



# 生醫應用 Er:YAG 晶體模組化雷射系統

Er:YAG Crystal Modular Laser System  
for Biomedical Applications

## 林士廷

工研院南分院  
積層製造  
與雷射應用中心  
關鍵模組部

## 林盈佐

工研院南分院  
積層製造  
與雷射應用中心  
關鍵模組部

## 許世銘

工研院南分院  
積層製造  
與雷射應用中心  
關鍵模組部

## 楊鈞杰

工研院南分院  
積層製造  
與雷射應用中心  
關鍵模組部

## 胡杰

工研院南分院  
積層製造  
與雷射應用中心  
關鍵模組部  
經理

## 曹宏熙

工研院南分院  
積層製造  
與雷射應用中心  
關鍵模組部  
副理

## 關鍵詞(Keywords)

- 雷射 Laser
- 中紅外線 Mid-infrared
- 脈衝 Pulse
- 鉕雅銘 Er:YAG

## 摘要(Abstract)

本文章展示一模組化之雷射系統，波長 2940 nm 中紅外線雷射具有對水之高吸收特性，為生醫雷射中良好之人體手術應用光源，雖然 Er:YAG 雷射屬於四能階系統雷射，卻又和一般三能階或四能階雷射的特性不同，使得 Er:YAG 雷射可產生 2940 nm 波長，本文章針對 Er:YAG 雷射系統模組化，並製作出 Er:YAG 晶體雙向鍍膜雷射共

振腔，本系統採用脈衝光激發，經由水冷機構模組製作出 2940 nm 生醫應用雷射系統，此系統已可商用化，並可作為美白除斑等醫療應用。

In this paper, we analyzed the characteristics of 2940 nm Er:YAG solid-state laser film. Although Er:YAG laser is a four-level laser system, it differs in the characteristics from general three-level and four-level lasers. For the transition at 2940 nm, the life time of lower laser level is longer than that of upper laser level. Besides, there exists some energy transfer processes which causes the quantum efficiency of laser to be larger than one in certain pump condition. Because the wavelength at 2940 nm is located at the absorption peak of water, Er:YAG laser has many applications in the dental and biomedical.



## 1. 中紅外線雷射應用發展之近況

中紅外線 2940 nm 雷射波長，為人體重要成份水與氫氧化磷灰石之高吸收波段[1]，於雷射波長選擇上選擇具有高吸收之波段，可使雷射照射之組織提升移除效能與低熱效應產生，故 2940 nm 雷射應用於雷射手術刀，可為一良好之手術光源，作為未來高品質之醫療雷射工具，運用高吸收光源於組織手術時可避免組織壞疽(Necrosis)現象發生，並使病人於此雷射波段於手術過程中可減除痛苦具備更佳復原能力。2940 nm 雷射手術刀具有下列優勢與需求：(a)非接觸式，無感染問題；(b)無噪音，病人心理壓力小；(c)自動止血(雷射熱凝結作用)；(d)復原快速(傷口處無細菌)；(e)手術時間短(氫氧化磷灰石與水之吸收峰)，此系統已成功模組化將對於雷射生醫應用與台灣生醫產業有正面之幫助[2-5]。

## 2. 鈔雅銘 2940 nm 波段雷射能階說明

### 2.1 傳統雷射能階說明

固態雷射系統主要是由增益介質 (gain medium)、泵浦(pumping)、以及共振腔(resonator)所組成，雷射作用機制中包含了吸收作用 (absorption)、自發輻射(spontaneous emission)與受激輻射(stimulated emission)。在熱平衡時，下能階的原子數會比上能階原子數多，需要靠外部泵浦，讓下能階的原子躍遷到上能階，再衰退(decay)回雷射上能階(upper laser level)，等到滿足居量反轉(population inversion)的條件，雷射系統就可以

藉著共振腔限制波長之設計與受激輻射的作用，產生雷射光源。於傳統雷射系統，其中重要的一個特性就是，雷射上能階原子的生命期(life time)要比雷射下能階原子的生命期長。傳統雷射主要分為三能階與四能階雷射系統。圖 1 為三能階雷射系統，居量反轉主要來自  $E_1$  與  $E_0$  的能階差，因此泵浦激發與受激輻射的效率決定了下能階的原子數目，雷射光越強下能階的原子數目增加反而越快(受激輻射造成原子掉落)，所以三能階雷射相較於四能階雷射效能較低。

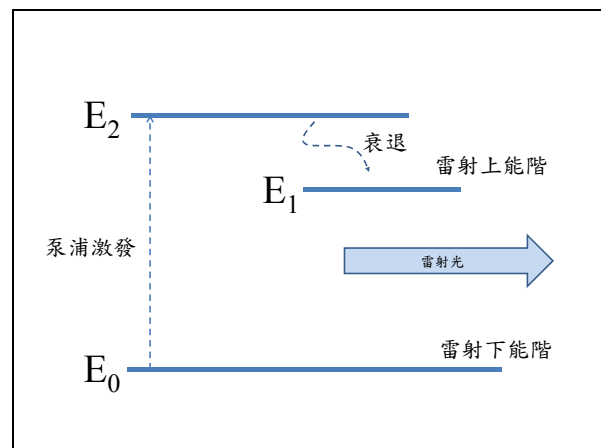


圖 1 三能階雷射系統示意圖

如圖 2 為四能階雷射的能階示意圖， $E_0$ 、 $E_1$ 、 $E_2$ 、 $E_3$  是代表各能階的能量，對雷射系統而言，會希望  $E_1$  能階的生命期越短越好，如此  $E_1$  能階上的原子就會很快的衰退回基態能階，不會在  $E_1$  能階上累積。對於雷射下能階的生命期很短的活性介質(gain medium)， $E_1$  能階的原子數都遠少於  $E_2$  能階的原子數，因此較容易達到居量反轉的條件，故四能階雷射效率較三能階雷射要好。

更完整的內容

請參考【機械工業雜誌】359期・102年2月號

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：03-591-9342

傳真訂購：03-582-2011

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