ÖZET
BİR KALINLIK ÖLÇÜM SİSTEMİ

Bu buluş, bir gövde (2), gövde (2) üzerine kaplanarak fiziksel özelliklerin iyileştirilmesini ve/veya dış etkenlerden koruma sağlayan en az bir katman (3), elektromanyetik sinyallerin iletilmesi ve/veya yansıması yoluyla katman (3) kalınlığının ölçülmesini sağlayan bir algılayıcı (4), algılayıcıdan (4) aldığı verileri işleyerek katman (3) kalınlık değerinin hesaplanmasını sağlayan bir işlemci birimi (5) ile ilgilidir.

İSTEMLER

1. Bir gövde (2), gövde (2) üzerine kaplanarak fiziksel özelliklerin iyileştirilmesini ve/veya dış etkenlerden koruma sağlayan en az bir katman (3), elektromanyetik sinyallerin iletilmesi ve/veya yansıması yoluyla katman (3) kalınlığının ölçülmesini sağlayan bir algılayıcı (4), algılayıcıdan (4) aldığı verileri işleyerek katman (3) kalınlık değerinin hesaplanmasını sağlayan bir işlemci birimi (5) **içeren,** meta malzeme tabanlı iç içe geçmiş halka (split-ring) yapısında üretilen ve gövde (2) ile arasında mesafe olacak şekilde konumlandırılan algılayıcı (4), algılayıcı (4) üzerinde yer alan aralarında sinyal aktarımına olanak sağlayan birden fazla bağlantı noktası (6), bağlantı noktaları (6) arasında iletilen sinyal enerjisinin (E) minimum olduğu frekans değerinin tespit edilmesini ve katman (3) kalınlık değeri ile eşleştirilmesini sağlayan böylelikle gövde (2) üzerinde yer alan katman (3) kalınlık değerinin temassız olarak tespit edilmesini sağlayan bir işlemci birimi (5) **ile karakterize edilen** bir kalınlık ölçüm sistemi (1).

2. Algılayıcı (4) üzerinde yer alan ve bağlantı noktaları (6) arasında sinyal iletimini sağlayan bir mikroşerit yapı (7), mikroşerit yapı (7) üzerine sinyal gönderilmesine olanak sağlayan bir birinci bağlantı noktası (601), birinci bağlantı noktasından (601) gönderilen ve mikroşerit yapı (7) üzerinden iletilen sinyalin alınmasını sağlayan bir ikinci bağlantı noktası (602), birinci bağlantı noktası (601) ve ikinci bağlantı noktası (602) ile bağlantılı şekilde yer alan, bağlantı noktaları (6) arasında iletilen sinyal enerjisi (E) değişiminin maksimum olduğu frekans değerini kullanıcı tarafından önceden belirlenen katman (3) kalınlık değerleri ile eşleştirerek katman (3) kalınlığının eş zamanlı olarak tespit edilmesini sağlayan bir işlemci birimi (5) **ile karakterize edilen** istem 1'deki gibi bir kalınlık ölçüm sistemi (1).

3. Gövde (2) üzerine katman (3) uygulanmasını sağlayan bir kaplama cihazı (8), kaplama cihazı üzerinde yer alan ve gövde (2) üzerine uygulanan katman (3) kalınlığının kaplama işlemi ile eş zamanlı olarak ölçülmesini sağlayan algılayıcı (4) **ile karakterize edilen** istem 1 veya istem 2'deki gibi bir kalınlık ölçüm sistemi (1).

4. Gövdenin (2) bilgisayar ortamında modellenmesi ile oluşturulan bir katı model (9), kaplama cihazı (8) üzerinde yer alan ve kaplama cihazı (8) ile eşlenik olarak hareket eden bu sayede kaplama işlemi esnasında gövde (2) üzerine uygulanan katman (3)

kalınlığının anlık olarak ölçülmesini sağlayan algılayıcı (4) ve ölçülen katman (3) kalınlığının eş zamanlı olarak katı model (9) üzerinde gösterilmesine olanak sağlayan işlemci birimi (5) **ile karakterize edilen** istem 3'teki gibi bir kalınlık ölçüm sistemi (1).

5. Her bir gövde (2) ve her bir katmanın (3) imal edildiği malzeme çeşidine göre değişkenlik gösteren ve farklı malzeme çeşitleri için kullanıcı tarafından önceden belirlenen frekans değerlerinin yer aldığı birden fazla tepki frekans aralığı (TF), malzeme çeşidine uygun olarak algılayıcı (4) tepki frekans aralığı (TF) seçilmesine olanak sağlayan işlemci birimi (5) **ile karakterize edilen** yukarıdaki istemlerden herhangi birindeki gibi bir kalınlık ölçüm sistemi (1).

6. Tepki frekans aralığı (TF) içerisinde yer alan ve kullanıcı tarafından önceden belirlenen katman (3) kalınlığı değerlerine karşılık gelen birden fazla ölçüm frekansı (10), ölçüm frekansı (10) değerlerinin kaydedildiği bir hafıza birimi (11), algılayıcı (4) vasıtası ile tespit edilen frekans değeri ile hafıza biriminde (11) yer alan ölçüm frekansı (10) değerlerini eşleştirerek katman (3) kalınlığının hesaplanmasını sağlayan algoritmaya sahip işlemci birimi (5) **ile karakterize edilen** istem 5'teki gibi bir kalınlık ölçüm sistemi (1).

7. Algılayıcı (4) vasıtası ile tespit edilen frekans değeri hafıza birimi (11) içerisinde kayıtlı olan katman (3) kalınlık değerleri ile bire bir eşleşmediği durumda interpolasyon işlemi gerçekleştirerek katman (3) kalınlığı hesaplanmasına olanak sağlayan algoritmaya sahip işlemci birimi (5) **ile karakterize edilen** istem 6'daki gibi bir kalınlık ölçüm sistemi (1).

8. Algılayıcı (4) üzerinde boylu boyunca uzanan bir mikroşerit yapı (7) vasıtasıyla tetiklenen, mikroşerit yapı (7) ile gövde (2) arasında kalacak şekilde yer alan iç içe geçmiş halka (split-ring) rezonatör yapısında birden fazla meta malzeme hücresi (12) **ile karakterize edilen** istem 2 ila istem 7'deki gibi bir kalınlık ölçüm sistemi (1).

9. Katman (3) ile kaplanan gövde (2) ile arasında üretici tarafından önceden belirlenen bir mesafe kalacak şekilde gövdeye (2) yaklaştırıldığında endüktif ve kapasitif değerleri değişkenlik gösteren bu sayede birinci bağlantı noktası (601) ve ikinci bağlantı noktası (602) arasında iletilen sinyalin genliğinde azalma oluşturan ve genlik

azalmasına bağlı olarak sinyal enerjisinin (E) minimum olduğu frekans değeri, katman (3) kalınlığı artışı ile orantılı olarak artış gösteren algılayıcı (4) **ile karakterize edilen** istem 2 ila istem 8'deki gibi bir kalınlık ölçüm sistemi (1).

10. Birinci bağlantı noktası (601) ve ikinci bağlantı noktası (602) arasındaki S21 saçılım parametresini kullanarak algılayıcı (4) üzerinde iletilen sinyalin genlik değerinin minimum olduğu rezonans frekans değerinin tespit edilmesini sağlayan bir işlemci birimi (5) **ile karakterize edilen** istem 2 ila istem 9'daki gibi bir kalınlık ölçüm sistemi (1).

11. Denetimli öğrenme mekanizmaları vasıtası ile önceden belirlenen gövde (2) ve katman (3) malzemeleri için ölçüm frekansı (10) değerleri kullanılarak makine öğrenmesi işlemi gerçekleştirilen böylelikle algılayıcı (4) tarafından ölçülen frekans değeri ve katman (3) kalınlık değeri arasındaki ilişkinin tespit edilmesini sağlayarak farklı gövde (2) ve katman (3) malzeme çeşitleri ve farklı katman (3) kalınlıkları için kullanıma uygun hale getirilen yapay sinir ağı algoritmasına sahip işlemci birimi (5) **ile karakterize edilen** istem 6 ila istem 10'daki gibi bir kalınlık ölçüm sistemi (1).

12. Kullanıcı tarafından gövde (2) ve katman (3) malzemesi seçilmesine olanak sağlayan bir giriş birimi (13), katman (3) kalınlığı değerinin kullanıcıya gösterilmesini sağlayan bir çıkış birimi (14), giriş birimi (13) vasıtası ile seçilen malzeme çeşidine göre hafıza biriminde (11) kayıtlı olan ölçüm frekansı (10) değerlerini kullanarak katman (3) kalınlığının tespit edilmesini ve çıkış birimi (14) aracılığıyla kullanıcıya gösterilmesini sağlayan işlemci birimi (5) **ile karakterize edilen** istem 6 ila istem 11'deki gibi bir kalınlık ölçüm sistemi (1).

13. Gövde (2) ile algılayıcı (4) arasındaki mesafenin ölçülmesini sağlayan bir uzaklık ölçüm cihazı (15), gövde (2) ile algılayıcı (4) arasındaki mesafe kullanıcı tarafından önceden belirlenen değerden farklı olduğunda uyarı veren ve algılayıcının (4) gövde (2) ile algılayıcı (4) arasındaki mesafeyi azaltacak ve/veya arttıracak şekilde hareketlendirilmesini sağlayan böylelikle gövde (2) ile algılayıcı (4) arasındaki uzaklığın kullanıcı tarafından önceden belirlenen bir değerde tutulmasını sağlayan işlemci birimi (5) **ile karakterize edilen** yukarıdaki istemlerden herhangi birindeki gibi bir kalınlık ölçüm sistemi (1).

14. Algılayıcı (4) üzerine periyodik olarak yerleştirilen birden fazla meta malzeme hücresi (12) **ile karakterize edilen** istem 8 ila istem 13'teki gibi bir kalınlık ölçüm sistemi (1).

15. Boyutları değiştirilerek çalışma frekansı değerinin değişmesi sağlanan bu sayede ölçüm hassasiyeti ayarlanabilen meta malzeme hücresi (12) **ile karakterize edilen** istem 8 ila istem 14'deki gibi bir kalınlık ölçüm sistemi (1).

TARİFNAME
BİR KALINLIK ÖLÇÜM SİSTEMİ

Bu buluş, yüzeylere uygulanan boya ve/veya kaplama kalınlığının ölçülmesini sağlayan kalınlık ölçüm sistemleri ile ilgilidir.

Hava ve/veya uzay araçlarında kızılötesi ile RF sinyallerini soğurarak termal kameralara, radar sistemlerine karşı görünmezliği sağlamak ve/veya parçaları dış ortamın yıpratıcı etkilerinden korumak amacıyla çeşitli boyama ve kaplama işlemleri gerçekleştirilmektedir. Tekniğin bilinen durumunda parçalara uygulanan boya kalınlığının ölçülmesi için yüzeye temas ederek çalışan manyetik indüktif, girdap veya ultrasonik özellikte ölçüm cihazları kullanılmakta bu durum boyanın kuruması için beklenmesini gerektirdiği için uzun vakit almaktadır. Buna ek olarak temassız ölçüm sağlayan bazı yöntemler mevcut olsa da hassasiyet ve ölçüm hızı açısından pratik ve yeterli olmamaktadır.

Meta malzemeler periyodik yapıda bulunan ve doğada bulunan malzemelere kıyasla daha sıra dışı elektromanyetik özellikler gösterebilecek şekilde tasarlanabilmeleri sebebiyle sensör uygulamalarında kullanıma uygun malzemelerdir. En yaygın olarak bilinen ve kullanılan meta malzeme yapıları arasında dikdörtgen ve dairesel geometride üretilen iç içe geçmiş halkalar (split ring) yer almaktadır. Meta malzemeler kullanılarak üretilen sensör yapıları, hızlı ve hassas sonuç elde edilmesi sebebiyle üzerinde çalışma yürütülen konular arasında yer almaktadır.

Tekniğin bilinen durumuna dâhil olan US7898265 sayılı Amerika Birleşik Devletleri menşeili patent dokümanında yüzeye mikrodalga kaynağı vasıtası ile ışınlar gönderip iletilmesi ve yansıtılması özellikleri sensörler ile tespit edilmektedir. Bu sayede yüzeye uygulanan boya kalınlığı değerinin ölçülebildiği açıklanmaktadır.

Bu buluşla geliştirilen bir kalınlık ölçüm sistemi, yüzey üzerinde yer alan boya veya katman kalınlığının ölçülmesi işleminin daha pratik ve güvenilir olarak gerçekleştirilmesini sağlamaktadır.

Bu buluşun bir diğer amacı, farklı malzemelerden üretilen yapı üzerine uygulanan kaplama kalınlık değerinin daha hassas ve verimli bir sistem ile ölçülmesidir.

Bu buluşun başka bir amacı da hava aracı üzerine uygulanan boyanın kalınlık değerini daha güvenli ve hızlı şekilde tespit eden bir ölçüm sistemi gerçekleştirmektir.

Buluşun amacına ulaşmak için gerçekleştirilen, ilk istem ve bu isteme bağlı istemlerde tanımlanan kalınlık ölçüm sistemi, kara, hava ve/veya uzay aracı olabilen bir gövde, gövde üzerine kaplanarak radarlara ve termal kameralara karşı görünmezlik sağlayan ve/veya gövdenin nem, sıcaklık, yıldırım gibi doğal etkilerden ve balistik etkilerden korunmasına yardımcı olan bir katman içermektedir. Gövde malzemesi metalik olabileceği gibi kauçuk, plastik, polimer ve kompozit olabilmektedir. Kalınlık ölçüm sistemi algılayıcı üzerinden iletilen ve/veya alınan elektriksel veya manyetik özellikteki sinyallerin iletilmesi ve/veya sinyalin gövde üzerinden yansıması prensipleri kullanılarak, gövde üzerine kaplanan katman kalınlığı ile gövdenin elektromanyetik geçirgenlik katsayısı arasındaki ilişkiye bağlı olarak ölçülmesine olanak sağlamaktadır. Algılayıcı tarafından alınan veriler, bir işlemci birimi vasıtası ile anlamlandırılmakta ve istenen kalınlık parametresi türünden ifade edilmektedir.

Buluş konusu kalınlık ölçüm sistemi, iç içe geçmiş halka (split-ring) yapıda sıralı olarak yerleştirilmiş birden fazla meta malzeme hücresinden oluşan ve gövde ile temas etmeyecek şekilde gövdeye yaklaştırılarak katman kalınlığı ölçülmesine olanak sağlayan algılayıcı içermektedir. Algılayıcı üzerinde gövdeye yakınlık sırasına göre, meta malzeme hücreleri, metalik malzemeden oluşan ve üzerinden sinyal iletilmesi ile meta malzeme hücrelerini tetikleyen mikroşerit yapı yer almaktadır. Algılayıcı üzerinde mikroşerit yapının her iki tarafında yer alan ve aralarında sinyal aktarımına olanak sağlayan birden fazla bağlantı noktası bulunmaktadır. Birinci bağlantı noktası vasıtası ile algılayıcı üzerine sinyal gönderilmekte ve gönderilen sinyal ikinci bağlantı noktasına iletilmektedir. Algılayıcı gövdeye aralarında önceden belirlenmiş bir mesafe kalacak kadar yaklaştırıldığında gövde ile algılayıcı arasında gerçekleşen etkileşim sebebiyle bağlantı noktaları arasında iletilen sinyalin genliği ve enerjisi (E) belirli bir frekans değerinde minimum değerini alacak şekilde parabolik azalma göstermektedir. Algılayıcı bağlantı noktaları arasında iletilen sinyal enerji değişiminin en fazla olduğu frekans değerinin tespit edilmesini, işlemci birimi bulunan frekans değerinin kullanıcı tarafından önceden belirlenmiş olan katman kalınlık değeri ile eşleştirilmesi işlemlerini gerçekleştirmektedir. Böylelikle gövde üzerinde yer alan katman kalınlık değerinin temassız olarak tespit edilmesi sağlanmaktadır.

Buluşun bir uygulamasında, kalınlık ölçüm sistemi, algılayıcı yapısında yer alan ve iki ucunda yer alan bağlantı noktaları arasında sinyal taşınmasını sağlayan bir mikroşerit yapı ve sinyal kaynağı vasıtasıyla mikroşerit yapı üzerine sinyal gönderilmesini sağlayan bir birinci bağlantı noktası ve birinci bağlantı noktasından gönderilerek mikroşerit yapı üzerinden iletilen sinyalin alınmasını sağlayan bir ikinci bağlantı noktası bulundurmaktadır. İşlemci birimi,birinci bağlantı noktası ve ikinci bağlantı noktası arasında mikroşerit yapı vasıtasıyla aktarılan sinyalin enerji (E) değişiminin maksimum olduğu frekans değerine karşılık gelen katman kalınlık değeri tespit etmektedir. İşlemci birimi, kullanıcı tarafından önceden belirlenerek hafıza birimine kaydedilen frekanslara karşılık gelen katman kalınlık değerleri ile ölçülen frekansın eşleştirme işlemini gerçekleştirerek katman kalınlığının eş zamanlı olarak tespit edilmesini sağlamaktadır.

Buluşun bir uygulamasında, kalınlık ölçüm sistemi, gövde üzerine katman uygulanmasını sağlayan bir kaplama cihazı içermektedir. Algılayıcı, kaplama cihazı üzerine yerleştirilerek gövde üzerinde her bir bölgeye uygulanan katman kalınlığı değerini katman uygulama işleminin hemen sonrasında anlık olarak ölçerek tespit etmektedir.

Buluşun bir uygulamasında, kalınlık ölçüm sistemi, gövdenin şekil ve boyutlarının girilmesi ile işlemci tarafından oluşturulan katı model, gövde şeklini katı model üzerinden takip ederek gövde dış yüzeyi üzerine katman kaplanmasını sağlayan kaplama cihazı içermektedir. Algılayıcı, kaplama cihazı üzerinde kaplama uygulayan uzuv üzerinde yer almakta ve kaplama cihazı ile eşlenik olarak hareket ederek kaplama işlemi esnasında gövde üzerine uygulanan katman kalınlığının uygulama anında ölçülmesini sağlamaktadır. Böylelikle algılayıcı tarafından ölçülen katman kalınlığı değerleri işlemci tarafından eş zamanlı olarak katı model üzerinde gösterilebilmektedir.

Buluşun bir uygulamasında, kalınlık ölçüm sistemi, gövde ve katmanın üretildiği malzeme çeşidine göre farklı frekans değerlerini kapsayacak şekilde değişkenlik gösteren ve her bir malzeme çeşidi için kullanıcı tarafından önceden belirlenerek hafızaya kaydedilen frekans değerlerinin yer aldığı birden fazla tepki frekans aralığı (TF) içermektedir. İşlemci birimi kullanılarak kaydedilmiş olan veri seti içerisinden ilgili veriler seçilmekte ve malzeme çeşidine uygun olarak algılayıcı tepki frekans aralığı (TF) belirlenmektedir. Bu sayede

algılayıcının katman kalınlığı tespiti için seçilen frekans aralığına odaklanması sağlanmaktadır.

Buluşun bir uygulamasında, kalınlık ölçüm sistemi, her bir tepki frekans aralığı (TF) içerisinde kullanıcı tarafından önceden belirlenerek sisteme girdi olarak verilen ve hafıza biriminde kayıtlı olan, katman kalınlığını ifade eden birden fazla ölçüm frekansı verileri içermektedir. İşlemci birimi içerisinde yer alan algoritma sayesinde algılayıcı vasıtası ile anlık olarak tespit edilen frekans değeri ile hafıza biriminde kayıtlı bulunan ölçüm frekansı değerleri eşleştirilerek katman kalınlığını hesaplanmaktadır.

Buluşun bir uygulamasında, kalınlık ölçüm sistemi, algoritma vasıtası ile ölçüm frekansı ve anlık olarak algılayıcı tarafından belirlenen frekans değerlerini karşılaştırmaktadır. Bu karşılaştırma sonucunda anlık olarak algılayıcı tarafından belirlenen frekans değeri önceden kaydedilen veriler arasında herhangi bir katman kalınlık değeri ile eşleşmiyorsa işlemi birimi yazılımı ile interpolasyon işlemi gerçekleştirerek katman kalınlığı hesaplanmaktadır.

Buluşun bir uygulamasında, kalınlık ölçüm sistemi, algılayıcı üzerinde metamalzeme hücreleri, hemen altında kalacak şekilde doğrusal olarak uzanan bir mikroşerit hat vasıtasıyla sinyal gönderilerek tetiklenmektedir. Algılayıcı yapısında ölçüm esnasında mikroşerit hat ile gövde arasında kalacak şekilde yer alan dairesel, dikdörtgen, altıgen gibi farklı geometrik yapılarda üretilebilen iç içe geçmiş halka (split-ring) rezonatör yapısında kullanıcı tarafından belirlenen sayıda meta malzeme hücresi bulunmaktadır.

Buluşun bir uygulamasında, kalınlık ölçüm sistemi, katman ile arasında 1 milimetre aralık kalacak şekilde katman ile kaplanan gövdeye yaklaştırıldığında eşdeğer devre gösteriminde yer alan endüktans ve kapasitans değerleri değişkenlik gösteren bir algılayıcı içermektedir. Yüzey ile etkileşimi sonucunda birinci bağlantı noktası ve ikinci bağlantı noktası arasında iletilen sinyalin genliğinde ve buna bağlı olarak sinyal enerjisi (E) değerinde azalma meydana gelmekte ve bu durumun gerçekleştiği frekans değeri, katman kalınlığı artışı ile doğru orantılı olarak artış göstermektedir. Katman kalınlığı arttıkça bu kalınlığa karşı gelen ölçüm frekansı değeri de artmaktadır.

Buluşun bir uygulamasında, kalınlık ölçüm sistemi, birinci bağlantı noktası ve ikinci bağlantı noktası arasında iletilen sinyalin grafiksel ifadesi olan S21 saçılım parametresini kullanarak algılayıcı üzerinde iletilen sinyalin genlik değerinin minimum olduğu rezonatörlerin tepkisel davranış gösterdiği ve sinyalin genliğinin düştüğü frekans değerinin tespit edilmesini sağlayan bir işlemci birimi içermektedir.

Buluşun bir uygulamasında, kalınlık ölçüm sistemi, yapay zeka algoritmasına sahip bir işlemci birimi içermektedir. Yapay sinir ağı, gövde ve katman için üretici tarafından önceden belirlenen malzemelere göre çeşitli katman kalınlığı ve ölçüm frekansı değerleri girdi olarak verilerek makine öğrenmesi metotları ile eğitilmektedir. Yapay sinir ağları, girdi olarak verilen verileri kullanarak, algılayıcı tarafından ölçülen frekans değeri ve katman kalınlık değeri arasındaki ilişkinin tespit edilmesini sağlamaktadır. Bu sayede kalınlık ölçüm sistemi değişkenlik gösterebilen gövde/katman malzeme çeşitleri ve kalınlıkları için kullanıma uygun hale getirilebilmektedir.

Buluşun bir uygulamasında, kalınlık ölçüm sistemi, kullanıcı tarafından gövde ve katman malzemesi seçilmesine olanak sağlayan bir giriş birimi, katman kalınlığı değerinin kullanıcıya gösterilmesini sağlayan bir çıkış birimi içermektedir. Giriş birimi kullanılarak malzeme çeşidi seçildiğinde işlemci birimi yazılımı vasıtası ile kullanıcın tercih ettiği malzemeye uygun hafıza birimine kaydedilmiş olan ölçüm frekansı verileri kullanılmaktadır. Algılayıcı tarafından belirlenen frekans değeri kayıtlı veriler kullanılarak işlenmekte ve katman kalınlığı tespit edilmektedir, belirlenen kalınlık değeri çıkış birimi aracılığıyla kullanıcıya gösterilebilmektedir.

Buluşun bir uygulamasında, kalınlık ölçüm sistemi, gövde ile algılayıcı arasındaki mesafenin ölçülmesini sağlayan bir uzaklık ölçüm cihazı içermektedir. Gövde ile algılayıcı arasındaki mesafenin ideal değeri önceden belirlenerek hafıza birimine kaydedilmektedir. Uzaklık ölçüm cihazı kullanılarak gövde ile algılayıcı arasındaki mesafe anlık olarak ölçülmekte ve önceden belirlenen değer ile karşılaştırılmaktadır. Ölçülen uzaklık değeri kullanıcı tarafından önceden belirlenen değerden farklı olduğunda uyarı veren ve mesafeyi istenen değere ayarlamak için algılayıcının hareketlendirilmesini sağlayan böylelikle gövde ile algılayıcı arasındaki uzaklığın kullanıcı tarafından önceden belirlenen değerde sabit tutulması işlemi, işlemci birimi tarafından verilen komutlar ile gerçekleştirilmektedir.

Buluşun bir uygulamasında, kalınlık ölçüm sistemi, algılayıcı üzerine periyodik olarak yerleştirilen birden fazla meta malzeme hücresi içermektedir. Aynı geometride oluşturulan çok sayıda meta malzeme hücresi yan yana dizilerek algılayıcı yapısını oluşturmaktadır.

Buluşun bir uygulamasında, kalınlık ölçüm sistemi, boyutları değiştirilerek çalışma frekansı değerinin değişmesi sağlanan bu sayede ölçüm hassasiyeti ayarlanabilen meta malzeme hücresi içermektedir. Bu sayede kalınlık ölçüm sistemi farklı frekans aralıklarında çalışacak şekilde ayarlanabilmektedir.

Bu buluşun amacına ulaşmak için gerçekleştirilen kalınlık ölçüm sistemi ekli şekillerde gösterilmiş olup, bu şekillerden;

Şekil 1 – Kalınlık ölçüm sistemi perspektif görünümüdür.
Şekil 2 – Algılayıcı şematik görünümüdür.
Şekil 3 – Kaplama cihazı ve gövde şematik görünümüdür.
Şekil 4 – Bağlantı noktaları arasında iletilen sinyal enerji (E) değişimi ve frekansa göre fren düzeylerinin grafiksel görünümüdür.
Şekil 5 – Gövde ve katman şematik görünümüdür.

Şekillerdeki parçalar tek tek numaralandırılmış olup bu numaraların karşılıkları aşağıda verilmiştir.

1. Kalınlık Ölçüm sistemi
2. Gövde
3. Katman
4. Algılayıcı
5. İşlemci birimi
6. Bağlantı noktası
   601. Birinci bağlantı noktası
   602. İkinci bağlantı noktası
7. Mikroşerit yapı
8. Kaplama cihazı
9. Katı model

10. Ölçüm frekansı
11. Hafıza birimi
12. Meta malzeme hücresi
13. Giriş birimi
14. Çıkış birimi
15. Uzaklık ölçüm cihazı

(E) Sinyal enerjisi

Kalınlık ölçüm sistemi (1), bir gövde (2), gövde (2) üzerine kaplanarak fiziksel özelliklerin iyileştirilmesini ve/veya dış etkenlerden koruma sağlayan en az bir katman (3), elektromanyetik sinyallerin iletilmesi ve/veya yansıması yoluyla katman (3) kalınlığının ölçülmesini sağlayan bir algılayıcı (4), algılayıcıdan (4) aldığı verileri işleyerek katman (3) kalınlık değerinin hesaplanmasını sağlayan bir işlemci birimi (5) içermektedir (Şekil - 1).

Buluş konusu kalınlık ölçüm sistemi (1), meta malzeme tabanlı iç içe geçmiş halka (split-ring) yapısında üretilen ve gövde (2) ile arasında mesafe olacak şekilde konumlandırılan algılayıcı (4), algılayıcı (4) üzerinde yer alan aralarında sinyal aktarımına olanak sağlayan birden fazla bağlantı noktası (6), bağlantı noktaları (6) arasında iletilen sinyal enerjisinin (E) minimum olduğu frekans değerinin tespit edilmesini ve katman (3) kalınlık değeri ile eşleştirilmesini sağlayan böylelikle gövde (2) üzerinde yer alan katman (3) kalınlık değerinin temassız olarak tespit edilmesini sağlayan bir işlemci birimi (5) içermektedir (Şekil - 2).

Kalınlık ölçüm sistemi (1), metal, kauçuk, plastik veya kompozit malzemeden üretilen bir gövde (2), gövde (2) üzerine kaplanarak RF (kızıl ötesi) görünmezlik sağlayan ve/veya gövdenin (2) nem, sıcaklık, yıldırım gibi doğal etkilerden ve balistik etkilerden korunmasına yardımcı olan bir katman (3) içermektedir. Algılayıcı (4) üzerinde meta malzeme hücreleri (12) altında yer alan mikroşerit yapı (7) vasıtası ile iletilen ve/veya alınan sinyaller kullanılarak gövde (2) üzerine kaplanan katman (3) kalınlığı, gövdenin (2) ve katmanın (3) elektromanyetik geçirgenlik katsayısı ile ilişkili olarak tespit edilmektedir. Algılayıcı (4) tarafından alınan verilen bir işlemci birimi (5) vasıtası ile işlenmektedir.

Algılayıcı (4) yapısında kare veya dikdörtgen şeklinde üretilebilen iç içe geçmiş halka (split-ring) yapıda sıralı olarak yerleştirilmiş birden fazla meta malzeme hücresi (12) yer almaktadır. Gövde (2) ile teması engellenecek şekilde gövdeye (2) yaklaştırılan algılayıcı

(4) ile katman (3) kalınlığı ölçülmesine olanak sağlanmaktadır. Algılayıcı (4) üzerinde mikroşerit yapının (7) her iki tarafında yer alan ve aralarında sinyal aktarımına olanak sağlayan birden fazla bağlantı noktası (6) bulunmaktadır. Birinci bağlantı noktası (601) kullanılarak algılayıcı (4) üzerine sinyal gönderilmekte ve sinyal ikinci bağlantı noktasına (602) iletilmektedir. Algılayıcı (4), gövde (2) ile arasında yaklaşık 1 mm kalacak şekilde katmana (3) yaklaştırıldığında bağlantı noktaları (601-602) arasında iletilen sinyalin genliği ve sinyal enerjisinde (E) meydana gelen değişimin maksimum olduğu frekans değeri tespit edilmekte ve bulunan frekans değeri hafıza birimine (11) önceden kaydedilmiş olan ölçüm frekansı (10) verisi kullanılarak işlemci birimi (5) tarafından katman (3) kalınlık değerine dönüştürülmektedir.

Buluşun bir uygulamasında, kalınlık ölçüm sistemi (1), algılayıcı (4) üzerinde yer alan ve bağlantı noktaları (6) arasında sinyal iletimini sağlayan bir mikroşerit yapı (7), mikroşerit yapı (7) üzerine sinyal gönderilmesine olanak sağlayan bir birinci bağlantı noktası (601), birinci bağlantı noktasından (601) gönderilen ve mikroşerit yapı (7) üzerinden iletilen sinyalin alınmasını sağlayan bir ikinci bağlantı noktası (602), birinci bağlantı noktası (601) ve ikinci bağlantı noktası (602) ile bağlantılı şekilde yer alan, bağlantı noktaları (6) arasında iletilen sinyal enerjisi (E) değişiminin maksimum olduğu frekans değerini kullanıcı tarafından önceden belirlenen katman (3) kalınlık değerleri ile eşleştirerek katman (3) kalınlığının eş zamanlı olarak tespit edilmesini sağlayan bir işlemci birimi (5) içermektedir. İşlemci birimi (5) vasıtasıyla birinci bağlantı noktası (601) ve ikinci bağlantı noktası (602) arasında aktarılan sinyalin enerji (E) değişiminin maksimum olduğu frekans değerine karşılık gelen katman (3) kalınlık değeri tespit edilebilmektedir (Şekil - 3).

Buluşun bir uygulamasında, kalınlık ölçüm sistemi (1), gövde (2) üzerine katman (3) uygulanmasını sağlayan bir kaplama cihazı (8), kaplama cihazı (8) üzerinde yer alan ve gövde (2) üzerine uygulanan katman (3) kalınlığının kaplama işlemi ile eş zamanlı olarak ölçülmesini sağlayan algılayıcı (4) içermektedir. Algılayıcı (4), kaplama cihazını (8) takiben yüzeyi tarayacak şekilde kaplama cihazı (8) ile eşlenik olarak hareketlendirilmektedir. Katman (3) kaplama işleminin hemen sonrasında gövde (2) üzerinde gezdirilen algılayıcı (4) sayesinde katman (3) uygulama anında katman (3) kalınlığının tespit edilmesi sağlanmaktadır (Şekil - 4).

Buluşun bir uygulamasında, kalınlık ölçüm sistemi (1), gövdenin (2) bilgisayar ortamında modellenmesi ile oluşturulan bir katı model (9), kaplama cihazı (8) üzerinde yer alan ve kaplama cihazı (8) ile eşlenik olarak hareket eden bu sayede kaplama işlemi esnasında gövde (2) üzerine uygulanan katman (3) kalınlığının anlık olarak ölçülmesini sağlayan algılayıcı (4) ve ölçülen katman (3) kalınlığının eş zamanlı olarak katı model (9) üzerinde gösterilmesine olanak sağlayan işlemci birimi (5) içermektedir. Algılayıcı (4), kaplama cihazı (8) ile birlikte hareket ederek gövde (2) yüzeyini taramakta böylelikle katman (3) kalınlığı değeri katı model (9) üzerinde haritalama yapılarak gösterilmektedir.

Buluşun bir uygulamasında, kalınlık ölçüm sistemi (1), her bir gövde (2) ve her bir katmanın (3) imal edildiği malzeme çeşidine göre değişkenlik gösteren ve farklı malzeme çeşitleri için kullanıcı tarafından önceden belirlenen frekans değerlerinin yer aldığı birden fazla tepki frekans aralığı (TF), malzeme çeşidine uygun olarak algılayıcı (4) tepki frekans aralığı (TF) seçilmesine olanak sağlayan işlemci birimi (5) içermektedir. Tepki frekansı aralığı (TF) içerisinde farklı malzeme çeşitleri için birden çok ölçüm frekansı (10) değeri yer almaktadır. Bu sayede malzeme çeşidine uygun olarak algılayıcı (4) tepki frekans aralığı (TF) seçilerek algılayıcının (4) katman (3) kalınlığı tespiti için önceden belirlenen tepki frekansı aralığına (TF) odaklanması sağlanmaktadır.

Buluşun bir uygulamasında, kalınlık ölçüm sistemi (1), tepki frekans aralığı (TF) içerisinde yer alan ve kullanıcı tarafından önceden belirlenen katman (3) kalınlığı değerlerine karşılık gelen birden fazla ölçüm frekansı (10), ölçüm frekansı (10) değerlerinin kaydedildiği bir hafıza birimi (11), algılayıcı (4) vasıtası ile tespit edilen frekans değeri ile hafıza biriminde (11) yer alan ölçüm frekansı (10) değerlerini eşleştirerek katman (3) kalınlığının hesaplanmasını sağlayan algoritmaya sahip işlemci birimi (5) içermektedir. Hafıza birimine (11) önceden kaydedilen veri setinde yer alan ölçüm frekansı (10) değerleri algılayıcı (4) ile anlık olarak ölçülen frekans değerleri ile eşleştirilmektedir. Böylelikle hafıza birimine (11) önceden kaydedilmiş olan farklı malzeme çeşitleri için katman (3) kalınlığı tespit edilebilmektedir.

Buluşun bir uygulamasında, kalınlık ölçüm sistemi (1), algılayıcı (4) vasıtası ile tespit edilen frekans değeri hafıza birimi (11) içerisinde kayıtlı olan katman (3) kalınlık değerleri ile bire bir eşleşmediği durumda interpolasyon işlemi gerçekleştirerek katman (3) kalınlığı hesaplanmasına olanak sağlayan algoritmaya sahip işlemci birimi (5) içermektedir. Bu

sayede hafıza biriminde (11) kayıtlı olan ölçüm frekansı (10) değerleri arasında kalan tüm frekans değerleri için katman (3) kalınlığı değeri hesaplanabilmektedir.

Buluşun bir uygulamasında, kalınlık ölçüm sistemi (1), algılayıcı (4) üzerinde boylu boyunca uzanan bir mikroşerit yapı (7) vasıtasıyla tetiklenen, mikroşerit yapı (7) ile gövde (2) arasında kalacak şekilde yer alan iç içe geçmiş halka (split-ring) rezonatör yapısında birden fazla meta malzeme hücresi (12) içermektedir. Mikroşerit yapı (7), her iki ucunda yer alan bağlantı noktaları (6) sayesinde algılayıcı (4) üzerinden sinyal aktarılmasını böylelikle meta malzeme hücrelerinin (12) uyarılmasını sağlamaktadır (Şekil - 5).

Buluşun bir uygulamasında, kalınlık ölçüm sistemi (1), katman (3) ile kaplanan gövde (2) ile arasında üretici tarafından önceden belirlenen bir mesafe kalacak şekilde gövdeye (2) yaklaştırıldığında endüktif ve kapasitif değerleri değişkenlik gösteren bu sayede birinci bağlantı noktası (601) ve ikinci bağlantı noktası (602) arasında iletilen sinyalin genliğinde azalma oluşturan ve genlik azalmasına bağlı olarak sinyal enerjisinin (E) minimum olduğu frekans değeri, katman (3) kalınlığı artışı ile orantılı olarak artış gösteren algılayıcı (4) içermektedir. Algılayıcı (4) ile ölçüm yapılacak yüzey arasındaki mesafe kullanıcı tarafından önceden belirlenen değeri aldığında meta malzeme hücrelerinin (12) gövde (2) ve/veya katman (3) ile etkileşime girmesi sayesinde birinci bağlantı noktası (601) ve ikinci bağlantı noktası (602) arasında iletilen sinyal enerjisi (E) değerinin minimum değerinin elde edildiği frekans değişiklik göstermektedir. Frekans değerindeki değişikliğe bağlı olarak katman (3) kalınlık değeri tespit edilebilmektedir.

Buluşun bir uygulamasında, kalınlık ölçüm sistemi (1), birinci bağlantı noktası (601) ve ikinci bağlantı noktası (602) arasındaki S21 saçılım parametresini kullanarak algılayıcı (4) üzerinde iletilen sinyalin genlik değerinin minimum olduğu rezonans frekans değerinin tespit edilmesini sağlayan bir işlemci birimi (5) içermektedir. Bu sayede bağlantı noktaları (6) arasında iletilen sinyalin grafiksel olarak görüntülenmesi sağlanmakta ve belirlenen tepki frekansı aralığı (TF) içerisinde sinyal enerjisindeki (E) değişimin en fazla olduğu frekans değeri tespit edilebilmektedir.

Buluşun bir uygulamasında, kalınlık ölçüm sistemi (1), denetimli öğrenme mekanizmaları vasıtası ile önceden belirlenen gövde (2) ve katman (3) malzemeleri için ölçüm frekansı (10) değerleri kullanılarak makine öğrenmesi işlemi gerçekleştirilen böylelikle algılayıcı (4)

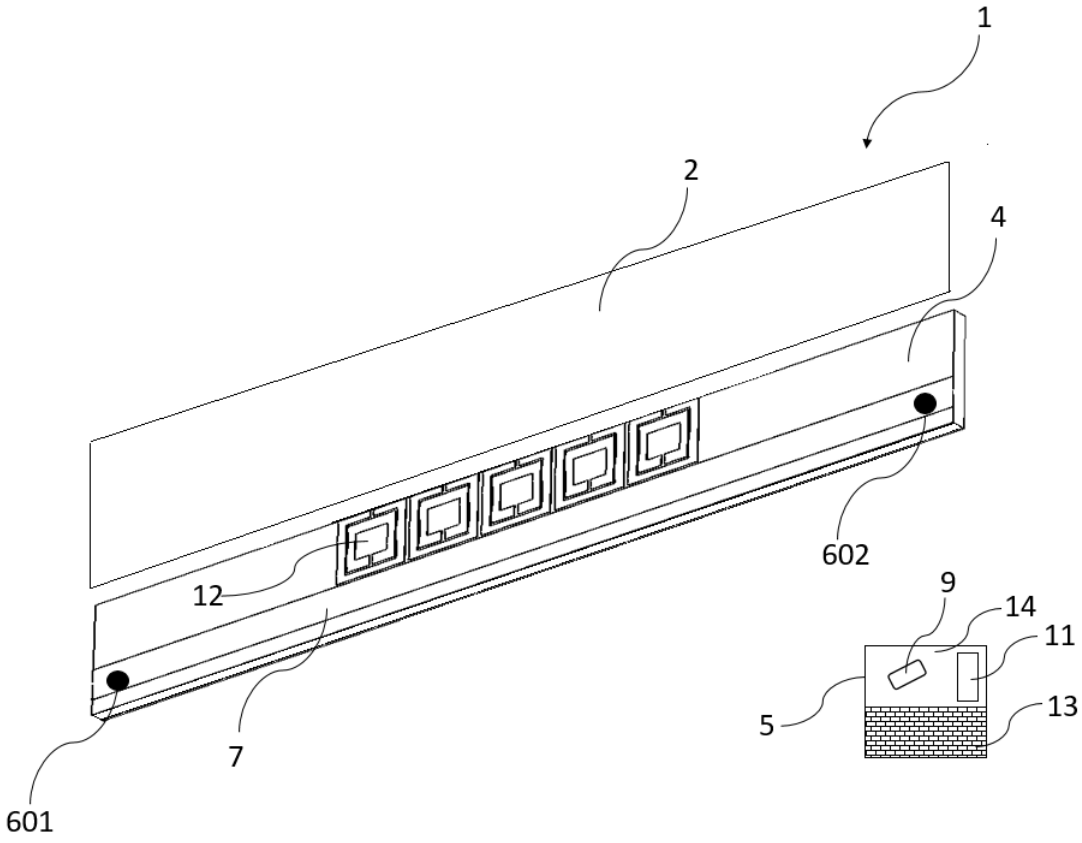
tarafından ölçülen frekans değeri ve katman (3) kalınlık değeri arasındaki ilişkinin tespit edilmesini sağlayarak farklı gövde (2) ve katman (3) malzeme çeşitleri ve farklı katman (3) kalınlıkları için kullanıma uygun hale getirilen yapay sinir ağı algoritmasına sahip işlemci birimi (5) içermektedir. Yapay zekâ içeren algoritma sayesinde işlemci birimi (5), ölçüm frekansı (10) değeri ve katman (3) kalınlık değeri arasındaki ilişkinin tespit edilmesini sağlamaktadır. Bu sayede farklı malzemelerden oluşan gövde (2) ve katman (3) için hafıza birimi (11) içerisindeki veriler ile doğrudan eşleştirme gerçekleştirmeden katman (3) kalınlık değeri hesaplanabilmesi sağlanmaktadır.

Buluşun bir uygulamasında, kalınlık ölçüm sistemi (1), kullanıcı tarafından gövde (2) ve katman (3) malzemesi seçilmesine olanak sağlayan bir giriş birimi (13), katman (3) kalınlığı değerinin kullanıcıya gösterilmesini sağlayan bir çıkış birimi (14), giriş birimi (13) vasıtası ile seçilen malzeme çeşidine göre hafıza biriminde (11) kayıtlı olan ölçüm frekansı (10) değerlerini kullanarak katman (3) kalınlığının tespit edilmesini ve çıkış birimi (14) aracılığıyla kullanıcıya gösterilmesini sağlayan işlemci birimi (5) içermektedir. Giriş birimi (13) sayesinde kullanıcı önceden hafıza birimine (11) kaydedilmiş olan malzeme çeşitleri arasından seçim yaparak gövdenin (2) ve katmanın (3) malzeme çeşidini belirleyebilmektedir. Çıkış birimi (14) ile istenen parametrelerin ve ölçüm sonuçlarının kullanıcıya aktarılması sağlanmaktadır.

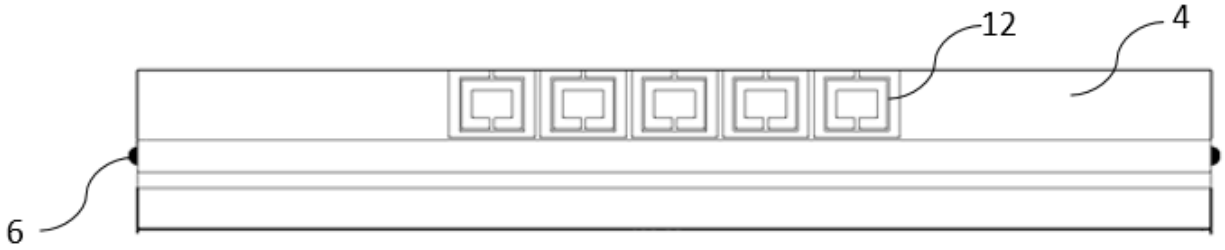
Buluşun bir uygulamasında, kalınlık ölçüm sistemi (1), gövde (2) ile algılayıcı (4) arasındaki mesafenin ölçülmesini sağlayan bir uzaklık ölçüm cihazı (15), gövde (2) ile algılayıcı (4) arasındaki mesafe kullanıcı tarafından önceden belirlenen değerden farklı olduğunda uyarı veren ve algılayıcının (4) gövde (2) ile algılayıcı (4) arasındaki mesafeyi azaltacak ve/veya arttıracak şekilde hareketlendirilmesini sağlayan böylelikle gövde (2) ile algılayıcı (4) arasındaki uzaklığın kullanıcı tarafından önceden belirlenen bir değerde tutulmasını sağlayan işlemci birimi (5) içermektedir. Uzaklık ölçüm cihazı (15) vasıtasıyla gövde (2) ile algılayıcı (4) arasındaki mesafe önceden belirlenen bir uzaklık değerine otomatik olarak ayarlanabilmekte bu sayede algılayıcı (4) tarafından katman (3) kalınlığı değerinin hassas ve doğru şekilde ölçülmesi sağlanmaktadır. Katman (3) ve algılayıcı (4) arasında önceden belirlenen mesafe sağlanamadığı durumda işlemci birimi (5) tarafından çıkış birimi (14) vasıtasıyla kullanıcıya uyarı iletilmesi sağlanmaktadır.

Buluşun bir uygulamasında, kalınlık ölçüm sistemi (1), algılayıcı (4) üzerine periyodik olarak yerleştirilen birden fazla meta malzeme hücresi (12) içermektedir. Birbiri ile eşlenik olan meta malzeme hücreleri (12), algılayıcı (4) üzerinde mikroşerit yapı (7) ile gövde (2) arasında kalacak şekilde boylu boyunca uzanmaktadır. Bu sayede katman (3) kalınlığı ölçümünün hassas şekilde gerçekleştirilmesi sağlanmaktadır.

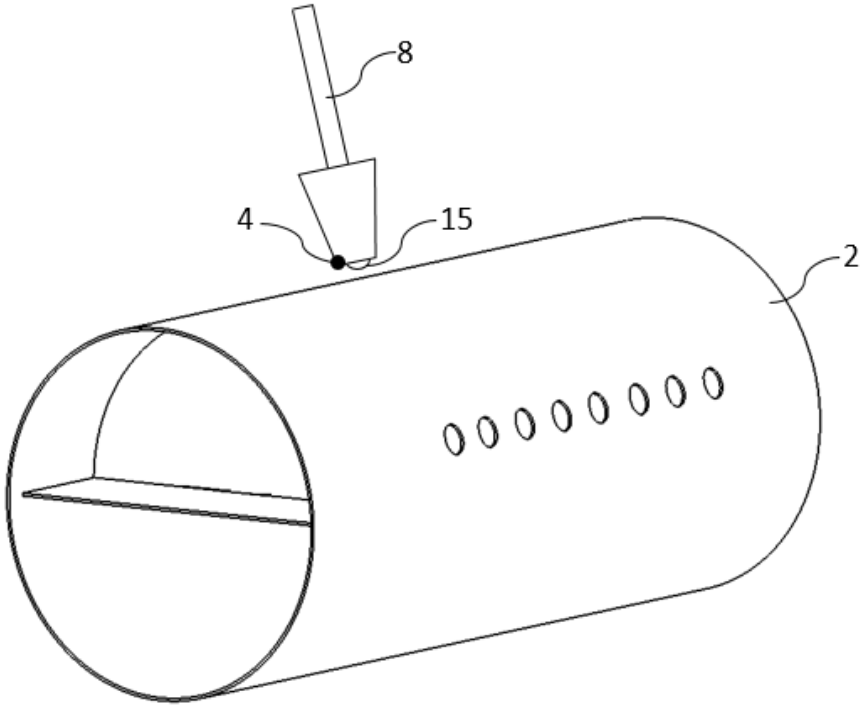
Buluşun bir uygulamasında, kalınlık ölçüm sistemi (1), boyutları değiştirilerek çalışma frekansı değerinin değişmesi sağlanan bu sayede ölçüm hassasiyeti ayarlanabilen meta malzeme hücresi (12) içermektedir. Ölçüm hassasiyetinin değiştirilmesi ile kalınlık ölçüm sistemi (1) farklı gövde (2) ve katman (3) malzemeleri için uygun hale getirilebilmektedir.



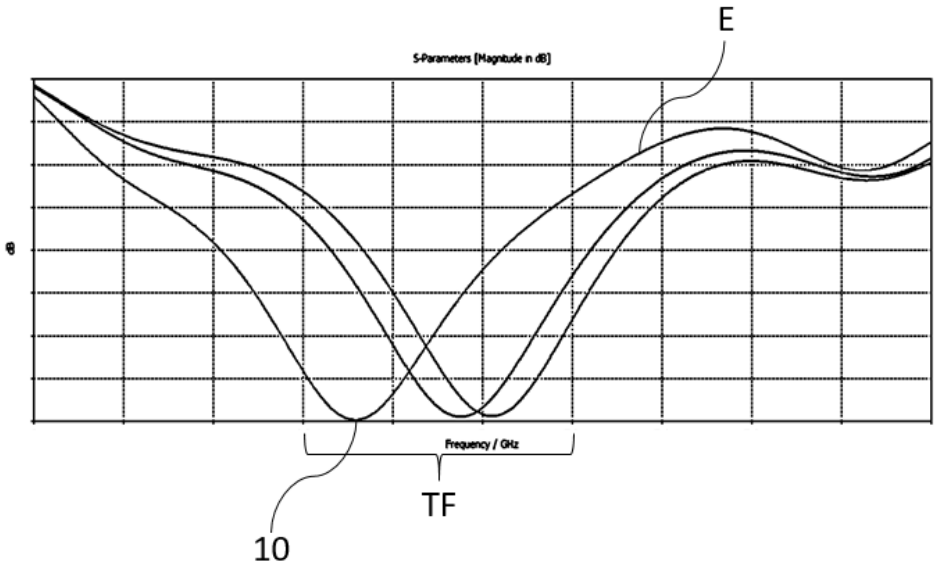
Şekil - 1



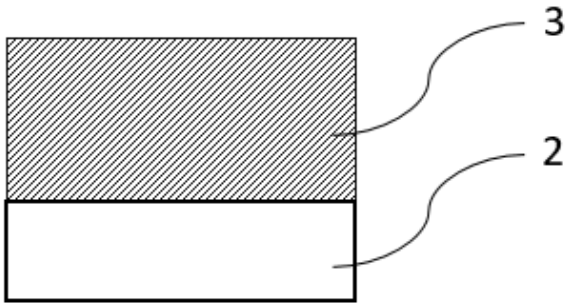
Şekil - 2



Şekil - 3



Şekil - 4



Şekil - 5