

先前對量子力學有興趣而自己寫的研究計畫

研究方向

本論文研究方向為光壓縮態的製備與相位鎖定，製備出穩定的壓縮光，並研究穩定壓縮光相位之相關機制。

一、 研究背景

量子光學為物理學的分支，主要研究的範疇為量子化的光特性與應用。該學說以量子力學為基礎並認為光的能量與動量為不連續（量子化）。西元 1894 年普朗克提出了能量量子化的假說，此假設完美詮釋黑體輻射；而西元 1905 年愛因斯坦也發表了光電效應理論，此兩項重大發現驗證了光的量子化特性。

量子力學主要是研究物質和光的交互作用的學科，而對於著重光量子化特性的新興領域，則誕生了量子光學這全新的學科。而雷射科學的發展也促進了量子光學的進步，像是雷射的產生以及統計上的特性都是量子光學有興趣的領域，近而衍伸出量子糾纏態、光學雙穩態、壓縮態等熱門課題。

二、 研究目的

由於光的壓縮態能突破量子噪聲的極限，因此壓縮光可被應用在精密量測領域，比如本文章最後提到的重力波量測。在古典光學中平面電磁波電場可表示成圖 1-1，其中橫軸代表時間縱軸代表電場大小歸一化的值，而電場大小可表示成 1-1 式， E_0 為振幅、 ω 為角頻率、 φ 為平面波的相位。

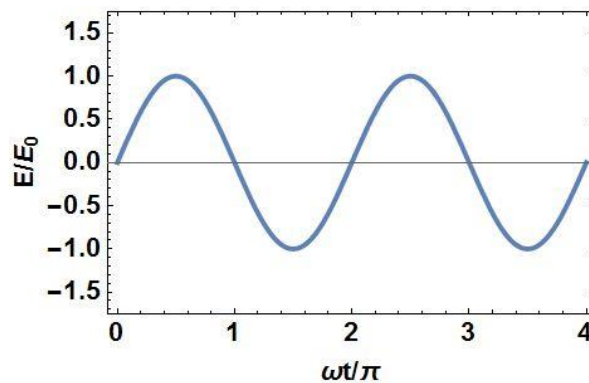


圖 1-1 古典光學平面電磁波的時間-電場圖 [1]。

$$E(t) = E_0 \sin(\omega t + \varphi) \quad (1-1)$$

其中 1-1 式可改寫成 1-2 式，其中X和Y分別代表光場的兩正交分量，對於古典光場而言X和Y皆為定值。

$$\begin{aligned} E(t) &= E_0 \sin(\omega t + \varphi) \\ &= E_0 \sin \omega t \cos \varphi + \cos \omega t \sin \varphi \\ &= X \cos \varphi + Y \sin \varphi \end{aligned} \quad (1-2)$$

但在量子光學裡光場的兩正交分量X和Y不再是一定值，此時平面電磁波的電場可表示成圖 1-2 (a)，而其兩正交分量關係可表示成圖 1-2 (b)。在圖 1-2 (b)裡可發現兩正交分量不是定值，而是以 (1, 0) 為中心的一個圓，由於測不準原理的限制，我們並無法準確得知X和Y的精確值，只能知道藍色區域為X和Y在滿足測不準原理的前提下形成的集合。

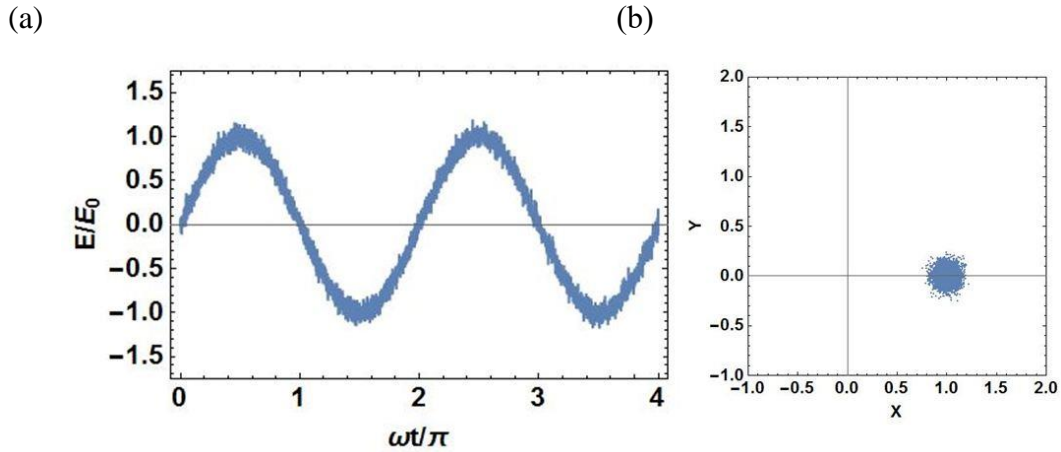


圖 1-2 (a) 在量子光學裡平面波的時間-電場圖；(b) 由於測不準原理的限制使得光的兩正交分量不再是一定值，此時的X和Y關係圖 ($\varphi=0$) [1]。

當對圖 1-2 (b)裡的X分量作壓縮時可得到光電場時間關係圖為圖 1-3 (a)，X和Y關係圖為圖 1-3 (b)。由於電場是在 X 方向上 ($\varphi=0$, $Y=0$) 故圖 1-3 (a)裡X分量有被擠壓的現象。在圖 1-3 (b)裡則可明顯發現相較於圖 1-2 (b)裡X分量有明顯被擠壓的現象，因此X分量上的不準確度降低了，但代價是犧牲Y分量上的準確性，因為X和Y的不確定性乘積需滿足最小測不準值。

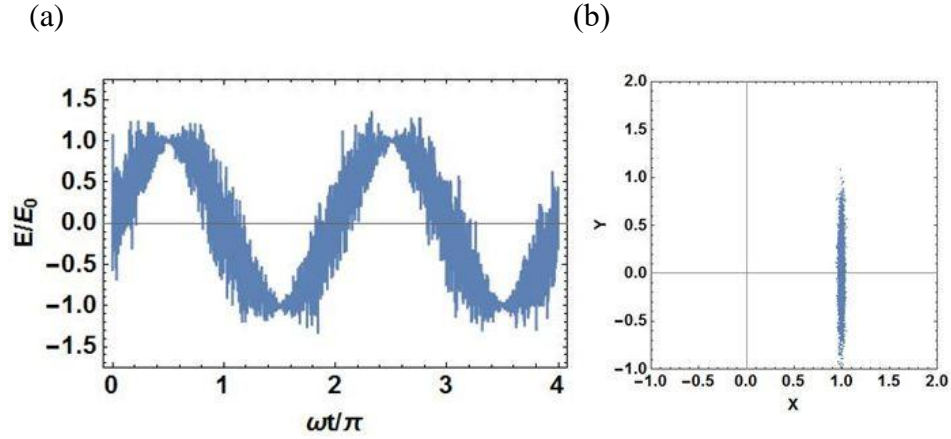


圖 1-3 (a) 對電磁波 X 分量壓縮的時間-電場圖；(b) 對 X 分量壓縮時的 X 和 Y 關係圖 ($\varphi=0$)，圖中藍色區域面積和圖 1-2 (b)相同 [1]。

當對 Y 分量作壓縮時可得到圖 1-4 的結果，變成 Y 分量的不準確度降低但增加了 X 分量的不準確度，其壓縮結果的電場-時間關係圖及 X 和 Y 關係圖分別為(a)和(b)。值得注意的是圖 1-4 (b)的藍色區域面積和圖 1-2 (b)、圖 1-3 (b)的藍色區域面積大小相同。

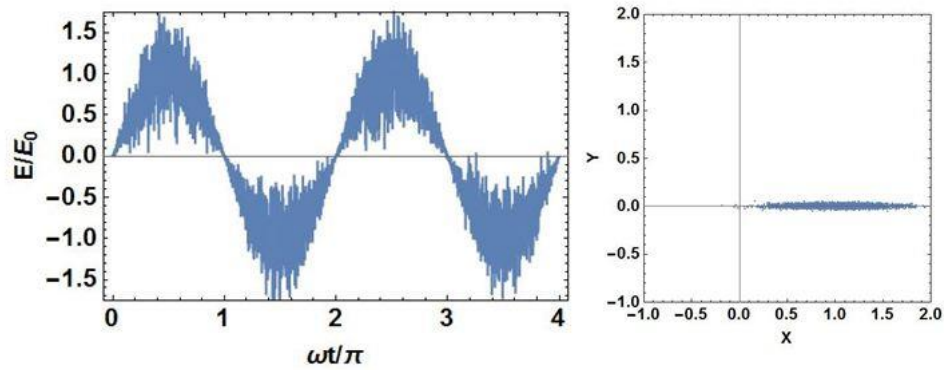


圖 1-4 (a) 對電磁波 Y 分量壓縮的時間-電場圖；(b) 對 Y 分量壓縮時的 X 和 Y 關係圖 ($\varphi=0$)，圖中藍色區域面積和圖 1-2 (b)、圖 1-3 (b)相同 [1]。

按照上文的結論在實驗上可針對特定的分量進行壓縮來達到增加準確度的需求，在量子光學中光兩正交分量的不確定性可視為一種雜訊或是噪聲，因此若需要使用光源進行精密量測實驗時有時需要在特定分量上進行壓縮來降低光源的噪聲，進而提高量測的精準度。

三、 研究預期結果

研究初階目標是設計出固定壓縮光相位的方法，使相位不會隨外部因素（光源波長的細微變動、共振腔長度細微變動）而改變。

四、 研究貢獻

干涉儀是利用光波的干涉現象進行量測的儀器，可應用在量測機械系統的細微擾動或是精密加工較準等方面，而科學家也採用干涉儀的技術來量測重力波。由於重力波會引起空間的扭曲，因此科學家利用這個特性採用干涉儀來捕捉重力波訊號。

近年來熱門的重力波的量測即應用壓縮光的技術，目前幾個知名的重力波量測設備有日本的神岡重力波探測器（KAGRA）以及美國的雷射干涉引力波天文台（Laser Interferometer Gravitational-Wave Observatory，簡稱為 LIGO）。

圖 1-5 為重力波量測示意圖，其中兩根 L 形管子分別為兩道光臂，雷射光源會經由分光鏡分光後行經兩根不同的管子最後會合並形成干涉條紋。當重力波抵達其中一根 L 型管子時會造成該管子的長度發生改變，進而造成兩道光的光程長不同，最後導致干涉圖案改變。因此當觀測者發現干涉圖案改變時便即有可能是由於系統偵測到了重力波。

在 LIGO 裡光臂長為 4 km，但 8 km 的光程長對於干涉儀來說尚未能偵測到重力波的存在，因此採用法布立－佩羅腔（Fabry-Pérot cavity）來增加等效光程長，一般來說光會在腔裡來回行走數百至數千次才離開。

但由於重力波非常微弱，因此必須讓量測系統的雜訊近可能的降低來提高偵測重力波的靈敏度。其中系統雜訊包含光源本身的雜訊、環境的背景雜訊及系統的熱擾動等因素，故此重力波量測採用壓縮光來突破量子噪聲極限來降低光源的雜訊，進而提升量測的靈敏度。

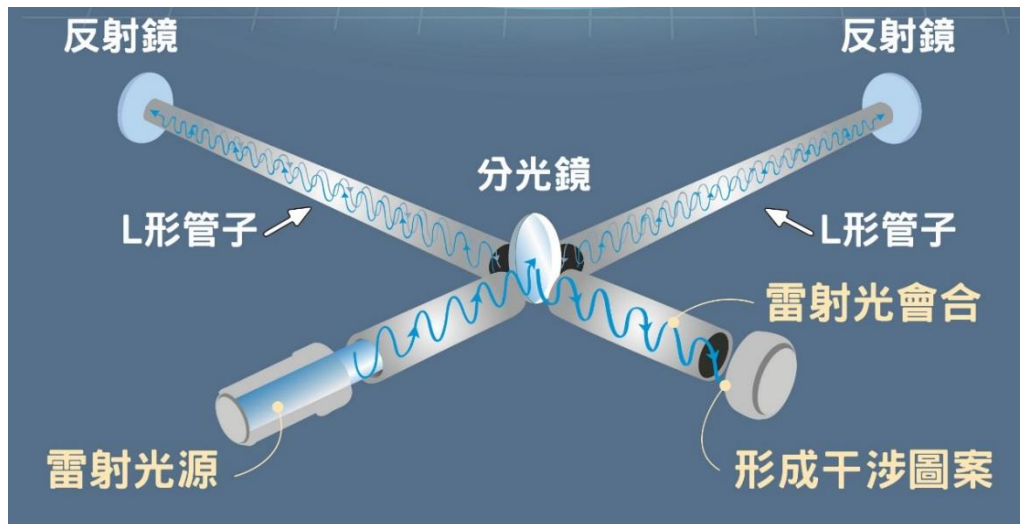


圖 1-5 量測重力波的干涉儀示意圖，裡面額外採用法布立—佩羅腔（Fabry-Pérot cavity）來增加光程長 [2]。

參考資料：

[1] 量子光學之壓縮光 Available from :

<https://zhuanlan.zhihu.com/p/32253241>

[2] 重力波，I got you！（中央研究院） Available from :

<https://research.sinica.edu.tw/ng-kin-wang-gravity-wave-black-hole/>

研究計畫

一、 研究主題與背景

1-1 研究主題

學生有興趣研究的主題為眼球辨識系統，目的是做出高準確辨識度的眼睛辨識系統，可應用在眼球辨識及眼紋辨識。

1-2 研究背景

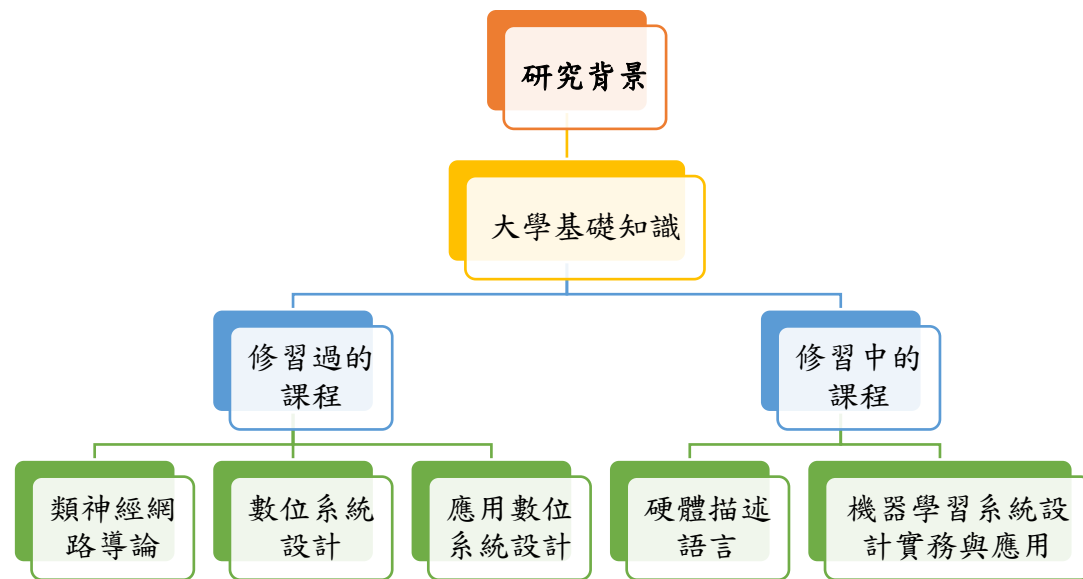
生物辨識並不是一個新觀念，過去生物辨識的技術已經被大量使用在犯罪偵防、海關出入境管制以及各種數位裝置的開啟。除了預防犯罪及犯罪搜查之外，生物辨識也開始進入公共安全的範圍，相關科技也百花齊放。

除了公共安全外，個人生活也引入生物辨識技術，比如智慧型手機的指紋識別鎖及人臉辨識鎖，以及應用在金融業的簽名辨識及聲紋辨識，其中簽名辨識可避免客戶的銀行帳戶遭旁人盜領，聲紋辨識可協助客服人員判斷來電者身分，取代輸入密碼或是回答認證問題等手續，可大幅減少認證時間。

1-3 研究基礎知識

在大學時期對數位領域的課程感興趣，因此除了必修課數位系統設計外，還有修習實用數位系統設計及硬體描述語言。在修課的同時我也在思考數位的基礎可以應用在甚麼領域？在修習數位課程時除了撰寫硬體描述語言，也會使用現場可程式化邏輯閘陣列（Field Programmable Gate Array，簡稱FPGA）來驗證硬體設計的知識，讓我對數位設計有更實際的認知。

此外我也在大學期間接觸機器學習等相關課程，因為自身對於計算機實現人類智慧的過程感到興趣，同時希望以機器學習做為基礎，在面對影像處理、聲訊處理問題時可以提供另一種解決的方法。



二、 研究動機與目的

2-1 研究動機

生物辨識主要是利用個人的身體特徵進行個人身分的辨識，常見的生理特徵有虹膜、指紋、聲音等項目。有別於傳統的物理辨識（金融卡、鑰匙），生物辨識具有以下優勢：

- 普遍性：人人皆有相同的生物特徵，比如指紋、虹膜。
- 唯一性：大家都有相同的特徵，但每個人的特徵都是獨一無二的。
- 永久性：生物特徵不易隨時間改變。
- 可測性：可以使用儀器對生物特徵進行分析與比對。
- 接受性：由於生物辨識不需收集待測試者的身分資料，某方面來說能避免個資外洩發生。
- 安全性：物理認證有遭遇失竊、盜領、偽造等風險，而生物特徵每個人都不同能避免偽造發生，並且特徵存在於身上較不會有失竊的疑慮。

2-2 研究目的

本研究主要方向是設計人眼辨識系統，判斷輸入圖像或影像裡是否有眼睛的

區域並濾除其餘部分，最後還原並保留眼睛部分的圖像。該研究可應用在眼球辨識、眼紋辨識及虹膜辨識等技術。

指紋有被旁人複製、提取的可能，進而造成指紋辨識系統的漏洞。聲音雖然每個人聲帶震盪的頻率不相同，但仍然有被錄音破解的風險。而眼球辨識相對於指紋屬於非接觸式的辨識，能降低被拷貝、竊取的可能性。因此我覺得眼睛辨識是安全性相對比較高的生物辨識技術。

三、 研究方法

3-1 硬體設備基礎

一般晶片製造出來時由於內部電路已經固定，因此若有錯誤想更正或是調整電路功能並不容易。而 FPGA 內部的系統具有一定的可編程性，設計時較為彈性，可即時性對系統進行更新。由於在處理圖形、聲音等資訊時可能會需要更改演算法，因此使用 FPGA 來實現設計應為可行方案。

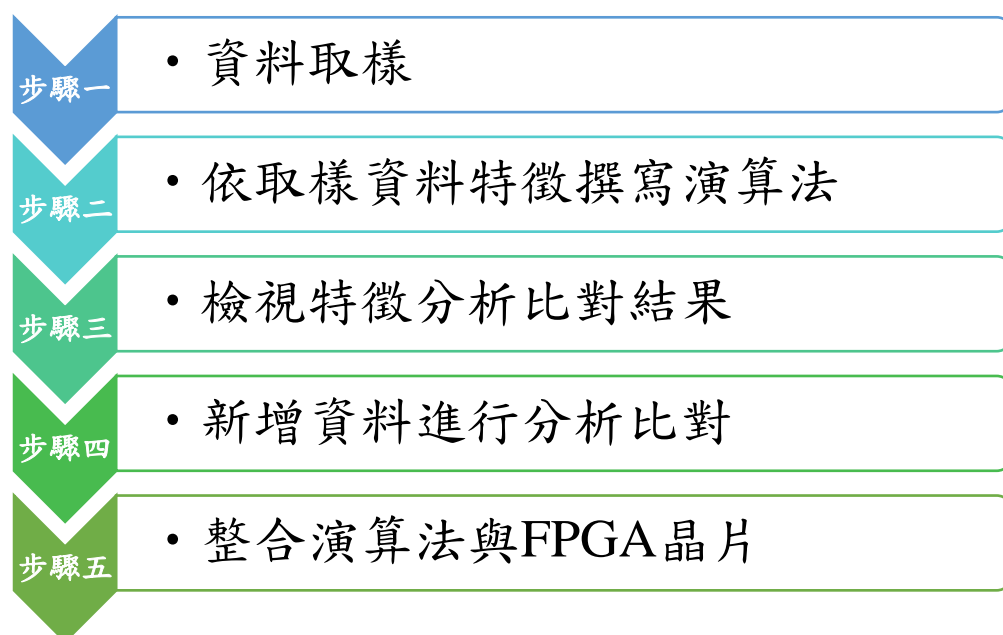
另外從撰寫硬體描述語言至燒錄到 FPGA 的設計周期相較製作特定應用積體電路 (Application Specific Integrated Circuit, 縮寫: ASIC) 的設計周期短了許多，晶片從設計至製作出來普遍所需數個月的週期。因此使用 FPGA 作為設計基礎可提高設計效率，並能節省設計成本。

3-2 研究步驟

本研究大致上可分為五個階段，第一步是收集資料，在這個階段會採集含有眼睛及沒有眼睛的圖片、相片，完整的資料量能建構完善的特徵庫。第二階段是找尋適合的演算法來進行資料特徵的提取以及辨識，選擇適當的演算法能簡化系統複雜度並保有對資料判斷的準確性。

第三階段則是審視資料處理後的結果，系統是否能經由特徵提取、過濾、還原後能正確保留輸入圖片裡眼睛的部分？以及類似眼睛形狀的圖片是否會被誤判成眼睛？若有上述兩者的問題需要回到第二階段重新檢視是否有遺漏考慮的特徵值？或是對於某項特徵值的判斷有沒有更適合的演算法？

第四階段需要引入新的資料來檢視系統是否有存在缺失？一開始資料量不多時完成分析的條件可能比較少，因此需要透過統計的方式來驗證系統判斷的準確度。最後一個階段需整合硬體跟軟體兩塊領域，將演算法以硬體描述語言的型式呈現在FPGA系統裡，由於FPGA單晶片計算能力有限，因此在撰寫演算法時應盡量化繁為簡以提升系統運算速度。



四、 預期成果

本研究預期的目標有三項，第一是系統能分辨出輸入圖片裡是否有眼睛的區域，第二為系統要能正確還原出這個區域，第三是不會誤判類似眼睛的區域為眼睛。再來是結合設計的系統與攝像儀器，將原本靜態的輸入圖片檔案改成會隨時間變化的動態影像，藉此模擬真實的辨識系統。

五、 未來展望

在2-1節有提到生物辨識的優勢，而在2-2節有分析常見的生物辨識技術裡眼球辨識的遭仿冒性較低，而眼球辨識可能除了公共安全有需求外，未來有可能應用在智能車的車主辨識系統鎖以及居家屋主辨識鎖等生活層面，因此若能設計出高準確度、低成本、小體積並且能大量生產的辨識系統，相信在生物識別市場上會有非常大的潛力。

先前投稿智慧電網提案計畫

研究動機：

現今電網不純粹只是電力的發電、輸電、配電，我們要轉往更有效率、系統的方式來掌控電力，而因此衍伸一個新的名詞叫做智慧電網。

智慧電網由於兼具自動化及資訊化，同時影響層面非常廣較不允許出錯，所以在規畫階段與建置執行時都必須以高度嚴謹態度視之。其次，電業的經營乃長久事業，其設備使用週期通常較一般資訊或網通設備來得長久，所以在建置時須同時考慮短中長期發展。規畫與建置智慧電網該考慮的因素計有智慧電網的應用重點、需要那些技術的整合，既有網路有多少剩餘系統資源可應用，避免浪費。而智慧電網涉及的領域主要有以下範疇：

- 電網控制

電網狀態確認、電壓/無功控制、電力潮流控制及損耗管理。

- 停電/故障資訊及管理

包括故障偵測、故障分類、故障特性分析、故障局部化、故障隔離及快速地復電。

- 電表

費率計算的電力使用量測、負載管理點及用戶區域網路閘道(Gateway)。

- 電力品質控管

電力品質遠端監控，並記錄突發事件及相關參數以供後續維修、規畫以及減輕的措施(Mitigation)。

- 電力設備使用率量測及控制

量測電力設備的使用狀況，以供最佳化負載潮流的處理。

- 電力設備良率監控及系統維護

遙測電力設備的運轉情況(包含是否能安全運轉)，量測設備負載率並計算運轉利用率所造成的影響，利用前述資訊進行電力設備的最佳化維修或汰換，以達成電力設備生命週期管理。

- 能源使用管理

負載卸載控制及需量反應。

- 能源資源管理

多重能源型態的適應性整合(Adaptive Integration)，包含傳統的發電來源、替代能源以及分散式發電與儲能，並且能將碳足跡最小化。

- 孤島運轉

當電力系統有大事故時，可局部單獨運轉，避免全系統無法運轉供電。

- 系統效能及可靠度控管

遠端監控電力輸送及系統運轉效率以供後續維修、規畫以及減輕的措施。

這些主題並非完全獨立互不相干，但我今天主要想深入討論的是第一項電網控制裡微電網部分。

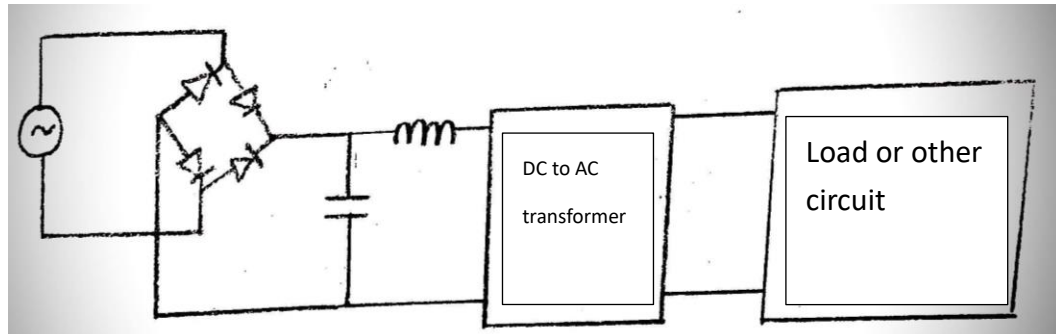
微電網(Microgrid)系統網主要效益歸納為二：

第一、由於再生能源為間歇性能源，大量的再生能源併入電網將造成電壓浮動的問題，影響區域電網供電穩定度，微電網具穩定電壓及頻率功能，可有效引入再生能源進入電網，提升區域電網再生能源之使用率

而在此我想到的方法是利用橋式整流器將再生能源發電轉成同一方向的電壓訊號，而這些電壓裏頭會包含直流及交流成分。透過橋式整流器後再並聯一大電容，目的是讓交流訊號通過而擋住直流訊號，再串聯一大電感主要是阻隔交流訊號。之後再從最右端以直流-交流轉換器進行轉換。

雖然轉換過去可能會是方波，但是傅立葉級數告訴我們方波是無數個弦波疊加而成，因此可透過適當的共振電路來將各個頻率的弦波進行分類，如此能使能源使用最大化。

而剛剛通過電容的交流訊號我認為可以以較小電容值的電容來儲存，因為電容值小因電壓變動而輸出的電流較小，因此比較不會衰減太快。但是因為電容值小因此能儲存的電量不多，因此可以透過並聯若干個電容來提升總體電容值，進而增加總體儲存的電量。儲存後再經過後續的處理後也能繼續用來供應給電網使用。



；其次，微電網具有削峰填谷、尖峰用電調節(Peak Shaving)作用，可降低尖峰用電之系統設備需求規格及成本，配合時間電價制度，抑制用電行為，達到節能減碳之目的。