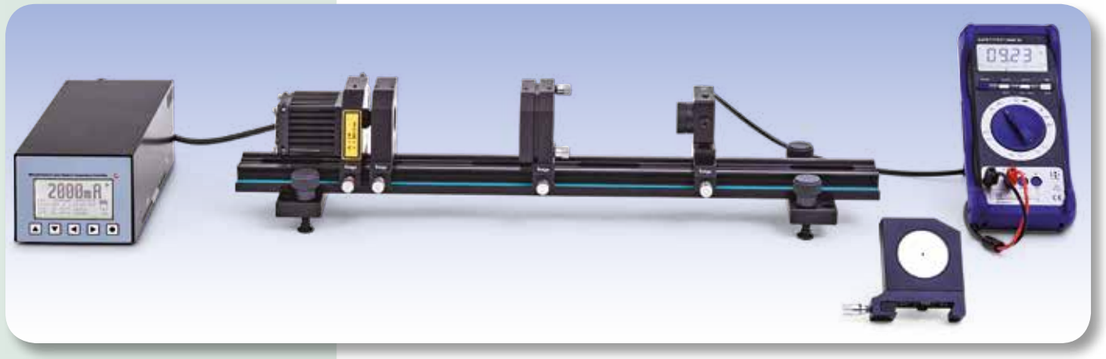
UE4070310 ND:YAG-LAZER



DENEY PROSEDÜRLERİ

- **Nd:YAG lazerin kararlı optik pompası için diyot lazeri kalibre edin.**
- **Nd:YAG kristalindeki üst lazer enerji seviyesinin $^4F_{3/2}$ ömrünü belirleyin.**
- **Rezonatörü ayarlayın ve rezonatör modlarını gözlemleyin**
- **Nd:YAG lazerin çıkış gücünü pompalama gücünün fonksiyonu olarak ölçün ve lazer eşiğini belirleyin.**
- **Lazer diyotu atımlı modda çalıştırıldığında başaklamayı gözlemleyin**

UYARI

Bu deneyde görülmeyen (kızılötesi) spektrum içinde yayılan 4 lazer kurulumu kullanılmıştır. Bu sebeple lazer ışığına karşı koruma için koruma gözlüğü her zaman takılmalıdır. Koruma gözlüklerini takmış bile olsanız lazer demetine doğrudan bakmayınız.

3

AMAÇ

Nd:YAG lazerinin kurulumu ve optimize edilmesi

ÖZET

Bu deneyde diyot lazer pompalı bir Nd:YAG lazeri kurulacak ve optimize edilecektir. Diyot lazeri kararlı optik pompa için kalibre edildiğinde ve rezonatör optimize edildiğinde sistem Nd:YAG lazeri olarak kullanılabilir. İncelemeler hem kararlı durumdaki hem de geçiş halindeki operasyonlar için yapılır ve Nd:YAG kristalindeki üst lazer enerji seviyesinin $^4F_{3/2}$ ömrü sonradan belirlenecektir.

GEREKLİ CİHAZLAR

Miktar	Cihazlar	Ürün no.
1	Lazer Diyot Sürücüsü ve İki Taraflı Isı Kontrol Aygıtı Dsc01-2.5	1008632
1	Optik Tezgah KL	1008642
1	Diyot Lazeri 1000 mW	1009497
1	Nd:YAG Kristal	1008635
1	Kolimator Mercek f = +75 mm	1008646
1	Lazer Ayna I	1008638
1	PIN Fotodiyot	1008640
1	Filtre ve Filtre Kulpu RG850	1008648
1	Hizalı Lazer Diyot	1008634
1	Taşıma Kabı KL	1008651
1	Nd:YAG Lazeri için Lazer Güvenlik Gözlükleri	1002866
1	Dijital Multimetre P3340	1002785
1	Dijital Osiloskop 4x60 MHz	1008676
1	HF kablosu, BNC/4 mm soket	1002748
1	HF kablosu	1002746
1	İR detektör kartı	1017879

TEMEL İLKELER

Nd:YAG lazeri kızılötesi ışın demeti yayan katı yapıda bir lazerdir. Bu lazer ortamı neodimiyum yüklü itriyum alüminyum garnet kristalidir. Pompalama yarı iletken bir lazerle yapılır. Genellikle yayılan ışığın dalga boyu 1064 nm'dir.

Şekil 1optik pompalama ve lazer operasyonu için en önemli geçişlerle birlikte Nd:YAG kristalleri için enerji seviyelerini gösterir. Yaklaşık dalga uzunluğu 808 nm olan ışık kullanan optik pompa sayesinde geçişler taban durumunda (1) ve üst pompalama seviyesi (4) arasında uyarılabilir. Ömrü çok kısa ve hızlıdır, ışıma yapmayan geçişler üst yarı kararlı uyarılmış lazer seviyesinde (3) yer alırlar. Bu da taban durumuna olan geri geçişi engeller. Dalga boyunun λ = 1064 lazer geçişi düşük uyarılmış lazer seviyesinde (2) gerçekleşir. Bunun da ömrü çok kısadır ve taban durumuna yayılmadan dağılır. Bu da her bir seviyenin belli bir genişlikte işgal edildiği anlamına gelir. Fakat durum 4 ve 2 çok çabuk dağılır ve bu iki durumun her birindeki atom sayıları sıfıra yakın olarak kabul edilir. Bu da lazerin dinamik tepkisinin lazer alanının evirtim şiddeti *n* (Nd 2 ve 3 enerji seviyelerindeki atomların sayı yoğunluğundaki farklılıklar) ve foton şiddeti *p* için aşağıdaki oran denklemi kullanılarak tanımlandığı anlamına gelir:

(1a) $$\frac{dn}{dt} = W\cdot\left(N_{Nd} - n\right) - \sigma\cdot c\cdot p\cdot n - \frac{n}{\tau_3}$$

(1b) $$\frac{dp}{dt} = \frac{L_{Nd}}{L}\cdot\sigma\cdot c\cdot p\cdot n - \frac{p}{\tau_{res}}$$

W: pompalama oranı
N_{Nd}: Nd atomlarının sayı yoğunluğu
σ: bir fotonun yayılma ya da soğurması için etkin kesit alan
c: ışığın hızı
τ_3: uyarılmış lazer seviyesi 3'ün ömrü
L: Rezonatörün uzunluğu
L_{Nd}: Nd:YAG kristalinin uzunluğu
τ_{res}: Rezonatör kayıpları için zaman sabiti

(1a)'da ilk terim optik pompalamayla ilgiliyken ikincisi endüklenen yayılma ve üçüncüsü spontane yayılma üzerinden üst lazer seviyesinden dağılmayla ilgilidir. (1b)'deki ilk terim endüklenen yayılma tarafından foton üretilmesiyle ilgilidir. İkincisi rezonatördeki kayıplara bağlı olarak foton yoğunluğundaki düşüşü gösterir. Daha kesin sonuçlar için spontane yayılmadan kaynaklanan sürecin başında fotoların bulunduğu hesaba katılmalıdır. Kararlı durumdaki operasyonlar ve dikkate alınmayan spontane yayılmalar için aşağıdaki denklem elde edilir:

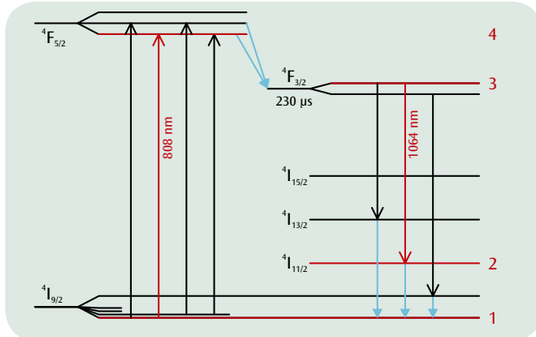
(2) $$p = \frac{1}{\sigma\cdot c\cdot\tau_3}\cdot\frac{W - W_S}{W_S}$$

olduğunda

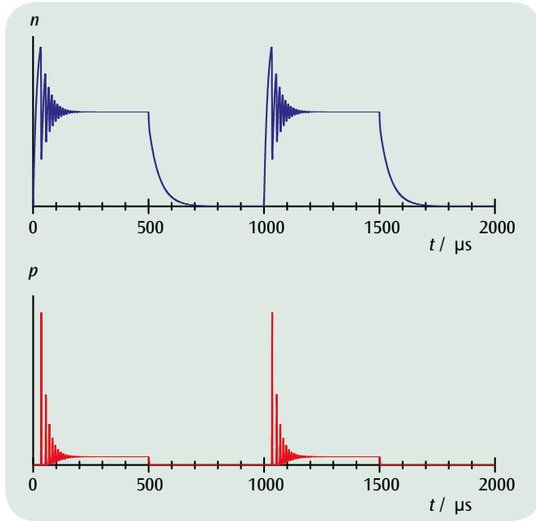
$$W_S = \frac{1}{\tau_3}\cdot\frac{n_i}{n_i - N_{Nd}}\,,\quad n_i = \frac{L}{L_{Nd}\cdot\sigma\cdot c\cdot\tau_{res}}$$

Bu sebeple pompalama oranı, sonrasında foton yoğunluğu pompalama oranına orantılı şekilde lineer olarak artan belli bir eşiği geçmelidir. Foton yoğunluğu ve pompalama oranını doğrudan ölçmek mümkün değildir. Bu sebeple deneyde lazerin çıkış gücünün P_L belli bir eşiğin üzerindeki pompalama kuvvetine lineer olarak bağlı olduğu gösterilmiştir.

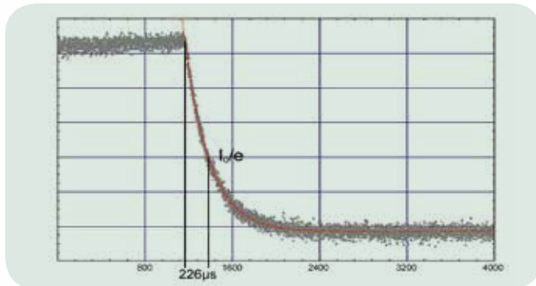
Şekil 2 geçiş hali operasyonları için hız denkleminin çözümlerini gösterir. Bu durumda foton popülasyonu evirtiminde başlangıç artışı vardır. Evirtim eşiğine n_i bir kez ulaşıldığında evirtim yoğunluğu lineer olarak artar. Foton yoğunluğunda hızlı bir artış olur ve evirtim yoğunluğu da eşiğin çok az altına düşer. İşlem yine tekrarlandığında evirtim yoğunluğunun aşırı salınımı sistem kararlı hale gelene kadar kademeli olarak azalır. Bu deney başaklama adı verilen durumu gösterir.
Fakat öncelikle pompalama için kullanılan diyot lazerin dalga boyu λ = 808 nm olduğu geçişine kalibre edilir ve spontane yayılmada zamanla meydana gelen değişiklik atımlı modda çalışan diyot lazeriyle birlikte ölçülür (Şekil 3). Bu ölçümlerden üst lazer seviyensin ömrünü belirlemek mümkündür. Rezonatör kurulup kalibre edildiğinde başaklama gözlemlenebilir (Şekil 4). Sonuç olarak çıkış gücü pompalama gücünün fonksiyonu olarak ölçülür.



Şekil 1: Nd:YAG kristali için enerji seviyesi diyagramı. Bu deneyle ilgili geçişler kırmızıyla işaretlenmiştir.



Şekil 2: Hız denklemlerinin geçiş hali çözümleri (başaklama)



Şekil 3: Üst lazer seviyesinin ömrünü belirlemek için spontane yayılmanın ölçümü