

ÖZET

KOMBİNE EN AZ BİR AKUSTİK META HÜCRE ve SÖZ KONUSU EN AZ BİR META HÜCREYİ İÇEREN AKUSTİK BİR METAMALZEME PANEL

Buluş, otomotiv, havacılık, endüstriyel makineler, beyaz eşya, ev aletleri sanayi, iklimlendirme ve havalandırma sistemleri, savunma sanayi, inşaat ve yapı sektörü gibi pek çok sektörde kullanılmak üzere; bir gürültü kaynağının yarattığı ses dalgalarının çok geniş frekans aralığında iletimini kesmek (veya ses iletimini kesmek) ve/veya sönümlemek (veya yutum yapmak) üzere en az bir katman; herhangi bir geometrik formda ve fiziksel özellikte olan en az bir birinci katman (1.1) (veya ön veya giriş katmanı), herhangi bir geometrik formda ve fiziksel özellikte olan en az bir ikinci katman (1.2) (veya ara katman), herhangi bir geometrik formda ve fiziksel özellikte olan en az bir üçüncü katman (1.3) (veya çıkış veya arka katman), herhangi bir geometrik formda ve fiziksel özellikte olan en az bir iç çerçeve (1.20) ve bahsedilen iç çerçeveyi (1.21) iç hacmi kadar dolduran ve iç çerçevenin (1.21) geometrik formuna uygun veya herhangi bir geometrik formda ve fiziksel özellikte en az bir iç akustik hacim (1.210) ve söz konusu iç çerçeveye (1.21) göre önceden belirlenmiş bir mesafede ve iç çerçeve (1.21) ile arasında bir kanal oluşturacak şekilde iç çerçevenin (1.21) dış bölgesinde konumlandırılmış herhangi bir geometrik formda ve fiziksel özellikte en az bir dış akustik hacim kanalı (1.201) içeren herhangi bir geometrik formda ve fiziksel özellikte en az bir dış çerçeve (1.20) içeren ve söz konusu hacim kanallarının bahsedilen ikinci katmanın (1.2) bir yüzeyini tamamen veya amaca göre kısmen kapatmak üzere söz konusu birinci katman (1.1) ile bir diğer yüzeyini tamamen veya amaca göre kısmen kapatmak üzere söz konusu üçüncü katmanın (1.3) bahsedilen ikinci katman (1.2) ile birleştirilmesiyle kendiliğinden oluşması ve dolayısıyla tüm katmanların birleştirilmeyle oluşan geometrik form ve fiziksel özellik nedeniyle, önceden belirlenmiş bir kalınlıkta birinci katmanın (1.1) ve üçüncü katmanın (1.3) her birinin en az iki ayrı bölüm olmak üzere en az bir birinci bölüm (B1) en az bir ikinci bölüm (B2) gibi davranmasını sağlayan önceden belirlenmiş bir kalınlıkta söz konusu ikinci katman (1.2) ve birbirlerine göre önceden belirlenmiş bir mesafe kadar konumlandırılmış söz konusu birinci katman (1.1), ikinci katman (1.2) ve üçüncü katman (1.3) içeren hibrit bir akustik tekil veya birbirleri ile akustik hacim kanalı (1.201) vasıtasıyla bağlanabilen çoklu meta hücresi (1) ve söz konusu en az bir meta hücre (1) içeren bir panel ile ilgilidir.

İSTEMLER

1. Otomotiv, havacılık, endüstriyel makinalar, beyaz eşya, ev aletleri sanayi, iklimlendirme ve havalandırma sistemleri, savunma sanayi, inşaat ve yapı sektörü gibi pek çok sektörde kullanılmak üzere;

- 5 - bir gürültü kaynağının yarattığı ses dalgalarının çok geniş frekans aralığında iletimini kesmek (veya ses iletimini kesmek) ve/veya sönümlemek (veya yutum yapmak) üzere en az bir katman **içeren**; herhangi bir geometrik formda ve fiziksel özellikte olan en az bir birinci katman (1.1) (veya ön veya giriş katmanı), herhangi bir geometrik formda ve fiziksel özellikte olan en az bir ikinci katman (1.2) (veya ara katman), herhangi bir geometrik formda ve fiziksel özellikte olan en az bir
- 10 üçüncü katman (1.3) (veya çıkış veya arka katman), kendisi ile yekpare veya kendisiyle ilişkilendirilecek şekilde herhangi bir geometrik formda ve içinde farklı sayıda kanallar (veya yarıklar) oluşturmak üzere yapılar içeren ve ayrıca herhangi bir fiziksel özellikte olan en az bir iç çerçeve (1.21) ve bahsedilen iç çerçeveyi
- 15 (1.21) iç hacmi kadar dolduran ve iç çerçevenin (1.21) geometrik formuna uygun veya herhangi bir geometrik formda ve fiziksel özellikte en az bir iç akustik hacim (1.210) ve söz konusu iç çerçeveye (1.21) göre önceden belirlenmiş bir mesafede ve iç çerçeve (1.21) ile arasında bir kanal oluşturacak şekilde iç çerçevenin (1.21) dış bölgesinde konumlandırılmış herhangi bir geometrik formda ve fiziksel
- 20 özellikte en az bir dış akustik hacim kanalı (1.201) içeren herhangi bir geometrik formda ve fiziksel özellikte en az bir dış çerçeve (1.20) içeren ve söz konusu dış akustik hacim kanalının (1.201) ve söz konusu iç akustik hacmin (1.210) bahsedilen ikinci katmanın (1.2) bir yüzeyini tamamen veya amaca göre kısmen kapatmak üzere söz konusu birinci katman (1.1) ile bir diğer yüzeyini tamamen
- 25 veya amaca göre kısmen kapatmak üzere söz konusu üçüncü katmanın (1.3) bahsedilen ikinci katman (1.2) ile birleştirilmesiyle kendiliğinden oluşması ve dolayısıyla tüm katmanların birleştirilmeyle oluşan geometrik form ve fiziksel özellik nedeniyle, önceden belirlenmiş bir kalınlıkta birinci katmanın (1.1) ve üçüncü katmanın (1.3) her birinin en az iki ayrı bölüm olmak üzere en az bir birinci
- 30 bölüm (B1) ve en az bir ikinci bölüm (B2) gibi davranmasını sağlayan önceden belirlenmiş bir kalınlıkta söz konusu ikinci katman (1.2) ve birbirlerine göre önceden belirlenmiş bir mesafe kadar konumlandırılmış söz konusu birinci katman (1.1), ikinci katman (1.2) ve üçüncü katman (1.3) içermesiyle **karakterize edilen**

herhangi bir geometrik formda tercihen daire, üçgen, kare, dikdörtgen, çokgen veya keyfi (rastgele, herhangi) bir formda (şekilde) hibrit bir akustik tekil veya birbirleri ile akustik hacim kanalı (1.201) vasıtasıyla bağlanabilen çoklu meta hücre (1).

2. Membran ve/veya plaka olabilen birinci katman (1.1) ve üçüncü katman (1.3) ile **karakterize edilen** istem 1'deki gibi bir meta hücre (1).

3. Üzerine herhangi bir bölüme, herhangi bir form ve ağırlıkta ve konumda kütle eklenebilen birinci katman (1.1) ve üçüncü katman (1.3) ile **karakterize edilen** istem 2'deki gibi bir meta hücre (1).

4. Herhangi bir geometrik formda tercihen daire, üçgen, kare, dikdörtgen, çokgen veya keyfi (rastgele, herhangi) bir formda (şekilde) olan iç akustik hacim (1.210) ve dış akustik hacim kanalı (1.201) ile **karakterize edilen** istem 3'deki gibi bir hücre (1).

5. Boyutları membran (plaka) özelliğini bozmayacak şekilde yapılan, ses dalgasının hücre (1) içine girmesini ve/veya çıkmasını sağlayan, ve önceden belirlenmiş geometrik form, boyut ve konumlandırma ile sesin ilerlediği yolu (Letkin) arttıran en az bir giriş deliği (1.10) ve/veya dalganın çıkması için en az bir çıkış deliği (1.30) içeren birinci katman (1.1) ve üçüncü katman (1.3) ile **karakterize edilen** istem 4'deki gibi bir meta hücre (1).

6. Hücre (1) karakterine bağlı olarak çeşitli (daire, üçgen, kare, dikdörtgen, çokgen veya keyfi) geometrik formlarda, büyüklüklerde olabilen ve bulundukları katman üzerinde herhangi bir yerde konumlandırılabilen en az bir giriş deliği (1.10) ve/veya en az bir çıkış deliği (1.30) ile **karakterize edilen** istem 5'deki gibi bir hücre (1).

7. Dış akustik hacim kanalı (1.201) ve iç akustik hacmi (1.210) birbirine irtibatlayan en az bir ağız (A) (veya açıklık veya opening) içeren en az bir ikinci katman (1.2) ile **karakterize edilen** istem 6'daki gibi bir hücre (1).

8. Aynı ve/veya farklı, yan yana ve/veya arka arkaya ve/veya sırt sırta ve/veya düz ve/veya çapraz ve/veya keyfi biçimde ve/veya periyodik ve/veya rastgele şekilde birbirlerine eklenebilen birinci katman (1.1), ikinci katman (1.2) ve üçüncü katman (1.3) içermesi ile **karakterize edilen** istem 7'deki gibi bir meta hücre (1).

9. Aynı ve/veya farklı, yan yana ve/veya arka arkaya ve/veya sırt sırta ve/veya düz ve/veya çapraz ve/veya keyfi biçimde ve/veya periyodik ve/veya rastgele şekilde birbirlerine eklenebilen en az bir hibrit metamalzeme hücresi (1) içermesi ile **karakterize edilen** yukarıdaki istemlerden herhangi birindeki gibi bir panel.

10. Birbirlerine veya herhangi bir elemana, yapıştırma ve/veya takma ve/veya geçme

ve/veya herhangi bir bağlama/yapıştırma/birleştirme/iliştirme/tutturma metodu ile eklenebilen ve/veya kısmen veya tamamen bütünleşik olarak oluşturulabilen hibrit meta hücreler ve/veya paneller ile **karakterize edilen** yukarıdaki istemlerden herhangi birindeki gibi bir ürün.

5 **11.** Yan yana ve/veya arka arkaya ve/veya sırt sırta ve/veya düz ve/veya çapraz ve/veya keyfi biçimde, periyodik ve/veya rastgele şekilde birbirlerine birleştirilerek oluşturulabilen aynı veya farklı hücre (1) kalınlıklarına bağlı olarak farklı kalınlıklarda olabilen daire, üçgen, kare, dikdörtgen, çokgen veya keyfi bir forma sahip hücre ve/veya panel ile **karakterize edilen** yukarıdaki istemlerden herhangi birindeki gibi bir ürün.

10 **12.** Birinci katman (1.1) ve/veya üçüncü katman (1.3) ile boşluk oluşturan ek en az bir koruyucu tabaka (t) (plaka veya katman veya kapak) içeren hücre ve/veya panel ile **karakterize edilen** yukarıdaki istemlerden herhangi birindeki gibi bir ürün.

15

20

25

TARİFNAME

KOMBİNE EN AZ BİR AKUSTİK META HÜCRE ve SÖZ KONUSU EN AZ BİR META HÜCREYİ İÇEREN AKUSTİK BİR METAMALZEME PANEL

5 Teknik Alan

Buluş, ses dalgalarının istenilen dar veya geniş bir frekans bandında iletimini kesmek ve/veya ses dalgalarını sönümlmek üzere geliştirilmiş, hem pasif malzeme, hem de meta özellik gösterebilen (yani hibrit özellik gösterebilen) ve en az bir bölüm içeren, en az bir
10 akustik hibrit meta hücresi ve söz konusu en az bir hibrit meta hücreyi içeren çok fonksiyonlu bir akustik metamalzeme panel ile ilgilidir.

Önceki Teknik

Ses veya gürültü yalıtımı/azaltımı/kontrolü, aktif ve pasif olmak üzere temelde iki teknikle
15 gerçekleşir. Ayrıca bu azaltım veya kontrol, ses yutumu (sound absorption) ve ses iletim kesimi/kaybı (sound transmission loss) olmak üzere yine genelde iki farklı yolla gerçekleştirilir. Ses yutumu açısından aktif ve pasif yalıtım şu şekilde tarif edilebilir:

Aktif yalıtım; genelde bir yalıtım malzemesi uygulaması olmaksızın, azaltılmak istenilen sesin, bir kapalı hacimde, ters fazda, aynı frekansta, benzer ses şiddeti genliğinde kontrollü
20 olarak üretilen karşıt bir ses dalgası ile gerçekleştirilir. Gürültü kaynağının yarattığı ses dalgası, üretilen bu ses dalgası ile girişime uğrayarak sönümlenir. Bu yöntem oldukça maliyetlidir. Ayrıca kontrollü bir hacim gerektirdiği için pratikte uygulama alanı sınırlıdır. Bu kontrol metodunda; karşıt ses dalgası, bir ses kaynağı kullanılarak dışardan üretilebildiği gibi, rezonatör adı verilen çeşitli elemanlar vasıtasıyla da bir ses kaynağı
25 olmaksızın üretilebilmektedir. Ancak bu tip bir kontrol, genellikle dar frekans bantlarında (tonal olarak da bilinir) çalışabilmekte ve yine kontrollü bir hacme gereksinim duymaktadır. Frekans bandını genişletmek için daha fazla sayıda rezonatöre ihtiyaç duyulmaktadır. Bu da rezonatörlerin yerleştirilebileceği alanın artırılması anlamına gelmektedir. Daha düşük frekanslarda yutum sağlayabilmek için daha büyük hacimlere
30 veya uzunluklara sahip rezonatörler gerekmektedir. Bu geometrik limitler yine bu tip malzemelerin özellikle düşük frekanslarda (yaklaşık 20-500Hz'de) kullanımını verimsiz hale getirmektedir.

Pasif yalıtım ise; sünger, keçe, cam yünü, taş yünü, tekstil atıklarından elde edilen materyaller vb. gibi yalıtım amaçlı üretilen elemanların, gürültüyü oluşturan kaynakla alıcı arasına yerleştirilmesi ile gerçekleştirilmektedir. Pasif yalıtım malzemeleri; sahip oldukları iç boşluklar, süreksizlikler, fiziksel ve kimyasal yapıları nedeniyle, ses dalgalarına karşı vizkos ve termal etkiler göstererek ses yutumu sağlarlar. Bununla birlikte malzeme içerisinde sesin yayılım yolunu arttırabilirler (tortuozite artımı olarak da bilinir), böylelikle daha uzun bir yolu takip eden ses dalgalarının enerjisini azaltabilirler. Ses enerjisini ısı enerjisine dönüştürerek yutum gerçekleştirebilen bu malzemeler, bilindiği gibi ses dalgasının büyük dalgaboyuna sahip olduğu düşük frekans içerikli gürültülerin yutumunda yetersiz kalırlar. Çünkü bu tip malzemelerin verimli bir şekilde işlev görebilmesi için malzeme karakteristik kalınlığının, kontrol edilmek istenilen sesin/gürültünün dalga boyunun en az dörtte biri kadar olması gerekir. Örneğin; 100 Hz deki bir ses dalgasının (ses hızı: 343 m/s) yutulabilmesi için $343/100/4 \approx 86$ cm karakteristik kalınlıkta bir yalıtım malzemesi kullanılmasını gerektirir. Bu durum hem fiziken hem de ekonomik olarak pratikte mümkün olmadığından, geleneksel malzemeleri düşük frekanslarda verimli olarak kullanılabilir olmaktan uzaklaştırmaktadır. Ayrıca bu malzemelerin özellikle hava sirkülasyonu gerektiren alanlar, gıda ve hijyen ekipmanları, yanıcı ve sıcak ortamlar gibi sistemlerde kullanımı oldukça sınırlıdır.

Ses iletim kesimi/kaybı açısından ise, doğası gereği aktif yalıtım için ses yutumu ya da iletim kesimi arasında fark yoktur. Ancak çeşitli akustik hacim tabanlı geometrik süreksizlikler (mesela genişleme odaları) ile yansıma arttırılarak ses iletim kaybı gerçekleştirilebilmektedir. Yine düşük frekanslarda daha büyük hacim ihtiyacı devam etmektedir.

Ses iletim kaybı, pasif kontrol bağlamında değerlendirildiğinde; malzeme kütlesi ve frekansa bağlı olarak (kütle-frekans kanunu olarak bilinir) gerçekleşir. Buna göre malzemenin kütlesi arttıkça ses iletim kaybı artar. Aynı şekilde frekans arttıkça da ses iletim kaybı artar. Dolayısıyla, daha düşük frekanslarda daha yüksek bir ses iletim kaybı elde etmek için, daha büyük ağırlıklarda yalıtım malzemesi kullanılması gerekir. Bu amaçla genellikle taş yünü veya cam yünü takviyeli beton, tuğla gibi materyaller tercih edilir.

Özellikle son 15 yılda düşük-orta frekans bölgeleri için geleneksel malzemeler yerine akustik metamalzemeler olarak bilinen yapay yalıtım malzemelerinin geliştirilmesi üzerinde yoğun bir şekilde çalışılmaktadır. Akustik metamalzemeler, temel olarak fizik ve mühendislik teknik alanında, otomotiv, havacılık, endüstriyel makineler, beyaz eşya, ev aletleri sanayi, iklimlendirme ve havalandırma sistemleri, savunma sanayi, inşaat ve yapı sektörü gibi pek çok sektörde kullanım alanına sahiptir. Akustik metamalzemeler ile, bu malzemelerin içerdiği hücreler vasıtasıyla, belirli tekil frekanslarda ses yutumu sağlanabilmekle beraber; negatif efektif (etkin) kütle, negatif efektif (etkin) Bulk modülü veya her ikisiyle birlikte, düşük frekanslarda, daha hafif, yani kütle-frekans kanununa uymayan bir teknikle, yüksek ses iletim kaybı elde edilebilmektedir. Hücreler, genellikle periyodik olarak yan yana veya art arda dizilerek oluşturulurlar. Bu malzemelerde, malzeme kalınlığı yine önemli bir parametre olmakla birlikte; esas teknik, genellikle küçük boyutlarda olan (sesin dalga boyundan daha küçük karakteristik boylara sahip) (alt dalga boylarında olarak da söylenir) rezonans hücrelerinin tasarlanması ve uygun şekilde konumlandırılmasıdır. Ancak yine tekniğin bilinen durumunda yer alan akustik metamalzemeler dar frekans bantlarında yutum gerçekleştirir ve hücrenin rezonans frekansına bağlı olarak belirli bir bölgede (bir frekans bandında) iletim kaybı sağlarlar. Dolayısıyla akustik metamalzemelerin de, istenilen geniş spektrumlu bir yutum ve ses kayıpları sağlayabilmeleri için geliştirilmesi gereklidir. Genellikle bandı genişletmek için çok sayıda, farklı frekanslara göre ayarlanmış (tune edilmiş) ve periyodik olarak dizilmiş hücre kombinasyonları kullanılır.

Tekniğin bilinen durumunda yer alan **CN112728275** numaralı patent dokümanında, özellikle tekil olmayan düşük frekanslı gürültü işleme için uygun, ultra açık havalandırma ve ayarlanabilir ses yutum performansına sahip bir ses yutum biriminden (Non-single low-frequency ultra-open ventilation adjustable sound absorption unit) bahsedilmektedir. Bu hücre tasarımı; frekansı ayarlanabilir, hava geçişine izin veren ve ses dalgasını labirent bir çıkmaz içinde hapsederek ses yutumu amaçlanmaktadır. Söz konusu dokümanda bahsedilen hücre, kavite rezonanslarında yutum sağlayabilecek şekilde, düşük frekanslar için ses yolunu arttırmayı amaçlamıştır. Bu bağlamda belirtilen hücre, sadece tekil ancak ayarlanabilir frekanslarda lokal negatif Bulk modülü özelliği gösterebilir. Ayrıca frekans ayarlama (tuning) işlemi içeride hareketli bir parça ile sağlanabilmektedir. Bu şekilde tasarımsal olarak daha büyük kalınlıklara sahip olmaktadır. Bununla birlikte, ses iletim

kesimini gerçekleştirebilecek, yani negatif kütle etkisi gösterebilecek hücre fonksiyonlarına sahip değildir.

Tekniğin bir diğer bilinen durumunda yer alan **CN11883093 (A)** numaralı patent dokümanında 1-micro-perforated plate, 2-double helix coiled structure, 3-back plate olmak üzere 3 katmanlı hücreden bahsedilmektedir. Bu hücre tipinde ilk plaka, iki adet mikro boyutlu delik içermektedir. Bu deliklerle hemen arkasında bulunan ve tortuzoiteyi artırmak amaçlı helis formunda iki adet kanal bulunmaktadır. Bu iki kanal ile aynı anda iki farklı frekansta yutum sağlanabilmesi amaçlanmaktadır. Arkada bulunan plaka ile ise iletimin kütle kanununa göre kesilmesi amaçlanmaktadır. Ön ve arkada bulunan bu iki plaka meta özellik göstermemektedir. Ses yutumu mikro perfore ön panel ile pasif olarak içerilen ikili kanal yoluyla sağlanmaktadır. Yine sadece tonal frekansta ses yutucu olarak çalışmaktadır. Her ne kadar tortuziteyi artırmak amacıyla yol spiral olarak tasarlansa da, söz konusu dokümanda anlatılan kombinasyon ve metamalzeme tekniği, bilinen bir tekniktir.

Tekniğin bir diğer bilinen durumunda yer alan **WO2017093690A1** numaralı patent dokümanında, bir akustik metamalzemenin birim hücresinden bahsedilmiştir. Bu hücre tipik Helmholtz rezonans hücrelerinin çoklu eklenmesiyle Fabry Perot frekanslarında yüksek ses iletimi sağlayan bir hücredir. Yani bir gürültü kaynağının yarattığı ses dalgalarının iletimini kesmek ve ses dalgalarını sönmölemek üzere geliştirilmiş bir hücre değildir.

Tekniğin bir diğer bilinen durumunda yer alan **US2021237394 (A1)** numaralı patent dokümanı; bir diğer akustik meta malzemeyi korumaktadır. Bu metamalzeme; membran içeren klasik bir geometrik forma sahip bir hücre, bir arka rijit kavite veya bir kütleden oluşmaktadır. Bu, klasik dipol tipli bir metamalzemedir. Klasik bir metamalzeme, sahip olduğu membranın kendi doğal frekansına kadar ses kesimi (veya ses iletim kaybı) yapmaktadır. Söz konusu metamalzeme, membranın malzeme özelliğine göre az miktarda ses yutumu (damping) sağlamaktadır. Dolayısıyla tekniğin bilinen durumunda sayılan söz konusu hücrelerden amaca göre bazıları ses kesme bazıları da ses yutumu gerçekleştirmektedir.

Tekniğin bilinen durumunda sayılan dezavantajları avantaja çeviren akustik metahücrelerin geliştirilmesi gerekmektedir.

Buluşun Kısa Açıklaması

5 Buluşun amacı; ses dalgalarının, istenilen dar veya geniş bir frekans bandına ayarlanarak (tune edilerek), o bantta iletimini kesmek ve/veya sönümlemek üzere, kendine has geometrik formlara sahip olarak geliştirilmiş, hem pasif malzeme hem de meta özellik gösterebilen (hibrit) en az bir bölüm içeren, en az bir akustik hibrit meta hücre ve söz konusu en az bir hibrit meta hücreyi içeren çok fonksiyonlu bir akustik metamalzeme panel gerçekleştirmektir.

10 Buluşun bir diğer amacı; istenilen dar bant ve/veya belirli bir geniş frekans bandında çalışabilen hem yüksek ses yutumu, hem de yüksek ses iletim kaybı sağlayabilen, bahsi geçen hibrit akustik meta hücreleri içeren, çok ince olabilen, kullanılacak malzemeye göre esnek veya sert (rijit, esnemeyen, katı), uygulanan bölüme göre form verilebilen, akustik yalıtım panellerinin geliştirilmesidir.

15 Geliştirilen hücreler ve onları içeren paneller, akustik metamalzeme özelliği göstermenin yanı sıra pasif yalıtım malzemesi özelliklerini de sergileyebilmektedir. Bu nedenle hibrit akustik meta hücre ve akustik hibrit meta yalıtım paneli/plakası olarak adlandırılmaktadır.

20 Bununla birlikte orta ve yüksek frekanslarda rezonatör olarak çalışabilen hücresel forma da sahiptir. Böylece hem meta, hem pasif malzeme hem de rezonatör içerebilen kombine bir hücre elde edilmiştir. Tekniğin bilinen durumunda bu özellikler bir arada bu şekilde mevcut değildir. Bu paneller, önceki teknikte de belirtilen çok geniş sektörlerde ses yutumu ve kesimini içeren ses (akustik, gürültü) yalıtım malzemeleri olarak kullanılabilir.

25 Ayrıca, yalıtım panelleri delikli formlarda da olabileceği için, buluşla hava sirkülasyonuna izin veren ancak ses/gürültü geçişine izin vermeyen yenilikçi yalıtım sistemleri yaratılmaktadır.

30 Buluş konusu hücreler, sahip olduğu alt dalgaboylu membran veya plaka ile negatif kütle özelliği, kavite ve kanallarla (alt dalgaboylu özel rezonatör gibi çalışan) negatif Bulk modülü özelliği gösterir. Bu negatiflikler meta malzeme etkisi anlamına gelir ve egzotik

(olağandışı) ses kesim ve yutumu yaratırlar. Ayrıca, bu kanalların form, kalınlık ve uzunluklarıyla, yüksek visko-termal ve tortuoze etkisi sağlanır. Bu etki ise pasif malzeme etkisi anlamına gelir. Bu hibrit kombinasyon, tekniğin bilinen durumunda bahsedilen sistemlerden oldukça farklı bir yapıdadır. Sahip olduğu bu özellikler sayesinde tekniğin bilinen durumuna kıyasla oldukça ince bir form alabilmektedir. Frekans ayarlama işlemi, hem membran/plaka hem de kavite, kanal ve yarıklara sahip formun geometrik parametrelerini içeren bir hesapla gerçekleştirilir.

Otomotiv, havacılık, endüstriyel makinalar, beyaz eşya, ev aletleri sanayi, iklimlendirme ve havalandırma sistemleri, savunma sanayi, inşaat ve yapı sektörü gibi pek çok sektörde kullanılmak üzere herhangi bir geometrik formda tercihen daire, üçgen, kare, dikdörtgen, çokgen veya keyfi (rastgele, herhangi) bir formda (şekilde) hibrit bir akustik tekil veya birbirleri ile akustik hacim kanalı vasıtasıyla bağlanabilen çoklu meta hücresi; bir gürültü kaynağının yarattığı ses dalgalarının çok geniş frekans aralığında iletimini kesmek (veya ses iletimini kesmek) ve/veya sönümlemek (veya yutum yapmak) üzere en az bir katman içermek üzere herhangi bir geometrik formda ve fiziksel özellikte olan en az bir birinci katman (veya ön veya giriş katmanı), herhangi bir geometrik formda ve fiziksel özellikte olan en az bir ikinci katman (veya ara katman), herhangi bir geometrik formda ve fiziksel özellikte olan en az bir üçüncü katman (veya çıkış veya arka katman), herhangi bir geometrik formda ve fiziksel özellikte olan en az bir iç çerçeve ve bahsedilen iç çerçeveyi iç hacmi kadar dolduran ve iç çerçevenin geometrik formuna uygun veya herhangi bir geometrik formda ve fiziksel özellikte en az bir iç akustik hacim ve söz konusu iç çerçeveye göre önceden belirlenmiş bir mesafede ve iç çerçevenin dış bölgesinde konumlandırılmış herhangi bir geometrik formda ve fiziksel özellikte en az bir dış akustik hacim kanalı içeren herhangi bir geometrik formda ve fiziksel özellikte en az bir dış çerçeve içeren ikinci katman ve söz konusu dış akustik hacim kanalının ve söz konusu iç akustik hacmin bahsedilen ikinci katmanın bir yüzeyini tamamen veya amaca göre kısmen kapatmak üzere söz konusu birinci katman ile bir diğer yüzeyini tamamen veya amaca göre kısmen kapatmak üzere söz konusu üçüncü katmanın bahsedilen ikinci katman ile birleştirilmesiyle kendiliğinden oluşması ve dolayısıyla tüm katmanların birleştirilmeyle oluşan geometrik form ve fiziksel özellik nedeniyle, önceden belirlenmiş bir kalınlıkta birinci katmanın ve üçüncü katmanın her birinin en az iki ayrı olmak üzere en az bir birinci bölüm ve en az bir ikinci bölüm gibi davranmasını sağlayan önceden belirlenmiş bir kalınlıkta söz konusu ikinci katman ve birbirlerine göre önceden belirlenmiş bir mesafe

kadar konumlandırılmış söz konusu birinci katman, ikinci katman ve üçüncü katman içermektedir.

Sekillerin açıklaması

Şekil 1. Buluş konusu bir metamazeme hücresinin içerdiği birinci katman, ikinci katman, 5 üçüncü katmanın temsili yandan gösterimidir.

Şekil 2. Buluş konusu bir metamazeme hücresinin içerdiği birinci katman, ikinci katman, üçüncü katmanın monte üç boyutlu perspektif temsili gösterimidir.

Şekil 3. Buluşun bir uygulamasında ikinci katmanın temsili gösterimidir.

Şekil 4. Buluşun Şekil 3'deki uygulamasında, birinci katman ve üçüncü katmanın, ikinci 10 katmanın önüne ve arkasına yerleştirilerek birleştirilmesiyle kendiliğinden oluşan bölümlerin temsili gösterimidir.

Şekil 5. Buluşun bir diğer uygulamasında bir metamazeme hücresinin içerdiği (a) birinci katman, (b) ikinci katman, (c) üçüncü katmanın demonte temsili gösterimidir.

Şekil 6. Buluşun uygulamalarına göre farklı geometrik formlara sahip ikinci katmana ait 15 tekil hücre yapısının temsili görünümüdür.

Şekil 7. Buluşun bir uygulamasında iki farklı formda bir araya getirilmiş ikinci katmana ait ikili hücre yapısının temsili görünümüdür.

Şekil 8. Buluşun uygulamalarına göre farklı geometrik formlara sahip birinci katman ve üçüncü katmana ait tekil hücre yapısının temsili görünümüdür.

Şekil 9. Buluşun bir uygulamasında ikinci katmanın sahip olduğu dış akustik hacim 20 kanalında temsili “e” yolu ve iç akustik hacim temsili “h” bölümünün sembolik olarak gösterimidir.

Şekil 10. Birinci katman ve/veya üçüncü katman ile boşluk oluşturan ek koruyucu tabaka (t) içeren panelin sembolik olarak görünümüdür.

Şekil 11. H1 ve H4 hücre yapıları için ses iletim kaybının frekansa göre değişim grafiğidir. 25

Sekillerdeki Referansların Açıklanması

Buluşun daha iyi anlaşılabilmesi için şekillerdeki numaraların karşılığı aşağıda verilmiştir:

1. Hücre

30

1.1 Birinci katman

1.10 Giriş deliği

1.2 İkinci katman

1.20 Dış çerçeve

1.201 Dış akustik hacim kanalı

1.21 İç çerçeve

1.210 İç akustik hacim

1.3 Üçüncü katman

1.30 Çıkış deliği

A Ağız

B1 Birinci bölüm

B2 İkinci bölüm

t Koruyucu Tabaka

10 **Buluşun Detaylı Açıklaması**

Ses dalgalarının çok geniş frekans aralığında iletimini kesmek ve/veya sönümlenmek (yutum yapmak) üzere buluş konusu hibrit tekil akustik meta hücresi (1); sesin dalga boyundan daha küçük (yani alt dalga boylarında) karakteristik boyutlara sahip rezonans hücre olmayı sağlayacak şekilde herhangi bir geometrik formda ve fiziksel özelliklerde en az bir birinci katman (1.1) (veya ön veya giriş katmanı), herhangi bir geometrik formda ve fiziksel özelliklerde en az bir ikinci katman (1.2) (veya ara katman) ve herhangi bir geometrik formda ve fiziksel özelliklerde en az bir üçüncü katman (1.3) (veya çıkış katmanı veya arka katman) içermektedir (**Şekil 1 ve Şekil 2**). Söz konusu hibritlik, belirtilen üç katmanın bir arada olması ile doğan teknik özelliklerle sağlanmaktadır. Diğer bir deyişle, hem pasif malzeme özellikleri hem de metamalzeme özellikleri bir araya getirilerek buluş konusu hücrenin (1) hibrit yapısı elde edilmiştir. Özetlemek gerekirse, pasif malzeme özellikleri; içeride oluşturulan kanalın, malzeme kalınlığına göre çok daha uzun olması (yani yüksek tortuozite) ve visko-termal etki sağlamak üzere dar kanallar oluşturulması ile sağlanırken, metamalzeme özelliği; akustik hacim, içeride oluşturulan hacim kanalı ve membranın (veya plakanın), alt dalgaboylarda frekansa göre ayarlanarak etkin negatif kütle ve etkin negatif Bulk modülü elde edilebilmesi ile sağlanır. Bununla birlikte orta ve yüksek frekanslarda rezonatör olarak çalışabilen, A açıklığını boyun olarak kullanan bir akustik hücresel boşluk formuna da sahiptir. Dolayısıyla tüm bunlarla beraber bir hibrit hücre elde edilmiş olur. Hibrit hücrelerin (1), tamamı veya herhangi bir parçası, herhangi bir malzemeden üretilebilirler. Belirtilen üç katmanın bir arada olması ile kompozit bir hücre (1) yapısı oluşturulmuştur. Tekil hücre (1), herhangi bir geometrik

formda daire, üçgen, kare, dikdörtgen, çokgen veya keyfi (rastgele, herhangi) bir formda (şekilde) olabilmektedir. Meta hücre (1), aynı ve/veya farklı, yan yana ve/veya arka arkaya ve/veya sırt sırta ve/veya düz ve/veya çapraz ve/veya keyfi biçimde ve/veya periyodik ve/veya rastgele şekilde birbirlerine eklenebilen birinci katman (1.1), ikinci katman (1.2) ve üçüncü katman (1.3) içermektedir.

Buluşun bir diğer amacını gerçekleştirmek üzere; en az bir hibrit metamalzeme hücresinin (1) üst üste ve/veya arka-arkaya ve/veya sırt-sırta ve/veya yan yana ve/veya herhangi bir keyfi biçimde konumlandırılmasıyla akustik hibrit metamalzeme yalıtım panelleri oluşturulmaktadır. Dolayısıyla yalıtım paneli, istenildiği gibi konumlandırılan ve farklı veya aynı geometrik formlara sahip en az bir hibrit metamalzeme hücresi (1) içermektedir. Hücreler arasındaki akustik kanallar istenilen frekans ayarlamasına göre birbirlerine bağlanabilirler. Burada yalıtım ifadesi, ses iletim kesimi veya ses yutum özelliğini veya her ikisini birden içermektedir.

Önceden belirlenmiş bir kalınlıkta olan ikinci katman (1.2), herhangi bir geometrik formda (daire, kare, dikdörtgen veya keyfi) bir dış çerçeve (1.20) ve söz konusu dış çerçevenin (1.20) içinde dış çerçevenin (1.20) geometrik formuna uygun veya herhangi bir geometrik formda, dış çerçeveye (1.20) göre önceden belirlenmiş bir mesafede ve dış çerçeve (1.20) içinde konumlandırılmış herhangi bir geometrik formda en az bir iç çerçeve (1.21) içermektedir (**Şekil 3**). İkinci katmanın (1.2) sahip olduğu geometrik form nedeniyle, birinci katman (1.1) ve üçüncü katmanın (1.3) her biri iki ayrı bölüm (B1 ve B2) gibi davranmaktadır. Bölümler, birinci katman (1.1) ve üçüncü katmanın (1.3), ikinci katmanın (1.2) önüne ve arkasına yerleştirilerek birleştirilmesiyle kendiliğinden oluşur. Bu bağımsız bölümler, birinci bölüm (veya çevre membran) (B1) ve ikinci bölüm (veya orta membran) (B2) olarak anılacaktır (**Şekil 4**). Birinci bölüm (B1) ve ikinci bölüm (B2) oluşumu buluşun tüm uygulamalarında geçerlidir. B1 ve B2 bölümleri, iç ve dış çerçevenin formuna ve birbirine bağlanma şekline göre farklı alt bölümlere de ayrılabilir. Bu bölümlerin her biri kendi doğal frekanslarına bağlı olarak ayrı ayrı yutum ve iletim kesimi görevi gören metahücresinin (1) elemanlarıdır.

Bu hücre formunun örnek bir uygulamasında (**Şekil 5**) dış çerçeve (1.20) formu kare ise iç çerçeve (1.21) formu da kare olabilmektedir, ancak uygulamada bununla sınırlı olduğu

düşünülmemelidir. Belirtildiği gibi her iki çerçeve iç içe geçmiştir ve birbirlerine göre önceden belirlenmiş bir mesafede aralarında bir kanal oluşturacak şekilde konumlandırılmıştır. Dolayısıyla buluşun tüm uygulamalarında dış çerçeve (1.20), kendisi ile iç çerçeve (1.21) arasında bir bölgede kalan en az bir dış akustik hacim kanalı (1.201) içermektedir (Yani akustik kanal, 1. ve 3. katmanın birinci bölümleri (B1) arasında kalmaktadır.) Ayrıca iç çerçeve (1.21), söz konusu çerçeveyi iç hacmi kadar dolduran en az bir iç akustik hacim (1.210) içermektedir (Yani akustik hacim, 1.ve 3. katmanın ikinci bölümleri (B2) arasında kalmaktadır.). Bu uygulamada iç çerçeve (1.21) üzerinde istenilen herhangi bir bölümde, önceden belirlenmiş bir yükseklik (uzunluk) ve genişlikte parça çıkarılarak A yarığı (açıklık, opening, boyun, neck) elde edilmiştir. Bu yarıkla birlikte iç akustik hacim (1.210) otomatik olarak bir Helmholtz rezonatörü tipinde altdalgaboylu ayrı bir iç meta hücre (1) oluşturur. Burada A açıklığının yeri ve boyun uzunluğu değiştirilebilir olup, hem A açıklığının genişliği, hem de uzunluğu, ki bu uzunluk akustik hacime (1.210) boyun oluşturarak (Helmholtz rezonatörü işlevi görerek) istenilen frekansta ayarlama (tuning) gerçekleştirilebilmektedir. İç akustik hacim (1.210) ve dış akustik hacim kanalı (1.201), herhangi bir geometrik formda tercihen daire, üçgen, kare, dikdörtgen, çokgen veya keyfi (rastgele, herhangi) bir formda (şekilde) olabilmektedir, ancak uygulamalar bununla sınırlı değildir. Bununla birlikte iç çerçeve (1.21), kendisi ile yekpare veya iç çerçeveye (1.21) ilişkilendirilecek şekilde herhangi bir formda iç çerçeve (1.21) içinde de farklı sayıda kanallar ve/veya tekli veya çoklu yarıklar (ağızlar) oluşturacak şekilde yapılar içerebilmektedir (**Şekil 6**). Bu yapılar ile de iç çerçevenin (1.21) içerdiği iç akustik hacim (1.210) çeşitli geometrik formlarda olabilmektedir.

Buluşun farklı uygulamalarında aynı veya farklı her bir metahücre (1) birbirleri ile akustik hacim kanalları (1.201) ile bağlanarak ikili, üçlü veya çoklu ve farklı akustik karakterde yeni bir meta hücre (1) oluşturabilir. Buluşun bu uygulamasına bir örnek olarak ağız açıklıkları formu ve konumları birbirlerinden farklı olan iki meta hücre (1) akustik hacim kanalları vasıtasıyla birbirlerine irtibatlandırılmıştır (**Şekil 7**).

Birinci katman (1.1) ve üçüncü katman (1.3); buluşun uygulamalarına göre sırasıyla ses dalgasının (veya havanın) girmesi için; hücre karakterine bağlı olarak önceden belirlenmiş büyüklüklerde, sayılarda, çeşitli geometrik formlarda (daire, üçgen, kare, dikdörtgen, çokgen veya keyfi) en az bir giriş deliği (1.10) ve/veya dalganın çıkması için hücre

karakterine bağılı olarak önceden belirlenmiş büyüklüklerde, sayılarda, çeşitli geometrik formlarda (daire, üçgen, kare, dikdörtgen, çokgen veya keyfi) en az bir çıkış deliği (1.30) içerebilir (**Şekil 8**). Hücrede (1), her iki delik mevcut ise, yani hem birinci katman (1.1) hem de üçüncü katman (1.3) delik içeriyorsa hücre (1), hava giriş çıkışına izin vermektedir.

5 Böylelikle sesi kesebilen (tuzaklayabilen) ve havalandırma sağlayabilen hibrit metahücreler (1) buluş ile elde edilmektedir.

Birinci katman (1.1), ikinci katman (1.2) ve üçüncü katman (1.3), önceden belirlenmiş kalınlıklarda olup, aynı veya farklı kalınlıklarda olabilmektedir. Birinci katman (1.1) ve
10 üçüncü katman (1.3), buluşun uygulamalarına göre birer membran ve/veya plaka olabilmektedir.

Birinci katman (1.1) ve üçüncü katman (1.3) üzerine herhangi bir bölüme, herhangi bir form ve ağırlıkta tekli, çoklu veya yayılı kütle veya kütleler eklenebilmektedir. Birinci
15 katman (1.1), ikinci katman (1.2) ve üçüncü katmanın (1.3) geometrik boyutları, malzemesi, geometrik şekilleri ve üzerine getirilen kütlenin değeri ve konumu değiştirilerek etkili olunacak frekans bölgesi değiştirilebilmektedir.

Hücrelerin genel çalışma prensibi teknik olarak özetlenirse, özel olarak tasarlanmış ikinci
20 katman (1.2), içerdği kanal tipi boşlukla tortuoiziteyi artırarak sesin kalınlığa göre daha fazla enerji tüketmesini sağlayarak yüksek yutum sağlamaktadır. Bu durum **Şekil 9**'da "e" kanalı olarak gösterilmiştir. Ayrıca bu "e" kanalının darlığı neticesinde visco-termal enerji kayıpları olarak ifade edilen bir sürtünme ve ısı alış veriş kayıpları ile ek bir ses azaltımı da sağlanmaktadır. "h" bölümü olarak tanımlanan Helmholtz hücresi ise kavite rezonansı
25 yaratarak enerjisini "e" yolu ile azaltmış bulunan ses dalgası ile rezonans olarak ters fazda bir ses dalgası yayarak hacmine bağılı tonal bir frekansta yine ek bir ses yutumu gerçekleştirecektir. Bu ikinci katman (1.2), bahsedilen teknik özellikleri istenilen frekans bantları ve istenilen yalıtım miktarlarında sağlamak adına **Şekil 6**'da görüldüğü gibi değişik formlarda reforme edilebilir.

30 Tekil hücre (1); iç çerçeve (1.21) ve dış çerçeve (1.20) ve söz konusu bu çerçeveler arasında kalan ve iki tarafında membranla sınırlanan küçük iç akustik hacim (1.210) nedeniyle dipolar* özellik gösterir ve hücre (1) ve hacmin doğal frekansında yüzde 50'nin üzerinde ses yutumu sağlar. (*Not: küçük kapalı hacim içermeyen veya uzun hacimler

içeren kaviteler monopol özellik gösterir ve maksimum yüzde 50'ye kadar yutum sağlamaktadır.)

Negatif efektif kütle ve negatif efektif Bulk modülü, iç çerçevenin (1.21), dış çerçevenin (1.20), iç akustik hacim (1.210) ve dış akustik hacim kanalının (1.201) geometrik ve fiziksel özellikleri ve dolayısıyla birinci bölüm (B1) (çevre membran) ve ikinci bölümün (B2) (orta membran) geometrisi, malzemesi, şekli değiştirilerek, aynı frekans bölgesinde aynı anda sağlanabilir. Bu şekilde, istenilen bir frekans bandında çift negatif metamalzeme elde edilebilir. Birinci bölüm (B1) ve ikinci bölüm (B2) ses dalgası tarafından titreştirildiklerinde eğer üzerlerinde kütle yoksa kendi doğal frekanslarına kadar, eğer üzerlerinde kütle varsa kütleye bağlı olarak belirli bir frekans bölgesinde sesin yayılımını keser (iletimini keser, band gap oluşturur, ses filtrelemesi yapar). Aynı zamanda membranların elastik özelliklerinden dolayı yine pasif olarak bir ses yutumu gerçekleşmektedir.

Birinci katmanda (1.1) konumlanmış giriş deliği (1.10) (veya dalga giriş deliği) ses dalgasının hücre içine girerek akustik hacim kanalı (1.210) vasıtasıyla ilerlemesini sağlar. Üçüncü katmanda (1.3) bir çıkış deliği olup olmaması zorunlu değildir, hücrenin istenilen karakterine göre belirlenir. Yol (Letkin) uzadıkça sesin yol boyunca sahip olduğu enerji azaltılmış olmaktadır. Böylece önemli bir miktar daha ses yutumu gerçekleşmektedir. Dolayısıyla hücre içinde absorpsiyon (yutum) artırılmaktadır. Bu amaçla absorpsiyonu arttırmak için en az bir giriş deliğinin (1.10) olması gerekmektedir. Ancak çıkış deliği (1.30) her zaman olmak zorunda değildir. Havalandırma isteyen ya da hava giriş çıkışını engellemeyen bir malzeme istenirse giriş ve çıkış delikleri (1.10 ve 1.30) olmalıdır. Örneğin kompresör veya jeneratör gibi hava giriş çıkışı istenen uygulamalarda, sesi filtrelemek (ses iletim kesimi) için giriş ve çıkış deliği (1.10 ve 1.30) olan hücrelere sahip metamalzemeler kullanılabilir. Buluş konusu birim hücrenin (1) içerdiği her bir teknik birimin (örneğin giriş deliği (1.10), boyun, iç akustik hacmin (1.210)... gibi) hücrede (1) olması veya olmamasına göre hücrenin (1) iletim kesimi ve absorpsiyon spektrumu değiştirilebilmektedir. Örneğin giriş deliğinin (1.10) geometrik formu (daire, kare veya dikdörtgen...vb) veya söz konusu formun olup olmaması veya katman üzerinde konumlandırılması bile hücre (1) davranışını tamamıyla değiştirebilmektedir. Birinci katman (1.1) ve üçüncü katman (1.3) yukarıda da belirtildiği gibi, en az bir tane olabileceği

gibi, membran ve/veya önceden belirlenmiş bir kalınlıkta plakadan da veya her tür malzemeden yapılabilir.

Buluş konusu hücre (1) yapısı gereği, hem ses yutucu (absorber) hem de ses iletim kesici olarak görev yapmaktadır. Yani birinci katman (1.1) veya ikinci katman (1.2) veya üçüncü katman (1.3) tek başına sözü edilen bu özellikleri sergileyememektedir. Ancak ve ancak birinci katman (1.1), ikinci katman (1.2) ve üçüncü katmanın (1.3) bir araya gelerek kombine bir yapı oluşturması ile sözü edilen özellikler (yutum ve iletim kesimi) buluş konusu hücre (1) ile gerçekleştirilebilmektedir.

Buluşta amaç, daha iyi ses yutumu ve ses iletim kaybı gerçekleştiren hücre (1) yapısı elde etmektedir. Daha iyi yutum sağlamak amacıyla, yüzey empedansı küçültülmelidir. Empedansı küçültmek için birinci katmana (1.1) en az bir delik açılmalıdır. Bu yapılırken katmanların kendi özelliğini bozmayacak şekilde giriş deliği (1.10) ve/veya çıkış deliği (1.30) açılmalıdır. Hücrenin (1) ortasına neredeyse hücrenin hacmi kadar veya hacmi oldukça geniş bir giriş deliği (1.10) ve/veya çıkış deliği (1.30) açılırsa membran istenilen titreşim özelliği göstermemektedir. Giriş deliği (1.10) ve/veya çıkış deliğinin (1.30) boyutları membran (plaka) özelliğini bozmayacak şekilde yapılmaktadır. Ayrıca bahsedilen delikler ses dalgasının hücre içine girmesini ve/veya çıkmasını sağlamakta ve önceden belirlenmiş geometrik form, boyut ve konumlandırma ile sesin ilerlediği yolu (L_{etkin}) arttırmaktadır. Ayrıca deliklerin konumlandırılması da sesin girdiği delikten çıktığı deliğe kadar en uzak yolu dolaşacak şekildedir. Yani böylece büyük bir etkin uzunluk (L_{etkin}) oluşturulmaktadır. Böylece hücrenin (1) ortası başka bir membran gibi, çevresi de bir diğer membran gibi çalışmaktadır. Giriş deliğinden (1.10) ses veya hava girdiğinde hücre (1), negatif efektif kütle özelliği göstermektedir. Ses ilerledikçe meta malzeme, negatif bulk modülüne dönüşmeye başlamaktadır. Buluş konusu hücrenin (1) tasarımıyla deliklerden giren hava, dış akustik hacim kanalı (1.201) içinde yol almakta ve sesin aldığı yol ile malzemenin kalınlığı bir uygulamada en az 5 kat uzatılmaktadır. Yani aslında malzemenin çok kalın olmasına gerek kalmadan, sesin enerjisini azaltmak için ihtiyaç duyulan koşullar buluş ile sağlanmış olmaktadır. Ağız açıklığının bulunması durumunda, iç akustik hacim (1.210), Helmholtz rezonatör gibi çalışmaktadır. Böylece hücre (1) geometrisi, sese ters, tekil bir frekansta dalga etkisi göstererek sesi sönmölemek ve ses yayınının bu frekans bölgesine kadar kesebilmektedir. Dolayısıyla aynı frekansta zıt fazda

(180°'lik faz farkı ile) dalga sönümlenebilmektedir. Dalganın bir kısmı geçirilmediğinde ise ses iletim kaybı yaşanmaktadır. Ancak hücre içine ses girdiğinde ve ses, hücrenin belirtilen geometrisine maruz kaldığında (dar kanaldan geçirildiğinde sürtünme artar) sürtünme sebebiyle (ısı alış verişi) de sesin enerjisi azaltılmaktadır. Pasif bir malzemenin viskotalmal etkilerle sönüm gerçekleştirdiği düşünüldüğünde buluş konusu hücrenin (1) bu geometrik forma sahip olması ile hücre (1), pasif bir malzeme gibi davranmaya başlamaktadır. Dolayısıyla yukarıda da bahsedildiği gibi pasif malzeme ile meta malzeme birleştirilerek hibrit bir malzeme oluşturulmaktadır.

- 10 İkinci katmanda (1.2) (yani form katmanında) ağız (A) ve birinci katman (1.1) üzerine konumlanmış giriş deliği (1.10) ve üçüncü katman (1.30) üzerine konumlanmış çıkış deliği (1.30) olup olmamasına ve ağız (A) ile irtibatlanan boynun en, boy ve yüksekliğine bağlı olarak, meta hücrenin akustik hacim tabanlı karakteri, çok fonksiyonlu bir özelliğe sahip olmaktadır. Böylelikle uygulama alanına göre sadece delik / boyun / ağız olup olmamasına
- 15 bağlı olarak, kolaylıkla karakteri değiştirilebilen farklı meta hücreler (1) elde edilmektedir. Bu meta hücrelerin (1) akustik hacim tabanlı ses iletim kaybı karakterini gösteren bazı kombinasyonlar **Tablo 1**'de görülmektedir.

Hücre (1) tipi	Ağız (A)	Giriş Deliği (1.10)	Çıkış Deliği (1.30)	Meta hücrenin akustik hacim tabanlı ses iletim kaybı karakteri
H1	Yok	Var	Var	Genişleme odası
H2	Yok	Var	Yok	Çeyrek dalga rezonatörü
H3	Var	Var	Yok	Çeyrek dalga rezonatörü + Helmholtz Rezonatör
H4	Var	Var	Var	Genişleme odası + Helmholtz Rezonatör

Tablo 1: Örnek meta hücreler (1)

20 **Tablo 1 için örnek bir açıklama:**

Buluşun bir uygulamasında hücrenin (1) içerdiği birinci katmanda (1.1) ve üçüncü katmanda (1.3) delik bulunuyorsa yani bir giriş deliği (1.10) bir de çıkış deliği (1.30) her iki katmanda da bulunuyorsa (H1 hücre tipi) bütün akustik boşluk, genişleme odası

karakterini alırken, sadece giriş deliği (1.10) mevcutken meta hücre (1), çeyrek dalga rezonatörüne dönüşmektedir (H2 hücre tipi). Giriş ağzı (A) mevcutken ise hücrede (1) ek bir Helmholtz rezonatörü oluşur (H3 ve H4 hücre tipleri).

- 5 **Şekil 11**'de verilen grafikte H1 ve H4 hücrelerinin davranışları örnek olarak verilmiştir. H1'de ortaya çıkan minimum iletim kaybı frekansı $c/(2L_{etkin})$, akustik hacmin (6) frekansı f_{HR} , Helmholtz rezonatörü gibi çalışması için açılan giriş ağzı (A)'nın eni, boyu, yüksekliği ve iç akustik hacmin (1.210) boyutu değiştirilerek ayarlanmakta ve böylece o frekansta daha yüksek iletim kaybı elde edilmektedir:

10

$$f_{HR} = c/(2L_{etkin}) \text{ (C: ses hızı, } L_{etkin}: \text{ etkin (efektif) yol (uzunluk))}$$

- Özet olarak, uzun ve dar formdaki dış akustik hacim kanalı (1.201); yüksek tortuozite sağlayarak, daha düşük frekanslarda daha yüksek yutum sağlar. Bununla birlikte, giriş deliğinden (1.10) giren ses dalgası, kanal kalınlığına göre daha uzun bir yol kat ederek hücre (1) içerisinde yol alırken daha yüksek visko-termal etkilere maruz kalır. Bu da ses dalgasının, enerjisini daha çok tüketmesini ve böylelikle hücrenin, daha yüksek ses yutum kapasitesine sahip olmasını sağlar. Bu özellik, meta hücreyi hibrit hücre haline getirir. Viskoz yutumun artmasıyla frekans bandı daha da genişler. Çoklu ve farklı hücre kullanımıyla birlikte hibrit hücreleri içeren panel daha geniş bantta yutum sağlayabilecek bir özelliğe sahip olur.

- Anlatılanlara ek olarak aynı veya farklı tekil hücreler (1), birbirlerine ikili, üçlü, dördü ve çoklu, yan yana, arka arkaya veya sırt-sırta veya amaca göre herhangi bir dizilimle bağlanabilir. Böylelikle daha düşük frekanslarda daha yüksek yutum elde edilir. Tekil tüm hücreler (1) ikili (örneğin Şekil 7) ve çoklu hücreler (1) daire, üçgen, kare, dikdörtgen, çokgen veya keyfi bir şekle sahip olabilir. İkili ve çoklu hücrelerde (1), tekil hücrelerde (1) elde edilen özellik ve karakteristiklere ek davranışlar elde edilir. İki veya çok sayıda akustik hacim ve giriş ağzıları (A) vasıtasıyla iki veya çok sayıda Helmholtz rezonatör oluşturularak, ikili veya çoklu rezonans hücresi (1) sağlanır. Böylelikle ikili ve çoklu tonal frekanslarda da ses yutumu ve ses iletim kaybı elde edilir. Yine tekil hücrelerde (1) olduğu gibi giriş ağzılarının (A) açık ve kapalı kombinasyonlarına göre farklı ses yutumu ve iletim kaybı karakteristikleri elde edilir. İkili ve çoklu hücrelerde (1), hücreler arası yol birbirine

bağlanarak daha uzun efektif yol (L_{etkin}) elde edilir ve böylelikle daha düşük frekanslarda, daha yüksek ses enerjisi yutumu sağlanır.

Birinci katman (1.1), ikinci katman (1.2) ve üçüncü katman (1.3) birbirlerine mevcut herhangi bir yapıştırma, bağlama yöntemi ile birleştirilerek tekli veya çoklu hücreler (1) oluştururlar. Üretim açısından tüm hücre katmanları tek parça veya kompozit bir yapı gibi herhangi bir üretim yöntemi ile üretilir.

Öte yandan, ihtiyaca göre bu aynı veya farklı hücrelerden (1) en az biri yan yana (veya ardışık sıralanarak) veya üst üste getirilerek, veya amaca göre herhangi bir dizilişle çeşitli frekanslarda yutum gerçekleştiren paneller oluşturulabilmektedir. Bir panel oluşturabilmek için söz konusu panele, aynı veya farklı geometrik formda ve fiziksel özelliklerde bahsedilen en az bir hücre (1) konumlandırılabilir. Böylelikle buluş konusu meta hücrelerden (1) oluşan paneller elde edilebilir. Panel en az bir meta hücre (1) içerdiğinden ve her bir hücre (1) aynı veya farklı frekanslardaki sesi yutacak şekilde panele yerleştirileceğinden hem tonal hem de geniş bir bantta ses yutumu gerçekleştirilecektir.

Buluş konusu metahücrelerden (1) elde edilen paneller ile ilgili özellikler şu şekildedir:

1-Paneller; aynı ve/veya farklı, tekil veya çoklu hibrit hücrelerin (1) yan yana ve/veya arka arkaya ve/veya sırt sırta ve/veya düz ve/veya çapraz ve/veya keyfi biçimde ve/veya periyodik ve/veya rastgele ve/veya istenilen amaca göre farklı biri dizilimle birbirlerine eklenebilirler.

2-Bir veya birden çok hücreye (1) sahip olarak oluşturulan aynı veya farklı paneller, yan yana ve/veya arka arkaya ve/veya sırt sırta ve/veya düz ve/veya çapraz ve/veya keyfi biçimde, periyodik ve/veya rastgele ve/veya istenilen amaca göre farklı biri dizilimle birbirlerine birleştirilerek 2 boyutlu veya üç boyutlu herhangi bir şekilde bir ürün oluşturabilirler.

3-Paneller ve/veya hibrit metahücreler (1) ile oluşturulan yalıtım ürünleri, birbirlerine veya herhangi bir elemana, yapıştırma ve/veya takma ve/veya geçme ve/veya herhangi bir bağlama/yapıştırma/birleştirme/iliştirme/tutturma ile eklenmesi ile kısmen veya tamamen bütünlük olarak oluşturulabilmektedir.

4-Paneller kullanılan malzemeye göre rijit, sert, yumuşak veya esnek olabilmekte ve istenilen keyfi bir form verilebilmektedir. Böylece panellerden üretilen ürün de aynı şekilde rijit, sert, yumuşak veya esnek olabilir ve istenilen keyfi bir form verilebilir.

5 5- Bu akustik metamalzeme panellerin ana malzemesi, uygulanacak sisteme ve amacına göre seçilen en uygun malzemelerin (metal, ahşap, plastik, köpük, pleksiglass, PVC vb. gibi) kombinasyonlarından üretilmektedir. Yani panellerin sahip olduğu hücrelerin (1) katmanları amaca en uygun olarak seçilerek aynı veya farklı herhangi bir malzemeden imal edilebilir. Paneli oluşturan hücreler (1) tek başlarına üretiltikleri gibi bütünleşik olarak çoklu şekilde tek bir parça olarak da üretilir. Buluşun tercih edilen uygulamasında, paneller herhangi bir yanmazlık ve/veya herhangi bir güvenlik sınıfına uygun olacak şekilde katkılı veya saf herhangi bir malzemeden imal edilmektedir.

6-Paneller hücre (1) kalınlıklarına bağlı olarak farklı kalınlıklarda olabilirler.

15

7-Paneller ve/veya hücreler (1) , daire, üçgen, kare, dikdörtgen, çokgen veya keyfi bir forma sahip olabilir.

8- Paneller ve/veya hücreler (1), birinci katman (1.1) ve/veya üçüncü katman (1.3) ile boşluk oluşturan ek en az bir koruyucu tabaka (t) (plaka veya katman veya kapak) içerebilir. (Şekil 10). Bu tabakalar panelin herhangi bir yüzeye uygulanması (yapıştırılması, bağlanması) sırasında birinci bölümlerin (B1) ve ikinci bölümlerin (B2), uygulama yüzeyi ile direkt olarak temasını keserek bölümlerin (membranların/plakaların) rahatça titreşmesini sağlar. Ayrıca birinci bölüm (B1) ve ikinci bölümü (B2) hücreyi (1) tozdan, kirden, pislikten, delici ve kesici uçlardan, ısıdan, kimyasal reaksiyonlardan, korozyondan, yağmurdan, nemden, ve canlılardan ve oluşabilecek tüm iç ve dış etkenlerden korumakta ve bozulmasını önlemektedir. Dolayısıyla, panellerin sadece yüzeye bağlanması durumunda değil bahsedilen etkenlerden dolayı da tabaka ile korunabilir.

30

9- Panellerin katmanlı bir kompozit yapı şeklinde tasarlanması üretim kolaylığı yaratırken, oldukça ince bir yapıda olması nedeniyle uygulama bölgelerinde çok fazla yer kaplamayacaktır. Ancak üretim açısından paneller tek parça olarak herhangi bir üretim

yöntemi ile de üretilebilir. Söz konusu paneller, yüksek performans, üretim kolaylığı ve düşük maliyet kriterlerine göre özel olarak tasarlanabilir.

Özetle, buluş konusu metahücreler (1) ile oluşturulan yalıtım panelleri, akustik 5 metamalzeme teorisine göre tasarlanmaktadır. Akustik metamalzeme basit olarak, bir veya birden çok ana malzemenin belli formlarda bir araya getirilmesi ile oluşturulan, tek veya çok katmanlı, bir çeşit yapay kompozit yapıdır. Bu yapının içerdiği birinci katmana (1.1) ve üçüncü katmana (1.3) planlı bir biçimde boşluk ve/veya titreşebilen ince plaka ve/veya küçük ağırlıklar yerleştirilmektedir. Öte yandan ikinci katmanın (1.2) geometrisi, formu ve 10 boyutları azaltılmak istenen gürültünün frekans karakterine göre özel olarak belirlenmektedir. Gürültünün ses dalgası bu yapıya çarptığında, özel olarak ayarlanmış bu katmanı (boşluk-plaka) titreştirerek rezonansa getirir. Rezonansa gelen ikinci katman (1.2), kendi rezonans frekanslarına kadar negatif kütle etkisi göstererek bu bölgede ses yayınımini kesecektir. İkinci katmanın (1.2) sahip olduğu boşluklar, boşluk (kavite) 15 rezonanslarında negatif sıkıştırılabilirlik sağlayarak özel bir frekans bandında kendisini yaratan ses dalgasına karşı ters bir frekansta ses dalgası yayarak girişime uğrayacak ve ses yutumu gerçekleştirecektir. Bu şekilde gürültü yutumu ve/veya gürültü iletimi kesimi, buluş konusu hücre (1) ile gerçekleşmiş olmaktadır. Anlaşılabacağı üzere bu tip yapıların çalışma mekanizması pasif yalıtım malzemeninkinden tamamı ile farklıdır. Pasif yalıtım 20 malzemeleri ses enerjisini ısı enerjisine dönüştürerek yutum sağlarken bu yapılar alt dalga boylarındaki hücrelerle sesin yayınıminin engellenmesi ve manipüle edilmesiyle ses enerjisini azaltmaktadır.

Elde edilen paneller, akustik metamalzeme özelliği göstermesinin yanında pasif malzemelerin özelliklerinden de yararlanarak daha geniş bir frekans bandında aynı anda 25 hem ses iletimi ve hem de ses yutumu gerçekleştirirler. Bu nedenle hibrit olarak adlandırılır. Özel olarak tasarlanan ve Ar-Ge faaliyetleri ile en optimum formlara ulaştırılacak olan panel hücreleri (1), 50Hz-20000 Hz geniş frekans bandında maksimum verimlerle çalışacaktır.

Buluşun sanayiye uygulanması

30 Buluş, otomotiv, havacılık, endüstriyel makineler, beyaz eşya, ev aletleri sanayi, iklimlendirme ve havalandırma sistemleri, savunma sanayi, inşaat ve yapı sektörü gibi pek

çok sektörde kullanılmak üzere geliştirilmiş en az bir hücre (1) içeren metamateryallerin panelleri olup sanayiye uygulanabilir niteliktedir.

Buluş yukarıdaki örnek uygulamalar ile sınırlı olmayıp, teknikte uzman bir kişi kolaylıkla buluşun farklı uygulamalarını ortaya koyabilir. Bunlar buluşun istemler ile talep edilen koruma kapsamında değerlendirilmelidir.

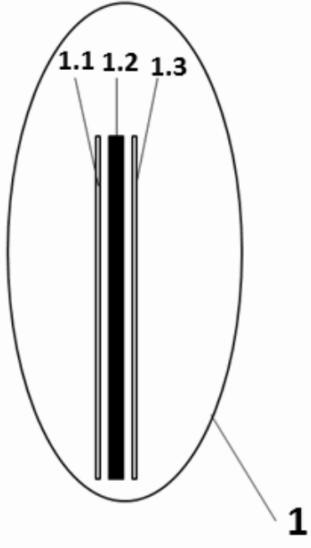
10

15

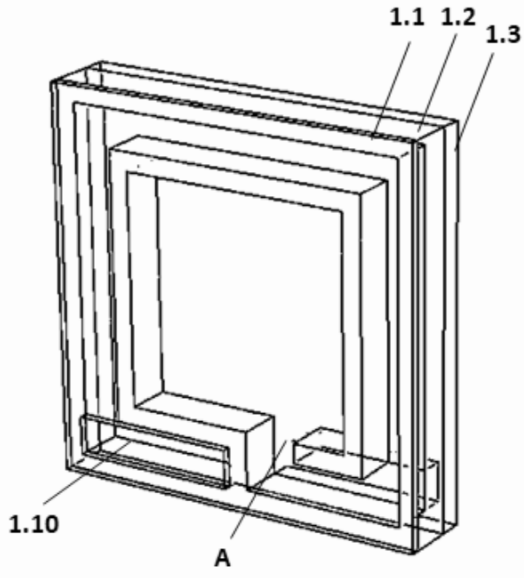
20

25

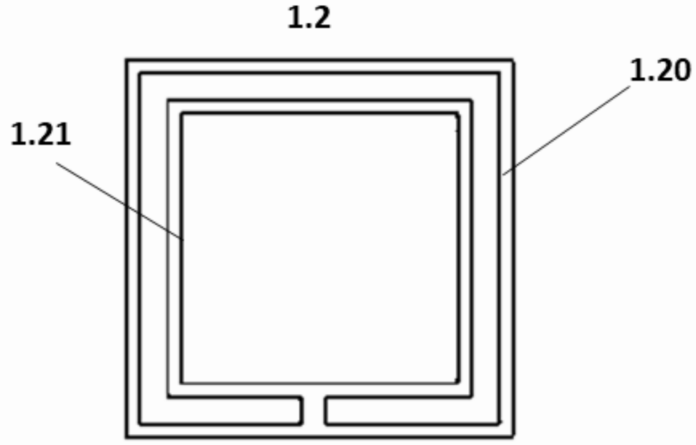
Şekil 1



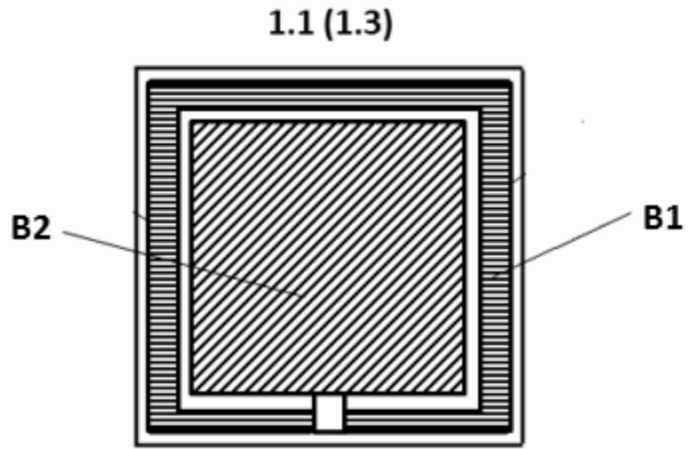
Şekil 2



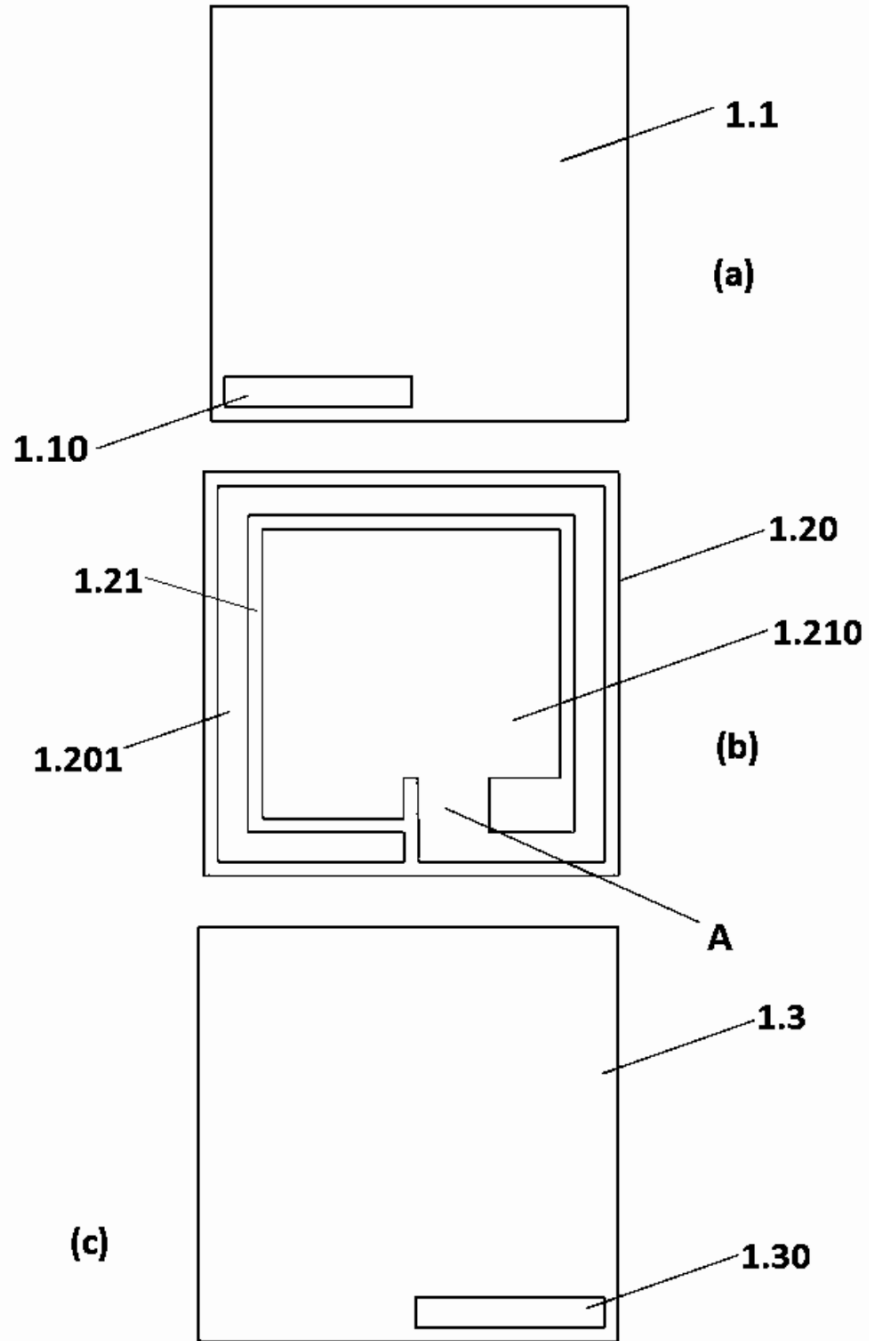
Şekil 3



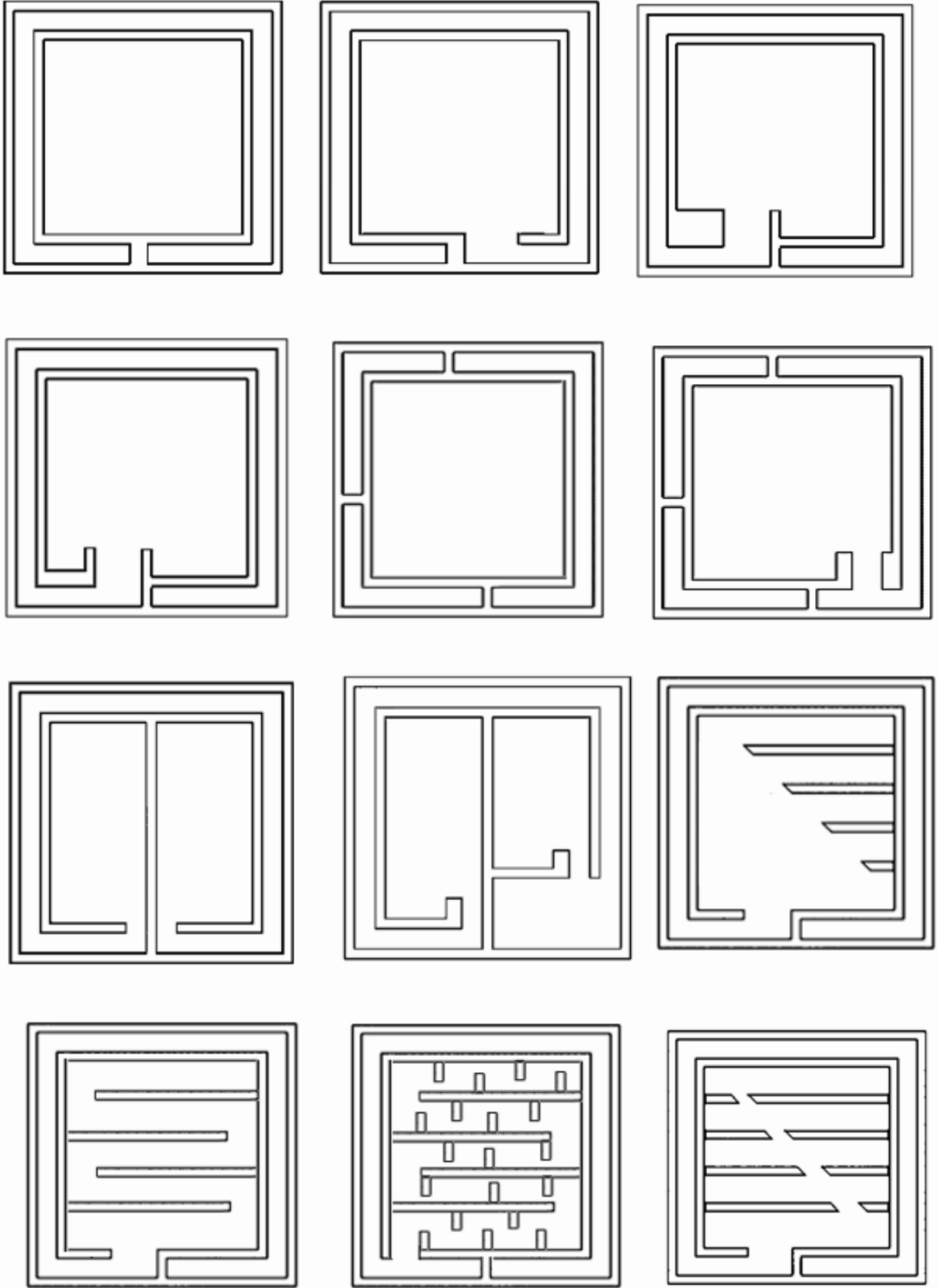
Şekil 4

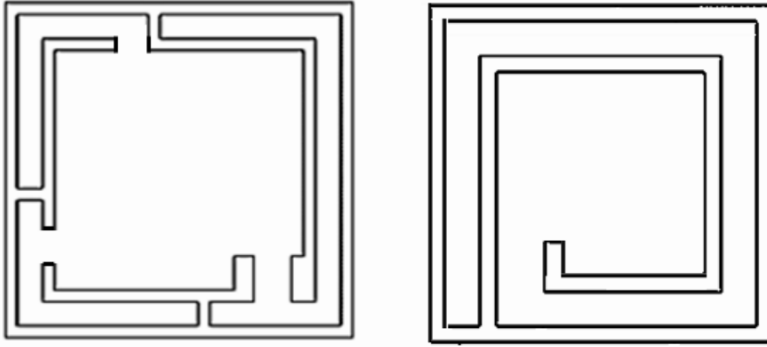


Şekil 5

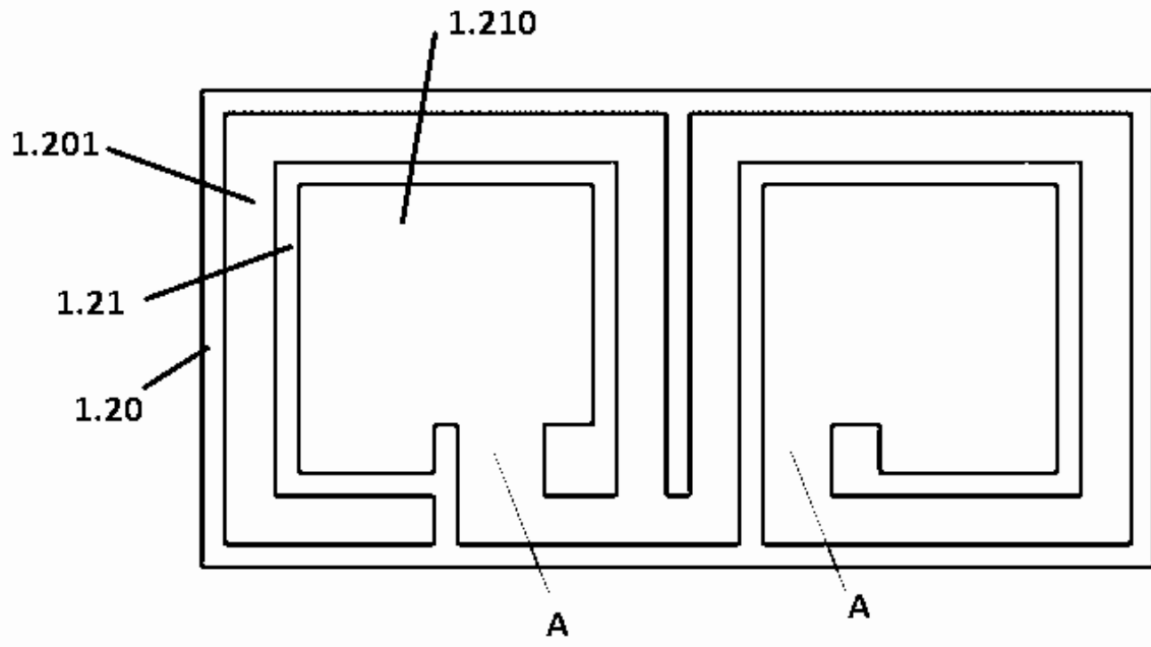


Şekil 6

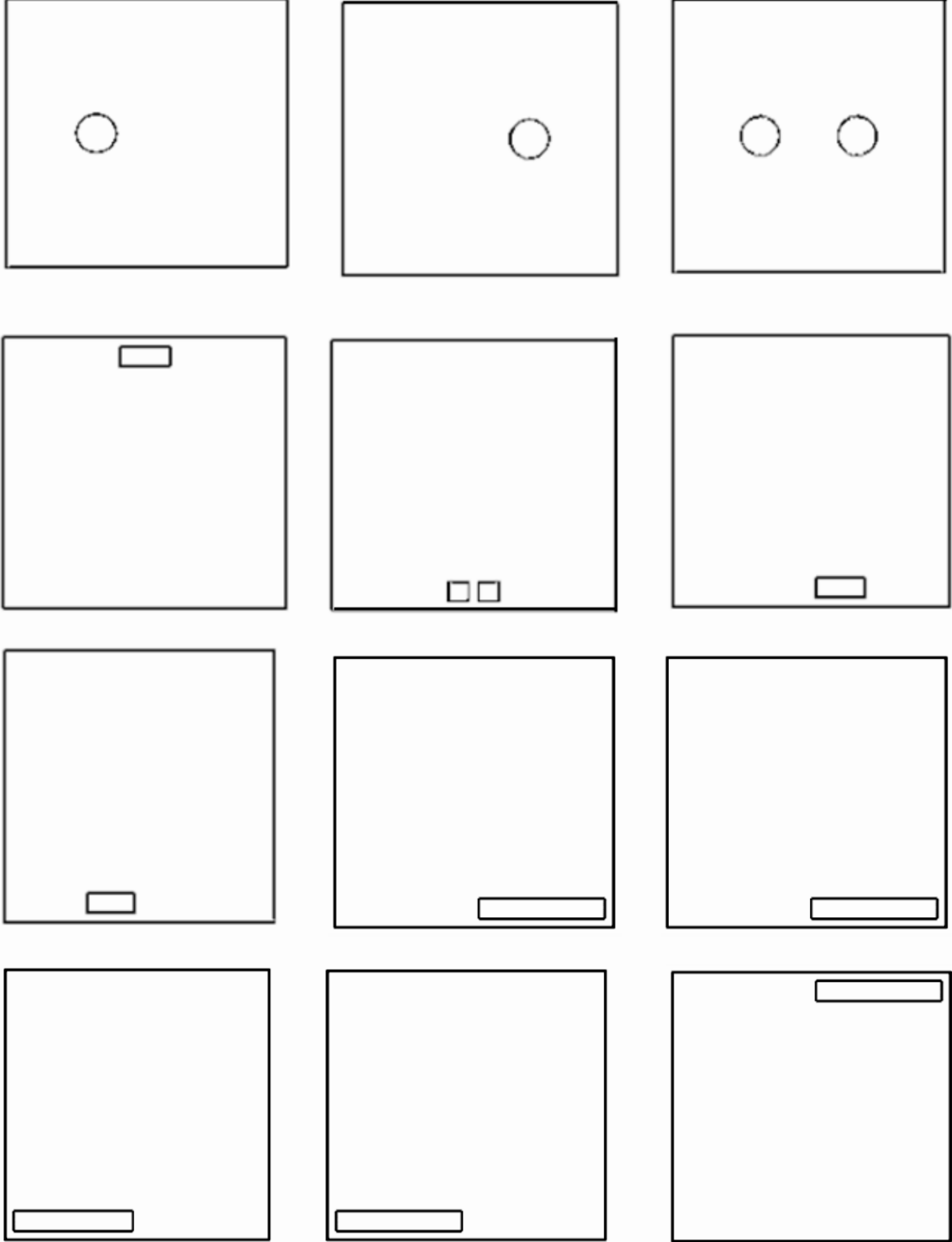


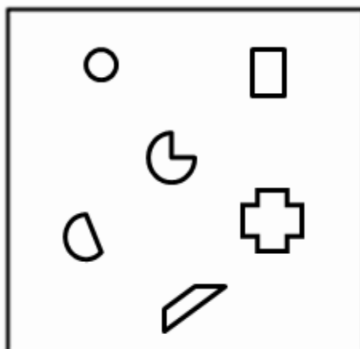
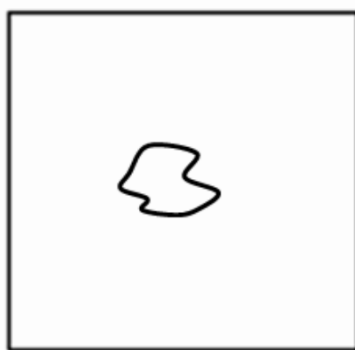
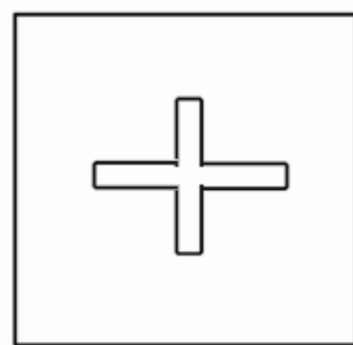
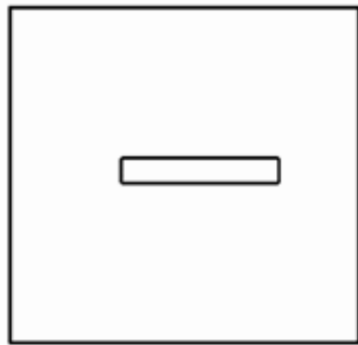
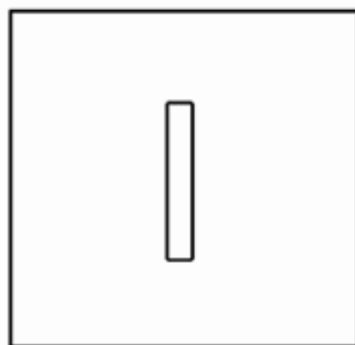
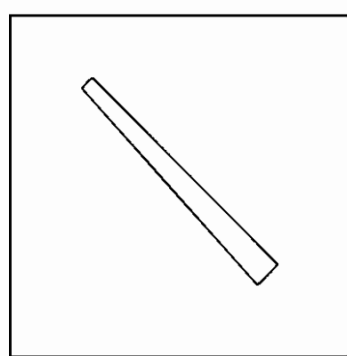
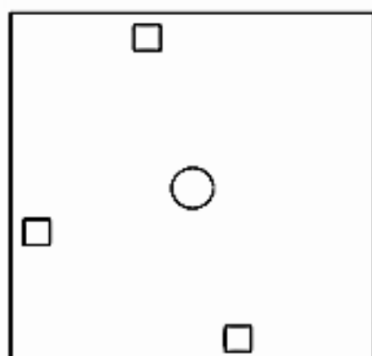
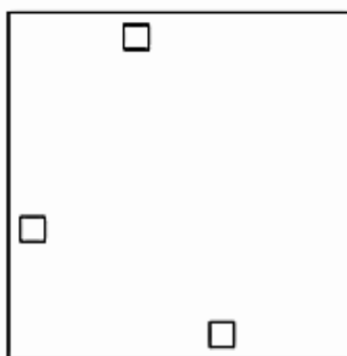
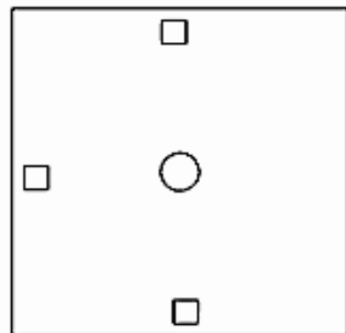
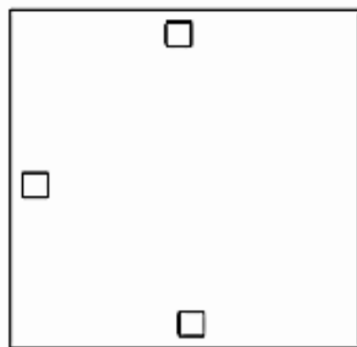
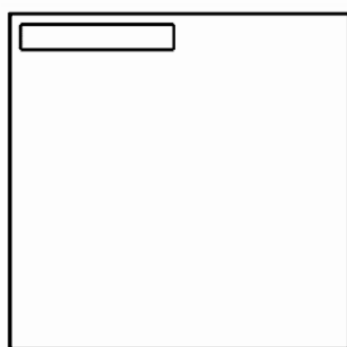


Şekil 7

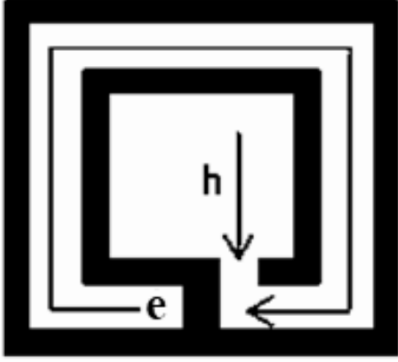


Şekil 8

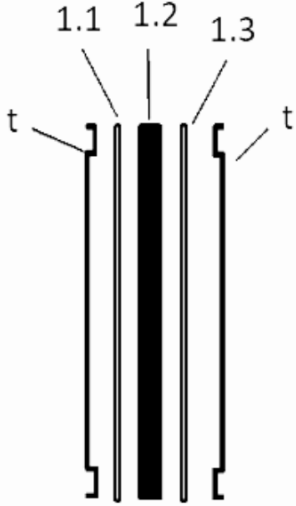




Şekil 9



Şekil 10



Şekil 11

