

Ö Z E T

Sıvı Karışımları İçin Ultrasonik Mach-Zehnder İnterferometresi Derişim Algılayıcı

5

10 Buluş, etil alkol (etanol) içerisine karışan/karıştırılan, çok zehirli olduğundan dolayı solunduğunda veya sindirildiğinde ciddi sağlık sorunlarına neden olan metil alkolün (metanolun) oranının yüksek hassasiyetle belirlenmesine yönelik Mach-Zehnder İnterferometresi yapısındaki girişimsiz (noninvazif) ultrasonik algılayıcılar ile ilgilidir.

İ S T E M L E R

1. Buluş, etil alkol (etanol) içerisine karışan/karıştırılan, çok zehirli olduğundan dolayı solunduğunda veya sindirildiğinde ciddi sağlık sorunlarına neden olan metil alkolün (metanolun) oranının yüksek hassasiyetle belirlenmesine yönelik Mach-Zehnder İnterferometresi yapısındaki girişimsiz (noninvazif) ultrasonik algılayıcılar olup özelliği;
 - Ultrasonik dalgaları eşit iki kola ayırıp daha sonra girişim yapmalarını sağlayan Mach-Zehnder İnterferometresi (4),
 - 10 - İnterferometre girişinde dalga kılavuzu vasıtasıyla ilerleyen akustik titreşimlerden oluşan giriş sinyali (5),
 - Girişime uğrayacak akustik sinyal bileşenlerini oluşturan sinyal dallanması (6),
 - Karışım oranı ölçülecek etanol-metanol karışımını barındıran örnek 15 hücresi (7A),
 - Kontrast için saf etanol içeren referans hücresi (7B),
 - Faz farkına sahip yakın genlikli iki ultrasonik sinyalin birleşerek faz farkının fonksiyonuna bağlı olarak genliği değişen dalga oluşturması ile oluşan akustik girişim (8),
 - 20 - Girişim yapan dalgaların bileşiminden oluşan çıkış sinyali (9),
 - İletim piki rezonans frekansında ultrasonik sinyalden oluşan giriş sinyali (12),
 - Çıkışta girişime uğrayan dalgaların oluşturduğu bileşke sinyalden oluşan çıkış sinyali (13),
 - 25 - Saf etanol ve etanol-metanol karışımını barındıran polietilen hortum (16),
 - Akustik dalganın interferometre girişinde kollara ve çıkışında alıcı transdüserine yönlendirilmesini sağlayan giriş/çıkış dalga kılavuzu (17),
 - Girişte sinyalin iki eşit bileşene ayrılması, çıkışta girişim oluşturup çıkış 30 dalga kılavuzuna yönlendirilmesini sağlayan T dallanması (sinyal dallanması) (18),

- İçinde karışım oranı belirlenecek etanol-metanol karışımının bulunduğu hortumlar örnek hücresi (20)
 - Saf etanol içeren örnek hücreleri ile aynı sayıda hortumlardan oluşan referans hücresi (21),
 - 5 - İnterferometrenin saf etanol örnek için çıkışta ölçülen 200 kHz dolayındaki rezonans piki (25) içermesidir.
2. Buluş istem 1’de bahsedilen girişimsiz (noninvazif) ultrasonik algılayıcı olup özelliği; farklı frekanslarda elektriksel sinüs sinyalleri üreten sinyal üretici (1) içermesidir.
- 10
3. Buluş istem 1’de bahsedilen girişimsiz (noninvazif) ultrasonik algılayıcı olup özelliği; sinyal üreticiden (1) alınan sinyalin genliği arttıran gerilim yükseltici (2) içermesidir.
- 15
4. Buluş istem 1’de bahsedilen girişimsiz (noninvazif) ultrasonik algılayıcı olup özelliği; elde edilen verilerin işlenip karışım oranının hesaplanmasını sağlayan bilgisayar (11) içermesidir.
- 20
5. Buluş istem 1’de bahsedilen girişimsiz (noninvazif) ultrasonik algılayıcı olup özelliği; fononik kristaldeki dalga kılavuzu yapısında hapsedilerek ilerleyebilecek dalgaların dağınım grafiğinden oluşan Çizgisel Dalga Kılavuzu İletim Bandı (24) içermesidir.
- 25
6. Buluş istem 1’de bahsedilen girişimsiz (noninvazif) ultrasonik algılayıcı olup özelliği; piezoelektrik seramik diskten yapılmış olan ve elektrik sinyallerini mekanik titreşimlere çeviren verici ultrasonik transdüser (3A) içermesidir.
- 30
7. Buluş istem 1’de bahsedilen girişimsiz (noninvazif) ultrasonik algılayıcı olup özelliği; piezoelektrik seramik diskten yapılmış olan ve elektrik

sinyallerini mekanik titreşimlere çevirmek alıcı ultrasonik transdüser (3B) içermesidir.

- 5 8. Buluş istem 1’de bahsedilen girişimsiz (noninvazif) ultrasonik algılayıcı olup özelliği; alıcı transdüserden alınan analog elektriksel sinyallerin dijital sinyale çevrilmesini sağlayan Analog/Dijital çevirici (10) içermesidir.
- 10 9. Buluş istem 1’de bahsedilen girişimsiz (noninvazif) ultrasonik algılayıcı olup özelliği; arka plan sıvısı olarak kullanılan su (sıvı) (14) içermesidir.
- 15 10. Buluş istem 1’de bahsedilen girişimsiz (noninvazif) ultrasonik algılayıcı olup özelliği; fononik kristal yapısını oluşturan periyodik birimlerden biri olan çelik çubuk (15) içermesidir.
- 20 11. Buluş istem 1’de bahsedilen girişimsiz (noninvazif) ultrasonik algılayıcı olup özelliği; dalga kılavuzunda ilerleyen akustik dalgaları eşit şiddette ayıran T dallanması (18) içermesidir.
- 25 12. Buluş istem 1’de bahsedilen girişimsiz (noninvazif) ultrasonik algılayıcı olup özelliği; etanol içindeki metanol oranıyla doğrusal olarak değişen iletim piki rezonans frekansı kayması (25) içermesidir.)
- 30 13. Buluş istem 1’de bahsedilen girişimsiz (noninvazif) ultrasonik algılayıcı olup özelliği; akustik dalga kılavuzunda ilerleyen dalgaların yönünü 90 derece değiştiren 90° Büküm (19) içermesidir.
14. Buluş istem 1’de bahsedilen girişimsiz (noninvazif) ultrasonik algılayıcı olup özelliği; herhangi bir kusur durumu içermeyen fononik kristalin dağınım bandlarından oluşan fononik kristalin yığınsal yapı bandları (22) içermesidir.

15. Buluş istem 1’de bahsedilen girişimsiz (noninvazif) ultrasonik algılayıcı olup özelliği; fononik kristal boyunca iletimi mümkün olmayan akustik dalgaların sahip oldukları frekans aralığından oluşan Akustik Band Aralığı (23) içermesidir.

T A R İ F N A M E

Sıvı Karışımları İçin Ultrasonik Mach-Zehnder İnterferometresi Derişim Algılayıcı

5

Teknik Alan

10 Buluş, etil alkol (etanol) içerisine karışan/karıştırılan, çok zehirli olduğundan dolayı solunduğunda veya sindirildiğinde ciddi sağlık sorunlarına neden olan metil alkolün (metanolun) oranının yüksek hassasiyetle belirlenmesine yönelik Mach-Zehnder İnterferometresi yapısındaki girişimsiz (noninvazif) ultrasonik algılayıcılar ile ilgilidir

15

Önceki Teknik

Mevcut teknikte yer alan ultrasonik algılayıcılar mesafe belirleme, sıvı/gaz akış hızı ölçme, sıvı seviyesi ölçme, yapı elemanlarındaki çatlakları belirleme ve park
20 yardım sistemi gibi pek çok alanda kullanılmaktadır. Ancak bahsedilen algılayıcıların sıvı ve gaz yoğunluğu (derişimi) algılamada kullanımı oldukça kısıtlıdır.

Mevcut teknikte etil alkol içerisindeki metil alkolü belirlemek için alkol karışımının
25 aldehitlere oksidasyonuna ve oksidasyon sonucu renk testleri metodu kullanılmaktadır. Bahsedilen metotta algılama işlemi kimyasal reaksiyon ile gerçekleşmektedir. Ayrıca bekleme süresi gereksinimi ve renk algısının kişiden kişiye farklılık göstermektedir.

30 Mevcut teknikte yer alan bir diğer yöntem de metil alkolü etil alkolden ayırt etmek için kullanılan gaz kromatografisidir. Genel olarak yöntem bozunmadan uçucu hale geçebilen, ısıya dayanıklı bileşiklerin bir kolonda farklı hızlarda ilerleyerek ayrılması prensibine dayanmaktadır. Bahsedilen yöntem ile nitel ve nicel analizler yapılabilmesine rağmen, testler ancak laboratuvar ortamında yapılabilir.

Mevcut teknikteki metil alkolün varlığını belirlemek için kullanılan bir diğer yöntem ise fiziksel bir özellik olan ışığın kırılmasına dayanmaktadır. Bahsedilen yöntemde etil alkol içerisindeki metil alkol oranı daldırılma kırılma ölçeri (refraktometre) ile ölçülen değerlerden tespit edilebilmektedir.

Mevcut teknikte etil alkol içerisindeki metil alkolü tespit etmek için kullanılan bir diğer yöntem ise Raman spektroskopisidir. Raman spektroskopisi ile moleküler yapıların kimyasal detaylarından yararlanılarak metil alkol tespiti yapılmaktadır.

10 Raman spektrumundaki kaymalar ile metil alkol ve diğer alkoller arasındaki karışım oranları tespit edilebilmektedir. Bahsedilen yöntemde ölçümler laboratuvar ortamında yapılmaktadır.

Mevcut teknikte yer alan bir diğer yöntem ise mekanik salınımlara ve kütle akışı ile yoğunluk ölçümüne dayalı derişim yöntemidir. Bahsedilen yöntemde özel olarak yoğunluk bilgisi gerekmektedir. Ayrıca titreşim hassasiyetinin yüksek olması ve yüksek maliyetli olması bu yöntemin dezavantajlarından. Bunlarla birlikte iletkenlik ölçümüne ve pH değerine bağlı derişim belirleme yöntemi sadece belirli sıvılara uygulanabilmekte ve ölçüm kabiliyeti oldukça sınırlıdır.

20

Sıvı karışımlarında derişim algılamada kullanılan yöntemler arasında ultrasonik sıvı algılayıcıları da bulunmaktadır. Su ile karışım halindeki etanol oranını algılama için fononik kristallerde kusur durumlarına dayalı algılayıcılar geliştirilmiştir. Ayrıca Mach- Zehnder interferometresi yapısında bulunan akustik algılayıcılar daha önce teorik olarak gösterilmiştir. Teorik olarak gösterilen algılayıcılar temel olarak özdeş iki kola ayrılan akustik dalgaların farklı ortamlardan geçtikten sonra faz farkı oluşumu sonucu girişim yapması ile çalışmaktadır. Çelik ortam içerisine T- dallanmalı dalga kılavuzu ile oluşturulan Mach-Zehnder interferometresinde de örnek kolu içerisinde bir bölge incelenen sıvı karışımı (analit) ile doldurulmuştur.

25 Analitin yer aldığı örnek kolu boyunca iletilen dalga ile referans kolu boyunca iletilen dalga arasından faz (iletim zamanı) farkları sonucunda ortaya çıkan iletim pik frekansındaki kaymalar ile su içerisine karışan sıvı derişimi belirlenebilmektedir. Ancak, sadece istenilen bölgenin analit ile doldurulması

uygulamada çok pratik değildir. Kendiliğinden yönelmeye dayalı algılayıcı tasarımının örneği yerleştirilmek için ince bir zar ile ayrılan bölme gerektirmesi ifade edilen yöntemin en büyük dezavantajıdır.

- 5 Mevcut teknikte yer alan WO03000119A2 kodlu uluslararası patent dokümanında ultrason yöntemi ile akışkanları karakterizasyonundan bahsedilmektedir. Bahsedilen dokümanda ifade edilen yöntem, ultrasonik yansıma ile sıvıların, özellikle gıda çözeltilerinin fiziksel özelliklerini belirlemeyi amaçlamaktadır. Boylamsal ultrasonik dalga üretimi, transdüserin incelenecek sıvı ile eşleşmesi, 10 yansıyan boylamsal dalgaların algılanması ve yansıyan ultrasonik dalgaların belirli özellikleri ile ölçülenin fiziksel özelliklerin ilişkilendirilmesi aşamaları ile ilgilenilen sıvının fiziksel karakterizasyonu yapılmaktadır.

- Mevcut teknikte yer alan EP1361430 kodlu Avrupa patent dokümanında gaz 15 konsantrasyon sensöründen bahsedilmektedir. Dokümanda sıvı yerine gaz algılamadan bahsedilmektedir. Ölçüm yapılacak gaz karışımındaki belirli bir gazın konsantrasyonu, akustik dalganın iletimi ile yansıyan akustik dalganın geri alınması arasındaki süreye dayanılarak belirlenmektedir.

- 20 Mevcut teknikte yer alan TR200501987 kodlu ulusal patent dokümanında alkollü içkilerde metil alkol saptama yönteminden bahsedilmektedir. Bahsedilen yöntemde alkollü içkinin zehirli kimyasal olan metil alkol içerip içermediğinin belirlenmesi için viskozite cihazı, kronometre ve kalibrasyon bilgisi kullanılmaktadır. Test yöntemi, akışkanların viskozite farkına dayanarak kimyasalın kimliğini ortaya 25 çıkarmaya dayanmaktadır. Çözeltinin viskozite cihazı içerisinde geçirdiği zaman ve kalibrasyon bilgisine dayalı olarak çözeltinin içerisindeki metil alkol oranı tespit edilmektedir.

- Mevcut teknikte ter alan TR201104114 kodlu ulusal patent dokümanında akustik 30 sinyal detektöründen bahsedilmektedir. Bahsedilen detektör, su içinde hareket eden bir hedefi algılamak için kullanılmaktadır. Akustik sinyal detektörü, bir ön kısma sahip gövdeyi içerebilir, ki burada ön kısım gittikçe daralan bir enine kesite ve bir düzlem olması için şekillendirilen bir uca sahiptir. Düzlem, akustik sinyal

detektörünün bir hareket yönüne karşı dik olabilir. Akustik sinyal detektörü ayrıca ses üretmek için ve bir hedef tarafından yansıtılarak geri gönderilen sesi algılamak için yapılandırılmış birçok algılayıcı dizilimi içerebilir.

5 **Buluşun Amacı**

Buluşun amacı, içeceklerdeki, ilaç kimyasallarındaki ve ilgili endüstrideki ikili sıvı karışımlarının derişim ölçümünün yapılabilmesini sağlamaktır.

10 Buluşun bir diğer amacı; etil alkol (etanol) içerisine karışan/karıştırılan, çok zehirli olduğundan dolayı solunduğunda veya sindirildiğinde ciddi sağlık sorunlarına neden olan metil alkolün (metanolün) oranının yüksek hassasiyetle belirlenmesini sağlamaktır.

15 Buluşun bir diğer amacı; taşınabilir ultrasonik derişim algılayıcı elde etmektir.

Buluşun bir diğer amacı; tekrar tekrar kullanılabilen bir ultrasonik derişim algılayıcı elde etmektir.

20 Buluşun bir diğer amacı; ısınma (warm-up) süresi gerektirmeyip örnek yüklenir yüklenmez sonuç alınabilen bir ultrasonik derişim algılayıcı elde etmektir.

Buluşun bir diğer amacı; örneklerin bekleme yapmadan artarda incelenebilmişini sağlayan bir ultrasonik derişim algılayıcı elde etmektir.

25

Buluşun bir diğer amacı; algılama için kimyasal vb. duyarlı bileşenler gerektirmeyen bir ultrasonik derişim algılayıcı elde etmektir.

Bahsedilen amaçları gerçekleştirmek üzere geliştirilen derişim algılayıcı;

- 30
- Farklı frekanslarda elektriksel sinüs sinyalleri üreten sinyal üretici (1),
 - Sinyal üreticinden (1) alınan sinyalin genliği arttıran gerilim yükseltici (2),
 - Piezoelektrik seramik diskten yapılmış olan ve elektrik sinyallerini mekanik titreşimlere çeviren verici ultrasonik transdüser (3A),

- Piezoelektrik seramik diskten yapılmış olan ve elektrik sinyallerini mekanik titreşimlere çevirmek alıcı ultrasonik transdüser (3B),
- Ultrasonik dalgaları eşit iki kola ayırıp daha sonra girişim yapmalarını sağlayan Mach-Zehnder İnterferometresi (4),
- 5 - İnterferometre girişinde dalga kılavuzu vasıtasıyla ilerleyen akustik titreşimlerden oluşan giriş sinyali (5),
- Girişime uğrayacak akustik sinyal bileşenlerini oluşturan sinyal dallanması (6),
- Karışım oranı ölçülecek etanol-metanol karışımını barındıran örnek hücresi (7A),
- 10 - Kontrast için saf etanol içeren referans hücresi (7B),
- Faz farkına sahip yakın genlikli iki ultrasonik sinyalin birleşerek faz farkının fonksiyonuna bağlı olarak genliği değişen dalga oluşturma ile oluşan akustik girişim (8),
- 15 - Girişim yapan dalgaların bileşiminden oluşan çıkış sinyali (9),
- Alıcı transdüserden alınan analog elektriksel sinyallerin dijital sinyale çevrilmesini sağlayan Analog/Dijital çevirici (10),
- Elde edilen verilerin işlenip karışım oranının hesaplanmasını sağlayan bilgisayar (11),
- 20 - İletim piki rezonans frekansında ultrasonik sinyalden oluşan giriş sinyali (12),
- Çıkışta girişime uğrayan dalgaların oluşturduğu bileşke sinyalden oluşan çıkış sinyali (13),
- Arka plan sıvısı olarak kullanılan su (14),
- Fononik kristal yapısını oluşturan periyodik birimlerden biri olan çelik çubuk (15),
- 25 - Saf etanol ve etanol-metanol karışımını barındıran polietilen hortum (16),
- Akustik dalgaının interferometre girişinde kollara ve çıkışında alıcı transdüsera yönlendirilmesini sağlayan giriş/çıkış dalga kılavuzu (17),
- Girişte sinyalin iki eşit bileşene ayrılması, çıkışta girişim oluşturup çıkış dalga kılavuzuna yönlendirilmesini sağlayan T dallanması (sinyal dallanması) (18),
- 30 - Akustik dalga kılavuzunda ilerleyen dalgaların yönünü 90 derece değiştiren 90° Büküm (19),

- İçinde karışım oranı belirlenecek etanol-metanol karışımının bulunduğu hortumlar örnek hücresi (20)
- Saf etanol içeren örnek hücreleri ile aynı sayıda hortumlardan oluşan referans hücresi (21),
- 5 - Herhangi bir kusur durumu içermeyen fononik kristalin dağıtım bandlarından oluşan fononik kristalin yığılmalı yapı bandları (22),
- Fononik kristal boyunca iletimi mümkün olmayan akustik dalgaların sahip oldukları frekans aralığından oluşan Akustik Band Aralığı (23),
- Fononik kristaldeki dalga kılavuzu yapısında hapsedilerek ilerleyebilecek
- 10 dalgaların dağıtım grafiğinden oluşan Çizgisel Dalga Kılavuzu İletim Bandı (24),
- İnterferometrenin saf etanol örnek için çıkışta ölçülen 200 kHz dolayındaki rezonans piki (25) içermektedir.

15

Şekillerin Açıklaması

Ekte sunulan Şekil – 1 buluş konusu ürünün blok şemasıdır.

Şekil-2 ultrasonik Mach- Zehnder interferometresinin şematik görünümüdür.

- 20 Şekil-3 Fononik kristal dalga kılavuzunun saf etanol için band yapısıdır.

Şekil-4 Mach-Zehnder interferometresinin iletim pikinin metanol oranı ile yer değiştirmesinin grafiğidir.

- 25 Tarifname, istemler ve/veya şekillerde ifade edilen başlıca unsurlar aşağıda numara ve isim olarak verilmiştir.

- (1) Sinyal üretici
- (2) Gerilim yükseltici
- 30 (3A) Verici ultrasonik transdüser
- (3B) Alıcı ultrasonik transdüser
- (4) Mach-Zehnder İnterferometresi
- (5) Giriş sinyali

- (6) Sinyal dallanması
- (7A) Örnek hücresi
- (7B) Referans hücresi
- (8) Akustik girişim
- 5 (9) Çıkış sinyali
- (10) Analog/Dijital çevirici
- (11) Bilgisayar
- (12) Giriş sinyali
- (13) Çıkış sinyali
- 10 (14) Sıvı (Su)
- (15) Çelik çubuk
- (16) Polietilen hortum
- (17) Giriş/Çıkış dalga kılavuzu
- (18) T dallanması
- 15 (19) 90° Büküm
- (20) Örnek hücresi
- (21) Referans hücresi
- (22) Fononik kristalin yığınsal yapı bandları
- (23) Akustik Band Aralığı
- 20 (24) Çizgisel Dalga Kılavuzu İletim Bandı
- (25) Rezonans Piki

Buluşun Detaylı Açıklaması

- 25 Buluş, etil alkol (etanol) içerisine karışan/karıştırılan, çok zehirli olduğundan dolayı solunduğunda veya sindirildiğinde ciddi sağlık sorunlarına neden olan metil alkolün (metanolun) oranının yüksek hassasiyetle belirlenmesine yönelik Mach-Zehnder İnterferometresi yapısındaki girişimsiz (noninvazif) ultrasonik algılayıcılar ile ilgilidir.

30

Buluş konusu ürün, Mach-Zehnder interferometre mimarisine sahip olup, burada etil alkol – metil alkol karışımı örneğinde gösterildiği gibi geniş bir yelpazedeki ikili sıvı karışımlarında karışım oranlarını belirlemede kullanılabilmektedir.

Buluş konusu ürünün taşınabilir olması en önemli avantajlarından biridir ve ayrıca hareketli parça veya ölçümler arası değiştirilmesi gereken sarf malzemesi içermediğinden tekrar kullanılabilme özelliğine sahiptir. Bunun yanı sıra, ürün 5 ısınma (warm-up) süresi gerektirmeyip örnek yüklenir yüklenmez sonuç alabilme özelliğine sahiptir. Sıvı ve gaz algılayıcılarında kritik bir diğer performans kriteri de geri kazanım (recovery) süresi olup, buluş konusu cihazın geri kazanım süresi sıfırdır. Yani cihaz ile örnekler bekleme yapmadan artarda incelenebilir. Ek olarak, ürün etiketsiz (label-free) özellikte olup, algılama için kimyasal vb. duyarlı 10 bileşenler gerektirmemektedir.

Ultrasonik derişim algılayıcılarda önemli bir sorun, ses hızının sıcaklık, basınç ve nem gibi ortam parametreleri ile değişmesi ve aygıtların kalibrasyon eğrilerinin kaymasıdır. Buluş konusu ürün girişimsel (interferometrik) yapıda olduğundan, iki 15 kola ayrılan akustik dalgalar ortam parametrelerinin değişiminden aynı şekilde etkilenmektedir. Böylece, ses hızı değişiminden kaynaklanan etkiler ortadan kalkmaktadır. Ayrıca, arka planda su bulunduğundan, cihazın iç sıcaklığı bir termostat vasıtasıyla kontrol edilebilmektedir.

20 Ürün yapısı gereği uzun ömürlü ve dayanıklı olup ömrü algılayıcı bileşenlerinden ziyade, kullanılan elektronik devrelerin ve piezoelektrik transdüserlerin kullanım ömürlerine bağlıdır. Ürün uzaktan kontrol edilebilme özelliğine sahiptir ve çalışması için başka cihazlara bağlanma ihtiyacı duymaz. Ayrıca ürün kompakt yapıdadır ve çalışma frekansı değiştirilerek minyatürize edilebilir.

25 Ultrasonik algılayıcılar, metanol ve etanolün ses hızı ve yoğunluk farklarına dayalı olarak gösteren girişim sinyalindeki frekans kaymasına dayalı olarak çalışmaktadır. Bahsedilen ultrasonik algılayıcı, etanol içerisindeki metanolün %1 hassasiyetle tespitine olanak vermektedir.

30 Ultrasonik sıvı derişim algılayıcıları, sesin sıvı içerisindeki hızına dayalı ölçüm yaparak, homojen karışım halindeki ikili (binary) sıvıda karışım oranını belirlemeyi amaçlamaktadır. Bahsedilen amacı gerçekleştirmek üzere, bir yayıcıdan

- (transdüser) gönderilen ultrasonik sinyalin alıcıya varış süresi ölçülmekte; alınan yolun bilinmesi ile sıvının içerisindeki ses hızı tespit edilebilmektedir. Karışımın derişimine bağılı olarak değışen ses hızlarının, mevcut ses hızları ile karşılaştırılması sonucunda karışım oranı belirlenmektedir. Sonuç olarak buluş konusu ultrasonik
- 5 algılayıcılar ile içeceklerdeki, ilaç kimyasallarındaki ve ilgili endüstrideki ikili sıvı karışımlarının derişim ölçümü yapılabilir. Örneğin; su içerisindeki ikincil yabancı sıvıların belirlenmesinde, süt ve diğere sıvı gıda analizlerinde ve akaryakıt saflığının ölçülmesinde kullanılabilir.
- 10 Buluş konusu algılayıcının derişim belirleme yöntemi, ultrasonik sistemde bir fiziksel rezonansa karşılık gelen dar bir iletim pikinin frekans kaymasının tespitine dayanmaktadır. İletim pikindeki kaymanın nedeni ise yukarıdaki yöntemlerde de bahsedildiğı üzere karışılan sıvıların ses hızı ve yoğunluk değışimlerinden ortaya çıkmaktadır. İnterferometrik algılayıcılar hassas derişim ölçümleri için oldukça
- 15 kullanışlıdır. İnterferometrenin kolları arasında oluşan etkin yol farkına dayalı faz kaymaları, yapı içerisindeki derişim oranlarının algılanmasında kullanışlı olmaktadır. Fönonik kristal tabanlı interferometrik algılayıcılar fiziksel, kimyasal veya biyolojik algılama uygulamalarında kullanılabilir.
- 20 Buluş konusu girişimsiz (noninvazif) ultrasonik algılayıcı;
- Farklı frekanslarda elektriksel sinüs sinyalleri üreten sinyal üretici (1),
 - Sinyal üreticiden (1) alınan sinyalin genliğı arttıran gerilim yükseltici (2),
 - Piezoelektrik seramik diskten yapılmış olan ve elektrik sinyallerini mekanik titreşimlere çeviren verici ultrasonik transdüser (3A),
 - 25 - Piezoelektrik seramik diskten yapılmış olan ve elektrik sinyallerini mekanik titreşimlere çevirmek alıcı ultrasonik transdüser (3B),
 - Ultrasonik dalgaları eşit iki kola ayırıp daha sonra girişim yapmalarını sağılayan Mach-Zehnder İnterferometresi (4),
 - İnterferometre girişinde dalga kılavuzu vasıtasıyla ilerleyen akustik titreşimlerden oluşan giriş sinyali (5),
 - 30 - Girişime uğrayacak akustik sinyal bileşenlerini oluşturan sinyal dallanması (6),

- Karışım oranı ölçülecek etanol-metanol karışımını barındıran örnek hücresi (7A),
- Kontrast için saf etanol içeren referans hücresi (7B),
- Faz farkına sahip yakın genlikli iki ultrasonik sinyalin birleşerek faz farkının fonksiyonuna bağlı olarak genliği değişen dalga oluşturmaları ile oluşan akustik girişim (8),
- Girişim yapan dalgaların bileşiminden oluşan çıkış sinyali (9),
- Alıcı transdüserden alınan analog elektriksel sinyallerin dijital sinyale çevrilmesini sağlayan Analog/Dijital çevirici (10),
- Elde edilen verilerin işlenip karışım oranının hesaplanmasını sağlayan bilgisayar (11),
- İletim piki rezonans frekansında ultrasonik sinyalden oluşan giriş sinyali (12),
- Çıkışta girişime uğrayan dalgaların oluşturduğu bileşke sinyalden oluşan çıkış sinyali (13),
- Arka plan sıvısı olarak kullanılan su (14),
- Fononik kristal yapısını oluşturan periyodik birimlerden biri olan çelik çubuk (15),
- Saf etanol ve etanol-metanol karışımını barındıran polietilen hortum (16),
- Akustik dalganın interferometre girişinde kollara ve çıkışında alıcı transdüserlere yönlendirilmesini sağlayan giriş/çıkış dalga kılavuzu (17),
- Girişte sinyalin iki eşit bileşene ayrılması, çıkışta girişim oluşturup çıkış dalga kılavuzuna yönlendirilmesini sağlayan T dallanması (sinyal dallanması) (18),
- Akustik dalga kılavuzunda ilerleyen dalgaların yönünü 90 derece değiştiren 90° Büküm (19),
- İçinde karışım oranı belirlenecek etanol-metanol karışımının bulunduğu hortumlar örnek hücresi (20)
- Saf etanol içeren örnek hücreleri ile aynı sayıda hortumlardan oluşan referans hücresi (21),
- Herhangi bir kusur durumu içermeyen fononik kristalin dağınım bandlarından oluşan fononik kristalin yığımsal yapı bandları (22),
- Fononik kristal boyunca iletimi mümkün olmayan akustik dalgaların sahip oldukları frekans aralığından oluşan Akustik Band Aralığı (23),

- Fononik kristaldeki dalga kılavuzu yapısında hapsedilerek ilerleyebilecek dalgaların dağınım grafiğinden oluşan Çizgisel Dalga Kılavuzu İletim Bandı (24),
- İnterferometrenin saf etanol örnek için çıkışta ölçülen 200 kHz dolayındaki rezonans piki (25) içermektedir.

Fononik kristal dalga kılavuzu (giriş/çıkış dalga kılavuzu) (17): Periyodik elastik yapılar olan fononik kristallerde çizgisel giriş/çıkış dalga kılavuzları (17) ultrasonik dalgaların az kayıpla yönlendirilmesinde kullanılmaktadır. Buluş konusu üründe giriş/çıkış dalga kılavuzu (17) tasarımı çelik çubuklardan (15) oluşan fononik kristalde içinde saf etanol veya etanol-metanol karışımı bulunan polietilen hortum (boru) (16) şeklinde tasarlanmıştır. Fononik kristallerin boyutları küçüldükçe çalışma frekansları arttığından, geliştirilen ürün ile mikrolitre mertebesindeki hacimlerdeki sıvı karışımlarında hassas algılama yapabilmektedir. Ürün sıvı algılayıcı olduğundan, derişimi belirlenecek karışım polietilen hortumlara (16) şırınga, pompa, vb. vasıtasıyla enjekte edilebilir ve iki ölçüm arasında örnek haznesi saf etanol ile yıkanabilir.

Giriş/çıkış dalga kılavuzu (17) tasarımında kritik bir teknik özellik, hortumun içindeki (etanol veya etanol-metanol karışımı) ve dışındaki (su) sıvılar (14) ile polietilen hortum (16) malzemesinin akustik empedans uyumudur. Polietilen, esnek, dayanıklı ve ince duvar kalınlıklarında üretilebilir olmasının yanı sıra, $Z=2.93 \times 10^6 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{s}$ akustik empedansı suyunkine ($Z=1.48 \times 10^6 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{s}$) yakın olan bir malzemedir. Bu nedenle, sıvı-katı-sıvı geçişlerinde akustik dalgaların yansıması ve dolayısıyla sinyal kaybı en düşük düzeyde olacaktır.

T dallanması (18) ve sinyal dallanması (6): Fononik kristal dalga kılavuzları 90 derece bükümlerle “T” dallanma yaparak yönlendirilen dalganın yön değiştirmesinde kayıpları en aza indirmekte ve interferometre tasarımını sadeleştirmektedir. Ayrıca, T dallanması (18) ve sinyal dallanması (6) sisteme gönderilen ultrasonik dalganın yani giriş sinyalinin (5) özdeş iki kola ayrılması için kritik önem sahiptir.

Akustik girişim (8): Mach-Zehnder interferometresinde (4) akustik yol istenilen uzunlukta tasarlanabilmektedir. Bu da örnek hücresindeki faz gecikmesinden kaynaklanan interferometre çıkışındaki akustik girişimi (8) daha etkin hale getirip sıvı karışım oranının yüksek hassasiyetle belirlenmesini sağlamaktadır.

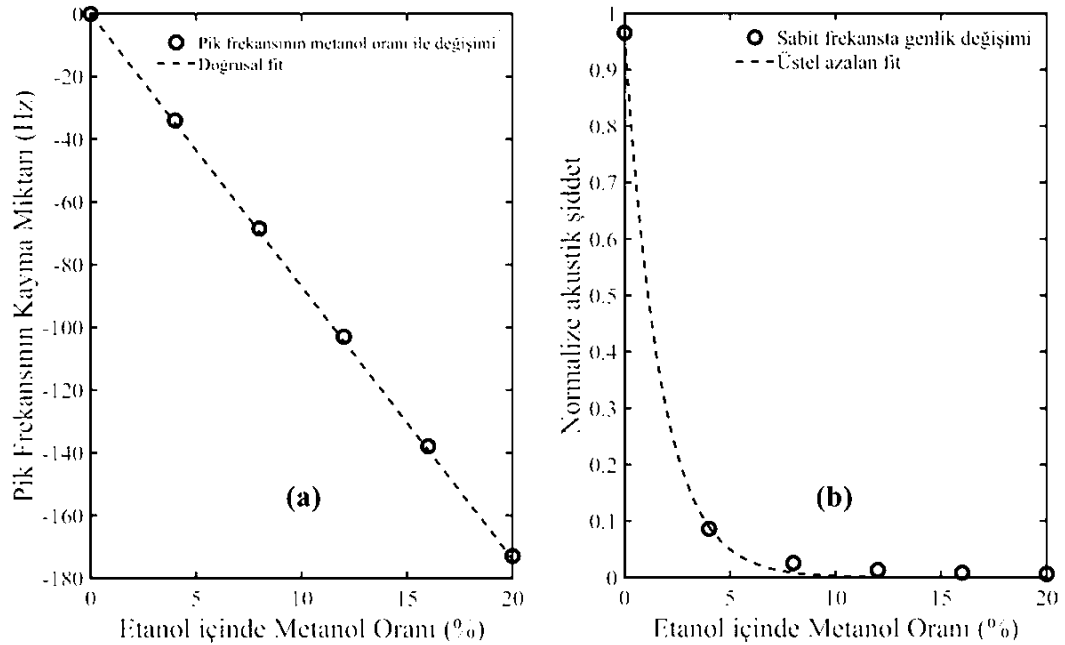
5

Piezoelektrik alıcı ultrasonik transdüser (3B) ve verici ultrasonik transdüser (3A): Buluş konusu üründe kullanılan piezoelektrik disk biçimindeki verici ultrasonik transdüser (3A)-alıcı ultrasonik transdüser (3B) çifti, rezonans frekansları dalga kılavuzu iletim bandı (24) ile eşleştirilerek sıvı karışım oranlarının yüksek hassasiyetle ölçümüne olanak sağlamaktadır. Ayrıca, interferometre Gaussian atımlarla uyarılarak kısa sürede çok sayıda ölçümün ortalaması alınarak ölçüm hassasiyeti daha da artırılabilir.

İnterferometrik sıvı algılayıcı şu şekilde çalışmaktadır: Sinyal üretici (1) tarafından üretilen giriş sinyali (5) radyo frekans gerilim yükselteci (2) ile yükseltmekte ve hoparlör olarak görev yapan verici ultrasonik transdüser (3A) iletilmektedir. (Şekil-1) Transdüserden yayılan ultrasonik ses dalgaları çelik çubuklar (15) ve polietilen hortumdan (16) oluşan Mach-Zehnder interferometresine (4) ulaşmaktadır. (Şekil-1) Giriş dalga kılavuzundan ilerleyen giriş sinyali (dalga) (5), eşit şiddetle ikiye ayrılarak örnek kolu ve referans kolu boyunca her biri 90° bükümler (19) vasıtasıyla iki kez yön değiştirerek ilerlemektedir. (Şekil-1) Kollarda örnek hücreleri (7A, 20) ve referans hücrelerinden (7B, 21) geçerek faz farkı kazanan dalgalar, çıkış sinyalinde (13) yani dalga kılavuzunda akustik girişime (8) uğramakta ve mikrofon olarak görev yapan alıcı ultrasonik transdüser (3B) iletilmektedir. Yükselteç ile yükseltilecek çıkış sinyali (9) dijital/analog çevirici (10) ile bilgisayara (11) aktarılmaktadır. Girişten gönderilen giriş sinyali (5) rezonans piki (25) (Şekil-4) yani frekansı olarak adlandırılan belirli bir frekansta Mach-Zehnder interferometresi (4) boyunca ilerlemekte ve örnek hücresi (7A) ve referans hücrelerinden (7B) gelen dalgaların akustik girişimi (8) sonucu elde edilen bileşke dalga şiddeti yani çıkış sinyali (9) çıkışta alıcı ultrasonik transdüser (3B) vasıtası ile ölçülebilmektedir. (Şekil-1)

Laser kesim ve CNC torna ile hazırlanan silindirik paslanmaz çelik çubuklar (15) ile polietilen hortum (16), delrin destek levhaları arasında Mach-Zehnder interferometresi (4) mimarisinde monte edilmiştir. (Şekil-4) Saf etil alkol giriş/çıkış dalga kılavuzları (17), T dallanmalar (18) ve referans hücresindeki (21), metil/etil alkol karışımı da örnek hücresindeki (20) hortumların içerisine enjekte edilmektedir. Burada hortum ile içerisine enjekte edilen sıvıların giriş sinyalini dağınımsız olarak ileten bir girişi/çıkış dalga kılavuzu (17) gibi davranması amaçlanmaktadır.

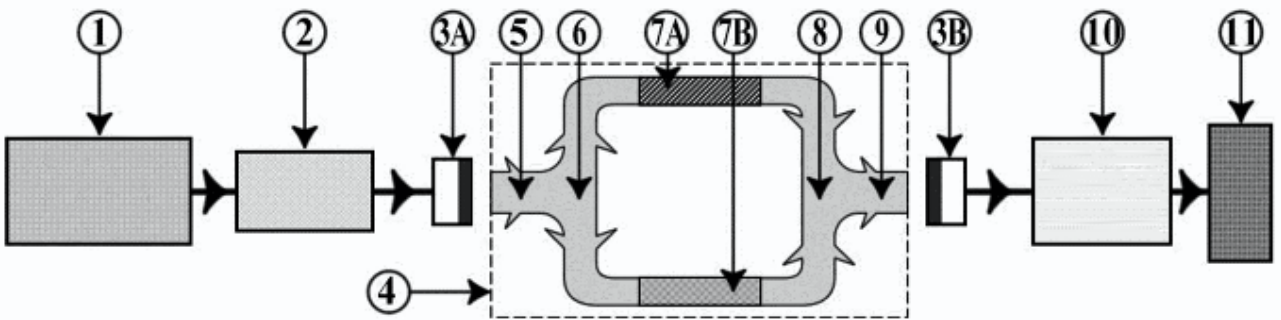
- 10 Örnek kolundaki örnek hücresinin (7A) metanol oranının değişmesi ile rezonans frekansı (piki) (25) belirgin ölçüde kaymaktadır (Şekil-4). Artan metanol oranıyla düşük frekanslara (kırmızıya) kaymanın sayısal olarak hesaplanan değerler ile karşılaştırılması ile etanol içerisine karışan/karıştırılan metanol oranı belirlenebilmektedir. Pik frekansı (rezonans piki) (25) kullanılan piezoelektrik alıcı
- 15 ultrasonik transdüserin (3B) ve verici ultrasonik transdüserin (3A) rezonans frekansı olan 200 kHz en yakın olan iletim pikinin tepe değerini veren frekans olarak seçilmiştir (Şekil-4).



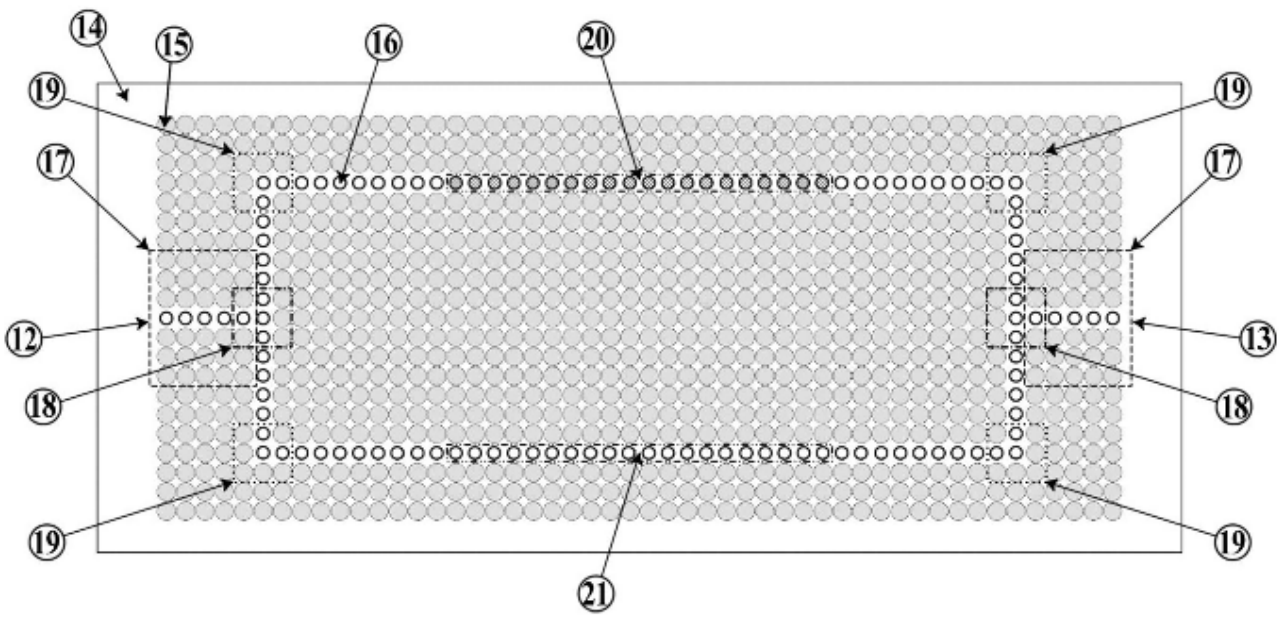
20 Tablo 1- (a) Pik frekans kaymasının ve (b) sabit frekansta akustik şiddetin metanol oranı ile değişimi.

- Rezonans pik (25) frekansı etanol içindeki metanol oranı arttıkça doğrusal olarak daha düşük değerlere kaymaktadır (Tablo-1a). %0-%20 aralığında doğrusal değişim gözlenmesi, ürünün etanol içerisindeki metanolü yüksek duyarlılıkla belirlemesini sağlamaktadır. Metal oranındaki birim değişim başına kayma oranı
- 5 $\Delta f = -8.7$ Hz/% olmaktadır. Rezonans pikinin genişliği yaklaşık 20 Hz ve pikin kalite faktörü $Q=10,000$ olduğundan (Şekil-4), bu değişim standart elektronik ekipmanla kolaylıkla ölçülebilir. Bu nedenle buluş konusu ürün etanol içerisindeki metanol oranının yüksek hassasiyetle belirlenmesinde kullanılabilir.
- 10 Üründe pik frekansının metanol oranı, ile kayma miktarı elektriksel sinüs dalgasının frekansı değiştirilerek her bir frekansta çıkış genliği ölçülerek belirlenmektedir. Alternatif olarak, tek bir seferde yeterince geniş bir frekans aralığını kapsayan bir Gaussyen zarfı atma kullanılıp çıkış sinyalinin frekans spektrumu hesaplanarak hızlı cevap süresi sağlanabilir. Ayrıca, sabit bir frekansta akustik şiddet artan
- 15 metanol oranı ile üstel olarak azalmaktadır (Tablo-1b). Bu durum da metanol oranının hassas biçimde belirlenmesinde kullanılabilir.
- Yöntemde çalışma sıcaklığı olarak oda sıcaklığı (20 °C) seçilmiştir. Saf etanol ve saf metanol için ses hızı (c) değerleri Referans-1'den (Referans 1: Kiyohara O.
- 20 Benson G.C. (1979) Ultrasonic Speeds and Isentropic Compressibilities of n-Alkanol + n-Heptane Mixtures at 298.15 K. J.Chem.Thermodyn. 11 861-873.); yoğunluk (ρ) değerleri ise Referans-2'den (Referans-2: <http://ddbonline.ddbst.de/DIPPR105DensityCalculation/DIPPR105CalculationCGI.exe>) alınmıştır ve bu değerler su, saf etanol ve saf metanol için şöyledir:
- 25 $c_{su}=1482.40$ m/s, $c_{etanol}=1142.29$ m/s, $c_{metanol}=1103.00$ m/s, $\rho_{su}=998.200$ kg/m³, $\rho_{etanol}=783.924$ kg/m³, $\rho_{metanol}=786.500$ kg/m³. Buluşta etanol içerisindeki metanolün ağırlıkça %20 oranına kadar karışması durumu için incelemeler yapılmıştır, daha yüksek metanol konsantrasyonlarında inceleme yapılmamıştır. Polietilen hortum için yoğunluk değeri $\rho_{PE}=930$ kg/m³, Young Modülü $E_{PE}= 1.06$
- 30 GPa, Poisson Oranı da $\nu_{PE}=0.40$ olarak alınmıştır. Çelik için bu değerler, sırasıyla $\rho_{çelik}=7850$ kg/m³, $E_{çelik}= 205$ GPa ve $\nu_{çelik}=0.28$ olarak alınmıştır. Tüm hesaplamalar Sonlu Elemanlar Yöntemi (Finite-Element Method, FEM) kullanılarak yapılmıştır.

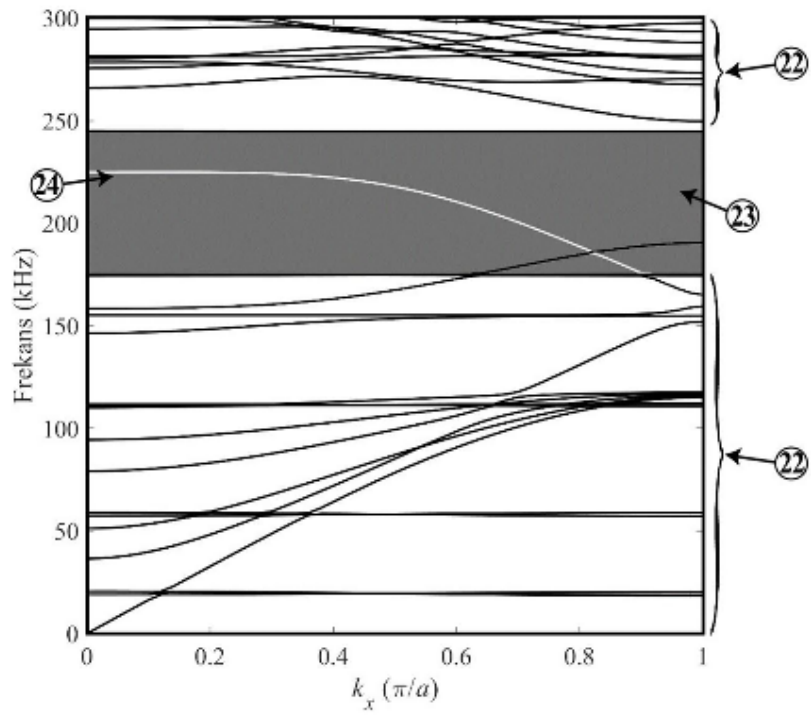
- Buluşun alternatif uygulamalarında buluş konusu ürün, interferometrik çalışma içermeyen doğrusal giriş/çıkış dalga kılavuzları (17) kullanılarak oluşturulabilir. Ayrıca, fononik kristalde etkileşen nokta kusur durumlarından yararlanılarak da
- 5 oluşturulabilir. Alternatif olarak Mach-Zehnder interferometresi T dallanması (18) yerine Y dallanması ile tasarlanabilir. Ayrıca, sistemde kullanılan polietilen hortumların (16) türleri, birbirlerine bağlanma şekilleri ve örneği manuel yerine peristaltik pompa ile yükleme gibi alternatifler olabilmektedir.



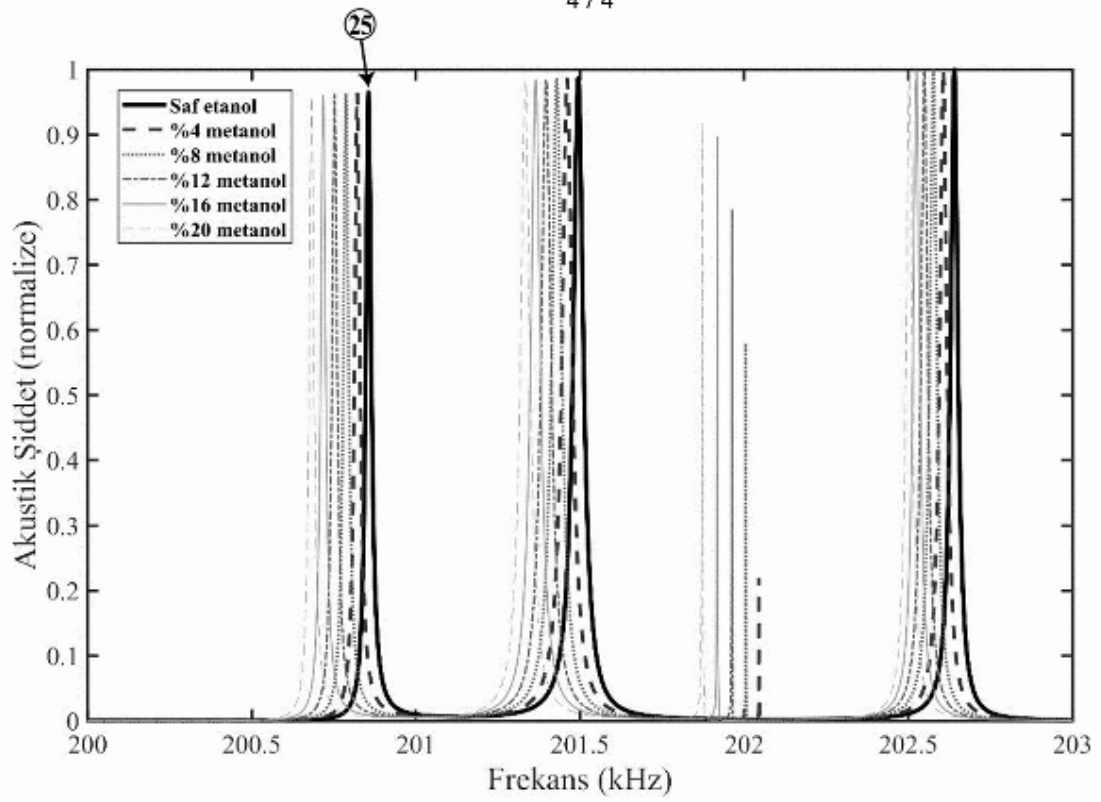
Şekil-1



Şekil-2



Şekil-3



Şekil-4