

# Ekonomik Diyot Pompalı, Kompakt, Q-Anahtarlamalı Tm:YAG Lazeri ve Böbrek Taşı Üzerine Etkisi

Hatice BİLİCİ, Fatma KAYA, Ersen BEYATLI  
Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi  
Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü  
Rize

[hatice\\_bilici17@erdogan.edu.tr](mailto:hatice_bilici17@erdogan.edu.tr), [fatma\\_kaya17@erdogan.edu.tr](mailto:fatma_kaya17@erdogan.edu.tr), [ersen.beyatli@erdogan.edu.tr](mailto:ersen.beyatli@erdogan.edu.tr)

**Özet:** Bu çalışmada Tm<sup>3+</sup> katkılı YAG lazeri; düşük maliyetli 3 W gücünde 780 nm'de ışımaya yapabildiği AlGaAs diyot lazeri ile uyarılmıştır. Sürekli dalga rejiminde 2017 nm'de %49 verimle 850 mW çıkış gücü elde edilmiştir. Sisteme SESAM eklendiğinde ortalama 150 mW çıkış gücündeki, 5.2 µj enerjili Q-anahtarlamalı darbeler elde edilmiştir. Bu darbeler vücut dışındaki böbrek taşı üzerine düşürülerek taşta etki ettiği görülmüştür.

**Abstract:** In this study, Tm<sup>3+</sup> doped YAG laser is pumped by a low-cost AlGaAs laser diode that can emit a 3 W power at 780 nm. In the continuous wave regime, as high as 850 mW output power at 2017 nm was achieved with a 49% efficiency. When a SESAM was added into the system, Q-switched pulses with an average output power of 150 mW and 5.2 µj pulse energy were obtained. These pulses were excited to the kidney stone outside the body and damage effect was observed on the stone.

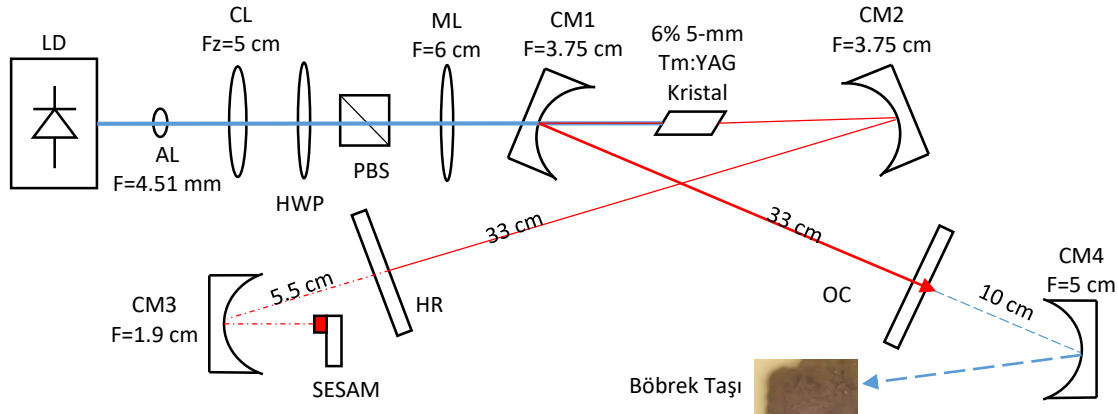
## 1. Giriş

Günümüzde ürolojideki çoklu yumuşak ve sert doku uygulamalarında (örneğin; lazer litotripsi, iyi huylu prostat hiperplazisi, mesane tümörleri ve darlıklarında) sıklıkla 2 µm bölgesindeki lazerler kullanılmaktadır [1]. Bu bölgede ışımaya yapan Tm<sup>3+</sup> katkılı YAG (Y<sub>3</sub>Al<sub>5</sub>O<sub>12</sub>) kristali ile kurulan lazerler 780 nm'de doğrudan diyotla pompalanabildiğinden yumuşak ve sert doku ablasyonlarında kullanılabilir. Günümüze kadar bu Tm<sup>3+</sup> katkılı katı hal lazerleri çoğunlukla flaş lambası, Ti:Safir lazerin çıkışı ve yüksek güçlü lazer diyotlar kullanılarak uyarılmıştır [2], [3]. Ancak bu yöntemler genel olarak verimsiz, hantal ve maliyetlidirler. Bu yöntemlere en büyük alternatif 780 nm'de ışımaya yapan ekonomik, kompakt ve ticari AlGaAs lazer diyotlarının pompa kaynağı olarak kullanılmasıdır [4]. Bu sayede yukarıdaki olumsuz koşullar ortadan kalkarak verimli bir rezonatör yardımıyla etkin bir 2 µm Tm<sup>3+</sup> katkılı lazer sistemi elde edilebilmektedir.

Bu çalışmada ticari ve ekonomik AlGaAs lazer diyotu kullanılarak Tm:YAG lazeri uyarılmıştır. Sürekli dalga rejiminde 2 µm bölgesinde 850 mW çıkış gücü elde edilmiştir. Sisteme eklenen SESAM (yarıiletken doyabilen soğurucu ayna) ile 5.2 µj enerjili Q-anahtarlamalı darbeler elde edilmiştir. Elde edilen bu darbeli ışımın vücut dışındaki böbrek taşına odaklanması sağlanarak taşın üzerinde aşınma gerçekleştiği görülmüştür.

## 2. Deneysel Çalışma

Giriş kısmında da bahsedildiği gibi bu çalışmada Tm:YAG katı-hal lazeri ekonomik 780 nm'deki 3 W'lık AlGaAs lazer diyotu (LD) ile pompalanmıştır (Şekil-1). Bu diyotlar CD-Rom ve lazer yazıcı teknolojilerinde sıklıkla kullanıldığından ticari olarak bulunabilmektedir ve diğer uyarılma sistemlerine göre oldukça ekonomiktirler (<250\$).



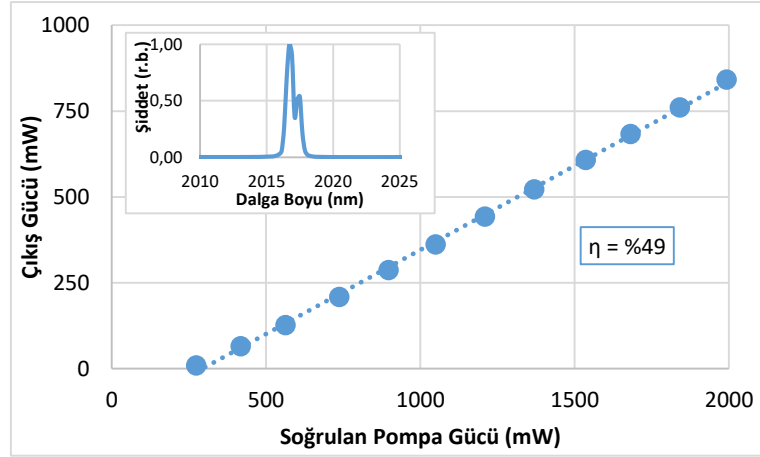
Şekil 1. Q-anahtarlamalı Tm:YAG lazerinin şeması

AlGaS lazer diyottan (LD) çıkan ışık ilk olarak bir asferik lens (AL) yardımıyla toplanmıştır. Bu ışınların hızlı ve yavaş eksen yayılmalarının eşlenmesi bir silindirik lens (CL) yardımıyla sağlanmıştır. Diyotun gücü bir dalga plakası (HWP) ve polarize bir ışın ayırıcısı (PBS) kullanılarak ayarlanmıştır. Daha sonra diyot ışını bir mercek (ML) vasıtasıyla Tm:YAG kristaline odaklanmıştır. Lazer sisteminde 5 mm uzunluğunda %6'lık Tm:YAG kristali kullanılmıştır. Bu kristal 780 nm'deki ışığın %87'ini soğurabilmektedir. Pompa sisteminde kullanılan optik parçaların kayıpları göz önüne alındığında Tm:YAG kristali en fazla 2 W güç soğurmaktadır.

Tm:YAG lazer sisteminde 4-aynalı x-katlamalı bir rezonatör geometrisi kullanılmıştır. Lazer rezonatörü iki adet çukur ayna (CM1 ve CM2) ve bunların 33 cm uzaklığına yerleştirilmiş %1.3'lük bir çıkış aynası (OC) ve yüksek yansıtıcı bir aynadan (HR) oluşmaktadır. 780 nm'de uyarılan Tm:YAG kristali iki çukur ayna arasına Brewster açısında yerleştirilerek sistemin sürekli dalga rejiminde çalıştırılması sağlanmıştır. Daha sonra HR sistemden çıkartılıp başka bir çukur ayna (CM3) yerleştirilmiştir. CM3'ün odağına SESAM konularak sistemin kararlı pasif Q anahtarlamalı rejimde çalışması sağlanmıştır. Son olarak OC'den çıkan 2  $\mu\text{m}$ 'deki lazer ışınları başka bir çukur ayna (CM4) aracılığıyla böbrek taşı üzerine odaklanmıştır.

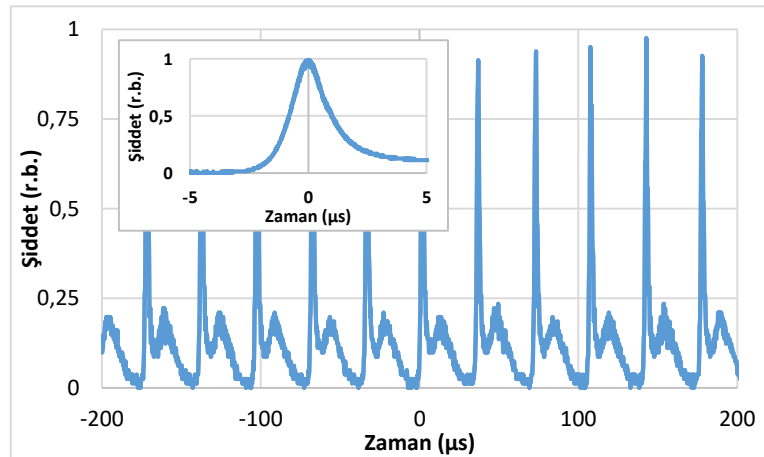
### 3. Veriler

Sürekli dalga rejiminde (SD) Tm:YAG katı hal lazerinden 2017 nm'de 850 mw çıkış gücü, %49 verimle elde edilmiştir (Şekil 2). Sistemin SD'deki pompa eşik değeri 274 mW olarak ölçülmüştür. Sistemin veriminin quantum limiti olan %39'un (=780 nm/2017 nm) üzerinde oluşu elde ettiğimiz sistemde yüksek çapraz sönümleme etkisinin olduğunu göstermektedir.



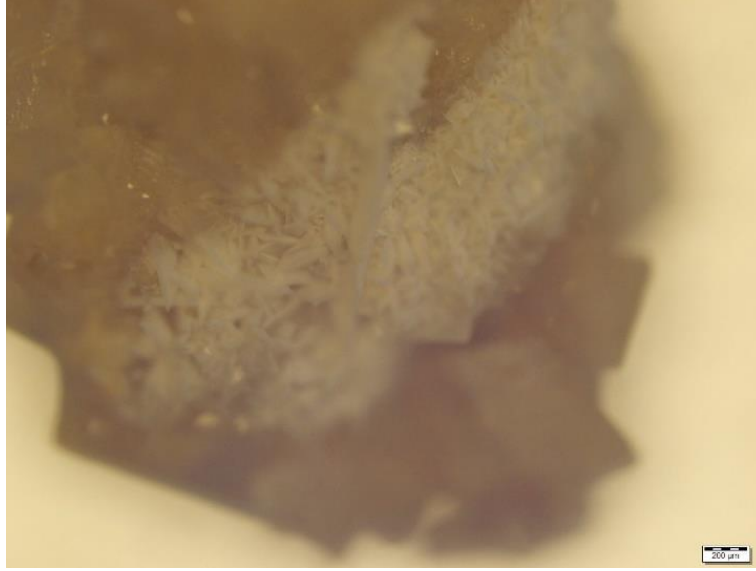
Şekil 2. Tm:YAG Lazer Sisteminin Güç Verimliliği Grafiği ve (iç figür) Çıkış Dalga Boyu

Lazer rezonatörüne SESAM eklendiğinde 150 mW ortalama güce sahip 28.6 kHz tekrarlama frekansında, 1.81  $\mu\text{s}$  darbe genişliğinde Q-anahtarlamalı darbeler elde edilmiştir (Şekil 3). Bu darbelerin 2.9 W tepe gücüne ve 5.2  $\mu\text{J}$  darbe enerjisine sahip olduğu hesaplanmıştır.



Şekil 3. Tm:YAG Lazer Sisteminin Darbelerin Tekrarlama Oranı ve (iç figür) Darbe Genişliği

Daha sonra bu Q-anahtarlamalı darbeler insan vücudunun üretmiş olduğu bir böbrek taşı (vücut dışında) üzerine odaklanmıştır. Yapılan hassas hizalama sonrası böbrek taşının yüzeyinde aşınma gerçekleştiği gözlemlenmiştir (Şekil 4).



Şekil 4. Tm:YAG lazerinin etkisi sonucundaki böbrek taşının görüntüsü

İnsan vücudunun içerisinde bazı büyük taşların vücut içinde kırılmasıyla takip edilemeyecek birçok küçük taş parçaları oluşacağından bu taşların tıbbi yollarla parçalanması pek tercih edilmez. Ancak bu taşların uçları sivri olabileceğinden dokulara zarar verme ihtimali oldukça yüksektir. Üretmiş olduğumuz bu Q-anahtarlamalı kompakt ve ekonomik Tm:YAG lazeri ilgili sivri uçlara uygulanması halinde ilgili uçlar aşınarak ovalleşeceği ve tahribata sebep olmayacağı öngörülmektedir.

#### 4. Sonuç:

Bu çalışmada ekonomik AlGaAs lazer diyotu kullanılarak kompakt bir Q-anahtarlamalı Tm:YAG katı-hal lazer sistemi kurulmuştur. Bu sistemden sürekli dalga rejiminde %49 verimle 850 mW değerinde çıkış gücü elde edilmiştir. Ardından sisteme eklenen SESAM ile 2.9 W tepe gücüne sahip 5.2  $\mu$ J enerjili Q-anahtarlamalı darbeler elde edilmiştir. Q-anahtarlamalı darbeler daha sonra böbrek taşı üzerine odaklanarak, ışığın düştüğü yerde aşındırarak düzleşme gözlemlenmiştir. Bu lazer sisteminin vücuttan atılmayacak büyüklükteki taşların sivri uçlarına uygulandığında, bu sivri uçları aşındırarak ovalleştirilme potansiyeli yüksektir. Bu sayede parçalanamayacak büyüklükteki bu taşlar dokuya zarar vermeden vücut içerisinde kalabilecektir. Dolayısıyla bu lazer sisteminin özellikle üroloji alanındaki tıbbi operasyonlarda büyük ilgi çekeceği düşünülmektedir.

Bu çalışma TÜBİTAK 115F053 numaralı proje tarafından desteklenmiştir.

#### Kaynaklar

- [1] Fried N. M., "Therapeutic applications of lasers in urology: an update," Expert Rev. Med. Devices, cilt.3 no.1, s.81-94, 2006.
- [2] Yang K., Yang Y., He J., ve Zhao S., "Q-Switched 2 Micron Solid-State Lasers and Their Applications," Laser Technology, IntechOpen, İngiltere, 2019.
- [3] Stoneman R. C. ve Esterowitz L., "Efficient, broadly tunable, laser-pumped Tm:YAG and Tm:YSGG cw lasers," Opt. Lett., cilt.15, no.9, s.486-488, 1990.
- [4] Beyatli E., "Low-cost multi-mode diode pumped Tm:YLF laser: Multi-color & Q-switching operations," Opt. Commun., cilt.451, s.55-61, 2019.