情境卦 75 漸卦和其錯綜複雜卦（74 小過，24 歸妹，25 中孚）的九宮格得知，這幾個卦象和卦意均說明在評估初期宜小心謹慎，觀察各個新技術發展後，再做判斷。

根據第一次的內外心知力分析，可以得到各方案在 2008 年開發初期的第一次方案卦分別對應為 DP 兌卦；EUVL 豫卦；MBEBDW 泰卦；Imprint 艮卦。其中以 DP 的兌卦能量最高。查兌卦的九宮格可得兌卦的卦象原文和卦辭原文均支持推該方案 DP 時需和兌，說話溝通心志。經過兩年的技術發展和轉心知力的結果，可以得到在 2010 年時新的方案卦為 DP 乾卦；EUVL 歸妹卦；MBEBDW 需卦；以及 Imprint 艮卦。其中以 DP 的乾卦能量最高，為定卦。查乾卦的九宮格可得乾卦的卦象原文和卦辭原文均支持該方案 DP 可以剛健推展。

以上應用易經決策模式和擴充易立方在台灣半導體廠 22nm HP 世代微影研發策略選擇例子，的確說明了易經決策模式可以有效地解決多方案型的決策，而且中國千年以來所流傳下來的易經資訊，如卦象原文和卦辭原文，還有其重視大原則的把握及個人參與，容許相當成分的主觀理想之精神[42]，亦可以應用在現代科技的選擇之用，可見中國人老祖先們的智慧結晶是何等深奧。

6.2 建議

對於管理方面的建議可以歸納為以下幾點：

1. 本論文中的個案公司為技術領先者，先期跨入不確定因素過多的技術選擇環境當中，一定要有一明確的決策模式幫助其做資源分配的決定，否則，資源過於分散，

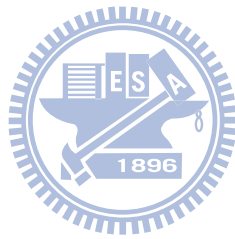
難達有效資源運用的成效。易經決策似乎是個不錯的選擇，尤其是針對台灣環境找不到眾多專家學者來進行專家會議或是德菲法問卷調查時，易經決策可以做為另一個可行的方案。既考慮了自家公司的情形，也將國際間的發展狀況納入考量當中，比起自己閉門造車要好得許多。

2. 本論文中所使用的 ITRS 國際半導體技術藍圖已經將可能的技術選項經 ITRS 專家們討論後縮小成非常精簡的範圍，這使得易經決策的方案數量少了許多。但在其他情況中，未必可以找到類似的技術藍圖，來做事前的縮小範圍，那麼就必需在資料收集上多費點功夫，以便得到更完整的資訊以供判斷之用。否則不足的資訊會造成判斷的誤差，以致浪費公司寶貴資訊。
3. 新技術的開發並非一朝一夕即可完成，而在本論文中兩次方案卦轉心知力的時間設為兩年，因為在技術開發初期，技術的進步十分緩慢，等到後期時較可能有爆炸性的進展。因此，如何在易經決策模式中選擇轉心知力的時機，也會隨著個案情況不同而異。當然，如果可以電腦資訊化，可以把每一個技術演變的事件都即時輸入電腦，由電腦直接做轉心知力的動作。
4. 如何定出適當關係心知力的問題，也會隨著個案情況不同而異。本論文中是以微影技術開發所需考慮到的因素，納入心知力問題當中，其中包括了技術的解析度是否可以達成製程需求，技術的產出是否可以達成量產需求，技術是否為最合乎經濟效益的技術，技術之相關配套技術，技術開發障礙，技術開發障礙是否可以如期排除，是否有足夠資金人力知識來研發等等。
5. 對於其他台灣半導體公司而言，不像個案公司成為技術領先者，而是技術的跟隨者，如此，技術預測的重要性似乎沒有那麼地重要。但在半導體行業中的摩爾定律不光告訴我們技術會一直進步，以滿足圖案線寬每 2~3 年縮小 70%，晶粒密度就會增加 2 倍，即使透過各式各樣的製程上的改進，或是增加晶片面積，基本上單位晶片的晶粒密度，每隔 18 個月會以 2 倍速度增加，摩爾定律也告訴我們，在單位晶片的晶粒密度，每隔 18 個月會以 2 倍速度增加的同時，晶粒的價格只有原本價格的一半。如此一來，要投入研發成本資源做技術領先者好呢，還是觀望後做技術跟隨者去賺那蠅頭小利呢，就要看各公司主事者的雄心壯志了。
6. 在藍圖法 (Road-mapping) 或稱技術路徑法 (Technology Roadmap)，及多逐漸朝「多國合作」而成為一國際性的活動的同時，台灣的廠商是否願意共同參與這樣的國際性活動，甚至參與國際研發共同發展新技術來造福全人類？還是只願吸收別人資訊，不願分享自己成果的自私心態呢？當然自家的智慧財產需要被尊重與保護，但在國際間這種既競爭又合作的環境中，新職業倫理需被建構以規範這些複雜的利害糾結關係。

就未來研究方向有以下幾點建議：

1. 針對易經決策法與其他方式做更詳盡的比較。
2. 可以評估是否有必要將六十四卦的方案卦擴充或加上共有三百八十四爻的方案爻解？

3. 心知力的次序如果在能量均衡的情形下，是否還存在一定次序？何況有許多決策是在「明知不可為而為之」（心知力不都支持）的情境下要做出的決定。是否可以仍用心知力方式解釋？或需找出其他方式？
4. 是否有其他易經決策改進方式可以在研發初期就可以更準確預測技術可行性？



參考文獻

- [1] S. A. *Campbell, The Science and Engineering of Microelectronics Fabrication*, Oxford, 1996
- [2] D. J. Elliott, *Integrated Circuits Fabrication Technology*, 2nd Ed., McGraw-Hill, 1989
- [3] International technology roadmap for semiconductors (ITRS) 2009 Edition, Lithography; http://www.itrs.net/Links/2009ITRS/2009Chapters_2009Tables/2009_Litho.pdf
- [4] 林群新,「技術預測方法」,工業技術研究院
- [5] 何錦堂,「科技管理概論」(課程講義),淡江企管,2004年9月
- [6] 吳顯東,「技術預測-輕鬆上手」,資訊市場情報中心,2005/05
- [7] 何錦堂,“Technology Forecast”(課程講義),淡江企管,2003年9月
- [8] 黎漢林,「學易經助決策—心知力均衡觀」,布克文化,2009年2月
- [9] 網路資料, <http://www.people.com.cn/mediafile/200309/11/F2003091120264700000.JPG>
- [10] 徐宇震,「易經應用要論」,宋林出版,1998年7月
- [11] 閔修篆,「易經的圖與卦」,五洲出版,1995年5月
- [12] 網路資料, http://pic4.nipic.com/20091117/3752136_111909083628_2.jpg
- [13] 網路資料, http://www.taichie.com/lunwen/119/h119-6_clip_image006.gif
- [14] 張其成,「易圖探秘」,中國書店2002年1月
- [15] 網路資料, http://www.360doc.com/content/10/0508/23/24811_26721713.shtml
- [16] 網路資料, www.zhouyiyouxu.com/XLZH/upload/Image/77.jpg
- [17] 網路資料, www.yaintech.com/pohwong/new_page_449.htm
- [18] 團正,「乾坤譜」,網路資料, http://hi.baidu.com/tuanzheng_shikong/album/%D2%D7%BE%AD%C7%F2%CD%BC%BD%E2
- [19] 網路資料, <http://big5.ifeng.com/gate/big5/bbs.ifeng.com/viewthread.php?tid=2783329&page=1>
- [20] 網路資料, <http://www.wretch.cc/blog/yakuzo/12173667>
- [21] 網路資料, <http://yhkggs.blog.163.com/blog/static/234112820090256535536/>
- [22] 網路資料, <http://bbs.guoxue.com/viewthread.php?tid=559893>
- [23] Chan-Tsun Wu, Hung Ming Lin, Wei-Ming Wu, Meng-Hsun Chan, Benjamin S. Lin, Kuan-Heng Lin, Andrew J. Hazelton, Toshio Ohhashi, Katsushi Nakano, Yasuhiro Iriuchijima, Chunhsin Lee, and Long Hung, “The rapid introduction of immersion lithography for NAND flash: challenges and experience”, *Proc. SPIE* Vol. 6924, 69241A, 2008
- [24] Cheng Y. Fang, Kuei-Chun Hung, Z. H. Huang, Benjamin Szu-Min Lin, Shu-Hao Hsu, Yeong-Song Yen, Paul P. Yen, Jiunn-Ren Huang, Hua-Yu Liu, “Challenges of 50-nm gate process in alternating phase shifting lithography”, *Proc. SPIE* Vol. 4690, p. 391-402, 2002
- [25] Hung Lin Cho, Shu Yi Lin, Frank Hsieh, Armen Kroyan, Hua-Yu Liu, Jason H. Huang, Shu-Hao Hsu, I-Hsiung Huang, Benjamin Szu-Min Lin, Kuei-Chun Hung, “Practical approach for AAPSM image imbalance correction for sub-100-nm lithography”, *Proc. SPIE* Vol. 5130, p. 778-786, 2003
- [26] Kuei-Chun Hung; Benjamin Szu-Min Lin; Hsien-an Chang; Alex Tseng; Lien-Sheng Chung; WeiJyh Liu; Der-Yuan Wu; Peter Huang, “Comparison between 2-phase-shifting mask and 3-phase-shifting mask on application of printing

-
- low-duty-ratio contact array patterning”, *Proc. SPIE* Vol. 4000, p. 1371-1382, 2000
- [27] Stephen Yuen, Sem Huang, Yongmei Chen, Liyan Miao, Kevin Tai, Amiad Conley, and Ian Liu, “Challenges of 29nm half-pitch NAND Flash STI patterning with 193nm dry lithography and self-aligned double patterning”, *Proc. SPIE* Vol. 7140, 714021, 2008
- [28] S. Wolf and R. N. Tauber, *Silicon Processing for the VLSI era*, Vol. 1, Lattice Press, 1986
- [29] M. C. Chiu, Benjamin Szu-Min Lin, M. F. Tsai, Y. S. Chang, M. H. Yeh, T. H. Ying, Chris Ngai, Jaklyn Jin, Stephen Yuen, Sem Huang, Yongmei Chen, Liyan Miao, Kevin Tai, Amiad Conley, and Ian Liu, “Challenges of 29nm half-pitch NAND Flash STI patterning with 193nm dry lithography and self-aligned double patterning”, *Proc. SPIE* Vol. 7140, 714021, 2008
- [30] Benjamin Szu-Min Lin, David Brandt, and Nigel Farrar, “High power LPP EUV source system development status”, *Proc. SPIE* Vol. 7520, 752007, 2009
- [31] Frank Palmieri, Michael D. Stewart, Jeff Wetzel, Jianjun Hao, Yukio Nishimura, Kane Jen, Colm Flannery, Bin Li, Huang-Lin Chao, Soo Young, Woon Chun Kim, Paul S. Ho, C. Grant Willson, “Multi-level Step and Flash Imprint Lithography for Direct Patterning of Dielectrics”, *Proc. SPIE* Vol. 6151, 61510J, 2006
- [32] S. Y. Chou, P. R. Krauss, W. Zhang, L. Guo, and L. Zhuang, “Sub-10 nm imprint lithography and applications”, *J. Vac. Sci. Technol. B*, Vol. 15, No. 6, pp. 2897-2904, 1997
- [33] M. Colburn, S. C. Johnson, M. Stewart, S. Damle, B. J. Jin, T. C. Bailey, M. Wedlake, T. Michalsen, S. V. Sreenivasan, J. G. Ekerdt, and C. G. Willson, “Step and Flash Imprint Lithography: An Alternative Approach to High Resolution Patterning”, *Proc. SPIE*, Vol. 3676, pp. 379-389, 1999
- [34] X.-M. Zhao, Y. Xia and G. M. Whitesides, “Soft lithographic methods for nano-fabrication”, *J. Mater. Chem.* 7(7), 1069-1074, 1997
- [35] S. J. Lin, W. C. Wang, Jack J. H. Chen, Faruk Krecinic, Burn J. Lin, Guido de Boer, Erwin Slot, Remco Jager, Stijn Steenbrink, Bert-Jan Kampherbeek, and Marco Wieland, “Imaging performance of production-worthy multiple-E-beam maskless lithography”, *Proc. SPIE* Vol. 7520, 752009, 2009
- [36] S. J. Lin, W. C. Wang, P. S. Chen, C. Y. Liu, T. N. Lo, Jack J. H. Chen, Faruk Krecinic, and Burn J. Lin, “Characteristics performance of production-worthy multiple e-beam maskless lithography”, *Proc. SPIE* Vol. 7637, 763717, 2010
- [37] E. Slot, M.J. Wieland, G. de Boer, P. Kruit, G.F. ten Berge, A.M.C. Houkes, R. Jager, T. van de Peut, J.J.M. Peijster, S.W.H.K. Steenbrink, T.F. Teepen, A.H.V. van Veen, B.J. Kampherbeek, “MAPPER: HIGH THROUGHPUT MASKLESS LITHOGRAPHY”, *Proc. SPIE* Vol. 6921, 69211P, 2008
- [38] 于增恩，宇宙的本性與規律—(三)易經宇宙物理講學，北方出版，2009年1月
- [39] 劉君祖，決策易，牛頓出版，1993年11月
- [40] 施純協，e時代的易學，知行文化，2003年6月
- [41] 吳錦勳，「張忠謀的愛將林本堅讓台積電在未來八年技術領先」，商業週刊，第891期
- [42] 成中英，C理論—易經管理哲學，東大圖書，1995年7月