



姓名：**陳賜原**

學歷：

美國密西根大學電機工程博士

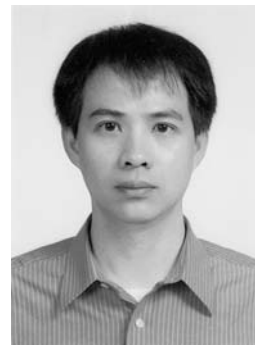
現職及經歷：

中央研究院原子與分子科學研究所副研究員

中央大學物理系合聘副教授

中央研究院原子與分子科學研究所助研究員

美國密西根大學超快光學中心博士後研究員



著作名稱：

1. "Optically controlled seeding of Raman forward scattering and injection of electrons in a self-modulated laser wakefield accelerator," *Physical Review Letters*, vol. 92, 075003 (2004).
2. "Spatially localized self-injection of electrons in a self-modulated laser-wakefield accelerator by using a laser-induced transient density ramp." *Physical Review Letters*, vol. 94, 115003 (2005).

中文簡介：

由於近來雷射技術的快速發展，利用線

性變頻雷射脈衝放大技術所建造的雷射（圖一），超短脈衝的峰值功率已可達到十兆瓦以上。在聚焦之後，雷射強度可達 10^{19} W/cm² 以上。當此雷射脈衝在電漿中行進時，



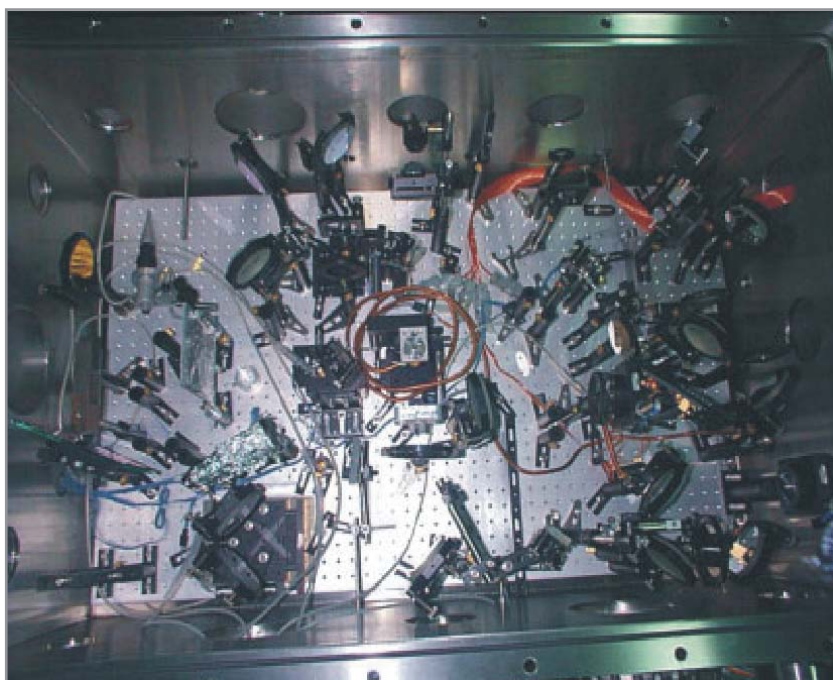
圖一：自製十兆瓦峰值功率、10 赫茲重複率之脈衝雷射系統。

雷射的光壓會將電漿中之電子向前推動。在雷射脈衝過後，這些電子會被電漿離子吸引拉回，因而產生電子之振盪，形成電子電漿波。此電子電漿波之電場可達每公分十億電子伏特以上，為傳統電子加速器因材料放電所造成的電場極限之一千倍。因此，利用此方法製造之電子加速器的尺寸也將比傳統加速器小一千倍，可提供桌上型之高能電子源，大幅提昇加速器應用發展的普及，及可能解決高能物理發展的困境。同時由於此方式產生的電子束具有遠比傳統加速器所產生的短的電子束脈衝時間長度，因此將可對超快物理的解析方面提供重要的研究工具。

雷射電漿波電子加速器的發展決定於三個關鍵技術，包括有效率及穩定的產生電漿波、可控制且有效的注入電子、及在電漿波導中加速電子以提高電子能量及能量轉換效率。由於此電漿波的橫截面極小及其時間長度極短，很難以電子槍注入電子到此電漿波中來加速，所以有很多人提出了各種以雷射脈衝來在電漿中擾動背景電子而注入電子到電漿波的方法或是以特定的電漿空間結構來造成雷射電漿波經過此結構時發生電子的自我注射。此次得獎的著作中，第一部份是達成全世界首次以光學方式注入電子到雷射電漿波電子加速器（圖二）。

利用一同向傳播的前置雷射脈衝，證明了可以以改變注射雷射脈衝的參數來控制主雷射脈衝激發的電漿波的振幅、加速電子的數目、及電子束的發散角。此結果同時亦證明長久以來對自調變雷射電漿波電子加速器中的自我捕捉電子機制的臆測。第二部份是達成了全世界首次以電漿密度結構來注入電子到雷射電漿波電子加速器，採用的方法是以另一雷射脈衝來產生暫態的電漿密度陡坡，使主雷射脈衝經過它時會因為不同密度區域的電漿波波長的不同而造成電子的注入。此全新電漿結構製作的概念不僅解決了雷射電漿波電子加速器在這方向的發展長久以來的瓶頸，更開闢出了暫態強場電漿元件的新思維，將強場雷射物理的研究從基本物理的研究帶向積體應用元件的階段。

強場電漿元件是一個以類似於半導體元件製程的方法來在氣體和電漿中製造出空間密



圖二：雷射電漿波電子加速器實驗架設。

度分佈結構的方法。此方法包含製作縱向結構及橫向結構兩種。在縱向結構的製作方面，是採用一道橫向線聚焦後強度超過光場游離閾值的雷射脈衝，經過一個光罩後成像到主脈衝在氣體內將經過的路徑，以游離加熱及流體膨脹來達成降低光罩設定區域的密度。此技術可運用到強場物理的各個領域，不僅可用以進行斷層掃描來釐清過去實驗上無法釐清的問題，也可用在如高階諧波產生、電子加速器等方面的準相位匹配，可使其效率更高、體積更小。近來我們已經達成了首次對雷射電漿波電子加速器進行斷層掃描，釐清了過去幾個實驗所觀察到在沒有另外注入機制的情況下而能產生單能電子束的現象，並首次以直接量測電子加速梯度的方法來驗證電漿波電子加速器的加速能力。同樣的方法我們也已應用到對 X 光雷射和高階諧波產生等 X 光脈衝產生機制進行斷層掃描的量測，釐清了不同物理效應對其輸出所扮演的角色，對這些技術日後的進一步發展有極大的幫助。在增強產物的效率方面，我們也達成了以具週期性密度調變的電漿波導來增強相對論性諧波產生。此成果呈現出來該技術將如何大幅帶動強場電漿元件領域的發展。加上了我們發展出來的以液晶調變器來達成程式規劃控制電漿結構的方法，將可把強場電漿元件帶到適應性迴授控制的應用階段，更進一步將強場雷射物理的研究及應用推到新的境地。

在縱向結構的製作方面，建築在相同的原理之上，我們也創造出了利用圓錐透鏡配合點火與加熱雷射脈衝分開的方式來在氣體噴流中以高效率產生長距離的電漿光波導。應用此電漿光波導的技術，我們已經成功達

成了極高效率的建築在光場游離機制上的 X 光雷射，開闢出了具高度實用價值的 X 光雷射的雛形。我們也正將此技術推展到雷射電漿波電子加速器及其他強場電漿元件的發展上。下一階段的目標是把這些技術進行整合來製造出具實用性的、前所未有的功能的各種實驗研究工具，以應用到核子物理、高能物理、天文物理、奈米元件製作、醫學診斷與治療、及原子分子物理等方面的研究。

評審簡評：

陳賜原博士現任中央研究院原分所副研究員，他於 2000 年加入原分所進行強場雷射方面的研究，在過去幾年內與汪治平研究員合作，建立了台灣第一個 10 兆瓦雷射。其功率與光學品質均為世界一流。利用這個雷射，陳博士進行雷射電漿加速機制的研究。

雷射電漿加速是粒子加速器的一個新的發展，發展成功後，將可在一般實驗室將電子加速至數十億電子伏特的能量，取代現有數百公尺，甚至數公里的加速器通道與設備，對醫學、物理、生物、化學各方面的研究，都會產生重要的影響。陳博士的研究驗證了兩種全新的電子注入與電漿操控方法，都是世界第一次達成的技術，解決了這個方面長期以來的瓶頸。

尤其值得注意的，是在這個研究的過程中，陳博士利用雷射脈衝來產生暫態的電漿結構，以操控電子的走向與聚焦，開闢了暫態電漿光電元件的全新思維，將強場雷射物理從基礎研究帶向應用元件的階段。陳博士長期進行精密而關鍵的研究，成果優異，應給予大力鼓勵。