



# 準分子雷射與飛秒雷射在眼科手術上的應用

## Application of Excimer Laser and Femtosecond Laser on Ophthalmic Surgery

<sup>1</sup>李益志 / <sup>2</sup>黃承好

<sup>1</sup>艾克夏醫療儀器股份有限公司 研發部

<sup>2</sup>艾克夏醫療儀器股份有限公司 研發部 總經理

**摘要：**本篇文章主要簡介雷射光源於眼科手術上的發展與應用，以準分子雷射 (excimer laser) 與飛秒雷射 (femtosecond laser) 為介紹主軸。飛秒雷射光源除了應用於機械加工、半導體檢測設備外，在眼科手術上的應用更是一大突破。本公司研發的主力產品 "飛秒眼科手術儀" 即是整合飛秒雷射與周邊設備，透過自主研發該項產品提升國內高階醫療產業的競爭力。

**Abstract :** This article describes the development and application of laser light sources in ophthalmic surgery, focusing on the excimer laser and the femtosecond laser. In addition to mechanical processing and semiconductor diagnostic instruments, the femtosecond laser applied on ophthalmic surgery has been a technology breakthrough. Our company has developed a "Femto-R1" eye surgery equipment, which integrates femtosecond laser and various technologies. This achievement not only competes internationally but also helps to enhance Taiwan's competitiveness in high-end medical device.

**關鍵詞：**飛秒雷射、雷射屈光角膜切削術、雷射屈光角膜重塑造術

**Keywords :** Femtosecond Laser, Photo Refractive Keratectomy, PRK, Laser Assisted In situ Keratomileusis, LASIK

### 簡介

雷射的發展從物理學家普朗克提出量子化能階概念至今已廣泛應用在各領域，如航太、軍事、通訊、科學應用、機械切削、以及 3D 列印等方面，在本文中與讀者們介紹的是雷射在醫學上的應用，雷射光源應用於醫學上的範圍也相當廣，諸如皮膚美容、牙齒治療、除疤刺青、眼科手術等，因本公司產品主要研發為眼科相關之醫療儀器，故本文中分享内容主要以眼科應用為主。

近視是長年以來成年人近乎常態的眼睛疾病，但配戴眼鏡常給生活帶來不方便，例如：半夜起床

泡牛奶還要先找到眼鏡，健身運動、打球流汗或在游泳時還要戴眼鏡或調整一直下滑的眼鏡。而屈光手術的由來早在 1708 年就有人提出摘除透明晶體可以矯正高度近視，1898 年荷蘭的 Lans 發現燒灼角膜可以改變屈光的能力，爾後又有其他醫師提出治療近視的方式，如 Wray & O'Connor 提出熱燒灼矯正角膜散光，Bock 提出電凝固術，而在角膜上施行手術進行近視矯正則可追溯到日本佐藤勉 (Sato, 1939)，他從圓錐角膜患者因角膜受損而變平後發現可以使近視降低的現象中獲得啟發，第一個採用放射性角膜切開術矯正近視。上述介紹的屈光手術都是在雷射發明之前所進行 [1]。



1960年科學家梅曼利用一個強閃光燈管 (flash lamp)，來激發做為雷射增益介質的紅寶石。受激的增益介質發時會發出紅光。這是世界第一台雷射的發明。直到1983年美國的 Trokel 等人首先應用準分子雷射進行角膜切削的實驗研究，1985年德國的 Seiler 將其應用在盲眼進行矯正角膜散光，1987年美國的 McDonald 等人第一次應用於近視眼並且獲得良好且正向的臨床效果，此後於世界逐漸開始掀起用準分子雷射進行角膜表面切削術 (photorefractive keratectomy, PRK) 矯正近視。但在安全性、準確性和可預測性的考量下，Ruiz 於1994年發明了自動板層角膜刀 (Automatic Corneal Shaper, ACS)，後來稱為微型角膜刀 (microkeratome) 並且提出了自動板層角膜成形術的手術方式。

伴隨雷射科技的進步，飛秒雷射被科學家們成功的製造且商品化，在角膜屈光手術引起一陣風潮，在2003年於美國白內障與屈光手術年會中 (American Society of Cataract and Refractive Surgery, ASCRS)，專家學者們提出使用高重複率的飛秒雷射取代原先於手術時使用的微型角膜刀的屈光角膜重塑術 (laser assisted in situ keratomileusis, LASIK)。經過多年努力，近年來已有相關的產品陸續在市場上販售。「全飛秒」的概念起源於人們期望可利用飛秒雷射取代掉原先的準分子雷射，但目前仍有一些問題尚待克服，如不能準確用於低度近視或高度近視，無法二次切削，尚未能推出精準的個人化切削模式等。

本文會先介紹兩種不同光源的開發特性、如何應用至眼科手術、最後介紹艾克夏醫療儀器公司近年來開發出來的產品與研發進展，艾克夏目前主力產品為準分子手術儀以及飛秒雷射角膜手術儀，希望透過本篇文章可讓大家了解雷射在眼科醫療儀器的應用與艾克夏醫療儀器公司的核心產品。

## 準分子雷射

準分子雷射的增益介質為準分子氣體。一般的氣體分子，如果沒有外界的影響，如加熱、光照或電子碰撞，不會自行分解成其他分子或離子，但準

分子是一種處於激發態的複合分子，在基態 (ground state) 時是處於分離狀態，而在激發態 (excited state) 處於分子狀態。這種分子只存在於激發態，不存在於基態。若於基態時，分子在很短時間內 (幾十毫微秒) 自動分解成離子或其他分子。這也是 Excimer 的英文由來，是由 excited dimer 的縮寫。

準分子的增益介質主要有 ArF, KrCl, KrF, XeBr, XeCl, XeF 等，是由一個惰性氣體原子如 He, Ne, Ar, Kr 與化學活性較活潑的鹵素原子如 F, Cl, Br 組成的。惰性氣體原子本不會和別種原子形成分子，但如果把它們和鹵素元素混合，再以放電管來激發，就可成為激發態的分子，當激發態分子放出光子而躍遷回基態時，該分子即立刻分解，還原成本來的特性後，而放出高功率的紫外光。準分子在激發態的位能曲線有一極小值，表示中間有一平衡點，所以是分子。當粒子處在低能階，分子結合甚弱，其數量甚少，生命週期非常短 (10-13 秒)。因此只要激發到激發態，就很容易達到巨量反轉 (population inversion)，而增益相對提高。而在眼科手術中，所選擇準分子雷射種類為 ArF，輸出波長為 193 nm 脈衝型雷射 [2]。

準分子雷射有下述幾項特性：

- (1) 由於準分子存在時間甚短，在共振腔內的往復次數少，因此光束的指向性差 (擴散角大)，光束的模態不良。
- (2) 準分子雷射屬於電子態之間躍遷，其雷射波長範圍落在 191 nm-354 nm 的紫外光區間。
- (3) 單一脈衝的能量高，因其脈衝時間短 (~ns)，所以單一脈衝的能量約可達數個焦耳以上。
- (4) 準分子一旦躍遷到激發態就形成穩定的束縛分子態。
- (5) 準分子躍遷至基態釋放出能量就立即離解，即表示在基態永遠找不到準分子。
- (6) 準分子下能級為連續排斥態，因此不存在旋轉-振動能階。對應於每一上能級的分立能態就有一個連續的發射頻譜，所以有可能實現準分子雷射的寬頻帶的連續頻譜。

### 更完整的内容

詳見【機械工業雜誌】419期・107年2月號

---

機械工業雜誌・每期 220 元・一年 12 期 2200 元

劃撥帳號：07188562 工業技術研究院機械所

訂書專線：03-591-9339

傳真訂購：03-582-2011

機械工業雜誌・官方網站：[www.automan.tw](http://www.automan.tw)

機械工業雜誌・信箱：[jmi@itri.org.tw](mailto:jmi@itri.org.tw)