

ÖZET

ÇOK AMAÇLI SPEKTROSKOPİK, HİPERSPEKTRAL VE DİJİTAL GÖRÜNTÜLEME CİHAZI

Buluş, elektromanyetik spektrumun görünür, morötesi (Ultraviyole - UV) ve kızılötesi (Infrared - IR) bölgesinin bir kısmını içine alan 250-1100 nm dalga boyu aralığında ışınım elde etmek için farklı tipte aydınlatma kaynaklarından yararlanabilen, hareketli aydınlatma panelleri, hareketli zemin tablası ve hareketli görüntüleme sistemi sayesinde dışarıdan herhangi bir müdahalede bulunulmasına gerek kalmaksızın incelemeye konu nesnenin olası tüm yön ve doğrultulardan homojen ve güçlü bir şekilde aydınlatılarak nesne yüzeyinden yansıyan ışığın farklı dalga boylarındaki enerjisinin ölçümünü sağlayan bir spektroskopik, hiperspektral ve dijital görüntüleme cihazı ile ilgilidir. Söz konusu cihaz temel olarak, incelenecek nesnenin üzerine yerleştirildiği ve ihtiyaca bağlı olarak nesneyi zemine sabitleme ve yüzeyini pürüzsüzleştirme işlevi gören vakum modülünün soketli yapısı sayesinde kolayca sökülüp takılabildiği bir hareketli zemin tablası; üzerinde farklı dalga boyları için farklı türdeki aydınlatma kaynaklarının istenilen kombinasyonda ve sayıda kullanılabilmesini ve yatay ve dikey eksenlerdeki hareket kabiliyetiyle inceleme anında ışığın incelenecek nesneye geliş açısının ayarlanabilmesini sağlayan hareketli aydınlatma panelleri; prob ucu içerisine dizilmiş spektrometre optik fiber uçlarının incelenecek nesne yüzeyine 1 mm mesafeye kadar yakınlaştırılarak endoskopik kameralar aracılığıyla ölçüm alınacak hedef noktaya hatasız bir şekilde konumlandırılmasını ve bu sayede yüksek doğruluk ve kesinliğe sahip, parazitik etkilerden arındırılmış, gürültüsüz ölçüm alınmasını sağlayan bir spektroskopik ölçüm modülü; renkli ve siyah-beyaz kamera modülleri, yüksek optik yakınlaştırma kapasitesine sahip lens sistemi, lineer optik filtre ve bunların birbirlerine göre hizalanmasını sağlayan hareket mekanizmalarına sahip hareketli görüntüleme sistemi içermektedir. Birçok dar dalga boyu bandı kullanılarak elde edilen görüntüler içerisindeki her bir piksele ait spektral bilgi, cihazın bağlı olduğu bir bilgisayardaki hiperspektral görüntü analiz yöntemleri, görüntü tanıma algoritmaları, makine öğrenmesi ve derin öğrenme algoritmaları kullanılarak işlenmekte ve görüntülerden istenilen bilginin ortaya çıkarılması, nesnenin tanımlanması, sınıflandırılması ve anomali (aykırılık) tespiti yapılabilmektedir.

İSTEMLER

1. Bir spektroskopik, hiperspektral ve dijital görüntüleme cihazı olup özelliği;

- Üzerine incelenecek nesnenin yerleştirildiği en az bir zemin tablası,
- Zemin tablasının tamamında homojen bir aydınlatma sağlayan aydınlatma kaynakları,
- İncelenen nesne yüzeyinden görüntü elde edilmesini sağlayan en az bir kamera, bir dalga boyunu veya dalga boyu aralığını seçici olarak ileten veya reddeden en az bir optik filtre, ve kamera ile zemin tablası arasındaki mesafeden odaklama işlemini gerçekleştiren en az bir lens içeren bir görüntüleme sistemi,
- İncelenen nesne üzerinde spektral ölçüm yapan en az bir spektrometre optik fiber ölçüm ucu (161), nesne yüzeyinin aydınlatılmasını sağlayan en az bir optik fiber aydınlatma ucu (162) ve bahsedilen optik fiber uçlarını (161, 162) çevreleyen bir koruyucu yalıtkan dış çeper (163) içeren en az bir prob ucu (141) ve incelenen nesne yüzeyindeki hedef nokta üzerine prob ucunu tam olarak konumlandırmak üzere nesne yüzeyine yakın mesafeden görüntü alınmasını sağlayan en az bir endoskopik kamera (142) içeren bir spektroskopik ölçüm modülü (121) ve
- Cihazın çalışmasını yöneten bir ana işlemci (CPU)'ye sahip olmasıdır.

2. İstem 1'e göre spektroskopik, hiperspektral ve dijital görüntüleme cihazı olup özelliği; zemin tablasının iki boyutlu xy-düzlemi üzerinde doğrusal hareket yapmasını sağlayan, en az bir motorla bağlantılı lineer kılavuz ray sistemi (44) içermesidir.

3. İstem 1'e göre spektroskopik, hiperspektral ve dijital görüntüleme cihazı olup özelliği; zemin tablasının dairesel hareket yapmasını sağlamak üzere alt kısmına monte edilmiş motorlu döner taban plakası (71) içermesidir.

4. İstem 1'e göre spektroskopik, hiperspektral ve dijital görüntüleme cihazı olup özelliği; zemin tablasının ultraviyole, kızılötesi veya görünür bölgede ışık yayan aydınlatma kaynaklarının yer aldığı bir alt aydınlatma modülü (51) içermesidir.

5. İstem 4'e göre spektroskopik, hiperspektral ve dijital görüntüleme cihazı olup özelliği; alt aydınlatma modülünün (51) zemin tablasına istendiğinde kolayca takılıp sökülmesini sağlayan soketli yapıya sahip olmasıdır.
- 5 6. İstem 1'e göre spektroskopik, hiperspektral ve dijital görüntüleme cihazı olup özelliği; incelenen nesnenin zemine sabitlenmesini ve yüzeyinin pürüzsüzleştirilmesini sağlamak üzere zemin tablası içerisine monte edilebilen bir vakum modülü (91) içermesidir.
- 10 7. İstem 6'ya göre spektroskopik, hiperspektral ve dijital görüntüleme cihazı olup özelliği; vakum modülünün (91) zemin tablasına istendiğinde kolayca takılıp sökülmesini sağlayan soketli yapıya sahip olmasıdır.
8. İstem 6'ya göre spektroskopik, hiperspektral ve dijital görüntüleme cihazı olup özelliği; vakum modülünün (91), hava delikli plaka (92) ile üzeri örtülen fan pervaneleri (94) içermesidir.
- 15 9. İstem 1'e göre spektroskopik, hiperspektral ve dijital görüntüleme cihazı olup özelliği; aydınlatma kaynaklarının 250-1100 nm dalga boyu aralığında ışık yayan halojen, feston, flaş, floresan ve LED lambalar olmasıdır.
10. İstem 1'e göre spektroskopik, hiperspektral ve dijital görüntüleme cihazı olup özelliği; üzerine aydınlatma kaynaklarının konumlandırılacağı aydınlatma panelleri (101) içermesidir.
- 20 11. İstem 10'a göre spektroskopik, hiperspektral ve dijital görüntüleme cihazı olup özelliği; aydınlatma panellerinin (101) yatay ekseninde 0-90 derece arasında salınım hareketi yapmasını sağlayan redüktörlü motora bağlı konik dişliler (105) içermesidir.
- 25 12. İstem 10'a göre spektroskopik, hiperspektral ve dijital görüntüleme cihazı olup özelliği; aydınlatma panellerinin (101) dikey ekseninde hareketini sağlamak üzere enkoderli motora (106) bağlı kayış-kasnak mekanizması (107) ve bu mekanizmanın bağlı olduğu trapez vidalı ve somun içeren dişli rulolar (108) içermesidir.

13. İstem 10'a göre spektroskopik, hiperspektral ve dijital görüntüleme cihazı olup özelliği; aydınlatma panellerinin (101) bakım-onarım işlemleri sırasında cihaz dışarısına hareket ettirilmesini sağlamak üzere aydınlatma panelleri (101) ile bağlantılandırılmış teleskopik raylı sistem (104) içermesidir.
- 5 14. İstem 1'e göre spektroskopik, hiperspektral ve dijital görüntüleme cihazı olup özelliği; görüntüleme sistemi içerisindeki en az bir kameranın tercihen renkli endüstriyel kamera veya siyah-beyaz kamera olmasıdır.
15. İstem 1'e göre spektroskopik, hiperspektral ve dijital görüntüleme cihazı olup özelliği; en az bir kameranın en az bir lense göre hizalanmasını sağlayan lineer aktüatörlü raylı hareket modülü (191) içermesidir.
- 10 16. İstem 1'e göre spektroskopik, hiperspektral ve dijital görüntüleme cihazı olup özelliği; en az bir optik filtrenin nanometrik hassasiyette hareket ettirilmesi için bir motora bağlı kremayer ve pinyon dişli (184) içermesidir.
- 15 17. İstem 1'e göre spektroskopik, hiperspektral ve dijital görüntüleme cihazı olup özelliği; en az bir lensin dahili bir motor vasıtasıyla odak uzaklığının değiştirilmesini sağlayan motorlu yakınlaştırma özelliğine sahip olmasıdır.
18. İstem 1'e göre spektroskopik, hiperspektral ve dijital görüntüleme cihazı olup özelliği; görüntüleme sistemi içerisinde ayrıca zemin ile 45 derecelik açı yapacak şekilde konumlandırılmış kısmen geçirgen ayna (partially transmitting mirror) ve bu aynayı yukardan aydınlatan beyaz led aydınlatma kaynakları içeren bir koaksiyel modül (25) bulunmasıdır.
- 20 19. İstem 1'e göre spektroskopik, hiperspektral ve dijital görüntüleme cihazı olup özelliği; spektroskopik ölçüm modülünün (121) dikey eksen boyunca hareket ettirilmesini sağlamak üzere lineer kızak ray (131) ile bağlantılı kremayer ve pinton dişli (122) içermesidir.
- 25 20. İstem 1'e göre spektroskopik, hiperspektral ve dijital görüntüleme cihazı olup özelliği; anti-Stokes inceleme yapılabilmesi için spektroskopik ölçüm modülünün (121) ayrıca kızılötesi led aydınlatma kaynakları (143) içermesidir.

21.İstem 1'e göre spektroskopik, hiperspektral ve dijital görüntüleme cihazı olup özelliği; biyolojik numunelerin incelenmesi sırasında yüzeylerinin altından veri elde edilmesine yönelik olarak prob ucu (141) içerisinde tercihen en az bir optik fiber ölçüm ucunu (161) çevreleyerek en az bir optik fiber aydınlatma ucundan (162) ayıran bir koruyucu yalıtkan iç çeper (171) bulunmasıdır.

22.İstem 1'e göre spektroskopik, hiperspektral ve dijital görüntüleme cihazı olup özelliği; spektral ve hiperspektral görüntü analiz yöntemleri, örüntü tanıma algoritmaları, makine öğrenmesi ve derin öğrenme algoritmalarının kullanılabildiği bir bilgisayar ile bağlantılı olmasıdır.

23.İstem 22'ye göre spektroskopik, hiperspektral ve dijital görüntüleme cihazı olup özelliği; bir bilgisayar arayüz yazılımı aracılığıyla kontrol edilmesidir.

TARİFNAME

ÇOK AMAÇLI SPEKTROSKOPİK, HİPERSPEKTRAL VE DİJİTAL GÖRÜNTÜLEME CİHAZI

Buluşun İlgili Olduğu Teknik Saha

5 Adli bilimler, savunma, analitik kimya, petrokimya, moleküler biyoloji, gıda, tarım, hidroloji, tıp, çevre, ilaç ve medikal gibi pek çok alanda nesnelerin veya malzemelerin ışıkla olan etkileşimleri sonucunda yaydığı ve soğurduğu elektromanyetik dalgaların dar ve bitişik çok sayıda dalga boyu bandında ve geniş bir elektromanyetik spektrum aralığında görüntülenmesi ile birlikte elde edilen spektral imzalarından bu nesnelerin
10 veya malzemelerin tanımlanması, sınıflandırılması veya içerisindeki aykırı (anomali) sayılabilecek unsurların tespit edilmesini sağlayan; fizik, fotonik ve optik temeline dayalı teknikler ile hiperspektral analiz, makine öğrenmesi ve derin öğrenme yöntemleri ve algoritmalarını kullanan çok amaçlı spektroskopik, hiperspektral ve dijital görüntüleme cihazı ile ilgilidir.

15 Tekniğin Bilinen Durumu

Çok amaçlı spektroskopik, hiperspektral ve dijital görüntüleme cihazı, bir olayın kanıtlanmasında veya bir hak doğması ve bunun araştırılmasında kullanılan, delil niteliği bulunan her türlü şüpheli evrak, belge veya dokümanın doğruluğunu kanıtlamak için yapılan incelemelerde kullanılmaktadır. Bu inceleme; belge veya
20 vesika üzerinde sahtecilikle ilgili bir takım tahrifat, silinti, kazıntı, düzeltme, değiştirme, ilave ve çıkartmaların yapılıp yapılmadığı, silinmiş ya da üzeri boyanarak gizlenmiş yazıların ortaya çıkartılması, yazı izlerinin ve doküman üzerindeki soğuk damga gibi kabarık unsurların görsel hale getirilmesi, belgeler üzerindeki çıplak gözle ayırt edilemeyen farklı boya, mürekkep veya kalemle yazılmış yazıların teşhis
25 edilmesi, dokümanlar üzerindeki yazıların yazıldığı mürekkeplerin kimyasal bileşiminin tespiti ile şüpheli dokümanların aynı mürekkep ile hazırlanıp hazırlanmadığının doğrulanması, el yazılarının ve imzaların aidiyetlerinin belirlenmesi, değerli kâğıt, pul, banknot ve benzeri belgeler üzerinde yapılmış çeşitli tahrifat ve sahteciliklerin tespiti, mühür, damga, kaşe, baskı ve benzerlerinin orijinal
30 veya sahte olup olmadığının belirlenmesini kapsamaktadır. Adli belge ve değerli kâğıt inceleme alanındaki kullanıma ek olarak söz konusu cihazın diğer kullanım amaçları

arasında; gıda ve tarım ürünlerinin tazeliği, kalitesi, özgünlüğü, coğrafi kaynağı, bileşimleri ve nem oranlarının belirlenmesi, gıda ürünlerindeki patojen mikroorganizmaların ve mantarların tespiti ve mikrobiyal kontaminasyonun (bozulmanın) tanımlanması, mikrobiyal kolonilerin büyümesinin incelenmesi, hedef
5 örneğin kompozisyonu ve morfolojisinin görüntülenmesi, farmasötik, petrokimya ve kimya endüstrisinde ürünlerin kalite kontrollerinin yapılması ve kimyasal kompozisyonlarının belirlenmesi, yeraltı suyu, kaynak ve mineralli suların içme suyu kalitesinin belirlenmesi, atık su analizleri, katı atık, çamur ve toprak analizleri, nükleer atık analizleri, doku, organ, kan, saç ve diğer vücut sıvısı analizleri, ateşli silah atış
10 artıkları, mermi çekirdekleri ve kovanlarının incelenmesi ile silah tespiti bulunmaktadır.

Buluşa konu cihaz, farklı maddelerin ışığa farklı tepkime vermeleri özelliğinden faydalanılarak dizayn edilmiş olup, elektromanyetik spektrumun 250-1100 nm dalga boyu aralığı için görünür band, morötesi (UV-ultraviyole) ve kızılötesi (IR-infrared)
15 floresan, LED ve spot ışık kaynakları incelenecek nesne üzerinde homojen ve güçlü bir aydınlatma oluşturmaktadır. Farklı dalga boylarındaki ışık kaynaklarının incelenen nesne üzerine düşürülmesi ile nesnenin ışığı yayması, yansıtması, soğurması gibi ışık ile etkileşimine verdiği tepkilerin spektrometre ile ölçülmesi sonucunda nesnenin yansıma, geçirgenlik ve floresans özelliklerini ortaya çıkaran ve nesneye özgü optik
20 karakteristiği ifade eden spektral imza elde edilmektedir. Nesnelerin her bir dalga boyunda sahip olduğu spektral bilginin oluşturduğu spektral imza adı verilen örüntüler nesnelerin tespit edilmesi, tanımlanması, sınıflandırılması ve anomali tespitinde kullanılmaktadır.

Buluşa konu cihaz ile geniş bir spektrum için dar dalga boyu aralıklarında elde edilen
25 ve her biri bir dalga boyu bandını temsil eden bir dizi görüntü hiperspektral veri küpü olarak adlandırılmaktadır. Üç boyutlu veri küpünün ilk iki boyutu görüntüye ilişkin uzaysal (yersel) bilgiyi gösterirken üçüncü boyutu görüntüdeki her piksel için dalga boyuna bağlı bir spektrum bilgisini göstermektedir. Görüntülere ait piksellerin dar ve bitişik bant aralıklarında örneklenmesi ile elde edilen dalga boylarına ait materyal
30 spektrasının, spektral kütüphanelerde tutulan spektral imzalardan yararlanılarak ve uygun hedef tespit algoritmaları kullanılarak analizinin yapılmasıyla hiperspektral görüntüdeki hangi piksellerin hedef nesnenin spektral özelliklerini gösterdiği ya da göstermediği veya görüntünün aranan hedefi içerip içermediği belirlenmekte ve hedef

nesneye ilişkin konum, miktar, aykırılık (anomali) gibi özellikler tespit edilebilmektedir. Örneğin; bir belge veya dokümanın orijinal ya da sahte olup olmadığı veya üzerinde tahrifat, silinti, kazıntı, düzeltme yapıp yapılmadığı, bir gıda ürününün patojen mikroorganizmalar ya da mikrobiyal toksinler içerip içermediği veya bunlarla kontamine olup olmadığı, bir ürün içerisinde bulunmaması veya görülmemesi gereken bir maddenin olup olmadığı tespiti konu olabilmektedir. Buluşa konu cihazın bağlı olduğu bilgisayardaki reflektans-absorbans-lüminesans veritabanları ve optik spektrometre, hiperspektral analiz, makine öğrenmesi ve derin öğrenme yöntemleri ve algoritmaları kullanan yazılım sayesinde incelemeye konu nesnenin spektrometre aracılığıyla ölçümü yapılan spektral özelliklerinden faydalanılarak nesne ile ilgili otomatik tespit, çıkarım veya tahminlerde bulunulması ile inceleme uzmanının doğru kararlar alabilmesi sağlanmaktadır.

Tekniğin bilinen durumunda yer alan US 6,640,132 B1 numaralı ABD patent dokümanında, adli ve diğer analizler için kullanılan taşınabilir hiperspektral görüntüleme cihazlarından bahsedilmektedir. Patente konu cihazlar, görüntü ve görüntü içerisindeki her bir piksel örneği için birçok farklı spektrumda elde edilen spektral veri setini sağlamaktadır. Birçok bitişik dar spektral bant aralıklarından toplanan spektral veri işlenerek içerisindeki görüntü özellikleri ve anomaliler tespit edilmektedir. Bir hedefin tespit edilmesini sağlayan taşınabilir cihaz; hedeften geniş bant, görünür, ultraviyole (morötesi - UV), kızılötesi (infrared - IR) ve hiperspektral veri ve bunların kombinasyonlarını elde etmeyi sağlayan bir optik alıcı sistemi (optical acquisition system) ve bu veri setinden görüntü işleme ve görüntü tanıma yazılımları sayesinde hedef tespiti yapılmasını sağlayan bir tanılama işlemcisi (diagnostic processor) içermektedir. Optik alıcı sistemi; birinci kademe görüntüleme optiği (first-stage imaging optic), Likit Kristal Ayarlanabilir Filtre (Liquid Crystal Tunable Filter - LCTF), ikinci kademe optik (second-stage optic) ve bir görüntü sensöründen (image sensor) oluşmaktadır. Birinci kademe görüntüleme optiği, adli örneğin yüzeyinden yansıyan ışığı toplayarak bunu Likit Kristal Ayarlanabilir Filtreye (LCTF) iletmektedir. LCTF örnek yüzeyinden toplanan ışıktan yalnızca belirli dalga boylarındaki optik sinyalin geçmesine olanak sağlayan programlanabilir bir filtredir. İkinci kademe optik, LCTF'den geçen ışığı almakta ve görüntü sensörüne iletmektedir. Tercihen yük bağlaşımlı aygıt (charge-coupled device - CCD) dizisinden oluşan görüntü sensörü, almış olduğu görüntü sinyalini tanılama işlemcisine iletmektedir. Tanılama işlemcisi,

görüntü sensöründen alınan görüntü sinyaline karşılık olarak kullanıcıdan bir giriş aygıtı aracılığıyla girdi alan ve giriş aygıtının bağlı olduğu genel amaçlı işletim modülüne (general-purpose operating module) çıktı sağlayan bir görüntü alma arayüzü (image acquisition interface) içermektedir. Genel amaçlı işletim modülü, görüntü işleme işlemini gerçekleştiren ve sistemdeki çeşitli parçaların kontrolünü ve çalışmasını sağlayan rutinleri içermekte olup, görüntü işleme protokollerini içeren tanılama protokol modülleri (diagnostic protocol modules) ile etkileşim halinde bulunmakta ve cihazın görüntü terminaline çıktı sağlamaktadır. Çalışır durumda olan taşınabilir cihaz incelenmek istenen hedef nesnenin yakınına konumlandırılmakta ve kullanıcı giriş aygıtını kullanarak bir tanılama protokol modülünü seçmektedir. Tanılama işlemcisi içerisindeki her bir tanılama protokol modülü hedefin belirli adli karakteristiklerini tespit etmek üzere uyarlanmıştır. Tanılama işlemcisi kullanıcı tarafından seçilen tanılama protokol modülünden bir görüntü işleme protokolü ve bir dizi transfer (iletim) fonksiyonu elde ederek filtreleme transfer fonksiyonlarını filtre kontrol arayüzü (filter control interface) aracılığıyla LCTF'ye iletmekte ve sonuç olarak görüntü sensöründe oluşan filtrelenmiş görüntünün görüntü alma arayüzünde saklanmasını sağlamaktadır. Genel amaçlı işletim modülü filtreleme ve filtrelenmiş görüntünün saklanması ile ilgili işlemleri seçilmiş olan tanımlama protokol modülünde yer alan filtreleme transfer fonksiyonlarının sayısına bağlı olarak bir kere veya daha fazla sayıda gerçekleştirebilmektedir. Filtreleme transfer fonksiyonları; bant geçiren filtre, çoklu bant geçiren filtre veya diğer filtreler olabilmektedir. Görüntü alma arayüzü, kullanıcının seçmiş olduğu tanılama protokolü tarafından belirlenen bütün spektral düzlemdeki görüntüleri saklamakta ve seçilmiş olan tanılama protokol modülündeki görüntü işleme protokolüne dayanarak işlemektedir. Görüntü işleme işlemi sonrasında elde edilen görüntü ise görüntü terminalinde gösterilmektedir.

Tekniğin bilinen durumunda yer alan US 10,222,260 B2 numaralı ABD patent dokümanında; bir görüntüde ayırt edilmek istenilen hedef nesnenin bulunup bulunmadığı, bulunuyor ise konumu ve/veya miktarı gibi nesne ile ilgili bilgiyi o nesneye temas etmeden uzaktan algılama yolu ile elde edebilen, spektral filtre dizisi ve görüntüleme dizisi içeren bir spektral (tayfsal) görüntüleme sisteminden bahsedilmektedir. Spektral filtre dizisi, daha önceden spektral imzası bilinen hedef nesnenin görüntülenen alan içerisinde tespit edilmesi için uygulanması gereken dalga boylarına duyarlı olacak şekilde seçilmektedir. Sistem içerisinde ayrıca her biri

bir veya daha fazla sayıda hedef nesneye duyarlı olan ve görüntüleme dizisi ile optik olarak hizalanacak şekilde elektronik kontrol veya mekanik bağlantı mekanizmaları vasıtasıyla değiştirilebilen birçok spektral filtre dizisinden oluşan bir spektral filtre kütüphanesi bulunmaktadır. Böylece tespit edilmek istenilen nesneye uygun spektral

5 filtre dizisinin seçilmesi ve uygulanması ile kolayca konfigüre edilebilen söz konusu sistem sayesinde katı, sıvı, gaz ya da plazma halindeki çok çeşitli hedef nesneler tespit edilebilmektedir. Spektral filtre dizisi, spektral görüntüden dalga boyuna bağlı bir spektral bilgi elde edilmesi ile hedef nesnenin tespit edilmesini veya tanımlanmasını kolaylaştırmak üzere her biri elektromanyetik spektrumun önceden

10 belirlenmiş bir band aralığı kısmını (bir ya da daha fazla spesifik dalga boyu ya da dar bir dalga boyu aralığı) seçici olarak geçiren çok sayıda optik filtreden oluşmaktadır. Optik filtrenin geçirgen olduğu dalga boyu aralığı, tespit edilmesi istenilen hedef nesnenin spektral özelliği ile doğrudan bağlantılı olarak belirlenmekte olup, bu dalga boyu aralığında hedef nesnenin vereceği spektral tepki daha önceden

15 bilinmektedir. Görüntüleme dizisi, filtrelenmiş görüntüleri kaydetmek için uygun optik filtre ile hizalanmış çok sayıda kamera içermektedir. Bu kameraların her biri hizalandıkları optik filtreyle uyumlu olarak elektromanyetik spektrumun belirli bir dalga boyu aralığına duyarlı olup, ilgili band aralığındaki görüntüleri oluşturma özelliğine sahiptir. Kameralar tarafından kaydedilen filtrelenmiş bir dizi görüntü, tespit edilmek

20 istenilen hedef nesnenin varlığı, konumu ve/veya miktarını gösteren bilgilerin elde edilebilmesi için analiz edilmektedir. Görüntü analizi, sisteme ait bir arayüz aracılığıyla kullanıcı tarafından seçilen hedef tespit algoritmasının bir bilgisayarda çalıştırılması ile yapılmaktadır. Görüntü içerisindeki pikseller tek tek veya grup olarak ele alınarak her bir pikselden ölçüm sonucunda toplanan spektral veriler hedef

25 nesnenin daha önceden bilinen spektral imzası ile piksel tabanlı olarak karşılaştırılmakta ve görüntünün hangi kısımlarının spektral özellikleri bakımından hedef nesne ile eşleşip eşleşmediği belirlenmektedir. Bir eşleşme bulunması durumunda hedef nesne tespit edilmekte ve görüntüdeki eşleşen ilgili piksellerin konum bilgileri görüntülenen alandaki hedef nesnenin konumunun belirlenmesinde

30 kullanılmaktadır. Söz konusu sistem hedef nesnenin varlığı, konumu ve/veya miktarı ile ilgili bilgileri hesaplayarak bu bilgileri görüntü üzerinde gösterebilmektedir. Örneğin; hedef nesnenin spektral özelliklerini gösteren pikseller, görüntü alanı içerisinde hedef nesnenin konum bilgisinin ve matematiksel olarak hesaplanmış

miktar bilgisinin anlaşılmasını sağlayacak şekilde kodlanmış renklerle renklendirilmektedir.

5 Tekniğin bilinen durumundaki benzer amaçlarla kullanılan cihazlar genel olarak, spektrometre, farklı dalgaboylarında ışık kaynakları, görüntülemeyi sağlayan kamera modülü, görüntüyü yansıtan görüntüleme ekranı, optik filtre ve numune tablası içermektedir. Bu cihazlarda nesneden yansıyan ışığın farklı dalga boylarındaki enerjilerinin ölçümü ile spektral reflektans (yansıyan ışık) değerleri veya bir diğer adıyla reflektans spektrumunun elde edilmesini sağlayan optik spektrometre cihazlarının ölçüm yapmasını sağlayan optik fiber uçları incelenen nesneden uzağa 10 veya bir yansıtıcı aynanın arkasına konumlandırılmaktadır. Bu sebeple nesne yüzeyinden yansıyan ışığın ölçülmesiyle tespit edilen sinyal, uzak mesafe kaynaklı istenmeyen parazitik etkilerden dolayı çok fazla gürültü içermektedir. Ayrıca uzak mesafeden optik fiber uçları ile yapılan ölçümlerde reflektans spektrumu ölçülmek istenilen hedef noktaya komşu noktaların ölçüm değerleri hedef noktanın reflektans 15 değerine karışabilmekte ve ölçümün doğruluğunu ve kesinliğini sağlamak mümkün olmamaktadır. Tekniğin bilinen durumundaki cihazlarda optik spektrometre fiber uçlarının incelenen nesneden uzağa konumlandırılmalarının sebebi bu cihazlarda optik spektrometrenin hareketsiz bir sistem dahilinde kullanılması ve tek bir sabit kaynaktan görüntüleme işlemi yapılması dolayısıyla spektrometrenin görüntüleme 20 mekanizmasına yakın bir yerde konumlandırılması gerekliliğinin oluşmasıdır. Bu gerekliliğin göz ardı edilerek spektrometrenin incelenecek nesnenin yerleştirildiği zemine yakın bir mesafede konumlandırılması durumunda spektrometre aydınlatma ve/veya görüntüleme mekanizmasının görüş alanına gireceğinden incelenen nesne tam olarak aydınlatılamamakta ve/veya görüntülenememektedir. Mevcut buluşa konu 25 cihaz içerisinde yer alan spektroskopik ölçüm modülünde optik fiber uçları bir prob ucu içerisine dizilerek çevresine aydınlatma kaynakları ve endoskopik kameralar yerleştirilmiştir. Bu modülün hareketi entegre edildiği kremayer ve pinyon dişli ile bağlantılı lineer ray aracılığı ile sağlanmaktadır. Spektroskopik ölçüm modülü içerisinde yer alan endoskopik kameraların incelenecek olan nesnenin yüzeyine 30 maksimum yakınlıktan odaklanması sayesinde kullanıcının el ile müdahalesine gerek kalmadan optik fiber uçları nesne yüzeyindeki ölçüm alınmak istenilen noktasal hedefe 1 mm mesafeye kadar yakınlaştırılarak hedefin tam üzerine hatasız bir şekilde konumlandırılmakta ve görüntüleme nesne yüzeyine yakın alanlardan net

olarak gerçekleştirilmektedir. Böylece yalnızca ölçüm yapılmak istenilen noktasal hedef değeri elde edilmekte ve optik fiber uçlarının nesneye yakın mesafede konumlandırılarak ölçüm alınması sayesinde parazitik etkilerin gözlemlenmediği gürültüsüz, yüksek doğruluk ve kesinlikte ölçüm yapılması sağlanmaktadır. Ayrıca spektroskopik ölçüm modülünde yer alan kızılötesi aydınlatma kaynakları ile incelenmek istenilen bölge sürekli olarak aydınlatılıp filtreli endoskopik kamera modülleri ile görüntülenmekte ve böylece incelenen örnek üzerinde sürekli “anti-Stokes” inceleme yapılabilmektedir. Anti-Stokes inceleme düşük enerjili görüntü sinyallerinden elde edilerek gerçekleştirildiğinden ilgili bölgenin net olarak görüntülenebilmesi için tekniğin bilinen durumundaki cihazlarda yüksek voltajlı flaş aydınlatma kaynakları kullanılmakta olup, IR emisyon enerjisinin düşük olduğu göz önüne alındığında görüntü sensörünün floresan pigmente yakın olması gerekmektedir. Buluşa konu cihazda bunun çözümü olarak yüzeye 1mm mesafeye kadar yaklaşarak net görüntü alabilen endoskopik kamera modülleri kullanılmaktadır. Böylelikle düşük enerjili sinyallerin tespiti kolaylaşmaktadır.

Tekniğin bilinen durumundaki söz konusu buluşa benzer nitelikteki adli belge ve/veya kıymetli kağıt ve belge inceleme cihazlarında, incelenecek dokümanın inceleme sırasında zemine göre konumunda sapma oluşmasını engellemek üzere zemine sabitlenmesi ve varsa üzerindeki kırıksıklık ve kıvrımların giderilmesi için mıknatıslı veya ağır sabitleyici cam, metal vb. cisimler kullanılmaktadır. Kullanılan bu sabitleyici cisimler görüntüleme alanına girerek veya üzerlerine gelen ışıkların incelenen ürün üzerine yansımaları engelleyerek ölçüm esnasında sorun çıkarabilmektedir. Bu problemin çözümü için buluşa konu cihaz içerisinde yer alan hareketli zemin tablasına soketli yapısı sayesinde ihtiyaç halinde kullanılmak üzere kolayca takılabilen bir vakum modülü geliştirilmiştir. Hareketli zemin tablasına takılan vakum modülü üzerindeki hava delikleri sayesinde incelenecek nesnenin zeminde sabit tutulmasını, eğer varsa üzerindeki kırıksıklıkların veya kıvrık bölgelerin giderilmesini ve böylece incelemenin sorunsuz bir şekilde yapılmasını sağlamaktadır. İncelenecek nesnenin zemine sabitlenmesi ve/veya nesnenin yüzeyinin pürüzsüzleştirilmesi ihtiyacı olduğunda kullanıcı soketli yapısı ile kolayca sökülüp takılabilmek imkanı sağlayan hareketli zemin tablasının alt aydınlatma modülünü sökerek yerine vakum modülünü pratik bir şekilde monte edebilmektedir.

Söz konusu buluşa benzer nitelikte olan tekniğin bilinen durumundaki cihazlarda kullanılan aydınlatma kaynaklarının konumları ve doğrultuları sabit olmakta ya da el ile mekanik olarak ayarlanabilmektedir. Sabit bir konumdan hareketsiz bir sistem ile aydınlatmanın yapılması halinde yeterli aydınlatma alanı ve homojenliği sağlanamazken, aydınlatma kaynaklarının nesneye göre konumları veya açılarının el ile mekanik olarak ayarlanması durumunda ise kullanıcı tarafından açı ve eğimlerin hatalı olarak ayarlanması ve tekrarlanabilirliğin sağlanamaması problemleri ortaya çıktığından inceleme sonucunda yapılan tespitlerin güvenilirliği azalmaktadır. Aydınlatma kaynaklarının incelenen nesne üzerine gelme açıları, bu nesnenin optik karakteristiğinin veya spektral özelliklerinin tam ve doğru olarak tespit edilmesi bakımından önemli bir unsur olduğundan, mevcut buluşa konu cihazda 250-1100 nm dalga boyu aralığındaki aydınlatma kaynaklarının yatay ve dikey doğrultudaki konumlarının el ile herhangi bir müdahalede bulunmadan bilgisayar arayüz yazılımı aracılığıyla hatasız bir şekilde değiştirilebilmesi için aydınlatma kaynaklarının üzerinde bulundukları aydınlatma panelleri yatay ekseninde 0-90 derece arasında salınım hareketi, dikey ekseninde ise 115 mm hareket edecek şekilde tasarlanmıştır. Böylece incelenecek olan nesnenin üzerine yerleştirildiği hareketli inceleme tablasının tamamında güçlü ve homojen bir aydınlatma sağlanabilmekte ve aydınlatma kaynaklarının yatay ve dikey konumları ile nesne üzerine geliş açıları hatasız bir şekilde yüksek hassasiyetle ayarlanabilmektedir. Ayrıca aynı ve/veya farklı inceleme uzmanları tarafından söz konusu cihazın farklı zamanlarda kullanılmasıyla aynı nesne üzerinde yapılan inceleme işlemlerinde aydınlatma koşullarının en ince detayına kadar bire bir aynı olacak şekilde sağlanabilmesinin mümkün hale gelmesiyle ölçümlerin tekrarlanabilirliği / yinelenebilirliği veya tekrar üretilebilirliği de sağlanmaktadır.

Buluşun Amacı

Bu buluşun amacı, spektrometre fiber uçlarının incelenecek nesne yüzeyindeki herhangi bir noktaya mümkün olan en yakın mesafeden ve el ile müdahalede bulunulmasına gerek kalmadan tam ve doğru şekilde konumlandırılması sayesinde istenmeyen parazitik sinyallerin karışmadığı gürültüsüz bir ölçüm yapılmasını sağlayan bir spektroskopik, hiperspektral ve dijital görüntüleme cihazı geliştirmektir.

Bu buluşun bir diğer amacı, içerdiği hareketli zemin tablası, hareketli aydınlatma sistemi ve raylı bir sisteme entegre edilmiş spektroskopik ölçüm modülü sayesinde incelemeye konu nesnenin spektral özelliklerinin her yönden ve kullanıcının elle müdahalesine gerek bulunmaksızın incelenebilmesi için güçlü ve homojen aydınlatma, yüksek hassasiyetli otomatik konumlandırma ve hizalama işlemlerini gerçekleştirebilme kapasitesine sahip olan ve böylece yüksek doğruluk, hassasiyet, kesinlik ve tekrarlanabilirliğe sahip ölçüm sonuçlarının elde edilmesini sağlayan bir spektroskopik, hiperspektral ve dijital görüntüleme cihazı geliştirmektir.

Bu buluşun bir diğer amacı, yüksek çözünürlük ve yüksek optik yakınlaştırma kapasitesine sahip olan görüntüleme sistemi sayesinde odaklama yapılabilmesi için normal şartlarda incelenecek nesneye olan 2 metrelik minimum odaklama mesafesinin 40 cm'ye kadar düşürülebildiği ve ek bir işlem gerektirmeden 240x180 mm boyutlarında bir görüntüleme alanının elde edilebildiği bir spektroskopik, hiperspektral ve dijital görüntüleme cihazı geliştirmektir.

Bu buluşun bir diğer amacı, incelenecek nesnenin inceleme sırasında zemine göre konumunda meydana gelebilecek değişikliklerin önlenmesi ve varsa nesne üzerindeki kırılganlık, kırılma gibi ölçümü olumsuz etkileyecek unsurların giderilerek nesne yüzeyinin inceleme sırasında düzgün ve pürüzsüz şekilde kalmasını sağlayacak şekilde üzerindeki hava delikleri sayesinde nesnenin inceleneceği zemin üzerine sabitlenmesini sağlayan bir vakum modülünün soketli yapısı ile ihtiyaca bağlı olarak kolayca takılıp sökülebildiği bir vakumlu hareketli zemin tablası içeren spektroskopik, hiperspektral ve dijital görüntüleme cihazı geliştirmektir.

Şekillerin Açıklaması

Şekil 1: Cihazın izometrik perspektif çizimi

Şekil 2: Cihazın kapaklar olmaksızın iç kısmının kesit çizimi

Şekil 3: Cihaz içerisindeki aydınlatma panel modülünün bakım onarım işlemi için teleskopik raylı hareket sistemi sayesinde yatay doğrultuda hareket ettirilerek cihaz dışına çıkarıldığı durumdaki cihazın kesit çizimi

Şekil 4: Hareketli zemin tablasının izometrik perspektif çizimi

Şekil 5: Hareketli zemin tablasının patlatılmış perspektif çizimi

Şekil 6: Hareketli zemin tablasının doğrusal hareket yapmasını sağlayan alt sisteminin patlatılmış perspektif çizimi

Şekil 7: Saat yönünde ve saatin tersi yönünde dönme hareketi yapılmasını sağlayan motorlu döner taban plakasına monte edilmiş durumdaki hareketli zemin tablasının kesit çizimi

Şekil 8: Hareketli zemin tablası içerisindeki alt aydınlatma modülünün kesit çizimi

Şekil 9: Vakum modülünün monte edildiği hareketli zemin tablası (vakumlu hareketli zemin tablası)

Şekil 10: Hareketli aydınlatma sisteminin kesit çizimi

Şekil 11: Hareketli aydınlatma sistemi içerisindeki aydınlatma panel modülü

Şekil 12: Spektroskopik ölçüm modülü ve hareket mekanizmasının hareketli aydınlatma sistemi içerisindeki konumunu gösteren kesit çizimi

Şekil 13: Spektroskopik ölçüm modülünün dikey hareketini sağlayan hareket mekanizmasının kesit çizimi

Şekil 14: Spektroskopik ölçüm modülünün kesit çizimi

Şekil 15: Spektroskopik ölçüm modülünün koruyucu kapak içerisinde yerleşimini gösteren kesit çizimi

Şekil 16: Spektroskopik ölçüm modülü içerisindeki prob ucunun kesit çizimi

Şekil 17: Biyolojik numunelerin incelenmesinde kullanılan spektroskopik ölçüm modülü içerisindeki prob ucunun kesit çizimi

Şekil 18: Hareketli görüntüleme sisteminin izometrik perspektif çizimi

Şekil 19: Kamera modülleri ve lineer optik filtrenin kesit çizimi

Şekil 20: Lens sistemi ve koaksiyel modülün kesit çizimi

Şekil 21: Ultrasonik sensör ve ultrasonik sensörün hareketli aydınlatma sistemi içerisindeki konumunu gösteren kesit çizimi

Şekillerdeki Referansların Açıklaması

Şekillerdeki referans işaretlerinin hangi parça/özellik için kullanıldığı aşağıda liste halinde belirtilmektedir:

- 11: Cihaz yan kapakları
- 5 12: Alüminyum kapaklar
- 13: Hareketli yan kapaklar
- 14: Hareketli yan kapak tutamakları
- 15: Yan tutamaklar
- 16: Açma-kapama butonu
- 10 17: RFID akıllı kart okuyucu
- 18: Morötesi (Ultraviyole – UV) filtreli izleme penceresi
- 21: Hareketli zemin tablası
- 22: Alüminyum ayaklar
- 23: Hareketli aydınlatma sistemi
- 15 24: Motorlu kayış-kasnak mekanizması
- 25: Koaksiyel modül
- 26: Hareketli görüntüleme sistemi
- 31: Aydınlatma panel modülü
- 41: Üst zemin
- 20 42: Difüzörlü cam
- 43: Step (stepper) motorlar
- 44: Lineer kılavuz ray sistemi
- 51: Alt aydınlatma modülü

- 52: Hareketli zemin tablasının doğrusal hareketini sağlayan alt sistem
- 61: Alüminyum zemin
- 62: Lineer kılavuz rayı
- 63: Lineer kılavuz blok
- 5 64: Kılavuz araba
- 65: Yakınlık sensörü (proximity sensor)
- 66: Aralayıcı (distans-spacer)
- 67: Mekanik anahtar (switch)
- 71: Motorlu döner taban plakası
- 10 91: Vakum modülü
- 92: Hava delikli plaka
- 93: Fan pervane tablası
- 94: Fan pervaneleri
- 101: Aydınlatma panelleri
- 15 102: Halojen spot aydınlatma kaynakları
- 103: Alüminyum soğutucu plakalar
- 104: Teleskopik raylı sistem
- 105: Redüktörlü motora bağlı konik dişliler
- 106: Enkoderli (encoder) motor
- 20 107: Kayış-kasnak mekanizması
- 108: Trapez vidalı ve somun içeren dişli rulolar
- 109: Floresan aydınlatma kaynakları
- 110: Alüminyum plaka

- 111: Redüktörlü motor
- 121: Spektroskopik ölçüm modülü
- 122: Kremayer ve pinyon dişli (rack and pinion)
- 123: Frenli motor
- 5 131: Lineer kızak ray
- 132: Çelik bağlantı parçası
- 141: Prob ucu
- 142: Endoskopik kamera modülleri
- 143: Kızılötesi (Infrared – IR) led aydınlatma kaynakları
- 10 151: Koruyucu kapak
- 161: Optik fiber ölçüm ucu
- 162: Optik fiber aydınlatma ucu
- 163: Koruyucu yalıtkan dış çeper
- 171: Koruyucu yalıtkan iç çeper
- 15 181: Ön lens modülü
- 182: Motorlu yakınlaştırmaya sahip lens (objektif) sistemi
- 183: Lineer optik filtre
- 184: Kremayer ve pinyon dişli (rack & pinion)
- 185: Renkli kamera modülü
- 20 186: Renkli kamera ince ayar odaklama mekanizması
- 187: Siyah-beyaz kamera modülü
- 188: Siyah-beyaz kamera ince ayar odaklama mekanizması
- 191: Lineer aktüatörlü raylı hareket modülü

192: Yakınlaştırma (zoom) lens

201: Alüminyum plaka

202: Koaksiyel aydınlatma sistemi

203: Koaksiyel ayna

5 211: Ultrasonik sensör

Buluşun Açıklaması

Şekil 1’de söz konusu cihazın izometrik perspektif çizimi gösterilmektedir. Kapalı bir tasarıma sahip olan cihazın yan kısımları ısıyı ve ışığı geçirmeyen PA66 maddesinden yapılmış yan kapaklar (11) ile; ön, arka ve alt kısımları ise alüminyum kapaklar (12) ile kaplanmıştır. Böylece cihazın adli, biyolojik, kimyasal ve çevresel inceleme amaçlı kullanımı sırasında dış ortam koşullarından tamamen izole edilmesi sayesinde yalnızca ölçümü hedeflenen durumun ölçülmesi, dış etkenlerin ölçüm sonuçlarını etkilemesinin engellenmesi ve ölçüm güvenilirliği sağlanmaktadır. Cihazın ön ve yan taraflarında yer alan hareketli yan kapaklar (13) ışık geçirmeyen opak bir maddeden yapılmış olup, hareketli yan kapak tutamakları (14) sayesinde kullanıcı tarafından hareket ettirilerek açılmakta ve cihaz içerisine incelenecek örneğin yerleştirilmesine imkan sağlamaktadır. Önde yer alan hareketli yan kapağın (13) üzerinde kullanıcının cihaz içerisini gözlemleyebileceği morötesi (ultraviyole – UV) filtreli bir izleme penceresi (18) bulunmaktadır. Bu izleme penceresi, cihazın çalışması sırasında içerisindeki aydınlatma kaynaklarından yayımlanan ultraviyole radyasyonun zararlı etkilerinden kullanıcıyı korumak için bu ışınların pencereden sızmasını engelleyen UV filtreye sahiptir. Cihazın yan taraflarında bulunan yan tutamaklar (15) cihazın yer değiştirilmesi sırasında kullanılmaktadır. Cihazın ön tarafında bir açma-kapama butonu (16) ve bir RFID akıllı kart okuyucu (17) yer almaktadır.

Şekil 2’de cihazın kapaklar olmaksızın iç kısmının kesit çizimi gösterilmektedir. Cihazın içerisinde yer alan ve şekilde görülebilen temel parçalar ile işlevleri şu şekildedir: kullanıcının hizalama işlemi için el ile müdahale etmesine gerek kalmadan incelenecek nesnenin üzerine yerleştirildiği ve muhtemel tüm yön ve doğrultulardan inceleme işleminin gerçekleştirilebilmesi için iki boyutlu düzlemde (xy-düzlemi)

doğrusal hareket ile saat yönü ve saat yönünün tersi yönde dairesel hareket yapabilme kabiliyetine sahip olan bir hareketli zemin tablası (21); cihaz zemininde bulunan hareketli zemin tablasının tamamında güçlü ve homojen bir aydınlatma sağlamak için üzerinde istenilen sayıda, türde ve farklı dalga boyu aralıklarında aydınlatma kaynaklarının kullanılabilirdiği, redüktörlü motora bağlı konik dişliler (105) sayesinde yatay ekseninde 0-90 derece arasında salınım hareketi yapabilme ve motorlu kayış kasnak mekanizması (24) sayesinde dikey ekseninde 115 mm hareket edebilme kabiliyetine sahip olan ve bilgisayar arayüz yazılımı ile kullanıcı tarafından hatasız bir şekilde konumlandırması yapılabilen hareketli aydınlatma panellerinin (101) ve bu panellerin hareketini sağlayan mekanizmaların bulunduğu bir hareketli aydınlatma sistemi (23); dikey düzlemde yer alan nesnenin görüntüsünün yatay düzlemdeki görüntüleme sistemi üzerine düşürülmesini sağlamak için 45 derecelik açı ile konumlandırılmış ayna ile birlikte aydınlatma kaynakları içeren bir koaksiyel modül (25); renkli ve siyah-beyaz kamera modülleri, objektif (lens) sistemi, lineer optik filtre ve bunların bilgisayar arayüz yazılımı kullanılmasıyla otomatik olarak kontrol edilmesi, hareket ettirilmesi veya hizalanmasını sağlayan lineer motorlu hareket mekanizmaları içeren, yüksek çözünürlük ve yüksek optik yakınlaştırma kapasitesine sahip olarak optik incelemeyi sağlayan bir hareketli görüntüleme sistemi (26).

Şekil 3'te hareketli aydınlatma sistemi (23) içerisinde yer alan aydınlatma panellerinin (101) bulunduğu aydınlatma panel modülünün (31) teleskopik raylı hareket sistemi (104) sayesinde doğrusal hareketinin sağlanmasıyla cihaz dışına doğru çıkarılmış olduğu andaki görünümü gösterilmektedir. Aydınlatma panel modülünün cihaz dışına doğru hareket ettirilmesi ile aydınlatma panellerinin bakım ve onarım işlemlerinin kolaylıkla yapılabilmesi sağlanmaktadır. Bakım ve/veya onarım işlemi tamamlandığında ise modül, teleskopik raylı hareket sistemi sayesinde cihaz içine doğru hareket ettirilerek yerine geri yerleştirilmektedir.

Şekil 4'te incelenecek nesnenin üzerine yerleştirildiği ve inceleme uzmanının el ile müdahalesine gerek kalmadan bilgisayar arayüz yazılımı ile iki boyutlu düzlem (xy-düzlemi) üzerindeki doğrusal hareketi ve dairesel hareketi kontrol edilebilen ve bu sayede nesnenin olası tüm yön ve doğrultulardan hassas bir şekilde incelenmesine olanak sağlayan hareketli zemin tablası (21) gösterilmektedir. Hareketli zemin tablasının (21) içerisinde yer alan alt aydınlatma modülünden (51) yayılan ışığın

zemin tablası üzerinde homojen bir şekilde dağılımının sağlanması için üst zemin (41) tarafından çevrelenmiş difüzörlü cam (42) kullanılmaktadır. Step (stepper) motorların (43) sağladığı hareketin lineer kılavuz ray sistemine (44) aktarılmasıyla zemin tablası (21) iki boyutlu düzlemde doğrusal hareket yapabilmekte ve incelenmek için zemin tablası üzerine yerleştirilen nesnenin aydınlatma ve görüntüleme sistemlerine ve spektroskopik ölçüm modülüne göre hizalanması sağlanmaktadır.

Şekil 5'te hareketli zemin tablasının (21) patlatılmış perspektif çizimi gösterilmektedir. İncelenen nesnelerin fotolüminesans (floresans, fosforesans) özelliklerinin belirlenmesi için difüzörlü camın (42) hemen altında ultraviyole (morötesi - UV), kızılötesi (IR) ve görünür (VIS) dalga boylarında ışıma yapan LED ve halojen aydınlatma kaynakları içeren bir alt aydınlatma modülü (51) yer almaktadır. Üst zeminin (41) altında ise zemin tablasının (21) doğrusal hareketini sağlayan alt sistem (52) bulunmaktadır.

Şekil 6'da hareketli zemin tablasının (21) iki boyutlu düzlemde (xy-düzlemi) doğrusal hareketini sağlayan alt sistemin (52) patlatılmış perspektif çizimi gösterilmektedir. Alt sistem (52) temel olarak; hareketi sağlayan parçaların monte edildiği alüminyum zeminler (61), lineer kılavuz ray sistemini (44) oluşturan lineer kılavuz ray (62), lineer kılavuz blok (63) ve kılavuz araba (64), yakınlık (proximity) sensörleri (65), alüminyum zeminler (61) arasında mesafe oluşturmak için kullanılan aralayıcılar (distans-spacers) (66), mekanik anahtar (switch) (67) ve stepper motorlardan (43) oluşmaktadır.

Şekil 7'de hareketli zemin tablasının (21) saat yönünde ve saatin tersi yönünde dairesel hareket yapmasını sağlayan motorlu döner taban plakasına (71) monte edilmiş haldeki görünümü gösterilmektedir.

Şekil 8'de hareketli zemin tablası (21) içerisinde yer alan alt aydınlatma modülünün (51) kesit çizimi gösterilmektedir.

Şekil 9'da hareketli inceleme tablası (21) içerisindeki alt aydınlatma modülünün (51) sökülmesiyle yerine soketli yapısı sayesinde kolayca monte edilebilen vakum modülünün (91) patlatılmış perspektif çizimi gösterilmektedir. Hareketli zemin tablası üzerine incelenmek için yerleştirilen nesnenin inceleme sırasında yerinden kolayca

hareket edebilecek yapıda olduğu ve/veya nesne yüzeyinde ölçümü olumsuz yönde etkileyebilecek nitelikte kırıxıklık ve kıvrılma gibi unsurların olduğu durumlarda incelenecek nesnenin zemine sabitlenmesini ve varsa yüzeyindeki kırıxıklık ve kıvrılmaların ortadan kaldırılarak yüzeyin pürüzsüz ve düzgün hale getirilmesini sağlamak amacıyla gerekli görüldüğünde hareketli zemin tablası içerisindeki alt aydınlatma modülünün (51) sökölmesiyle yerine vakum modülü (91) takılmaktadır. Modüllerin soketli yapısı sayesinde sökölüp takılmaları pratik bir şekilde gerçekleştirilmektedir. Vakum modülü (91); üzerine yerleştirilen nesnenin zemine sabitlenmesini ve yüzeyinin pürüzsüzleştirilmesini sağlamak üzere modül içerisine doğru akan hava akımının geçtiği hava delikli plaka (92), hava akımı oluşturan fan pervaneleri (94) ve fan pervanelerinin içerisine yerleştirildiği fan pervane tablasından (93) oluşmaktadır. Vakum modülünün (91) monte edildiği hareketli zemin tablası (vakumlu hareketli zemin tablası) daha önce bahsedildiği gibi iki boyutlu düzlemde (xy-düzlemi) doğrusal hareket ve dairesel hareket yapma kabiliyetine sahiptir.

Şekil 10'da hareketli aydınlatma sisteminin (23) kesit çizimi gösterilmektedir. Hareketli inceleme tablası üzerine yerleştirilen incelenecek nesnenin her yönden güçlü ve homojen bir şekilde aydınlatılabilmesi ve aydınlatma kaynaklarının inceleme anında nesneye göre yatay ve dikey konumları ile nesne üzerine ışığın geliş açısının hassas bir şekilde el ile müdahalede bulunmadan ayarlanabilmesi için mevcut buluşa konu cihazda bilgisayar arayüz yazılımı ile konumlandırma hareketleri kontrol edilebilen dört adet aydınlatma paneli (101) bulunmaktadır. Bu aydınlatma panelleri (101) üzerinde elektromanyetik spektrumun ultraviyole (morötesi - UV), görünür (VIS) ve kızılötesi (IR) bölgesinin bir kısmını içine alan 250 nm - 1100 nm dalga boyu aralığındaki halojen, feston, flaş, floresan ve LED gibi farklı türdeki aydınlatma kaynakları istenilen sayıda ve kombinasyonda kullanılabilir. Aydınlatma panel modülünün (31) dışında ancak hareketli aydınlatma sistemi içerisinde ayrıca birbirine paralel olarak yerleştirilmiş ultraviyole floresan aydınlatma kaynakları (109) da yer almaktadır. Kullanıcı bilgisayar arayüz yazılımı aracılığı ile incelemeye konu nesnenin türü ve yapılacak inceleme türüne uygun olarak belirlediği aynı veya farklı dalga boylarında ışınım yapan aynı veya farklı türdeki aydınlatma kaynaklarının inceleme anında hangi sayıda ve kombinasyonda kullanılacağına dair seçim yapabilmektedir. Dört adet aydınlatma panelinin (101) bir kare kutu oluşturacak şekilde yan yana konumlandırılmasıyla oluşan aydınlatma panel modülündeki (31)

birbirine bitişik aydınlatma panellerinin (101) arasında birer tane olmak üzere toplamda dört adet halojen spot aydınlatma kaynağı (102) zeminde homojen bir aydınlatma sağlamak üzere zemine göre 45 derecelik açı ile konumlandırılmıştır. Halojen spot aydınlatma kaynakları (102) elektromanyetik spektrumun görünür band bölgesinin tamamından optik veri aktarımını sağlayabildiği için kullanımı tercih edilmektedir. Aydınlatma panelleri (101) içerisinde yer alan aydınlatma kaynaklarına ait devre elemanlarının üzerine yerleştirildiği baskı devre kartları (Printed Circuit Board - PCT), finli (kanatçıklı) alüminyum soğutucu plakalardan (103) oluşan bir soğutma paneli üzerine monte edilmiştir. Alüminyum soğutucu plakalar (103), aydınlatma kaynaklarının elektronik devreler üzerinde oluşturduğu ısıyı iletim yoluyla üzerine almakta ve taşınım yoluyla bu ısıyı çevreye yaymaktadır. Soğutucuların arka kısımlarında bulunan kanatçıklar (finler) ise hava ile geniş bir temas yüzeyi sağlayarak taşınım ile daha fazla ısıyı havaya verilmesini sağlamaktadır. Böylece elektronik devreler üzerindeki fazla ısı birikimi önlenerek elektronik devrelerin yanması engellenmekte ve aydınlatma kaynaklarının belirli bir sıcaklıkta tutularak uzun ömürlü olması sağlanmaktadır. Aydınlatma panellerini (101) içeren aydınlatma panel modülü (31), bakım ve/veya onarım işlemlerinin kolaylıkla yapılabilmesi amacıyla iç içe geçmiş raylı mekanizmalardan oluşan bir teleskopik raylı sistem (104) ile bağlantılandırılmış olup, monte edildiği bu sistem sayesinde aydınlatma panel modülünün tamamı cihaz dışına doğru hareket ettirilerek çekilebilmekte ve bakım ve/veya onarım işlemi tamamlandığında ise tekrardan cihaz içerisindeki yerine doğru hareket ettirilerek yerleştirilebilmektedir. Aydınlatma panellerinin (101) yatay ekseninde 0-90 derece arasında salınım hareketi yapmasını sağlayan redüktörlü motora bağlı konik dişliler (105), redüktörlü motorda (111) üretilen açısal hareketi aydınlatma panellerine (101) iletmektedir. Aydınlatma panelleri (101), redüktörlü motor sistemi ve redüktörlü motora bağlı konik dişliler (105) üst taraflarından bir alüminyum plakaya (110) monte edilmiştir. Hareketli aydınlatma sistemi içerisinde bulunan enkoderli motorda (106) üretilen moment, kayış-kasnak mekanizmasına (107) ve ardından bu mekanizmanın bağlı olduğu trapez vidalı ve somun içeren dişli rulolara (108) iletilmektedir. Dişli rulolar (108) ise kayış-kasnak mekanizmasından (107) gelen hareketi üzerine monte edildikleri alüminyum plakaya (110) uygulayarak alüminyum plakanın bağlı olduğu aydınlatma panel modülünü (31) dikey ekseninde aşağı-yukarı yönde hareket ettirmektedir. Aydınlatma panellerinin yatay ve dikey yönlerde hareket ettirilmesi ile incelenen nesnenin farklı aydınlatma koşullarında elde edilen çoklu

görüntülerinden fotometrik stereo (photometric stereo) yöntemi kullanılarak nesneye ilişkin üç boyutlu yüzey ve şekil tahmini yapılabilir.

Şekil 11'de hareketli aydınlatma sistemi içerisinde yer alan aydınlatma panel modülü (31) gösterilmektedir. Aydınlatma panel modülü; üzerinde 250 nm – 1100 nm dalga boyu aralığında ışık yayan, halojen, feston, flaş, floresan ve LED gibi farklı türdeki aydınlatma kaynaklarının bulunduğu hareketli aydınlatma panelleri (101), aydınlatma panelleri arasında zemini 45 derecelik açı ile görecek şekilde konumlandırılmış halojen spot aydınlatma kaynakları (102), aydınlatma panellerinin arka kısımlarına monte edilmiş alüminyum soğutucu plakalar (103), aydınlatma panellerinin yatay eksenindeki hareketini sağlamak üzere tork üreten redüktörlü motor (111), redüktörlü motorun ürettiği tork ve dönme hareketini aydınlatma panellerine aktaran konik dişliler (105), aydınlatma panel modülünün bakım-onarım işlemleri sırasında cihaz dışarısına doğru hareket ettirilmesini sağlayan teleskopik raylı sistem (104) ve aydınlatma panelleri ile motor sisteminin monte edildiği bir alüminyum plakadan (110) oluşmaktadır.

Şekil 12'de hareketli aydınlatma sistemi içerisinde yer alan spektroskopik ölçüm modülü (121) ile bu modülün dikey ekseninde hareket etmesini sağlayan kremayer ve pinyon dişli (rack and pinion gear) (122) ve frenli motor (123) içeren hareket mekanizması gösterilmektedir. Spektroskopik ölçüm modülü (121) hareketli aydınlatma sistemi içerisinde yer almasına rağmen görüntüleme alanına ve aydınlatma açısına girmemekte ve hareketli zemin tablası üzerine yerleştirilen incelenecek nesne üzerinde gölge oluşturmamaktadır. İncelenmek istenilen nesne, kullanıcının elle herhangi bir müdahalesi olmadan hareketli zemin tablası (21) kullanılarak spektrometrik ölçüm modülüne (121) göre hizalanabilmekte ve ölçüm modülünün (121) hareket mekanizması sayesinde dikey hareketi sağlanarak nesne üzerindeki ölçüm alınacak noktasal hedeflerin tam üzerine 1 mm yakınlığa kadar hatasız bir şekilde konumlandırması yapılabilir.

Şekil 13'te spektroskopik ölçüm modülünün dikey hareketini sağlayan hareket mekanizmasının kesit çizimi gösterilmektedir. Spektroskopik ölçüm modülü (121), hareket mekanizmasını oluşturan kremayer ve pinyon dişli (122) çiftinden kremayer dişliye monte edilmiştir. Spektroskopik ölçüm modülünün (121) dikey hareketi, frenli motorda (123) üretilen dönme hareketini doğrusal harekete çevirmek için birlikte

5 çalışan doğrusal bir dişli (kremayer) ve bu doğrusal dişliye geçen dairesel bir dişli (pinyon) barındıran bir doğrusal aktüatör türü olan kremayer ve pinyon dişli (122) çifti ile sağlanmaktadır. Pinyonun bağlı olduğu frenli motor (123) tarafından döndürülmesi, kremayerin doğrusal olarak sürülmesine neden olmaktadır. Kremayer
10 dişli bağlı olduğu lineer kızak ray (131) üzerinde yukarı ve aşağı yönde dikey olarak hareket etmekte ve böylece kremayer dişlinin alt kısmına monte edilmiş olan spektroskopik ölçüm modülünün (121) hareketli zemin tablası (21) üzerindeki incelenen nesneye yakınlığı ayarlanabilmektedir. Pinyonun dönme hareketi için döndürme momenti üreten frenli motor (123) ve pinyon bir çelik bağlantı parçası
15 (132) aracılığıyla hem birbirlerine hem de hareketli aydınlatma sistemi içerisindeki plakaya sabitlenmiştir.

Şekil 14'de spektroskopik ölçüm modülünün (121) kesit çizimi gösterilmektedir. Spektroskopik ölçüm modülü (121); prob ucu (141), endoskopik kamera modülleri (142) ve kızılötesi (IR) led aydınlatma kaynakları (143) içermektedir. Prob ucu (141)
20 içerisinde, incelenen nesne yüzeyine doğru farklı dalga boylarında ışınım yayabilen optik fiber aydınlatma uçları (162) ve farklı dalga boyları için nesne yüzeyinden yansıma (reflektans) değerlerinin elde edilmesini sağlayan optik fiber ölçüm ucu/uçları (161) yer almaktadır. Prob ucu (141) içerisinde dizilmiş optik fiber uçları, kullanıcının elle müdahalesine gerek kalmadan endoskopik kamera modülleri (142)
25 kullanılarak incelenen nesne yüzeyindeki noktasal hedeflerin tam üzerine hatasız olarak hassas ölçüm yapacak şekilde konumlandırılmaktadır. Yatay ekseninde aralarında belirli bir mesafe olacak şekilde prob ucunun (141) her iki tarafına konumlandırılan endoskopik kamera modülleri (142) sayesinde incelenen aynı nesnenin farklı açılardan elde edilmiş görüntüleri "stereo vision" algoritması
30 kullanılarak işlenmekte ve nesnenin derinliği ile 3 boyutlu yapısı algılanabilmektedir.

Yayılan ışımının dalga boyunun absorblanan (emilen/soğrulan) ışımının dalga boyundan küçük olduğu anti-Stokes floresans özelliğine sahip parlak (luminescent) materyallerde ve boyalarda görünür bölge (VIS) floresansı tespiti yapabilmek için spektroskopik ölçüm modülünde kızılötesi (IR) led aydınlatma kaynakları (143)
35 kullanılmaktadır. Anti-Stokes inceleme yapılmak isteniyorsa görünür bölgedeki emisyon spektrumunun elde edilebilmesi için endoskopik kameraların önüne görünür ışığı geçiren fakat kızılötesi ışığın geçmesini engelleyen Visible Pass/Infrared Block filtre koyularak emisyon dalga boylarında görüntüleme sağlanmaktadır.

Spektroskopik ölçüm modülünde (121) yer alan kızılötesi aydınlatma kaynakları (143) ile incelenmek istenilen bölge sürekli aydınlatılıp filtreli endoskopik kamera modülleri (142) ile canlı olarak görüntülenmekte olduğundan incelenen nesne üzerinde sürekli anti-Stokes inceleme yapılabilir.

- 5 Şekil 15'te spektroskopik ölçüm modülünün (121) içerisine yerleştirildiği koruyucu kapak (151) gösterilmektedir. İki parçadan oluşan koruyucu kapak (151), endoskopik kamera modülleri (142) ve kızılötesi led aydınlatma kaynakları (143) dolayısıyla oluşan ısıya karşı dayanıklıdır.

- 10 Şekil 16'da spektroskopik ölçüm modülü (121) içerisinde yer alan prob ucunun (141) yandan ve önden kesit görünüşleri gösterilmektedir. Prob ucu (141) içerisinde bir koruyucu dış çeper (163) ile çevrelenmiş şekilde dairesel olarak dizilmiş 19 adet optik fiber ucu bulunmaktadır. Bunlardan en ortada yer alan uç, incelenen nesne yüzeyi üzerinde denk geldiği hedef noktadan spektral reflektans ölçümü yapan optik fiber ölçüm ucudur (161). Optik fiber ölçüm ucunun (161) etrafı, biri 6 diğeri 12 adet
- 15 içerecek şekilde iki sıra halinde ve birbirlerine teğet olarak dizilmiş optik fiber aydınlatma uçları (162) ile sarılmıştır. İncelenen nesneye ait spektral imzaların elde edilebilmesi için optik fiber aydınlatma uçlarından (162) incelenen nesne yüzeyine iletilen farklı dalga boylarındaki ışıkların yüzeyden yansıma (reflektans) ölçümleri optik fiber ölçüm ucu (161) tarafından yapılmakta ve toplanan veriler sayısal
- 20 değerlere çevrilmek üzere spektrometre sensörüne iletilmektedir. Ölçüm işlemi tamamlandığında elde edilen reflektans değerleri bilgisayar arayüz yazılımı aracılığıyla sayısal ve görsel olarak gösterilmektedir.

- Şekil 17'de biyolojik numunelerin incelenmesi için spektroskopik ölçüm modülünde (121) kullanılan prob ucunun (141) yandan ve önden kesit görünüşü gösterilmektedir.
- 25 Prob ucu (141) içerisinde daha hassas ve detaylı ölçüm yapmak üzere 7 adet kullanılan optik fiber ölçüm uçları (161) birbirlerine teğet olacak şekilde dizilmiş ve bir iç çeper (171) tarafından çevrelenerek optik fiber aydınlatma uçlarından (162) ayrılmıştır. Optik fiber aydınlatma uçları (162) ise iç çeper (171) ile dış çeper (163) arasında kalacak şekilde dairesel iki sıra halinde ve birbirlerine teğet olarak
- 30 dizilmiştir. Şekil 17'de gösterilen prob ucunun Şekil 16'da gösterilen prob ucundan farkı daha fazla sayıda ölçüm ve aydınlatma fiberi içermesinden dolayı daha hassas ölçüm yapılabilmesi ve ölçüm fiberleri ile aydınlatma fiberlerini birbirinden ayıran iç

çeperin (171) bu iki fiber grubu arasında bir mesafe oluşturması sayesinde ışığın incelenen nesnenin içerisinde gidebileceği derinlik değerinin iç çeper (171) kalınlığına bağlı olarak ayarlanabilmesidir. Böylece iç çeper (171) kalınlığı sayesinde incelenecek biyolojik numunelerin yüzeylerinin altından da veri elde edilmesi mümkün hale gelmektedir.

Şekil 18'de hareketli görüntüleme sisteminin izometrik perspektif çizimi gösterilmektedir. Kesit görünüşü Şekil 20'de gösterilen koaksiyel modül (25); dikey konumlu nesnenin görüntüsünün kamera sensörü üzerine yatay eksen boyunca düşürülmesini sağlamak için modül zemini ile 45 derecelik açı yapacak şekilde konumlandırılmış bir koaksiyel ayna (203) ve bu aynayı yukarıdan aydınlatacak şekilde modül tavanına yerleştirilmiş beyaz led aydınlatma kaynakları içeren koaksiyel aydınlatma sisteminden (202) oluşmaktadır. Koaksiyel aydınlatma sistemi, incelenecek nesnelerin dokusal yapılarına ilişkin karakteristik özelliklerinin belirlenmesinin önemli olduğu durumlarda kullanılmaktadır. Bu amaçla inceleme zeminine yerleştirilen ince ancak derinlik içeren ve/veya üzerinde dokusal özellikler barındıran nesnelerin yansıtıcılığı ve kontrast farkı koaksiyel aynayı yukarıdan aydınlatan beyaz led aydınlatma kaynakları ile artırılmaktadır. Motorlu yakınlaştırmaya sahip lens modülü (182) içerisinde farklı türde birçok lens bulunmakta olup, bu lensler hareket düzeneği sayesinde istenilen doğrultuda hareket ettirilebilmekte ve lens modülünün (182) arka kısmında bulunan renkli ve siyah-beyaz kameralar (185,187) ile uyumluluk göstermektedir. Motorlu yakınlaştırmaya sahip lens sistemi (182), ön kısmına eklenmiş olan ön lens modülü (181) sayesinde kameraların hareketli zemin tablası üzerindeki incelenen nesneye 40 cm'ye kadar düşen yakın mesafelerden odaklanmasını sağlayarak görüntüyü görüntüleme sensörü üzerine aktarmaktadır. Lineer optik filtre (183), elektromanyetik spektrumun yaklaşık 400-1000 nanometre (nm) arasında dalga boyuna sahip görünür ve yakın kızılötesi (visible and near-infrared - VNIR) kısmında 1 nanometrelik dar aralıklardaki her bir dalga boyu bandı için filtreleme yapabilmekte ve optik spektrumun istenilen dalga boyu aralığındaki ışığın iletimini sağlarken diğer dalga boylarındaki ışığın geçişini engellemektedir. Farklı dalga boyunu geçiren süzgeçlerden oluşan sistemler kullanılarak incelenen nesne yüzeyinden yansıyan enerjinin kızılötesi ve görünür bölgelerden dar ve bitişik çok sayıda dalga boyu bandında ölçümü ile görüntü içerisindeki piksel adı verilen çok sayıdaki görüntü noktasına ait tek boyutlu spektral

işaretin elde edildiği ve bu spektral bilginin hedef nesnenin tespiti ve sınıflandırılmasında kullanıldığı hiperspektral veri analizi için söz konusu cihazda lineer optik filtre (183) kullanılmaktadır. Lineer optik filtre (183), nanometrik hassasiyetle hareket ettirilmesi için alt kısmından kremayer ve pinyon dişliye (184) bağlanmıştır. Renkli kamera modülünde (185) bulunan yüksek çözünürlüklü endüstriyel kameranın hassas biçimde odaklamasının yapılması için kullanılan renkli kamera ince ayar odaklama mekanizması (186), kameranın monte edildiği kılavuz rayı hareket ettiren vidalı mekanizma sayesinde kamerayı lens sistemine doğru yaklaştırıp uzaklaştırarak görüntünün görüntüleme ekranında netleştirilmesini sağlamaktadır. Renkli kameraların 400-700 nm aralığında dalga boyuna sahip görünür bölgede (VIS) kuantum etkinliği yüksek olduğu için bu aralıkta yüksek çözünürlükte görüntü elde edebilme kabiliyeti bulunurken, 700-1000 nm aralığında dalga boyuna sahip yakın kızılötesi (NIR) bölgesinde kuantum etkinliği düşük olduğundan çözünürlük bakımından yetersiz kalmaktadır. Bu nedenle söz konusu cihazda renkli kameraların yetersiz kaldığı yakın kızılötesi bölgesinde yüksek kuantum etkinliğine sahip siyah-beyaz kamera modülü (187) kullanılmaktadır. Siyah-beyaz kamera ince ayar odaklama mekanizması (188), siyah-beyaz kameranın hassas bir biçimde odaklamasının yapılması için lens sistemine doğru yakınlaştırma ve uzaklaştırma hareketi yapmasını sağlamaktadır ve renkli kamera ince ayar odaklama mekanizması ile aynı özelliklere sahip olup aynı işlevi yerine getirmektedir. Yüksek çözünürlük ve yüksek optik yakınlaştırma kabiliyetine sahip olan hareketli görüntüleme sistemi ile 240 x 180 milimetre (mm) boyutunda bir alan görüntülenebilmekte olup, hareketli zemin tablası ve görüntü işleme yöntemleri sayesinde bu görüntüleme alanının 300 X 300 mm boyutuna kadar çıkarılabilmesi mümkündür.

Şekil 19'da hareketli görüntüleme sistemi içerisinde yer alan kameralar (185,187) ve lineer optik filtre (183) ile bunları hareket ettiren mekanizmalardan (191, 184) oluşan modülün kesit çizimi gösterilmektedir. Lineer aktüatörlü raylı hareket modülü (191), bilgisayar arayüz yazılımı kullanılarak renkli ve siyah-beyaz kamera modüllerinin kullanıcının ihtiyacına göre anlık yer değiştirilmesi ve lens sistemine göre hizalanmasını sağlamaktadır. Lineer optik filtrenin (183) nanometrik hassasiyetteki hareketi ise, bir motorun ürettiği dönme hareketini doğrusal harekete çeviren ve bu hareketi lineer optik filtreye ileten kremayer ve pinyon dişli (184) çifti ile

sağlanmaktadır. Lineer optik filtrenin (183) bitişğinde yer alan yakınlaştırma (zoom) lens (192), kamera modülleri ve motorlu yakınlaştırmaya sahip lens sisteminin (182) arasına konumlandırılarak elde edilen görüntüleri daha fazla yakınlaştırmaktadır.

Şekil 20'de birbirine monte edilmiş lens sistemi (181 ve 182) ve koaksiyel modülün (25) kesit çizimi gösterilmektedir. Motorlu yakınlaştırmaya sahip lens sistemi (182) ve koaksiyel modül (25) üzerlerinden bir alüminyum plakaya (201) monte edilmiştir. Koaksiyel modül (25) içerisinde yüksek optik homojenliğe sahip olan, ışığın soğrulması ve saçılması kaynaklı kayıpların düşük olduğu "partially transmitting mirror" olarak tanımlanan kısmen geçirgen bir koaksiyel ayna (203) modül zemini ile 45 derecelik açı yapacak şekilde konumlandırılarak zemin tablası (21) üzerinde dikey konumda bulunan incelenen nesnenin görüntüsünün görüntüleme sistemine yatay olarak aktarılması sağlanmaktadır. Koaksiyelin modülün (25) tavanında aynayı (203) yukardan beyaz led aydınlatma kaynakları ile aydınlatan ve incelenen nesnenin yansıtıcılığı ve kontrast farkını artırarak dokusal yapısına ait özelliklerin ortaya çıkarılmasını sağlayan bir koaksiyel aydınlatma sistemi (202) bulunmaktadır.

Şekil 21'de ultrasonik sensörün (211) hareketli aydınlatma sistemi (23) içerisinde bulunduğu konum ile ultrasonik sensörün (211) sistemden ayrı bir görüntüsü gösterilmektedir. Ultrasonik sensör (211) ses dalgalarını kullanarak zemin tablası üzerine incelenmek için yerleştirilen nesnenin kalınlığını nesne ile herhangi bir temas halinde olmadan ölçebilmektedir. Ultrasonik sensörün (211) cihazdaki bir diğer işlevi ise hareketli aydınlatma sistemine (23) ait hareketli modüllerin hareketli zemin tablası (21) ve zemin tablası üzerindeki incelenen nesne ile aralarındaki mesafeleri ses dalgalarını kullanarak ölçmesi ve böylece hareketli modüllerin zemin tablasına ve üzerindeki nesneye çarpmasını engellemesidir.

Buluşa konu görüntüleme cihazı şekillerde gösterilmese de bir bilgisayar ile bağlantılıdır. Bilgisayar arayüz yazılımı aracılığı ile kullanıcı incelenmek istenilen nesnenin türüne uygun olacak şekilde belirlediği dalga boyu aralığındaki aydınlatma kaynaklarının türü, sayısı, kombinasyon halinde kullanımları, inceleme anındaki yatay ve dikey konumları, nesne üzerine geliş açıları ve üzerlerinde bulundukları elektronik kart konumlarını belirleyebilmekte; hareketli zemin tablasının iki boyutlu xy-düzleminde doğrusal hareket ve dönme hareketi yapmasını kontrol ederek tabla üzerine yerleştirilmiş nesnenin her açıdan kolayca incelenmesini sağlayacak şekilde

konumlandırmasını yapabilmekte; hareketli zemin tablasına vakum modülü monte edilmiş ise vakum şiddetini ayarlayabilmekte; spektroskopik ölçüm modülü dahilinde bir prob ucu içerisinde dizilmiş olan ve ölçüm yapmayı sağlayan optik spektrometre fiber uçlarını incelenen nesne yüzeyi üzerindeki hedef noktaların tam üzerine aynı modül içerisindeki endoskopik kameralardan elde edilen görüntülerden yararlanarak konumlandırabilmekte; hareketli görüntüleme sistemi dahilindeki renkli ve siyah-beyaz kameraları ihtiyaç doğrultusunda anlık değiştirerek kullanabilmekte, kameraların lens sistemine göre hizalamasını yapabilmekte, hiperspektral analiz için lineer optik filtreyi nanometrik hassasiyette hareket ettirerek istenilen dalga boyunda görüntüleme yapabilmekte ve motorlu yakınlaştırmaya sahip lens sistemi içerisindeki lenslerin odak uzaklıklarını değiştirebilmektedir. Kullanıcının girdileri doğrultusunda cihazın gerekli işlemleri yapabilmesi için bilgisayar arayüz yazılımı cihazın içerisindeki anakart ile haberleşmekte ve anakart içerisindeki ana işlemci (Central Processing Unit - CPU) bilgisayar üzerinden aldığı komutları yerine getirmek üzere ilgili sistem parçalarına elektronik devreler yoluyla sinyaller göndererek bu fonksiyonların gerçekleşmesini sağlamaktadır.

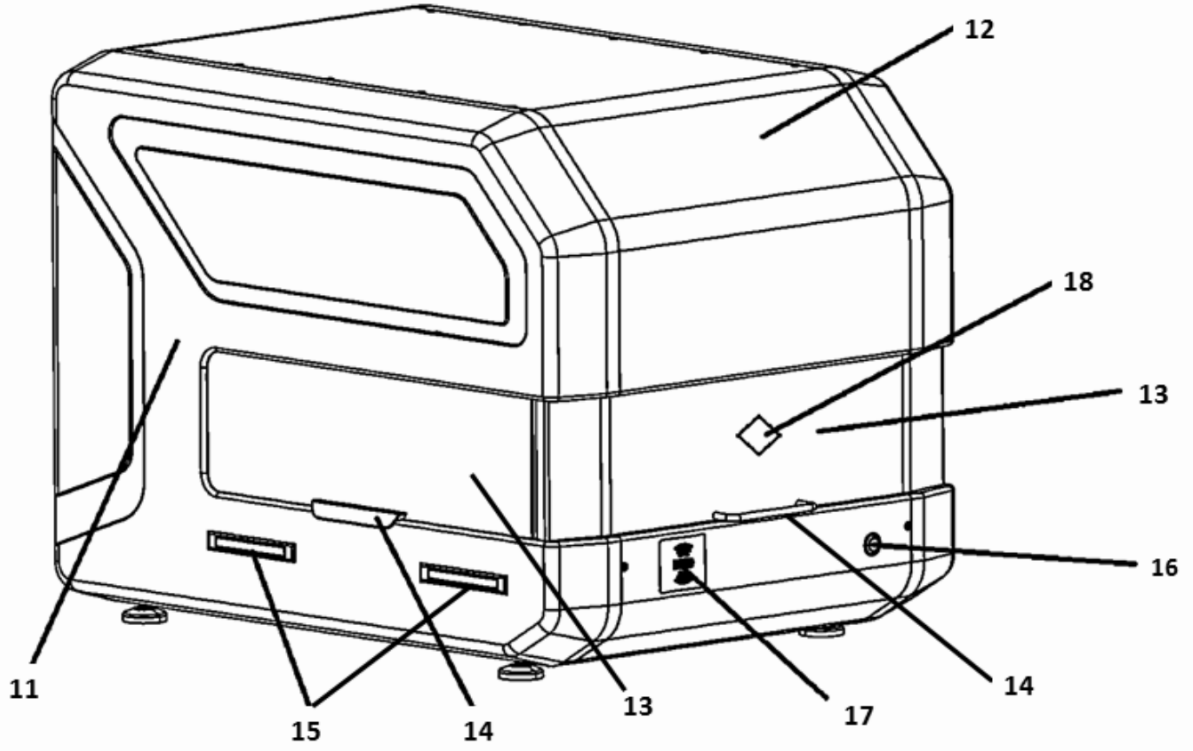
Spektroskopik ölçüm modülü sayesinde incelenen nesneye ilişkin elde edilen spektral reflektans ölçüm verileri bilgisayar arayüz yazılımı aracılığı ile kullanıcıya sayısal ve görsel olarak gösterilmektedir. İncelenen nesnenin dar ve bitişik çok sayıda dalga boyu bandında elde edilen ve hiperspektral veri küpü olarak adlandırılan görüntü kümesindeki her bir görüntü elektromanyetik spektrumun dar bir dalga boyu aralığını temsil etmektedir. Hiperspektral bir görüntü içerisindeki her bir pikselden spektral imza olarak toplanan değerlerin analizi için bilgisayardaki hiperspektral görüntü analiz yöntemleri, örüntü tanıma algoritmaları, makine öğrenmesi ve derin öğrenme algoritmaları kullanılarak görüntülerde istenen bilginin ortaya çıkarılması, nesnenin tanımlanması, sınıflandırılması ve anomali (aykırılık) tespiti yapılabilmektedir.

Buluşun Sanayiye Uygulanma Biçimi

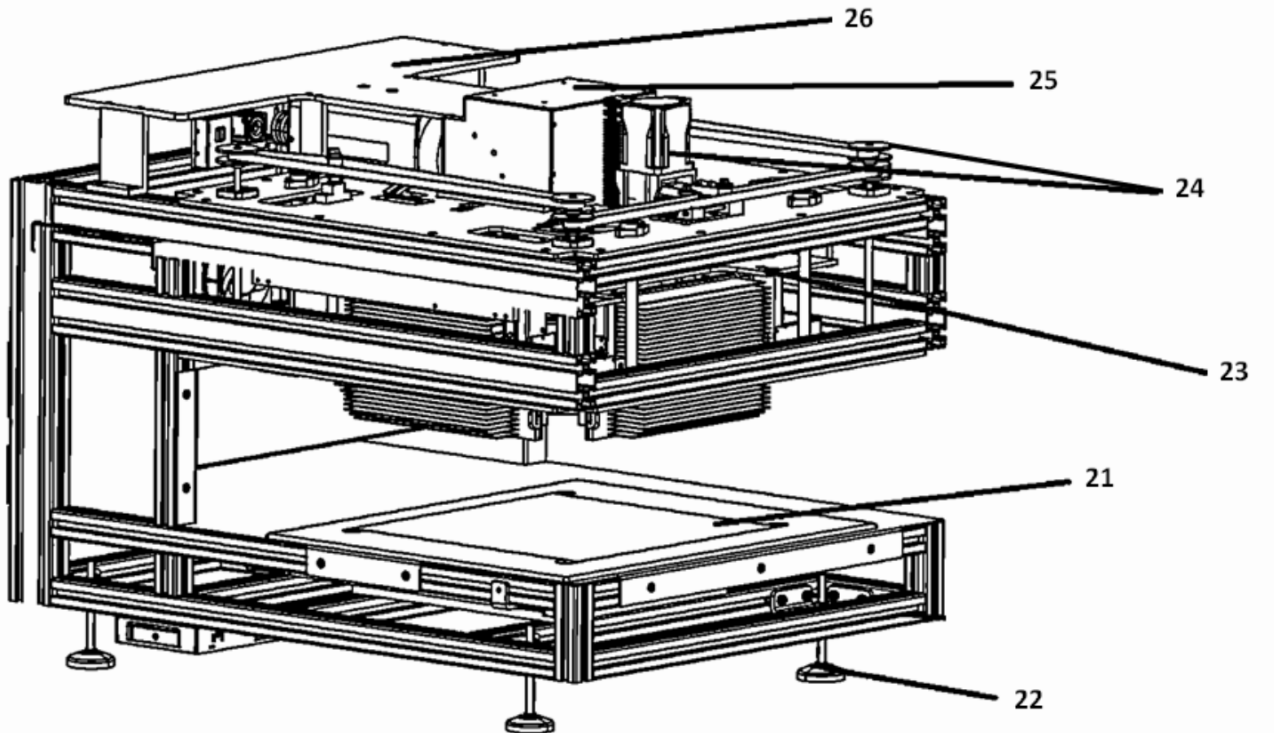
Buluş konu cihaz; adli bilimler (adli bilişim ve dijital deliller, adli kimya, adli toksikoloji, adli moleküler biyoloji, adli genetik, olay yeri ve kriminalistik, suç analizi vb.), savunma sanayii, tıp, farmakoloji, toksikoloji, medikal, analitik kimya, petrokimya, moleküler biyoloji, mikrobiyoloji, gıda, tarım, hidroloji gibi pek çok alanda,

farklı dalga boyu bantlarında nesnelerden yansıyan ve yayılan enerji miktarlarının ölçülmesiyle nesne ile ilgili elde edilen spektral bilgilerin analiz edilmesi sonucunda nesneye ilişkin istenilen bilgileri ortaya çıkarmakta ve hedef tespit ve tanıma, sınıflandırma ve anomali (aykırılık) tespiti yapabilmektedir. Söz konusu cihazın bahsedilen alanlardaki uygulamaları şu şekildedir: doğruluğundan şüphe edilen kıymetli kağıt ve resmi belgelerin (banknot, hisse senedi, çek, bono, pul, nüfus cüzdanı, pasaport, sürücü belgesi, diploma vb.) ya da evrakların orijinalliği, özgünlüğü, sahtecilik unsurları (değiştirme, başkalaştırma, bozma, çıkarma, ekleme, imza ve metin taklidi) ve tahrifat (silme, kazıma) içerip içermediğinin belirlenmesi; mühür, damga, kaşe, baskı ve benzerlerinin orijinal veya sahte olup olmadığının belirlenmesi, suç delili niteliğindeki parmak izi tespit ve teşhisinin yapılması, imza ve el yazısı sahteciliğinin tespit edilmesi, belgelerdeki yazı ve/veya imzaların kime ait olduğunun veya aynı kişiye ait olup olmadığının tespit edilmesi, belgeler üzerindeki mürekkeplerin kimyasal bileşiminin incelenmesi ile bilinen ve şüpheli belgelerin aynı kalem tarafından hazırlanıp hazırlanmadığının tespit edilmesi, gıda ve tarım ürünlerinin kalite ve özgünlük analizlerinin yapılması, gıda bozulmalarına neden olan mikroorganizmaların tespiti ve tanımlanması; farmasötik, petrokimya ve kimya endüstrisinde kalite kontrol analizlerinin yapılması ve ürünlerin kimyasal kompozisyonlarının belirlenmesi; yeraltı suyu, kaynak ve mineralli suların içme suyu kalitesinin belirlenmesi; toprak ve sularda ağır metal kirliliğinin tespit edilmesi; toksik endüstriyelerin, kimyasal ve biyolojik ajanların tespit edilmesi; toprak, çamur, su ve atık su analizlerinin yapılması; bitmiş ürünlerde ve hammaddelerdeki safsızlıkların tespit edilmesi; doku fizyolojisi, morfolojisi ve kompozisyonu hakkında teşhise yardımcı bilgi edinilmesi; kimyasal ve biyolojik numunelerin analizlerinin yapılması; kanser hücrelerinin tanımlanması; kan, idrar, tükürük, ter gibi vücut sıvılarında patojen mikroorganizmaların tespiti ve tanımlamasının yapılması.

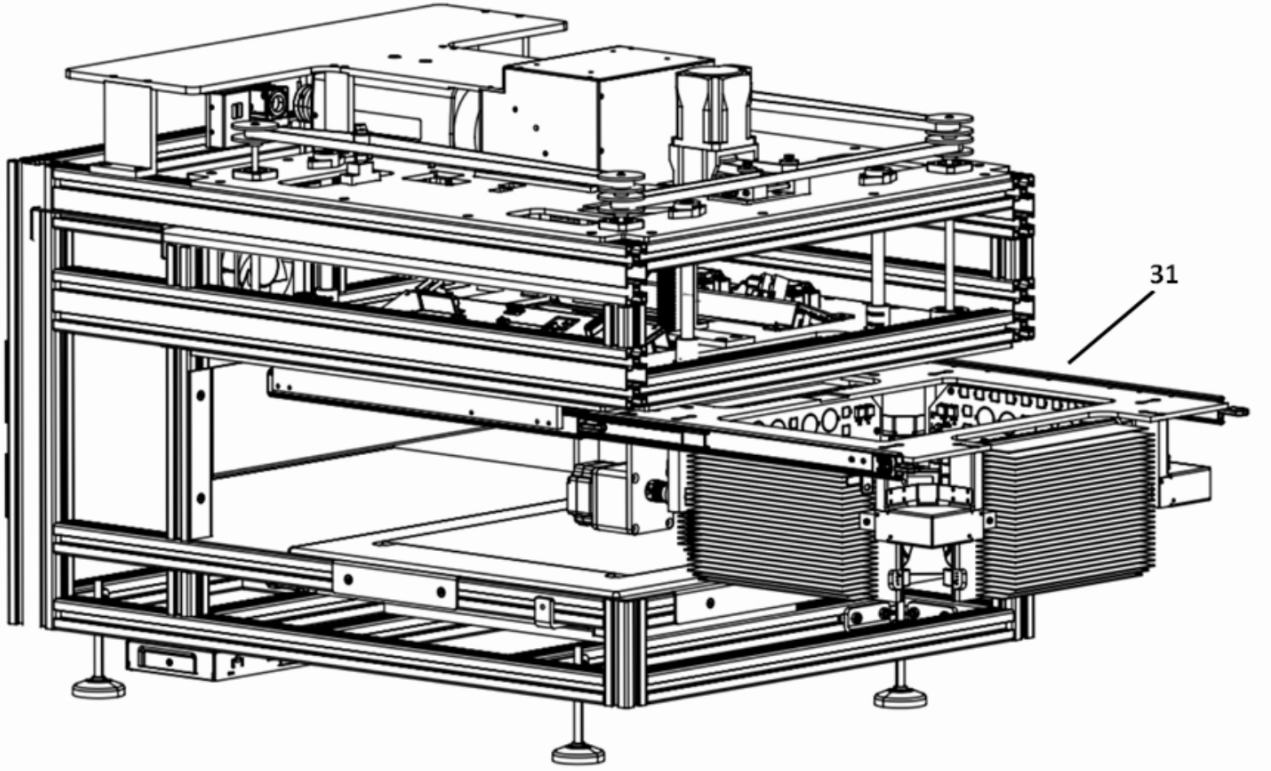
Şekil 1



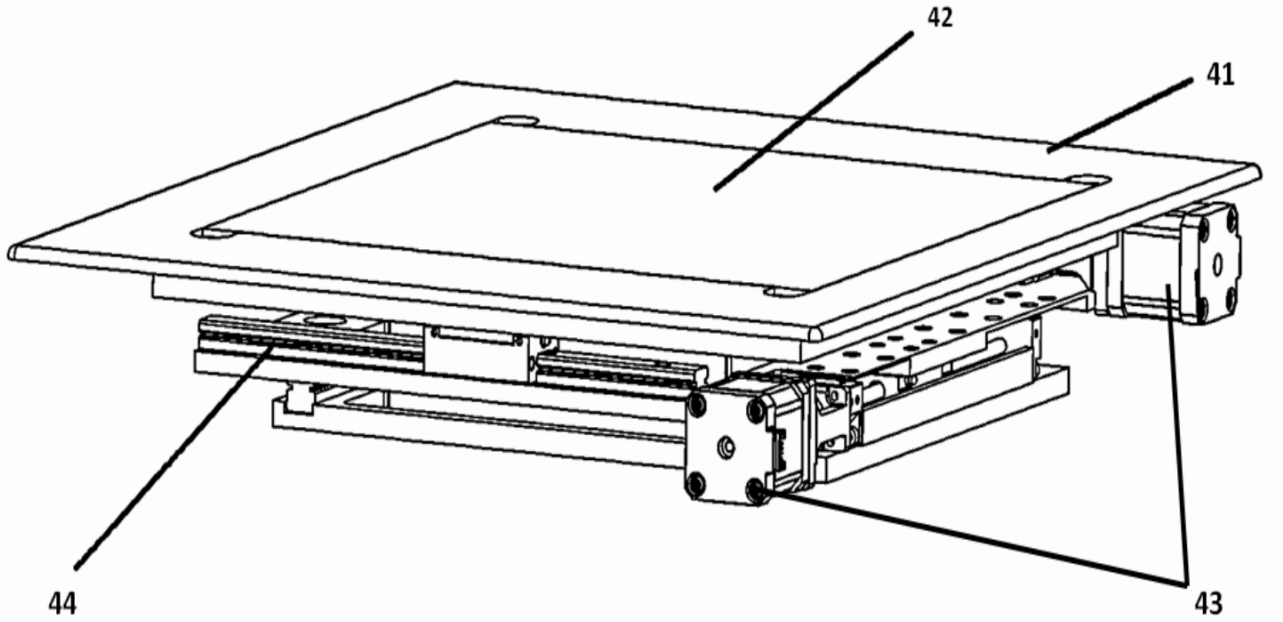
Şekil 2



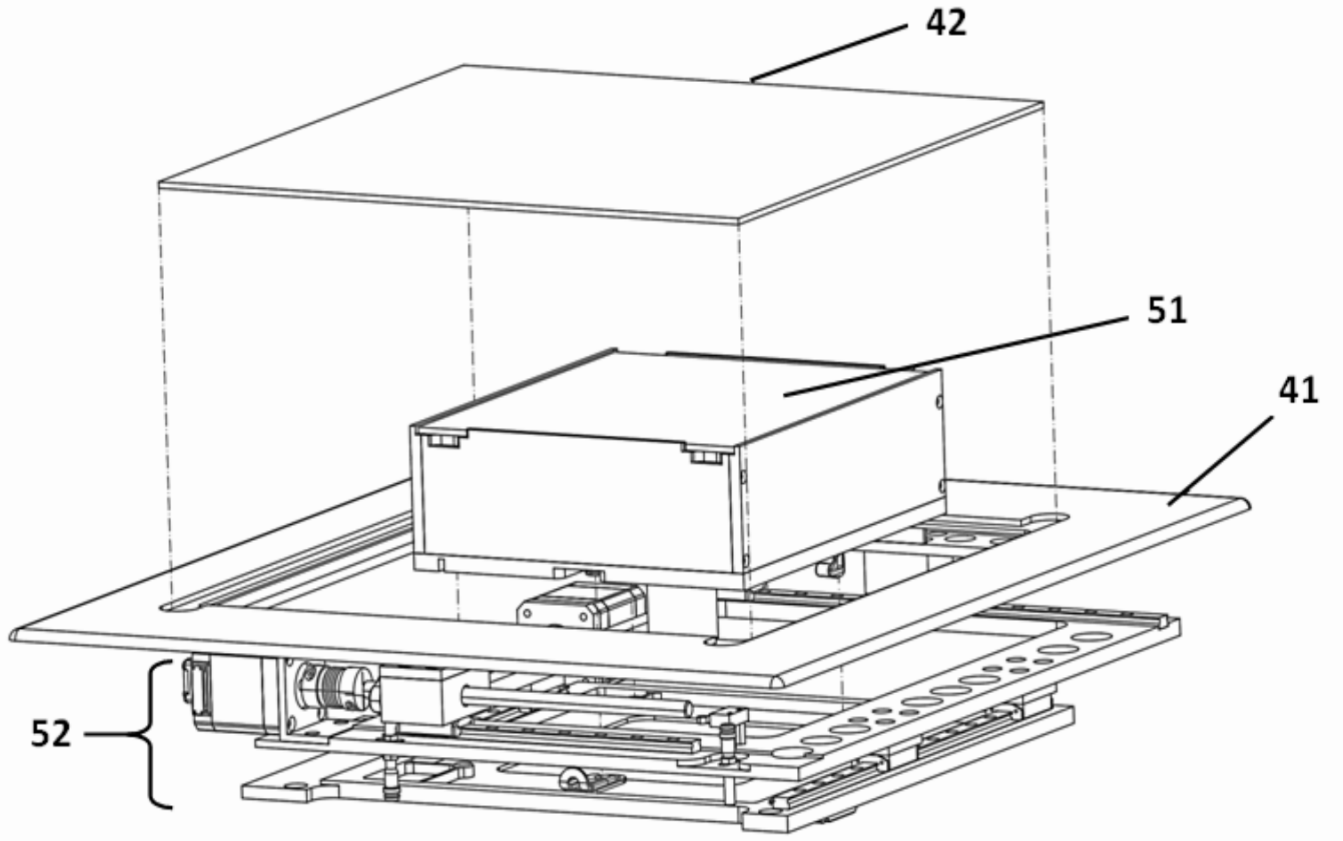
Şekil 3



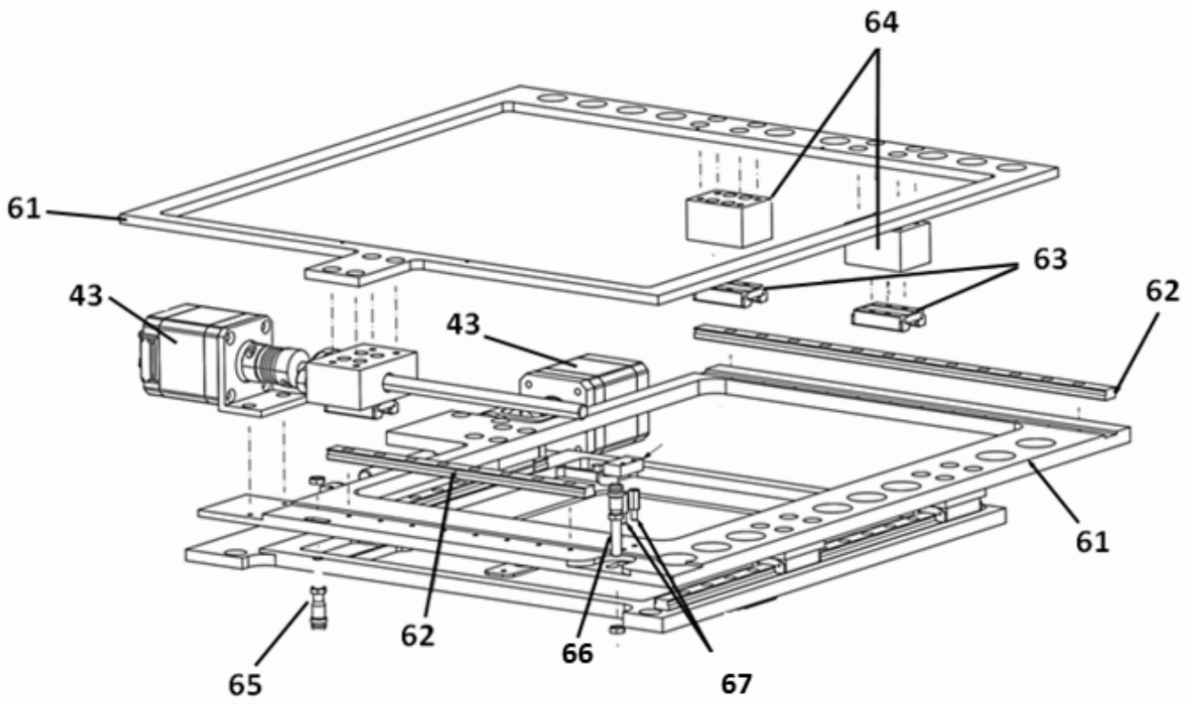
Şekil 4



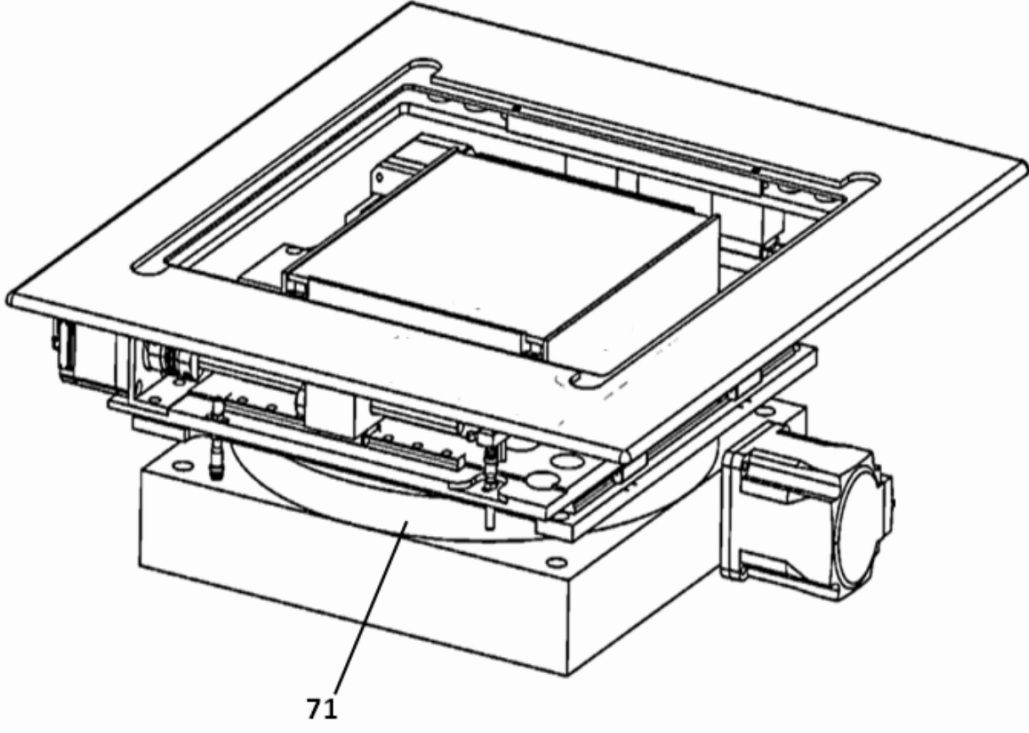
Şekil 5



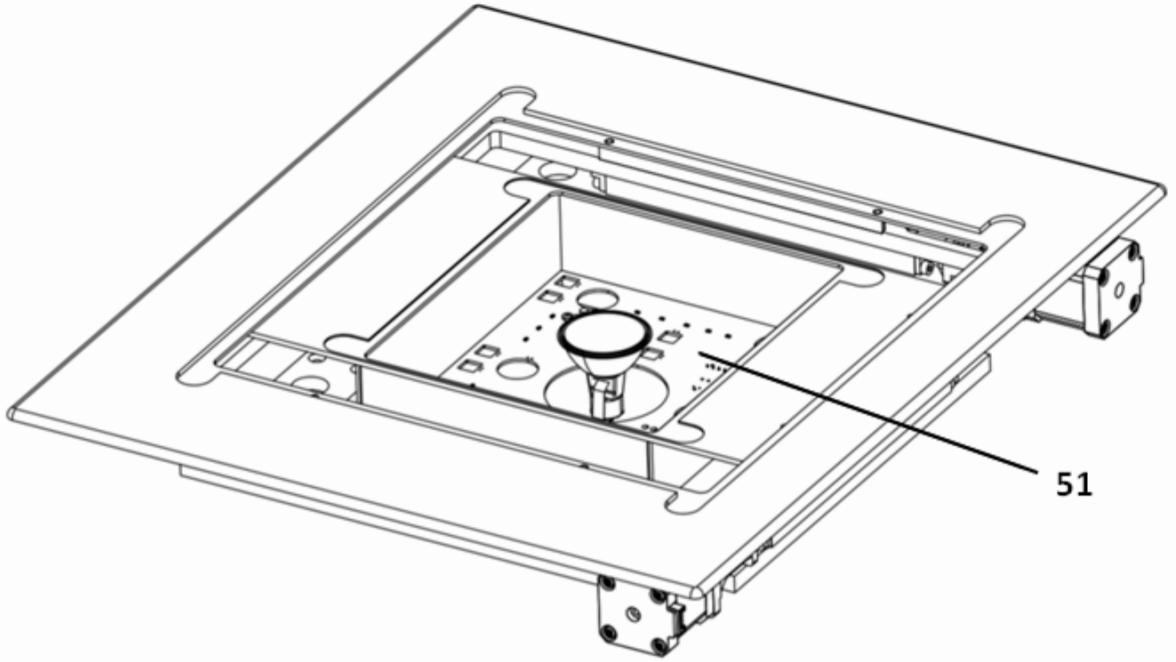
Şekil 6



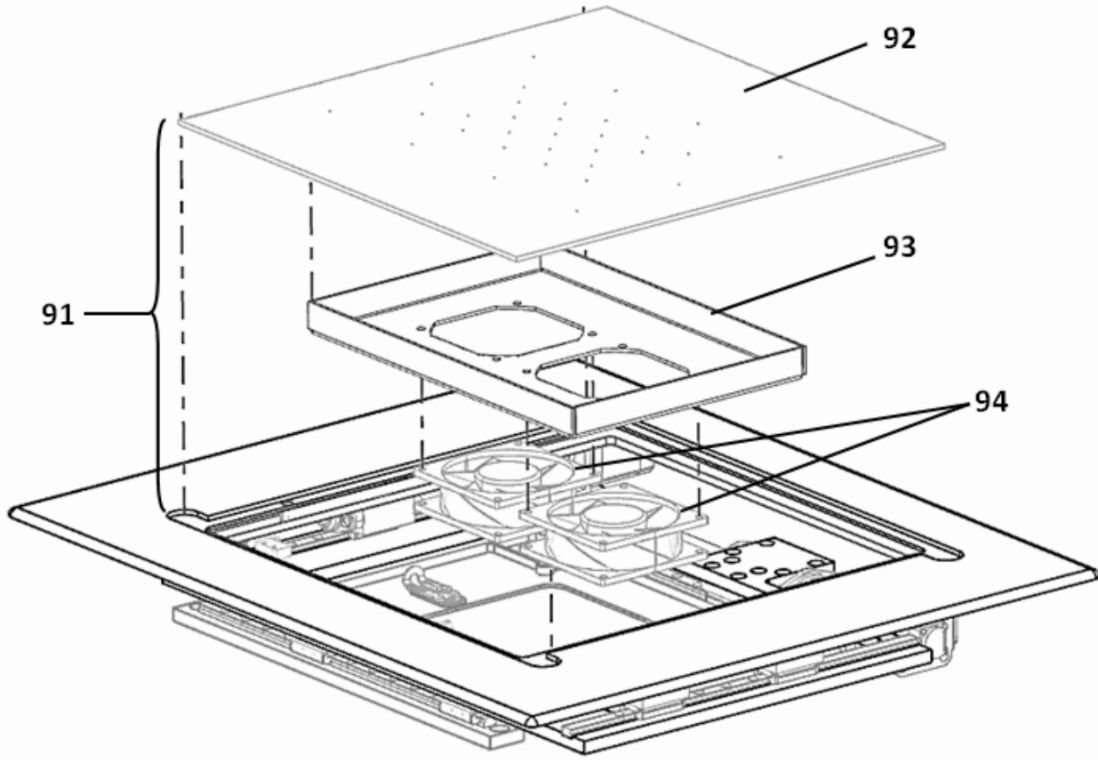
Şekil 7



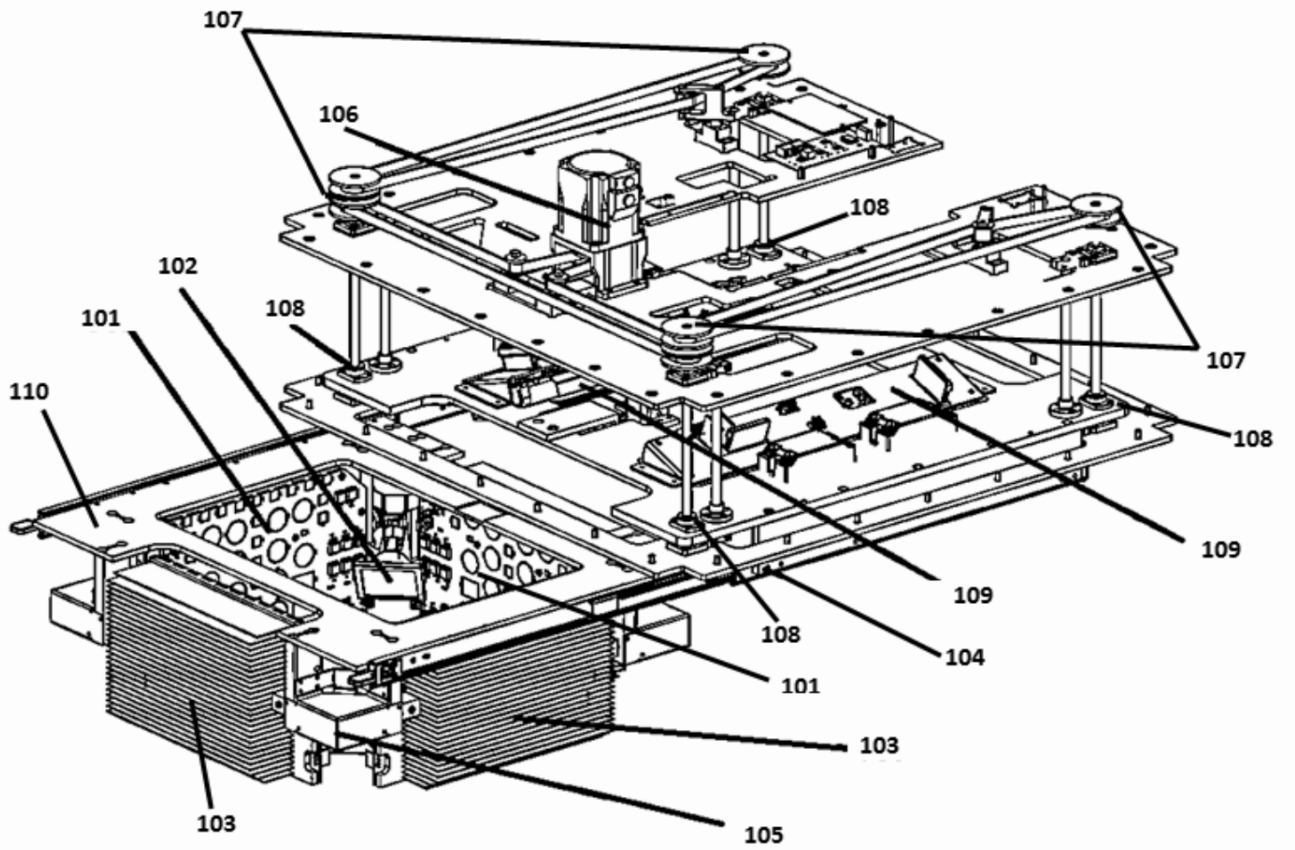
Şekil 8



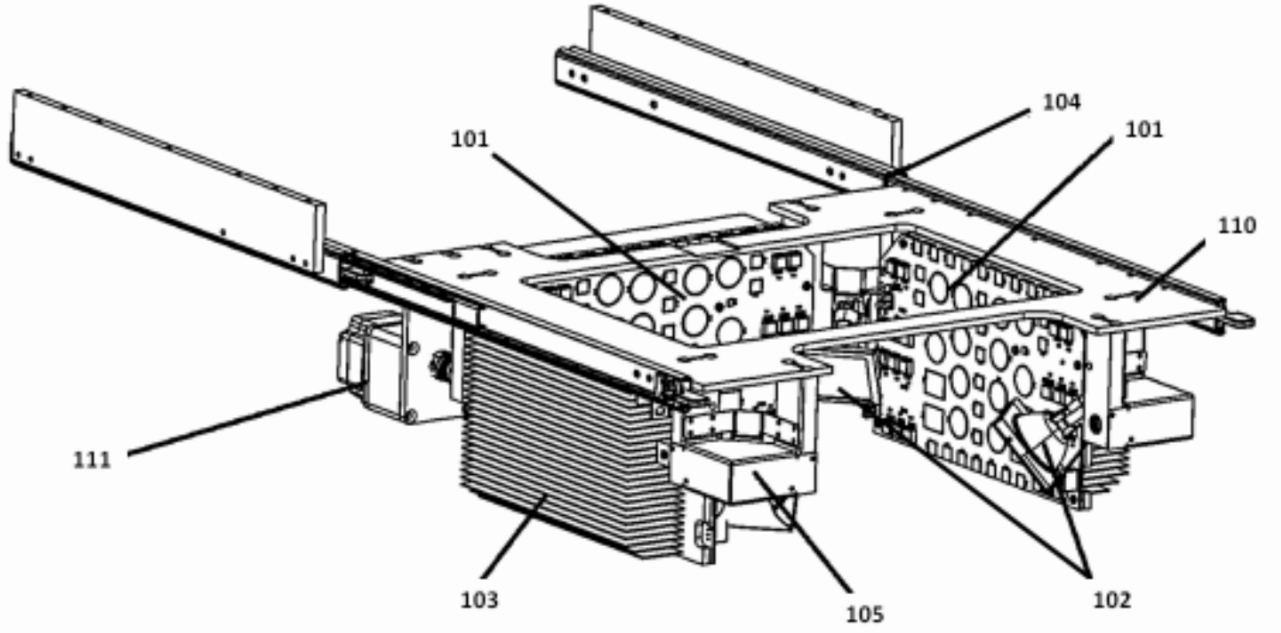
Şekil 9



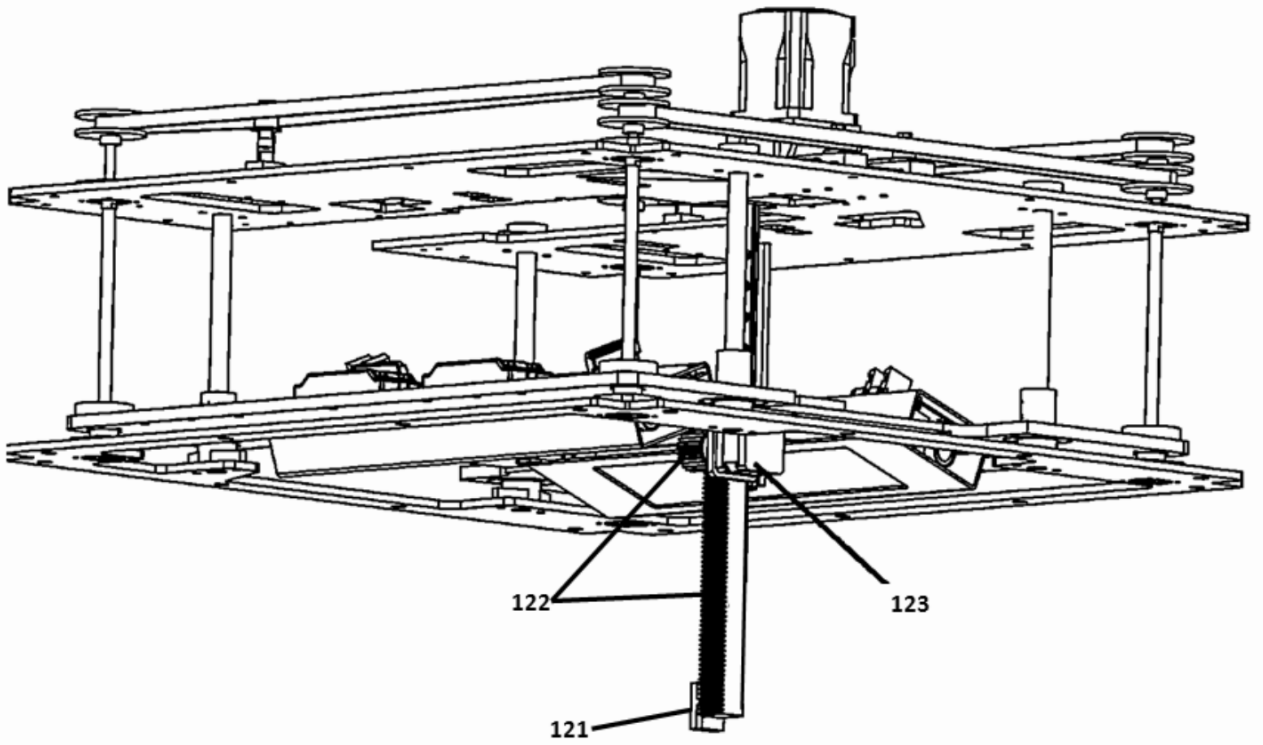
Şekil 10



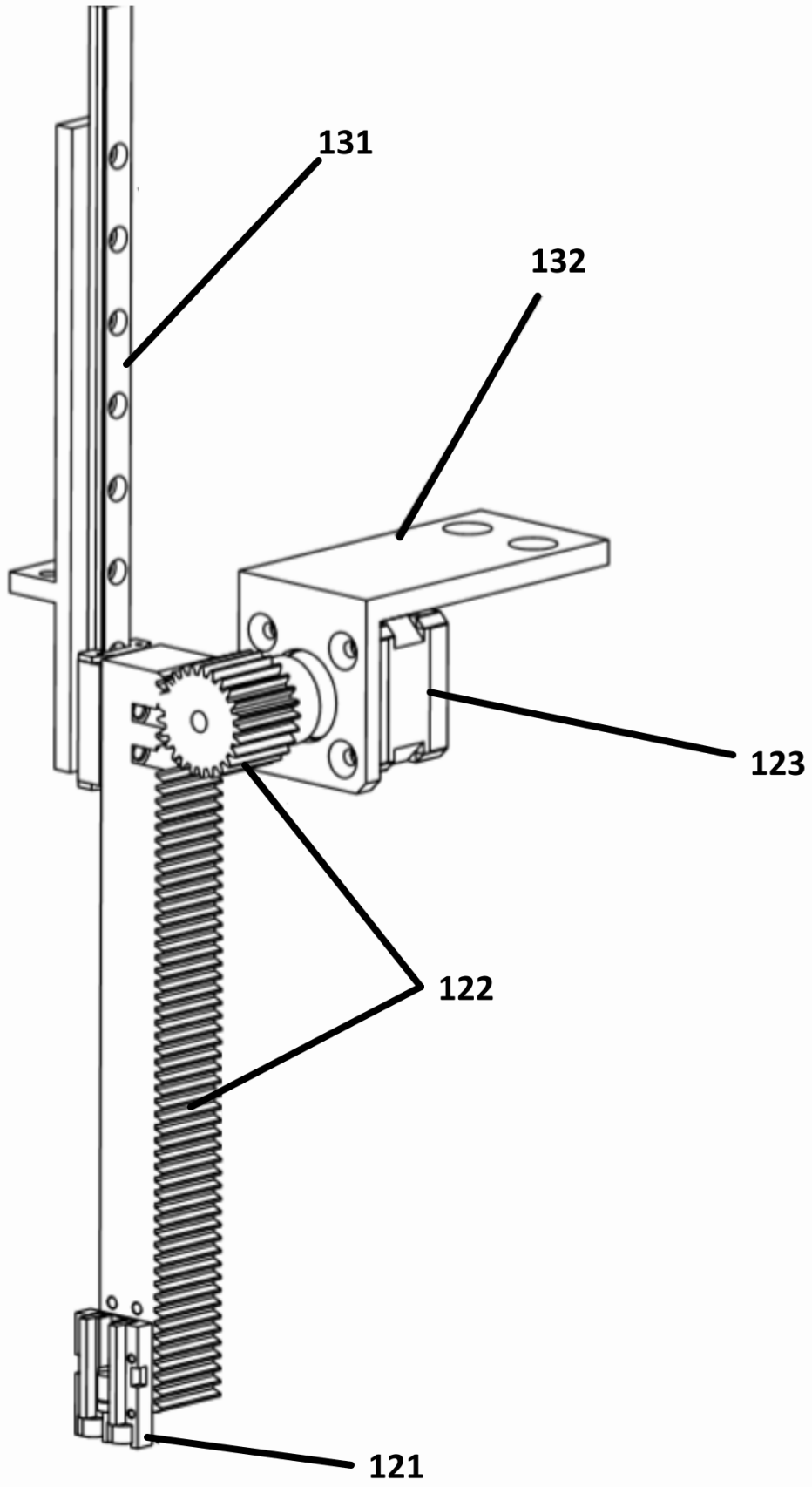
Şekil 11



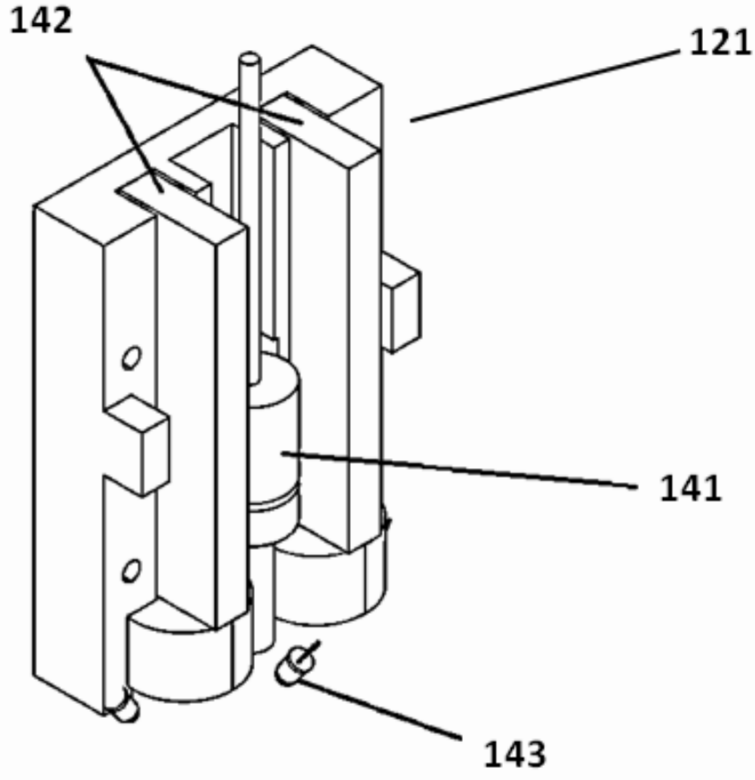
Şekil 12



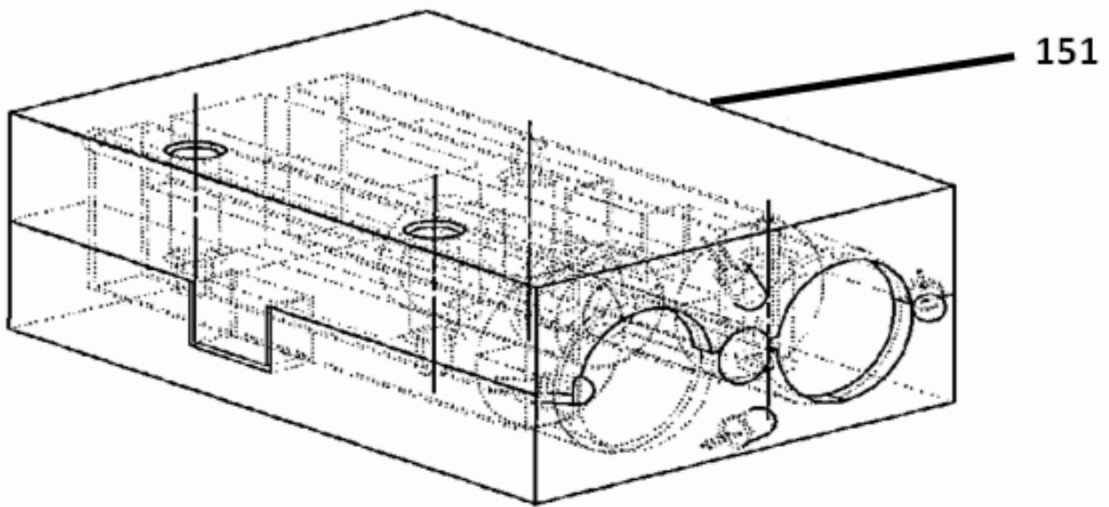
Şekil 13



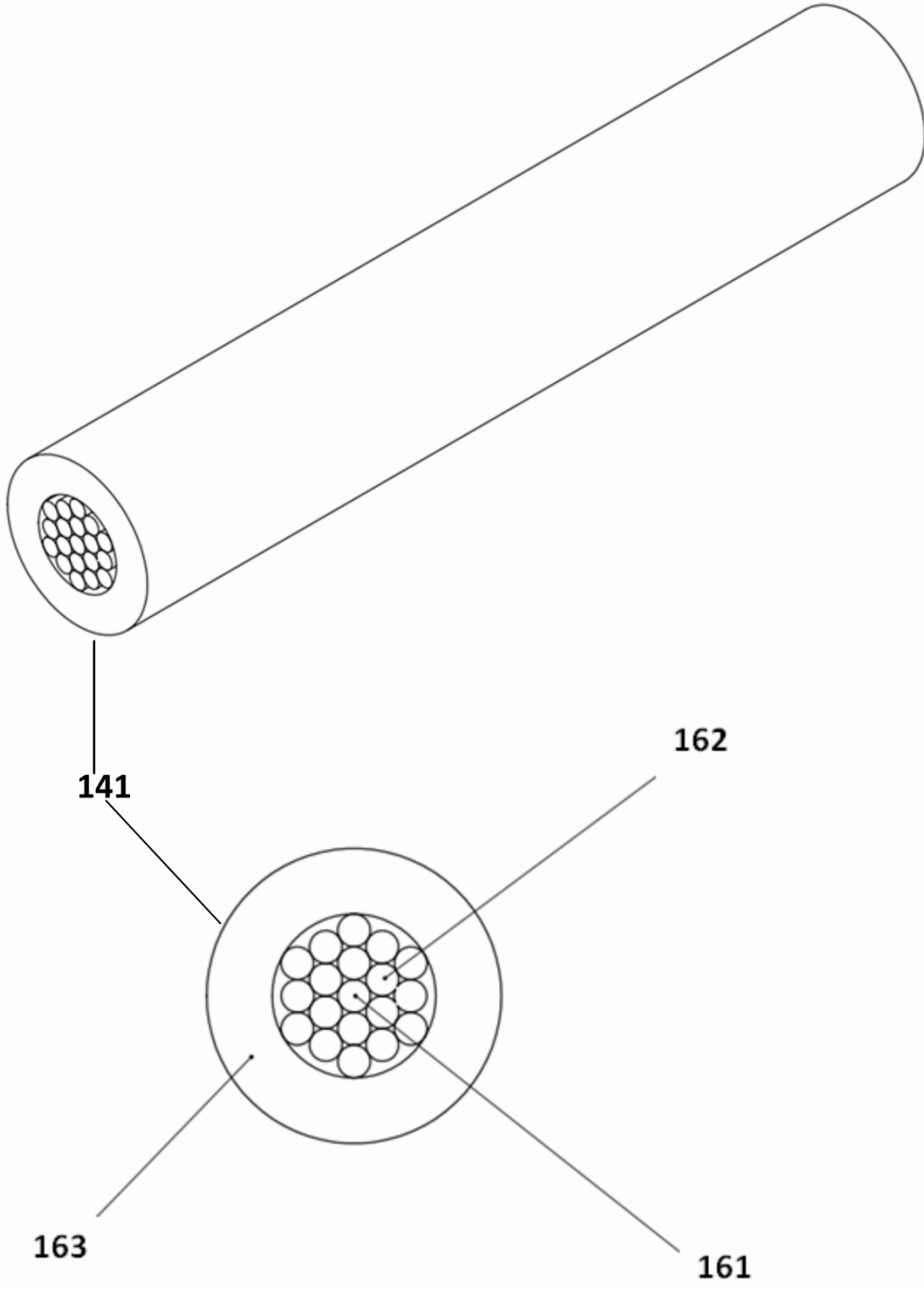
Şekil 14



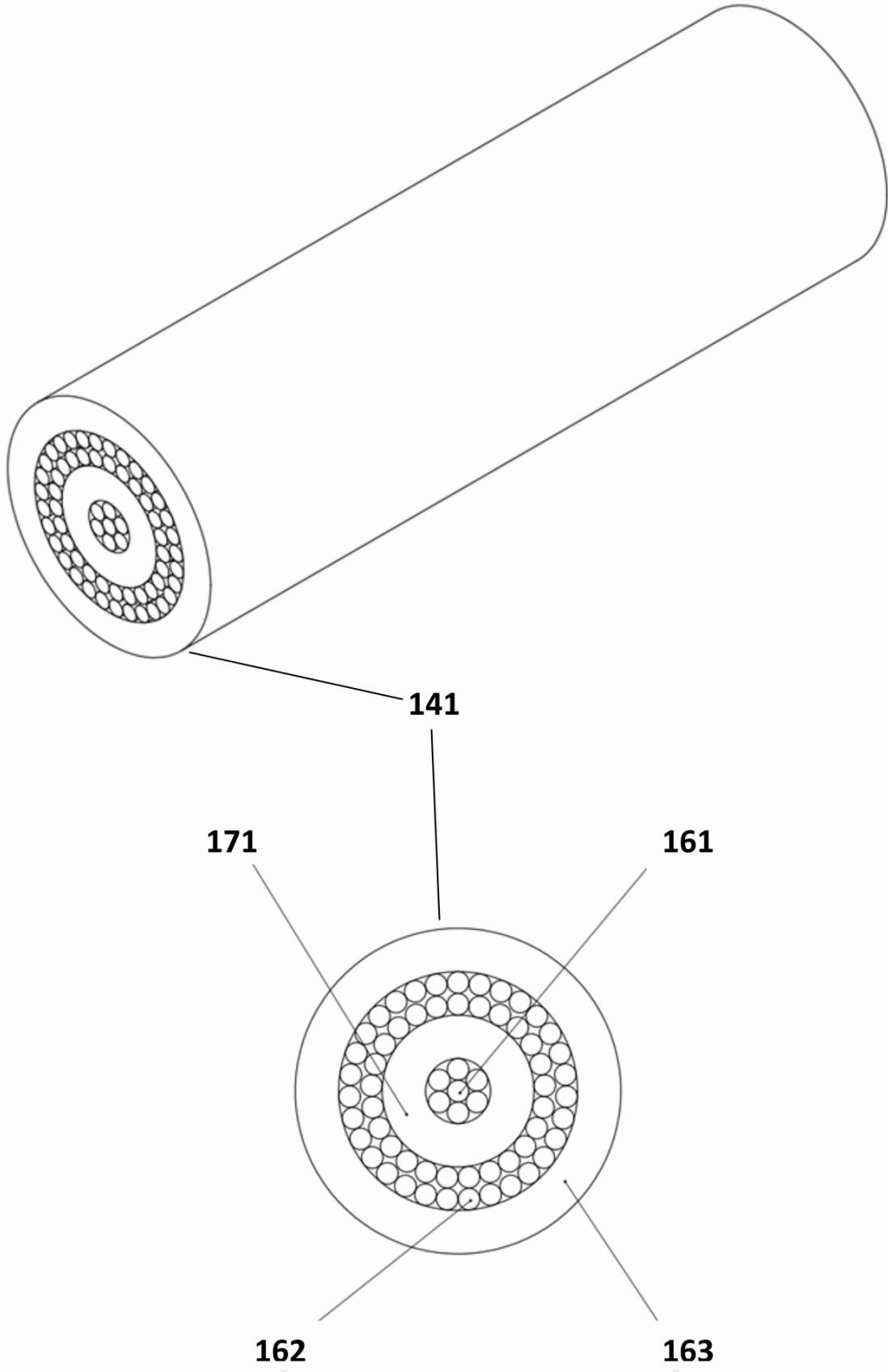
Şekil 15



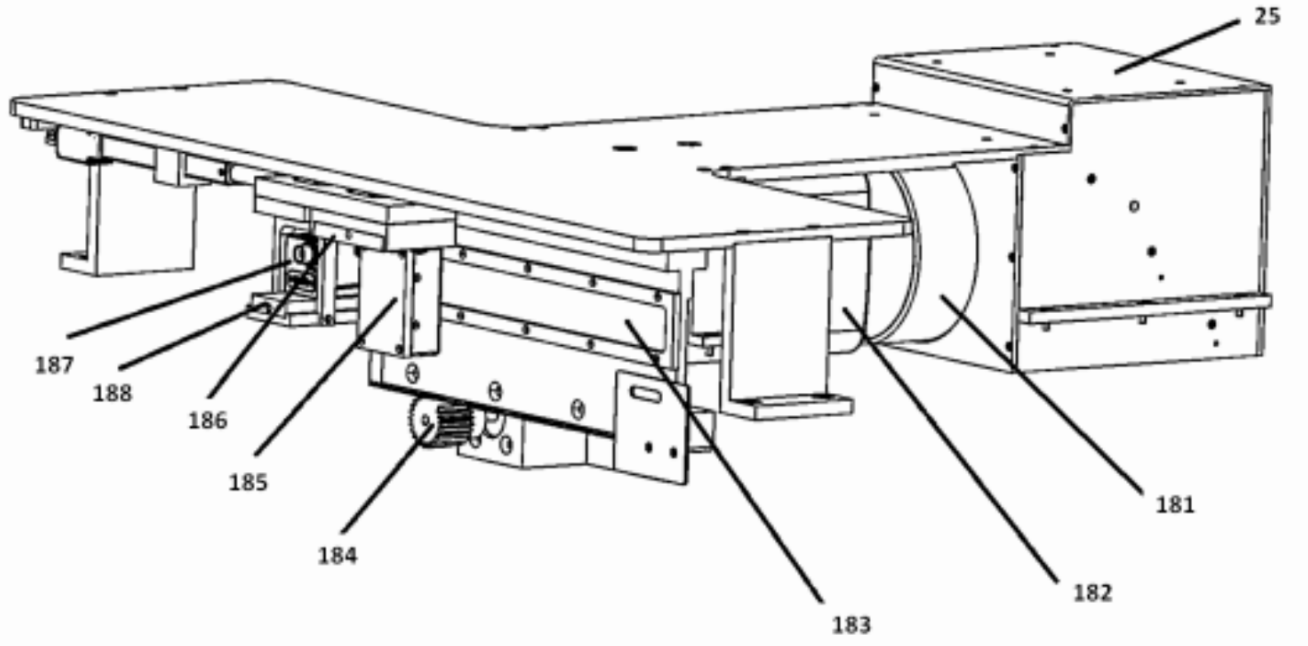
Şekil 16



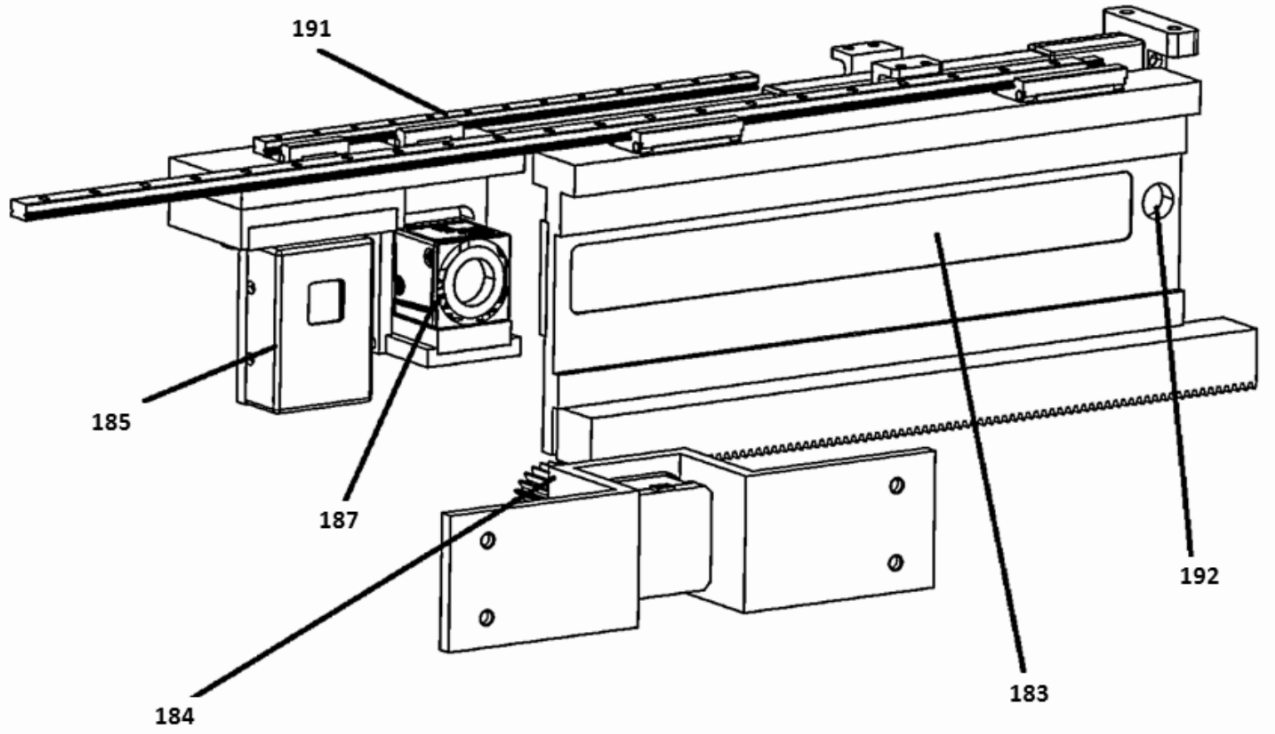
Şekil 17



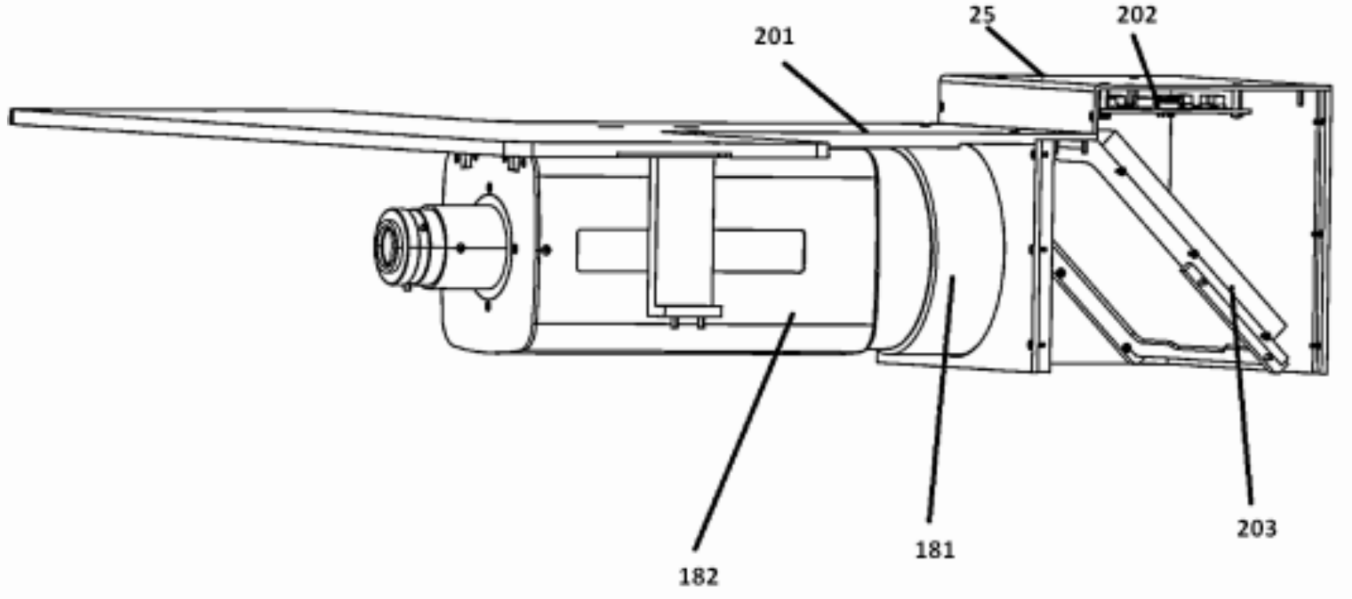
Şekil 18



Şekil 19



Şekil 20



Şekil 21

