

Araştırma Makalesi / Research Article

İntravenöz Sıvı Tedavisi İçin Optik - Kapasitif Bubble Dedektörünün Gerçekleştirilmesi

Uğur FİDAN¹, Erkan YILMAZ², Hatice Kübra ZİĞARLI³^{1,2,3}Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Biyomedikal Mühendisliği Bölümü, Afyonkarahisar
e-posta: ufidan@aku.edu.tr, erkanyilmaz007@gmail.com, hatice.zigarli@hotmail.com

Geliş Tarihi: 09.05.2016; Kabul Tarihi: 31.08.2016

Özet

Yatan hastaların yaklaşık %80'ine devamlı ya da aralıklı olarak intravenöz sıvı tedavisi uygulanmaktadır. Sıvılar, damar yoluna infüzyon pompalarına takılan intravenöz setler ile gönderilmektedir. İntravenöz sıvı tedavisi ile sağlık görevlisinin ayarladığı zaman ve miktarlara göre hastalara serum veya besin takviyesi yapılmaktadır. İntravenöz tedavilerindeki hataları belirlemeye yönelik yapılan çalışmalarda her yıl binlerce insanın emboli nedeni ile hayatını kaybettiği tespit edilmiştir. Bu çalışmanın amacı, intravenöz sıvı tedavisi sırasında muhtemel hava kabarcıklarını algılayan 600nm ile 900nm dalga boyunda çalışan optik ve kapasitif algılayıcı tasarlayarak gerçekleştirmektir. Hava kabarcıklarını tespit etmek için Doppler, Snell ve Coulomb yasalarına uygun olarak çalışan dönüştürücüler bulunmaktadır. Bu çalışmada maliyetinin düşük ve yapım tekniklerinin ultrasonik algılayıcılara göre daha uygulanabilir olan optik ve kapasitif HKD gerçekleştirilmiştir. Yapılan çalışma sonucunda Snell kanununa dayanan optik HKD ve Coulomb yasası dayanan kapasitif HKD gerçekleştirilmiştir. Her ne kadar literatürde kapasitif HKD üzerine çalışma yapılmış olsa bile hava kabarcığının kapasitif yöntem ile yapılmasının hem duyarlılık hemde seçicilik açısından ekonomik bir çözüm olmadığı görülmüştür. Diğer taraftan gerçekleştirilen optik HKD'lerinin kararlılıklarının kapasitif yöntemle göre yüksek ve ekonomik bir çözüm olduğu görülmektedir. Gerçekleştirilen farklı dalga boylarındaki optik dönüştürücüler için 900nm'de yapılan çalışmaların 600nm'ye göre daha küçük hava boşluklarını seçebildiği görülmüştür.

Anahtar kelimeler

İntravenöz; Emboli;
Hava Kabarcığı;
Algılayıcı

The Implementation of Optical and Capacitive Bubble Detector For Intravenous Fluid Therapy

Abstract

Continuous or intermittent intravenous fluid therapy is applied to approximately 80% of hospitalized persons. Liquids are sent by intravenous sets mounted infusion pump to vascular access. Serum or nutritional supplements for patients is done by intravenous fluid therapy with according to time set by the health officials and quantities. In studies to determine errors in intravenous therapy it has been detected that thousands of people lost their life's due to embolism every year. The aim of this study is to perform system by designing optic and capacitive sensor detected possible air bubbles operating at 600nm and 900 nm. In addition, this system has transducers to detect air bubbles working in accordance with Doppler, Snell and Coulomb's laws. In this study, optical and capacitive ABD was performed due to low cost and more applicable to construction techniques according to ultrasonic sensor. As a result of studies, optic ABD based on Snell's law and capacitive ABD based on Coulomb law was implemented. In the literature, although the work done on the capacitive ABD, it has been shown that detection of air bubbles with capacitive method is not economical solution due in terms of both sensitivity and selectivity. On the other hand, it is shown that realized optic ABD has high stability with low cost and for performed optical transducers of different wavelengths works done at 900 nm may select smaller air gap according to 600 nm.

Keywords

İntravenöz; Emboli;
Bubble; Detector

1. Giriş

Yatan hastaların yaklaşık %80'ine devamlı ya da aralıklı olarak intravenöz sıvı tedavisi uygulanmaktadır. Sıvılar, damar yoluna infüzyon pompalarına takılan intravenöz setler ile gönderilmektedir. İntravenöz sıvı tedavisi ile sağlık görevlisinin ayarladığı zaman ve miktarlara göre hastalara serum veya besin takviyesi yapılmaktadır. İntravenöz tedavilerindeki hataları belirlemeye yönelik yapılan çalışmalarda her yıl binlerce insanın emboli nedeni ile hayatını kaybettiği tespit edilmiştir (Karadağ, 1999). Emboliden kaynaklı ölümlerin önüne geçilmesi için hava kabarcıklarını tespit edecek algılayıcılara ihtiyaç duyulmamaktadır.

Konu ile ilgili literatürde yapılan çalışmalar incelendiğinde farklı çözüm yöntemleri sunmaktadır. M. G. Abdalrahman ve arkadaşları 2008 yılında yaptıkları kapasitif bubble detektör tasarımında 250KHz'de 0.079pF değişim için 2mV değişim elde etmişlerdir (Abdalrahman *et al.* 2008). Aynı araştırmacı grubu tarafından 2009 yılında kapasitif bubble detektörün farklı frekans değerlerinde hemodiyalizde hava kabarcıklarını belirlemek üzere bir başka çalışma yapmışlardır. Çalışma sonucunda farklı boyuttaki hava kabarcıkları için algılanabilir bir değişim olduğunu ortaya koymuşlardır (Abdalrahman *et al.* 2009). 2015 yılında T.V. Quoc ve arkadaşları baskı devre üzerinde kapasitif değişim sağlayacakları bir tasarım gerçekleştirmişlerdir. Yapılan çalışma sonucunda 2.28mm³ için çıkış voltajını maksimum 53mV'a kadar yükselmişlerdir (Quoc *et al.* 2015).

Bu çalışmanın amacı, intravenöz sıvı tedavisi sırasında muhtemel hava kabarcıklarını algılayan 600nm ile 900nm dalga boyunda çalışan optik ve kapasitif algılayıcı tasarlayarak gerçekleştirmektir.

2. Materyal ve Metod

İyatrojenik bir problem olan emboliler karşımıza gaz, yağ ve amniyon sıvı embolisi şeklinde çıkmaktadır. Gaz embolisi hava, azot ve

karbondioksit gibi gazların damar sistemine geçişi olarak tanımlanır. Venöz sisteme geçen hava öncelikle sağ atriuma oradan da sağ ventriküle taşınır. Arteriyel sisteme giren hava birçok organ tarafından iyi tolere edilmektir. Fakat beyin ve kalp gibi yüksek oksijen tüketimine sahip organlarda arteriyel emboli bağlı hasara oluşmaktadır (Jorens *et al.* 2015). Genelde hasar hava kilidi ve mikroemboli nedeni ile oluşur. *Hava kilidi*: Havanın sağ ventrikül pulmoner çıkış yolunda obstrüksiyona neden olmasıdır.

Mikroemboliler: Sistemik dolaşıma giren hava pulmoner arteriyollerde obstrüksiyon oluşturur. Hava zerreciklerinin etrafında oluşan fibrin ağına nötrofiller, eritrositler, yağ globülleri ve trombositler takılarak pulmoner ödeme yol açar (Çeviker and Yazkan 2015).

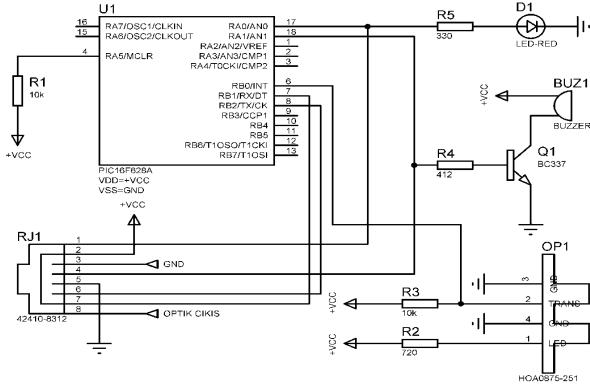
Sonuç olarak intravenöz infüzyon tedavilerindeki aşırı doz ve emboliye bağlı hatalar nedeniyle sıvı takibinin uygun değerlerde yürütülmesi için elektronik infüzyon cihazları önerilmektedir. Bu cihazlar ile aşırı doz ve emboliye neden olan hava kabarcıklarının algılanması sağlanmakta ve hastaya verilmesinin önüne geçilmektir (Eti Aslan and Türkmen 2005).

Hava kabarcıklarını saptamak için kullanılan algılayıcılar çalışma tekniklerine göre 3 gruba ayrılmaktadır. Bunlar;

- Doppler tekniğinin kullanıldığı ultrasonik algılayıcılar,
- Snell kanununa dayandırılan optik algılayıcılar,
- Coulomb yasası dayandırılan kapasitif algılayıcılar (Bhattacharjee, 2015).

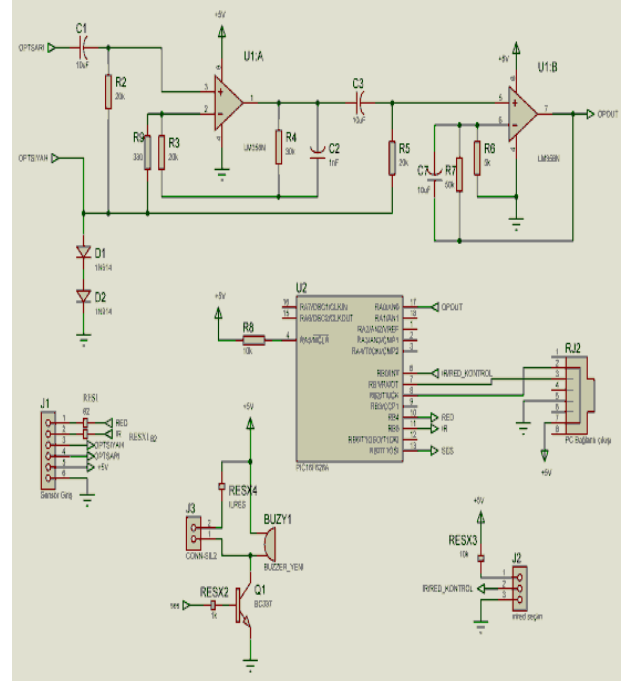
Bu çalışmada maliyetinin düşük ve yapım tekniklerinin ultrasonik algılayıcılara göre daha uygulanabilir olan optik ve kapasitif HKD tasarlanmış ve gerçekleştirilmiştir. Snell kanuna dayandırılarak gerçekleştirilen foto transistor çıkışlı

HKD devresinin açık devre şeması Şekil 1'de görülmektedir (Bhattacharjee, 2014).



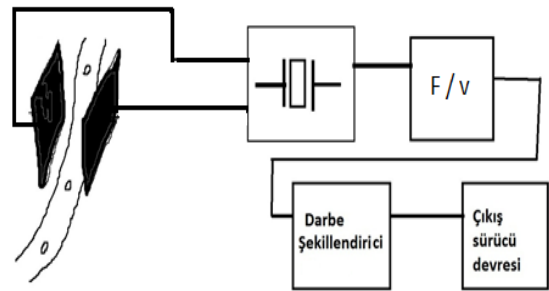
Şekil 1. Foto Transistörli HKD Devre Şeması
Hava kabarcığının algılanması için 950nm dalga boyuna sahip Honeywell HOA0875 optik dönüştürücü kullanılmıştır. Dönüştürücüden gelen işaretler mikro denetleyici tarafından işlenmiştir. İşlenen işaret sonucunda kullanıcı sesli ve görsel olarak uyarılmaktadır. Uyarı bilgisi RS232 haberleşme protokolü kullanılarak 9600kb/s veri iletim hızında merkezi işlem birimine gönderilmektedir.

Snell kanuna dayandırılarak gerçekleştirilen foto diyot çıkışlı HKD devresine ait açık devre şeması Şekil 2'de görülmektedir. Hava kabarcığının algılanması için ışık spektrumunun görünür bandında yer alan 600nm dalga boyuna ve 900nm dalga boyuna sahip optik dönüştürücü kullanılmıştır. Dönüştürücüden gelen işaretler aktif filtre devresi ile işaret gürültü (S/N) oranı yükseltildikten sonra mikro denetleyicinin karşılaştırıcı devresinde sayısal işarete çevrilmiştir.



Şekil 2. Foto Diyot Çıkışlı HKD Devre Şeması

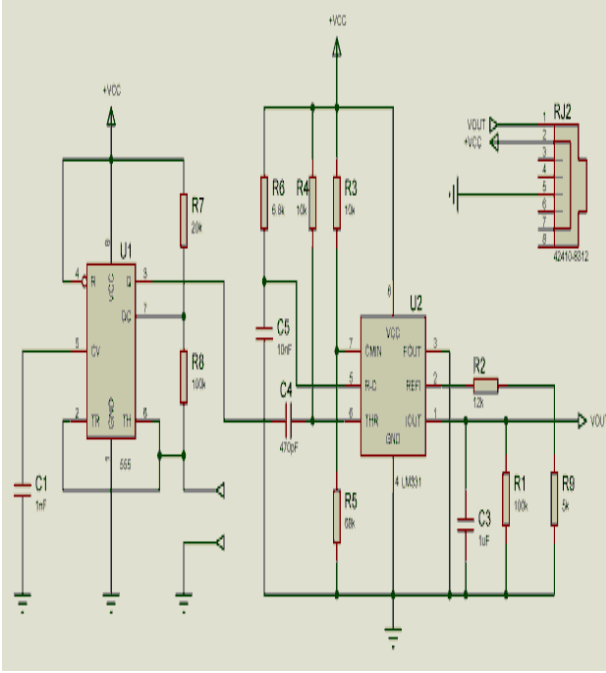
Hava kabarcığının belirlenmesi için diğer bir yaklaşım Coulomb yasasına göre çalışan kapasitif algılama (Şekil 3) yöntemidir. Bu tasarımda serum hortumundan geçen hava kabarcığı metal plakalar arasından geçişi sırasında dielektrik katsayısını değiştirecektir. Kapasite değişimine bağlı olarak osilatör frekansı da değişecektir. Bu frekans değişimi frekans voltaj çevirici ile gerilim işaretine dönüştürülerek hava kabarcığı ile ilişkili bir değişim elde edilmiş olacaktır.



Şekil 3. Kapasitif HKD Blok Diyagramı

Şekil 4'de gerçekleştirilen Kapasitif HKD açık devre şeması görülmektedir. Osilatör devresi 555 entegresi ile yapılmıştır. Osilatör frekansı 555 entegresinin 6 nolu pini ile şase arasına takılan kondansatör ile ayarlanırken LM331 frekans voltaj

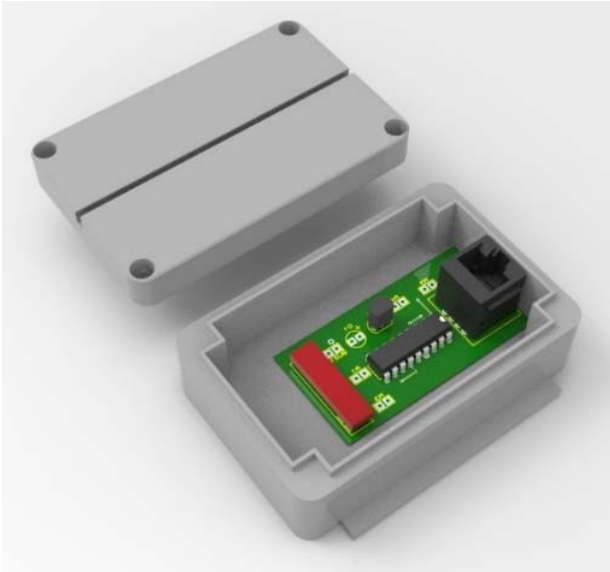
dönüştürücü entegresi ile frekans bilgisi gerilime çevrilmiştir.



Şekil 4. Kapasitif HKD Açık Devre Şeması

3. Bulgular

Şekil 5'de gerçekleştiren devrenin kutu içerisine montajı görülmektedir. SketchUp programında 3D çizimleri yapılan montaj kutusu 3 boyutlu yazıcıda üretilmiştir.



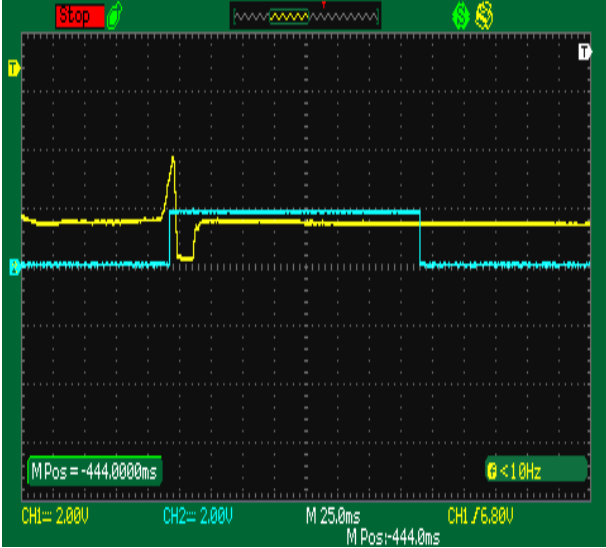
Şekil 5. HKD'nin Kutu Tasarımı ve Montajı.

Gerçekleştirilen sistemin performansını belirlemek için Şekil 6'daki test düzeneği kurulmuştur. Hava kabarcığı elde edebilmek için serum seti üzerine enjektör iğnesi batırılmıştır. İğne üzerinden kontrollü olarak hava kabarcığı oluşturulmuştur.



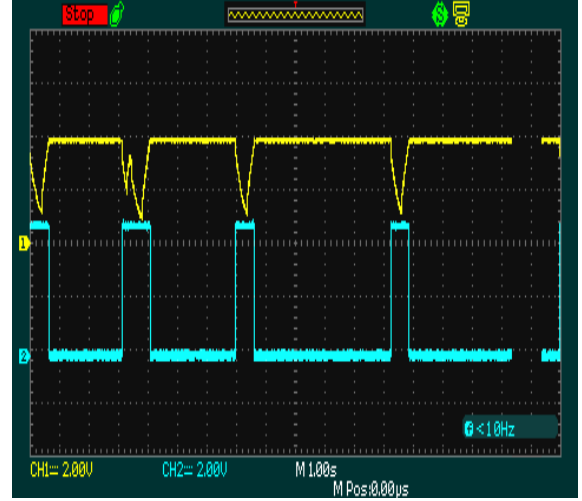
Şekil 6. Test Düzeneği

Şekil 7'de gerçekleştirilen devrenin hava kabarcığına verdiği tepki AAtch ADS-1022B dijital osilaskop ile kayıt altına alınmıştır. Osilaskobun CH1 kanalı foto transistorun kollektör ucundan alınan analog işareti göstermektedir. CH1 incelendiğinde serum seti içerisinde sıvı var iken 1.8Vdc gerilim görülmektedir. Hava kabarcığı HKD'den geçerken çıkış gerilimi 3.9Vdc'ye 0.2 V/msn'de ulaşmaktadır. Daha sonra hava kabarcığının boyutuna bağlı olarak 0.1Vdc seviyesinde kalmaktadır. Osilaskobun CH2 kanalı mikro denetleyici çıkışını göstermektedir. CH2 incelendiğinde hava kabarcığının belirlenmesinden 5mS sonra 4Vdc genliğe sahip 200mS uyarı sinyali oluşturulduğu görülmektedir.



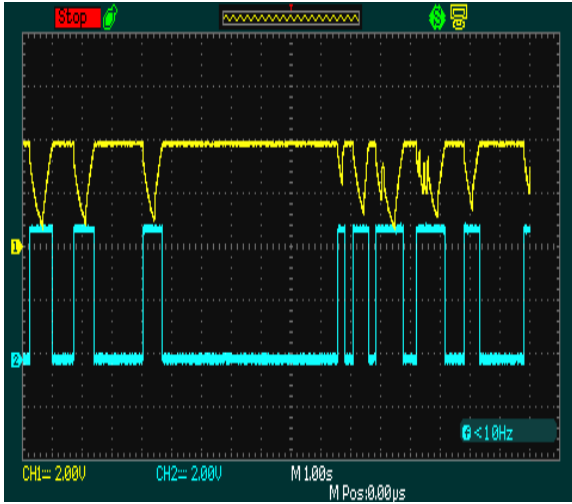
Şekil 7. HKD Test Sonucu

Foto diyot çıkışlı HKD performans analizi 600nm ve 900nm dalga boylarının her biri için ayrı ayrı yapılmıştır. Şekil 8’de gerçekleştirilen devrenin 600nm dalga boyundaki hava kabarcığına verdiği tepki AAtch ADS-1022B dijital osilaskop ile kayıt altına alınmıştır. Osilaskobun CH1 kanalı Şekil 2’de OPOUT olarak gösterilen yükselteç ve filtre devresi çıkışından alınmıştır. CH1 incelendiğinde serum seti içerisinde sıvı var iken 4Vdc gerilim görülmektedir. Hava kabarcığı HKD’den geçerken çıkış gerilimi kabarcığın boyutuna göre değişmektedir. Osilaskobun CH2 kanalı mikrodenetleyici çıkışını göstermektedir. CH2 incelendiğinde hava kabarcığının belirlenmesi ile birlikte çıkış gerilimi 0V’dan 4V’a yükselmektedir. Çıkış hava kabarcığının boyutuna bağlı olarak 4V seviyesinde kalmaktadır. CH2 çıkışında elde edilen sayısal işaretin yükselen kenarı hava kabarcığının HKD geçiş anını gösterirken görev saykılı da hava kabarcığının büyüklüğü hakkında bilgi vermektedir.



Şekil 8. 600nm için HKD Test Sonucu

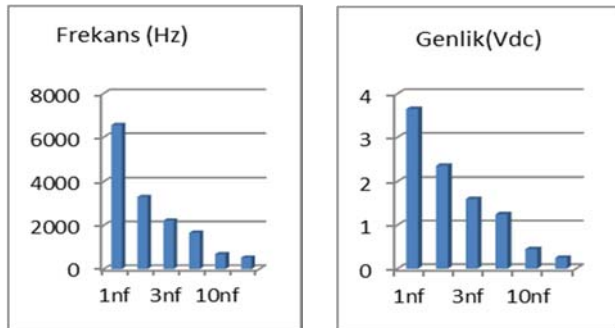
Şekil 9’da gerçekleştirilen devrenin 900nm dalga boyundaki hava kabarcığına verdiği tepki AAtch ADS-1022B dijital osilaskop ile kayıt altına alınmıştır. Osilaskobun CH1 kanalı Şekil 2’de OPOUT olarak gösterilen yükselteç ve filtre devresi çıkışından alınmıştır. CH1 incelendiğinde serum seti içerisinde sıvı var iken 4Vdc gerilim görülmektedir. Hava kabarcığı HKD’den geçerken çıkış gerilimi kabarcığın boyutuna göre değişmektedir. Osilaskobun CH2 kanalı mikrodenetleyici çıkışını göstermektedir. CH2 incelendiğinde hava kabarcığının belirlenmesi ile birlikte çıkış gerilimi 0V’dan 4V’a yükseldiği görülmektedir. Çıkış hava kabarcığının boyutuna bağlı olarak 4V seviyesinde kalmaktadır. CH2 çıkışında elde edilen sayısal işaretin yükselen kenarı hava kabarcığının HKD geçiş anını gösterirken görev saykılı da hava kabarcığının büyüklüğü hakkında bilgi vermektedir.



Şekil 9. 900nm için HKD Test Sonucu

Şekil 8 ve Şekil 9 kıyaslandığında 900nm HKD'nin 600nm HKD'ye göre daha küçük kabarcıkları algıladığı görülmektedir.

Kapasitif HKD tasarımının performans analizi için devrenin farklı kapasite değerlerine verdiği tepkiler ölçülmüştür. Şekil 10a ve Şekil 10b incelendiğinde kapasite arttıkça frekans ve gerilimin eksponansiyel olarak azaldığı görülmektedir.



a) Frekans – Kapasite

b) Gerilim – Kapasite

Şekil 10. Kapasitif HKD Devresi Çıkış Tepkisi

Kapasitif değişim için alüminyum ve bakır levhalardan kapasiteler geliştirilmiş ancak çıkış geriliminde anlaşılır düzeyde değişim elde edilememiştir. Bu durumu açıklamak için pF değişimlerinde (Tablo 1) sistemin verdiği tepki ölçülmüştür. Yapılan ölçümler hava kabarcıklarının belirlenmesi için kapasitif yöntemin etkili olmadığını ortaya koymuştur.

Tablo 1. pF değerleri için sistem çıkışı

Sığa(pF)	Frekans (Hz)	Gerilim(mV _{DC})
1000	6557	3775
1010	6494	3774
1022	6406	3772
1027	6244	3767

4. Tartışma ve Sonuç

Çalışma kapsamında Snell kanununa dayanan optik HKD ve Coulomb yasasına dayanan kapasitif HKD gerçekleştirilmiştir. Her ne kadar literatürde kapasitif HKD üzerine çalışma yapılmış olsa bile hava kabarcığının kapasitif yöntem ile yapılmasının hem duyarlılık hem de seçicilik açısından ekonomik bir çözüm olmadığı görülmüştür. Ancak gerçekleştirilen optik HKD'lerin kararlılıklarının yüksek ve ekonomik açıdan uygun bir çözüm olduğu görülmektedir. Gerçekleştirilen farklı dalga boylarındaki optik dönüştürücüler için IR bandında yapılan çalışmaların görünür banda göre daha küçük hava boşluklarını daha net tespit edebildiği görülmüştür.

Teşekkür

Bu çalışma TÜBİTAK 2209 A Üniversite öğrencileri Yurt İçi Araştırma Projeleri Destek Programı tarafından desteklenmiştir. TÜBİTAK'a desteklerinden dolayı teşekkür ederiz.

Kaynaklar

Karadağ, A., 1999. Ven içi sıvı tedavisi: komplikasyonlar ve hemşirelik bakımı. *Cumhuriyet Üniversitesi Hemşirelik Yüksekokulu Dergisi*, **3**, 1.

Abdalrahman, M.G., Adam, A.B., Dennis, J.O., 2008. Capacitive air bubble detector for moving blood in artificial kidney. *The 3rd International Symposium on Biomedical Engineering*, 332-337.

Abdalrahman, M.G., Adam, A.B., Dennis, J.O., 2009. Capacitive air bubble detector operated at different frequencies for application in hemodialysis. *International Journal of Electrical, Computer, Energetic, Electronic and Communication Engineering*, **3**, 2.

Quoc, T.V., Dac, H.N., Quoc, T.P., Dinh, D.N., Duc, T.C., 2015. A printed circuit board capacitive sensor for air bubble inside fluidic flow detection. *Microsyst Technol*, **21**, 911–918.

Jorens, P.G., Marck, E. V., Snoeckx, A., Parizel, P.M., 2009. Nonthrombotic pulmonary embolism. *European Respiratory Journal*, **4, 3**, 452-474.

Çeviker, K., Yazkan, R., 2015. Pulmoner arterin cerrahi gerektiren edinsel hastalıkları. *Türk Göğüs Kalp Damar Cerrahisi Dergisi*, **23, 4**, 792-801.

Eti Aslan, F., Türkmen, E., 2005. Hastaya kendi ağrısını kontrol etmeyi sağlayan bir yöntem: hasta kontrollü analjezi. *Hemşirelikte Eğitim ve Araştırma Dergisi*, **2, 1**.

Vinogradov, O., 2015. Coulomb's law based interatomic potential for iron crystals in molecular statics applications. *Computational Materials Science*, **99**, 173-176.

Bhattacharjee, P.R., 2014. Giving birth to the refined unambiguous statement of snell's law inray optics. *International Journal for Light and Electron Optics*, **125**, 7258-7261.