

# Ultrasonik Terapi Cihazı Tasarımı ve Gerçekleştirilmesi

Ceyhan AKDAĞ, Sabri KOÇER, Uğur FİDAN, Nihal Fatma GÜLER

## ÖZET

Bu çalışmada derin dokulardaki ağrıları azaltmak ve yaralanmaları tedavi etmek amacı ile mikro masaj yöntemini kullanan mikrodenetleyici kontrollü ultrasonik terapi cihazı tasarlanarak gerçekleştirilmiştir. Tasarlanan cihaz ile 1 MHz frekansında ultrasonik prop kullanarak dalga paketleri üretilmiştir. Bu sayede tedavi derinliği ayarlanabilmiştir. Mikro masajın uygulama derinliği 10Hz–200Hz arasında değişen darbe paketleri ve masajın şiddetini belirleyen darbe paketlerinin görev süresi mikrodenetleyici ile kontrol edilerek tedavi derinliği ayarlanmıştır. Bu sinyallerde tedavinin şekline göre sürekli ve darbeli modla çalışmayı sağlayacak şekilde görev süresi değeri %1-%100 arasında ayarlanabilmektedir. Farklı güç, dalga paketçığı, frekans ve görev süresi değerlerinde ultrasonik dalganın iletim ortamına göre sıcaklık değişimleri ölçülmüş ve kaydedilmiştir.

**Anahtar Kelimeler :** Ultrasonik, Fizyoterapi, Mikrodenetleyici

## Design and Construction of Ultrasound Therapy Device

### ABSTRACT

In this work, so as to reduce aches at the deep tissues and injured cure, an ultrasound therapy device was designed and realized, with the microcontroller technology. By the help of the designed device, a signal is produced to determine the ultrasonic wave packets in 1 MHz frequency in the treatment. The treatment deep can be arranged. Apply depth of micro the massage of 10Hz–200Hz pulse packets and the duty period of pulse packages which determine the massage's intensity, so as to control microcontroller has been regulated. According to shape of the cure, duty period value of these signals continuous mode and pulsed mode has been regulated % 1- %100 between. Different power wave pocket, frequency and duty cycle values has been measured and recorded according to ultrasound wave.

**Key Words :** Ultrasound, Physiotherapy, Microcontroller

### 1. GİRİŞ

Fizik tedavi, hastalıkların veya yaraların sadece ilaçlarla değil bunun yanında mekanik etkiler, ısı, ışık gibi fiziksel etki çeşitlerinin kullanılmasındır. Fizik tedavideki sıcak uygulama ile hücrelerdeki ısı artışı, o bölgedeki kan akışını ve kılcal damar zarlarının geçirgenliğini artırır. Artan ısı, elastikliğin artmasına ve sızı hissinin azalmasına sebep olur (1-4).

Ultrason cihazı yüksek frekanslı ses dalgaları üreten mekanik yapıları cihazlar olduklarından katı ve sıvı ortamlarda yayılım göstermektedir. Bu dalgalar geçtikleri dokulardan yansıyarak veya emilerek ısı enerjisine dönüşürler. Ultrasonik dalganın uygulandığı ortamlarda sıcaklık yükselmeleri ve içi gaz veya boşluk olan kabarcıklar oluşturur. Ultrasonik dalganın şiddetine bağlı olarak molekül bağları kopmakta ve hücre zarları parçalanabilmektedir. Ultrasonik dalga etkisi ile hücre gruplarındaki periyodik basınç değişimleri mikro masaj olarak

alandırılır. Fizik tedavide, ultrasonik dalganın mikro masaj ve ısıtıcı etkisinden yararlanılarak kılcal damarlar uyarılıp çalıştırılarak derinin beslenmesi ve canlanması sağlanır (7–11). Ultrasonik dalgalar fizyoterapide yumuşak doku yaralanmalarının tedavisinde, kemik ve eklem ağrıları ve yaralanmalarının tedavisini hızlandırmak içinde kullanılmaktadır (3, 12–19).

Bu çalışmada derin dokulardaki ağrıları azaltmak ve yaralanmaları tedavi etmek amacı ile mikro masaj yöntemini kullanan mikrodenetleyici kontrollü ultrasonik terapi cihazı gerçekleştirilmesi hedeflenmiştir. Gerçekleştirilen ultrasonik terapi cihazı ile derin dokularda mikro masaj etkisi sağlayabilmek için 1MHz'lik ultrasonik dalga başlığı kullanılmıştır. Mikro masajın uygulama derinliği 10Hz–200Hz arasında değişen darbe paketleri ve masajın şiddetini belirleyen darbe paketlerinin görev süresi mikrodenetleyici ile kontrol edilmiştir. Ayrıca gerçekleştirilen ultrasonik terapi cihazında tedavi süresi 0dk ile 99dk arasında ayarlanabilmektedir.

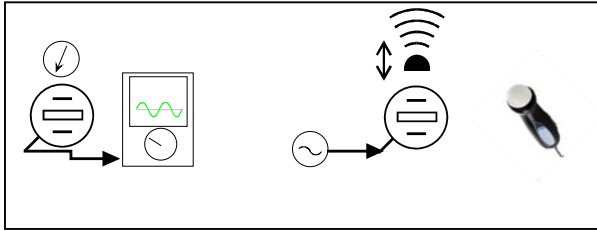
### 2. MATERYAL VE YÖNTEM

Piezoelektrik özelliğe ilk olarak Pierre ve Jacques Curie tarafından 1881'de kuvars mineralinde rastlandı (1, 5). Bu kristaller basınç etkisi altında kaldıklarında yüzeylerinde elektriksel bir kutuplanma (Şe-

Makale 03.04.2008 tarihinde gelmiş, 04.04.2008 tarihinde yayınlanmak üzere kabul edilmiştir.

C. AKDAĞ, S. KOÇER, U. FİDAN, N. F. GÜLER, Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi, Elektronik ve Bilgisayar Eğitimi Bölümü Teknikokullar, 06500, Ankara  
ceyhanakdag@hotmail.com, skocer@gazi.edu.tr  
.ufidan@aku.edu.tr, fnguler@gazi.edu.tr  
Digital Object Identifier 10.2339/2008.11.2.83-87

kil 1.a), yüksek frekanslı bir alan içerisinde bırakıldıklarında ise titreşime geçmektedirler (Şekil 1.b). Birbirinin tersi olan bu iki olaya dayalı olarak aynı kristal, ultrasonik dalga üretiminde ve algılanmasında kullanılabilir. Bütün tedavi amaçlı ultrasonik cihazlarda piezoelektriğin bu özelliği kullanılmaktadır. Şekil 1.c'de ultrasonik dalga üretimi ve algılanmasında kullanılacak ultrasonik dalga başlığı uygun tamponlarla desteklenmiş ve metal bir kılıf içine yerleştirilmiş olarak gösterilmiştir. (1, 7).



Şekil 1. Ultrasonik dalgaların elde edilmesi

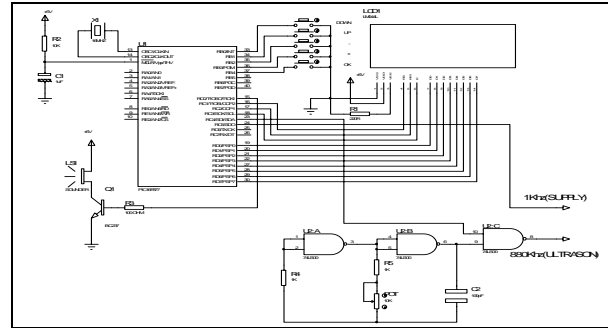
Fizyoterapide  $3W/cm^2$  yoğunluk ve 0.75 MHz – 5MHz arasındaki ultrasonik dalga başlıkları kullanılmaktadır. Ultrasonik zayıflamanın frekansa bağlı olmasından dolayı dönüştürücü seçiminde tedavi edilecek olan bölgenin derinliği etkili olmaktadır. Ultrasonik terapist ultrasonik dalga başlığı ve tedavi edilecek bölge arasındaki derinlik, yakın alan (fresnel bölgesi) ve uzak alan (fraunhofer bölgesi) olarak adlandırılmaktadır. Ses dalgalarının yayılma hızını ortamın cinsi, yoğunluğu, ısı belirlemektedir. Bu değişkenler cinsinden sesin vücuttaki yayılma hızı ortalama 1540m/s kabul edilmektedir. Ultrasonik enerjiyi bir ortamdan diğerine aktarmak için ortamların karakteristik empedanslarının uyumlu olması gerekmektedir. Uygulama başlığı ile deri arasındaki hava tabakasının kalması enerji aktarımını zayıflattığı için deriye vazelin gibi uygun bir madde sürülerek empedans uyumu sağlanmalıdır (12-19).

Ultrasonik terapi cihaz tasarımı yapılırken bazı parametrelerin göz önüne alınması gereklidir. Tedavi edilecek doku derinliği, hasar miktarı, hasarlı bölgenin yeri değişken olduğu için uygulanacak osilatör çalışma frekansı, mekanik etkileri belirleyen darbe tekrarlaması frekansı ve dozajı belirleyen görev süresi oranı kullanıcı tarafından belirlenmesini zorunlu kılmaktadır. Osilatör çalışma frekansı (1MHz ve/veya 3MHz) tedavi derinliğini belirlemektedir. 3MHz'lik osilatör çalışma frekansı dokular tarafından daha hızlı emildiğinden yüzeysel yaralar için daha uygun iken 1MHz osilatör frekansı dokular tarafından daha yavaş emildiğinden derin yaraların tedavisinde daha etkili olmaktadır. Osilatör frekansının yanında 0-200 Hz arasında değiştirilebilen darbe tekrarlaması frekansları etkin ve geniş spektrumlu tedavi için uygun görülmüştür. Dokuya gönderilecek ultrasonik güç ( $2W/cm^2$ ), fizyoterapide belirleyici faktördür. Bundan dolayı dozajı belirleyen görev süresi oranı (%0 - %100) kullanıcı tarafından ayarlanabilmelidir (12, 15-20).

### 3. GERÇEKLEŞTİRİLEN ULTRASONİK TERAPİ CİHAZI

Ultrasonik terapi cihazı kontrol devresi ve güç devresi olmak üzere iki sistemin birleşiminden oluşmaktadır. Şekil 2a'da açık devre şeması görülen kontrol devresi 4x20 alfa nümerik ekran, tuş takımı, sesli ikaz, osilatör devresi, modülatör devresi ve mikrodenetleyiciden oluşmaktadır. Osilatör devresi 74LS00 ve deşil kapısı ile yapılmıştır. Osilatör çalışma frekansı C2, R5 ve potansiyometre değerine bağlı olarak ayarlanabilmektedir. Osilatör frekansı potansiyometre yardımı ile 800KHz ile 1MHz aralığında değiştirilebilmektedir.

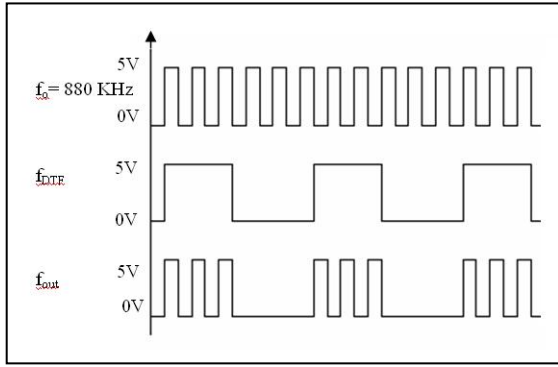
Sistemin çalışmasını kontrol eden mikrodenetleyici yardımı ile fizyoterapinin mekanik etkisini belirleyen 0Hz –200Hz darbe tekrarlaması frekansı ve dozajı ayarlayarak sürekli ya da darbeleri çalışmayı sağlayan görev süresi istenilen değere ayarlanmakta ve üretilmektedir. DC/DC dönüştürücü devresinin çalışma frekansı (1KHz - 5KHz) ultrasonik gücü ayarlayabilmek için mikrodenetleyici tarafından üretilmektedir. Tedavi süresi 0dk – 99dk arasında ayarlanabilmekte ve süre bitiminde kullanıcı hem yazılı hem de sesli olarak uyarılmaktadır. Ayrıca mikrodenetleyici üzerinde seçilen çalışma frekansı, görev süresi ve zaman bilgileri dâhili EEPROM'a kayıt edildikleri için her hangi bir sebeple işlemin bitmesi veya enerjinin kesilmesi durumunda bu bilgileri unutmamaktadır. Cihazın ayar ve kullanım kolaylığı için tuş takımı 5 tuşlu gerçekleştirilmiştir.



Şekil 2. Kontrol devresi

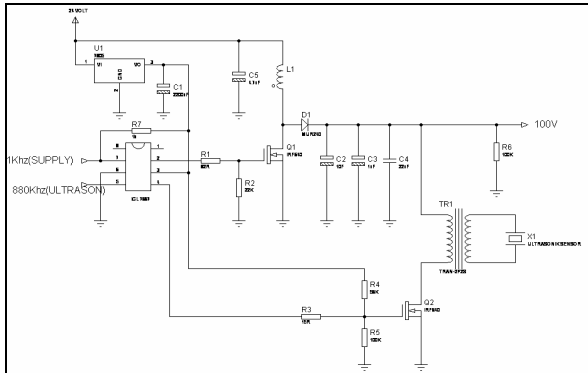
Mikrodenetleyicide görev süresi ayarlanmış darbe tekrarlaması frekansı osilatör devresinde üretilen frekansla 74LS00 ve deşil kapısı ile yapılmış olan modülatör devresine uygulanmıştır. Şekil 3'de modülatör devresinin çıkışı görülmektedir. Modüleli ultrason frekansı ve DC/DC dönüştürücü frekansı güç devresine uygulanmıştır.

Ultrasonik terapi cihazı 24V DC gerilim ile çalışmaktadır. Güç devresi (Şekil 4) ultrasonik terapi cihazında kullanılan yarı iletkenlerin statik çalışma gerilimini ve ultrasonik terapi başlığına uygulanacak modüleli işareti kuvvetlendirmektedir. 7805 kontrol kartı beslemesini ve güç devresinde ki mosfet sürücü entegresinin çalışma gerilimini sağlamaktadır. Şekil 4'de görüldüğü gibi ICL7667 mosfet sürücüsüne kontrol devresinden kaynak frekansı gelmektedir. Bu işaret Q1

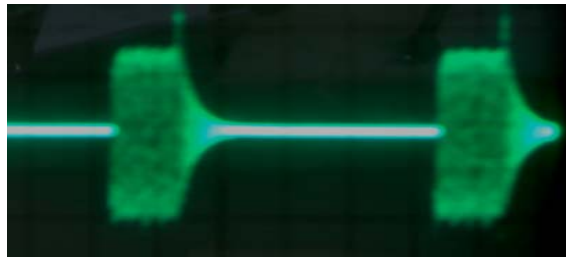


Şekil 3. Modülör çıkışı

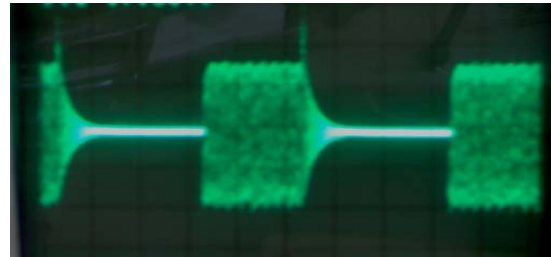
transistörünü sürmekte ve L1 bobini yardımı ile 24V'u yükselmekte ve D1 ile DC gerileme dönüştürülmektedir. Çıkış gerilimi kaynak frekansına bağlı olarak 70Vdc – 100Vdc arasında değiştirilebilmektedir. Bu sayede ultrasonik dalga başlığının çalışma gerilimi elde edilmiştir. Yükseltilmiş 100Vdc gerilim dönüştürme oranı 1:1 olan TR1 transformatörünün primer girişine uygulanır. Ultrasonik dalga başlığına endüktif kuplaj yapan TR1 mosfet sürücü entegresinin 5 nolu ucuna gelen modüleli ultrason frekansı ve Q2 kontrol edilmektedir. Bu sayede ultrason dalga başlığının ayarlanan değerler içinde çalışması sağlanmıştır.



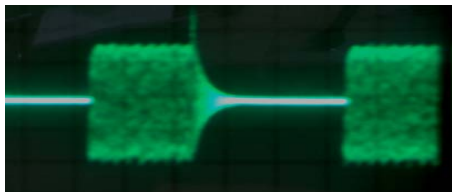
Şekil 4. Ultrasonik terapi cihazı güç devresi



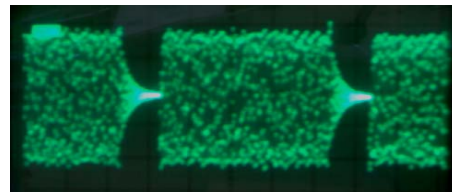
a) Görev süresi %20



b) Görev süresi %40



c) Görev süresi %60



d) Görev süresi %80

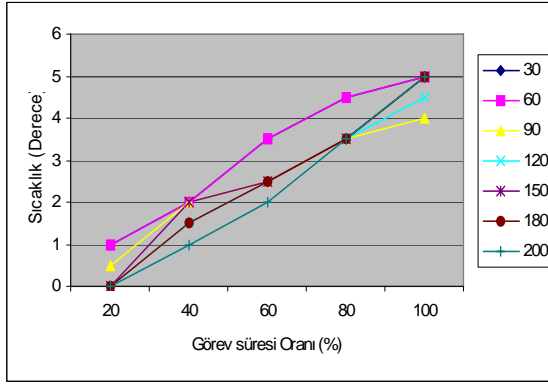
Şekil 5. Farklı görev süreleri için ultrason çıkışları

#### 4. SONUÇ VE TARTIŞMA

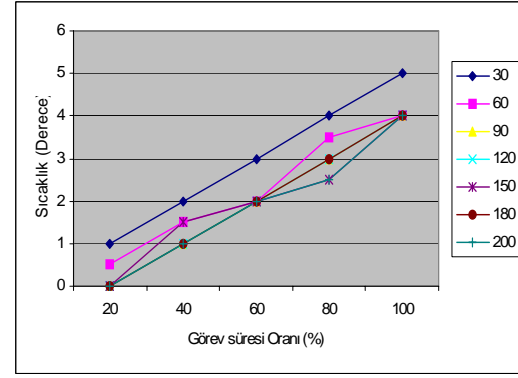
NYT 0.88–404Φ seri numaralı 1MHz'lik ultrasonik dalga başlığı empedans metre ile ölçülmüş ve rezonans frekansının 880KHz olduğu belirlenmiştir. Kaynak frekansı 1KHz ile 5KHz aralığında DC/DC dönüştürücüye uygulandığında 1KHz için 100Vdc 5KHz için 70Vdc gerilim verdiğini Fluke 45 multimetre ile ölçülmüştür. Bu sayede ultrason gücü ayarlanabilmektedir. Ultrason terapi cihazı 1KHz çalışma frekansı ve görev süresi %100 olduğu sürekli çalışma modunda en fazla güç tüketimine ulaşmaktadır. Bu durumda 24V giriş gerilimi ve 2,15A akım çekerek 51.6W güç tüketmektedir.

Şekil 5'de 880KHz osilatör çalışma frekansı, 2KHz kaynak frekansı, 100 Hz dalga tekrarlama frekansı ve değişik görev süreleri için ultrasonik terapi cihazı çıkışı Kenwood DCS-7020 osilaskobu ile ölçülmüştür. Bu ölçüm değerleri tüm kaynak frekansları, dalga tekrarlama frekansları ve görev süreleri için elde edilebilmektedir. Buna bağlı olarak terapinin gücü ve derinliği ayarlanabilmektedir.

Tasarlanan ultrasonik fizyoterapi cihazının mekanik etkilerini belirlemek için 300ml'lik seramik kap içerisine sünger yerleştirilerek insan vücuduna yakın bir ortam oluşturulmaya çalışılmıştır. Kap içerisine ilave edilmek üzere daha önceden kaynatılarak bekletilen su hazırlanmıştır. PeakTech 5110 dijital termometrenin bir girişi dış ortam sıcaklığını ölçerken diğer girişi kabın içerisindeki süngerin 10cm altına yerleştirilmiştir. Bu sayede sıcaklık değişimindeki fark ölçülecektir. Kabın içine 50ml'lik veya 100ml'lik bekletilmiş su eklenerek az sulu ve tam sulu ortamlar elde edilmiştir. Kaynak frekansı 1KHz ve 2KHz için 20Hz-200Hz darbe tekrarlama frekansı aralığı ve farklı görev süreleri için ultrasonik terapi cihazının mekanik etkileri incelenmiştir.

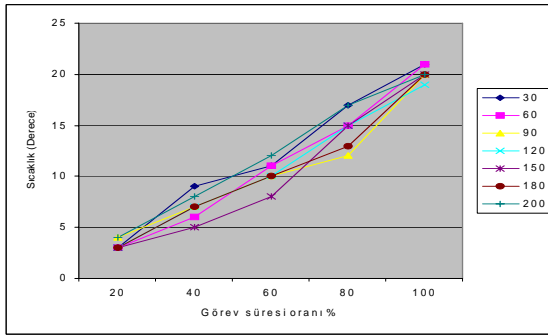


a) 1KHz için

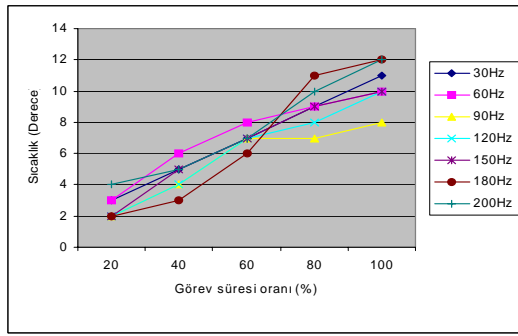


b) 2KHz için 10

Şekil 6. 10 cm derinlik için az sulu ortam



a) 1KHz için



b) 2KHz için

Şekil 7. 10 cm derinlik için tam sulu ortam

Şekil 6 ve Şekil 7'de az sulu ve tam sulu ortamlar için ultrasonik terapi cihazının 1KHz ve 2KHz kaynak frekansları için meydana getirdiği ısı değişimleri görülmektedir. Şekil 6 ve Şekil 7'deki grafikler incelendiğinde görev süresinin ısı değişimine etkisi de görülmektedir. %20 ile %100 arasındaki görev süresi değişiminde ısı değişiminin arttığı gözlenmektedir. Bu ultrasonik terapi yoğunluğunun ayarlanabildiğini göstermektedir. Şekil 6a ile Şekil 7a ve Şekil 7b ile Şekil 7a kıyaslandığında ortamın sıvı yoğunluğunun ısı değişiminde ne kadar etkili olduğu görülmektedir. 1KHz için az sulu ortam ile tam sulu ortam arasında ortalama 4 kat artış olduğu görülürken 2KHz için ortalama 3 kat olduğu görülmüştür. Bu ultrasonik dalganın meydana getirdiği etkinin ortamın yoğunluğuna göre değiştiğini göstermektedir.

Bu çalışmada derin dokulardaki ağrıları azaltmak ve yaralanmaları tedavi etmek amacı ile mikro masaj yöntemini kullanan mikrodenetleyici kontrollü ultrasonik terapi cihazı ile fizyoterapinin ihtiyaç duyduğu dozajı ve derinliği ayarlanabilen mikrodenetleyici kontrollü fizyoterapi cihazı gerçekleştirilmiştir. Yapılan çalışma göstermiştir ki 1MHz olarak satın alınan ultrasonik dalga başlığı ölçüldüğünde 880KHz olarak belirlenmiştir. Bu tedavi edilecek bölgenin derinliğini değiştirmekte ve tedavinin başarısız olmasına neden olmaktadır. Bu, literatürde fizyoterapinin bazen işe yara-

madığı bulgusunun etmenlerinden birini oluşturmaktadır. Ayrıca ortam yoğunluğunun tedavi sürecinde etkili olduğunu ve tedavi amaçlı olarak kullanıldığı bölgeye jel sürülme gerekliliğinin önemli olduğu saptanmıştır.

## 5. KAYNAKLAR

1. Akdağ C., Ultrasonik terapi cihazı tasarımı ve gerçekleştirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, (2006)
2. Çıkrıkçıoğlu, M. ,” Elektrokoter ve ultrasonik koter ile çıkartılan insan radial arterlerinde vazomotor fonksiyonlarının ve endotel yapısının karşılaştırılması”, Uzmanlık Tezi, Ege Üniversitesi Kalp Damar Cerrahisi Anabilim Dalı, İzmir, 14-15 (1999) .
3. Haar,Gail Ter.,“Therapeutic Ultrasound”, European Journal Of Ultrasound 9, 3-7 (1999) .
4. Yazgan, E. , Korürek, M. , “Tıp Elektronik”, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, 10.10 (1996).
5. İnternet:PiezoElektrik Özelliği. <http://www.mta.gov.tr/muze/mineraloji/evaporit.asp#kuvars> (2006).
6. G. Fluery, R Berriet , O.Le Baron Huguenin, “New Piezocomposite Transducers For Therapeutic Ultrasound” 2nd İnternational Symposium On Therapeutic Ultrasound – Seattle, (2002).
7. Pehlivan , F., “Biyofizik”, Hacettepe –Taş , Ankara,361-362, 383 (1997).

8. Kılıçkaya , M.S., “Temel Fizik” , Anadolu Üniversitesi, Eskişehir , 102, (1996).
9. İnternet: Ultrasonografi.  
[http://www.ultrason.web.tr/ultrason\\_makale.htm](http://www.ultrason.web.tr/ultrason_makale.htm) (2006)
10. Çelik, O., ”Düşük Maliyetli Etkin Bir Ultrasonik Fizyoterapi Ünitesinin Gerçekleştirilmesi”,Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 6- 12 (1999) .
11. İnternet: Fizik Tedavi.  
<http://www.cumhuriyet.edu.tr/~spolat/spfizik.pdf> (2006).
12. İnternet:Ultrasound Dose Calculations.  
[http://www.electrotherapy.org/electro/downloads/ultrasound\\_dose\\_calculations.pdf](http://www.electrotherapy.org/electro/downloads/ultrasound_dose_calculations.pdf), (2006)
13. Moriya.T., Tanahashi, Y., “Focusing Applicator for Soft: Thermal Therapy Using Fibres”, İnternational Congress Series 1274, Department of Electrical Engineering, Tokyo Metropolitan University, Minamai-Oosawa 1-1, Hachioji-shi 192-0397, Tokyo, Japan, 33-37 (2004).
14. Casarotto, R.A., Adamowski, J.C., Fallopa, F., Bacanelli, F.,“Coupling Agents in Therapeutic Ultrasound: Acoustic and Thermal Behavior”, Coupling Media İn Therapeutic Ultrasound , 85 :162-165 (2004).
15. Dwain M Daniel, , Ronald L. Rupert , “Calibration And Electrical Safety Status Of Therapeutic Ultrasound Used By Chiropractic Physicians ,”Journal Of Manipulative And Physiological Therapeutics”, 26(3):172- 175, (2003).
16. Chopra, R., Luginbuhl,C., Foster, S., Bronskill, M., ”Multifrequency Ultrasound Transducers for Conformal Interstitial Thermal Therapy”, IEEE Transactions On Ultrasonics Ferroelectrics And Frequency Control , 50 (7):881-882 (2003).
17. Sokka, S.D., Juste, J., Hynynen,k., “Design and Evaluation of Broadband Multi-Channel Ultrasound Driving System For Large Scale Therapeutic Phased Arrays”, Harvard-MIT Division of Health Sciences and Technology; 'Department of Radiology, Brigham & Women's Hospital, IEEE Ultrasonics Symposium , 1638-1641(2003).
18. Visioli, A.G., Rivens, I.H., Ter Haar,G.R., Horwich, A., Huddart , R. A., Moskovic, E., Padhani, A., Glees,J., “Preliminary Results Of A Phase I Dose Escalation Clinical Trial Using Focused Ultrasound İn The Theatment Of Localised Tumors”, European Journal Of Ultrasound , 9 ,11-18 (1999).
19. Denbow, M.L., Rivens, I.H., Rowland,, I, J.,Leach,M.O., Fisk, N.M.,Ter Haar,G.R., “Preclinical Development of Noninvasive Vascular Occlusion With Ultrasonic Surgery For Fetal Therapy”, Am J Obstet Gynecol ,182 (2):387-389 (2000).
20. Çelik,O., Yardımcı, A., Güler, İ., “1-3 Mhz Bandında Etkin Bir Ultrasonic, Fizik Tedavi Cihazı Güç Katı Tasarımı”, Biyomut 2004 Biyomedikal Mühendisliği Ulusal Toplantısı, Boğaziçi Üniversitesi, İstanbul, 43 (2004) .