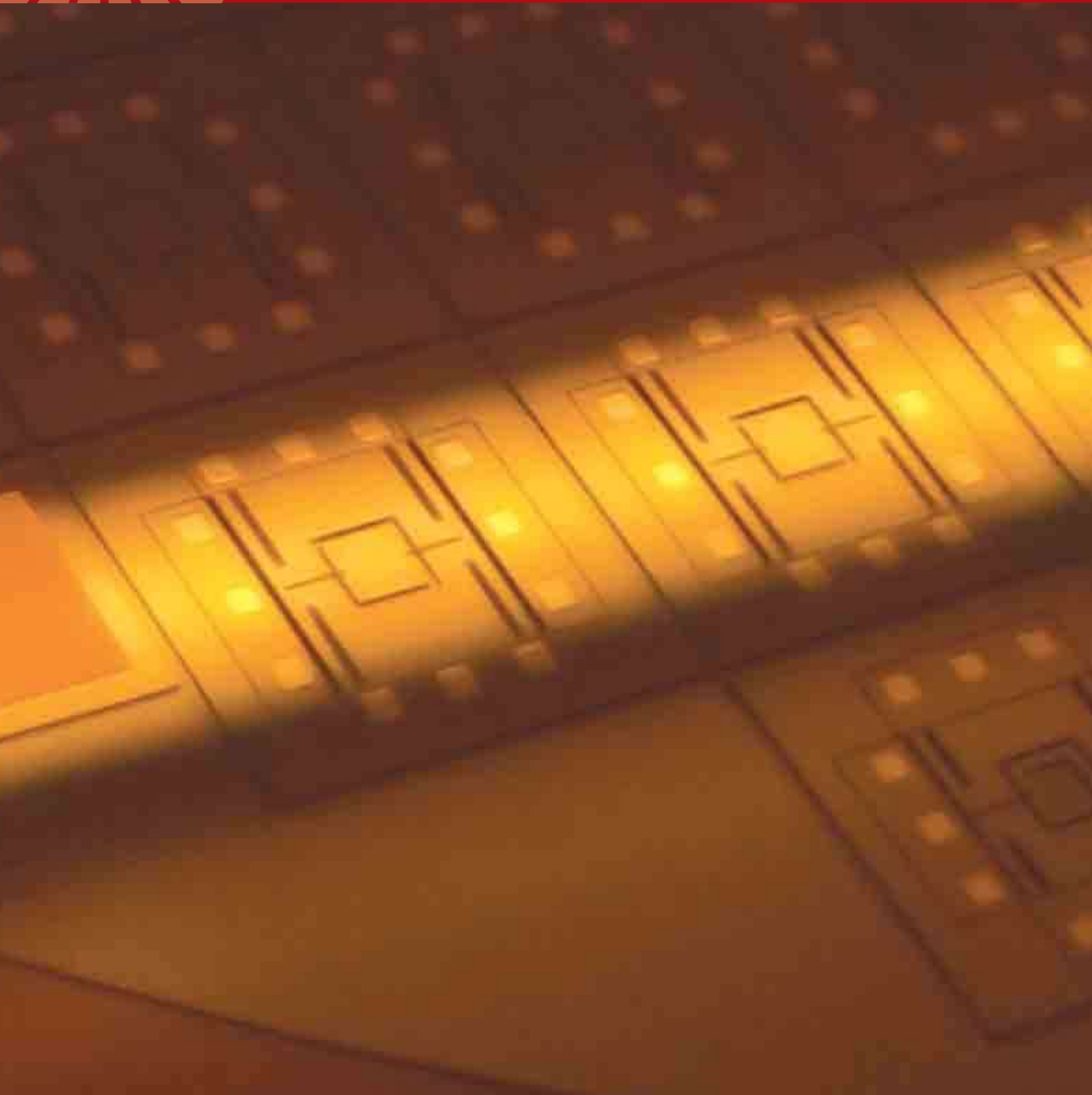
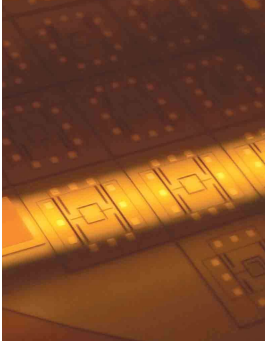


3. Sayı / Haziran 2008

# KÜ Fener

Koç Üniversitesi Araştırma Dergisi





## Kapak Hikayesi

Resimde Koç Üniversitesi'nin Optik Mikrosistemler Laboratuvarı araştırmacıları tarafından Temiz Oda'da mikro-üretim süreçleri ile Silikon pul üzerinde üretilen Mikro-Elektro-Mekanik (MEMS) aygıtlar görülmektedir. Üretilen aygıtların bazıları ve kullanım amaçları şu şekilde sıralanabilir: MEMS tarayıcılar (mini-projektörlerde kullanılmaktadır), MEMS dağıtım ızgarası (kompakt tayf-ölçer uygulamaları için kullanılmaktadır) ve MEMS kızak yapıları (mikro-mercek dizinleri ile tümleştirilerek yüksek çözünürlük ile endoskopik lazer kamera sistemi için kullanılmaktadır).



2

TÜSİAD-Koç Üniversitesi Ekonomik Araştırma Forumu 2007 Faaliyetleri



24

Mevlana'da İlahi Aşk



7

İnternet Üzerinden 3BTv:  
Gelecek Üç Boyutlu Olacak



27

Bose-Einstein Yoğuşması ile  
Kuantum Optik



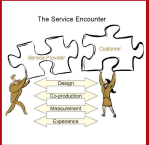
10

Türkiye'de Erken Çocukluk Gelişim Ekolojileri (TEÇGE) Çalışması



30

Koç-IBM Tedarik Zinciri Araştırma Merkezi



16

Koç Üniversitesi'nde Hizmetleri Konu Alan Araştırmalar: Disiplinlerarası Bir Bakış



34

Öğretim Üyelerimizin Yıl İçerisinde Aldıkları Ödüller

35

Türkiye Bilimler Akademisi (TÜBA) Üyeleri

36

Koç Üniversitesi'nin Profili

37

Koç Üniversitesi'ndeki Yüksek Lisans ve Doktora Programları

38

Araştırma Fonları

39

Araştırma Haberleri



18

Mikro-Nano Elektro-Mekanik ve Optik Sistemler



21

Değişen Dünyada Türk Politikası

İçindekiler

# Mikro-Nano Elektro-Mekanik ve Optik Sistemler

Araştırmalarımızın merkezinde çok yeni uygulama alanları için teknolojilerin geliştirilmesi bulunmaktadır.

Hakan Ürey > Elektrik ve Elektronik Mühendisliği

**O**ptik Mikrosistemler Laboratuvarı (OML) mikro ve nano elektro-mekanik (MEMS/NEMS) ve optik sistemlerin tümelştirilmesi konusunda uygulamalı araştırmalar yürütmektedir. Mikro ve Nano teknoloji konusunda Avrupa Komisyonu'ndan iki 7. Çerçeve projesi de dahil olmak üzere 10'dan fazla dış mali destekli devam eden projemiz vardır. Araştırmalarımızın merkezinde ise çok yeni uygulama alanları için teknolojilerin geliştirilmesi bulunmaktadır. Örnek olarak cep telefonu projektörleri (piko-projektör), gece görüşlü termal kameralar, kimyasal ve biyolojik analiz amaçlı minyatürleştirilmiş portatif tayf ölçerler, tek kullanımlık biyo-nano algılayıcılar (tümüyle okulumuzun temiz odasında üretilmiş) ve üç boyutlu görüntüleme sistemleri üzerinde çalışmaktayız.

Bu makalede, yukarıda bahsedilen projelerden üç tanesini ele alıyoruz. Bu projeler kapsamında, ticari ortaklarımız tarafından lisanslanan bir çok patentimizde yüksek lisans ve doktora öğrencilerimiz de mucit olarak katkıda bulunmuşlardır.

## Görüntüleme Uygulamaları için FR4 Lazer Tarayıcılar (destekleyen ve patent haklarını lisanslayan kurum Microvision Inc, ABD)

Lazer tarayıcılar yüksek çözünürlüklü görüntü sistemleri, barkod



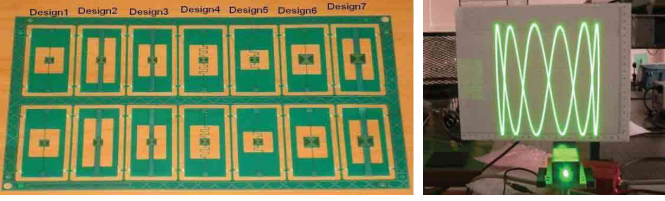
okuyucuları ve biyomedikal görüntüleme donanımları gibi birçok uygulama alanına sahiptir. OML'nin silikon teknolojisine dayanan mikro-tarayıcıların tasarım ve geliştirilmesinde oldukça geniş bir tecrübe ve bilgi birikimi bulunmaktadır. Son yıllarda, tarayıcı sistemlerimizde yeni bir malzeme olarak FR4'u kullanmaya başlamış bulunuyoruz. FR4, bir epoksi-cam polimeridir ve günümüzde tüm elektronik aygıtlarda bulunan baskı devrelerde (PCB) sıklıkla kullanılan bir malzemedir. Dolayısıyla, FR4 ve FR4 işleme teknolojisi oldukça yaygın ve düşük maliyetlidir. OML, FR4'u elektriksel, mekanik ve optik işlevleri bütünleştiren bir platform olarak kullanan dünyada ilk araştırma grubudur. [1, 2].

Çok çeşitli çevresel şartlarda geniş kullanım alanı bulmasından ötürü FR4, mühendisliği iyi yapılmış elektriksel, mekanik ve termal olarak gürbüz bir malzemedir. Yeni araştırmalarımız ile FR4'u yeni bir optik mikro-sistem platformu olarak kullanmayı öneriyor ve bu alanda önemli ilerlemeler kat ediyoruz. (şekil 1) PCB üretim teknolojisindeki ilerlemeler, özellikle de lazer kesmenin üretime dahil edilmesi ile, FR4 tabakalarına 20 mikronun altında bir hassasiyetle istenilen şekiller verilebilmektedir.

Şekil 1a'da PCB teknolojisi ile üretilmiş elektromanyetik tahrikli FR4 tarayıcılar gösterilmektedir. Tarayıcıların tahriklenmesi, FR4 üzerine işlenmiş düzlemsel bobinden akım geçirilmesi ve harici bir mıknatısın bu akımla etkileştirilmesi ile gerçekleşir. Bu şekilde çalıştırılan bir tarayıcıyla elde ettiğimiz iki boyutlu tarama deseni şekil 1b'de görülebilir. [3]

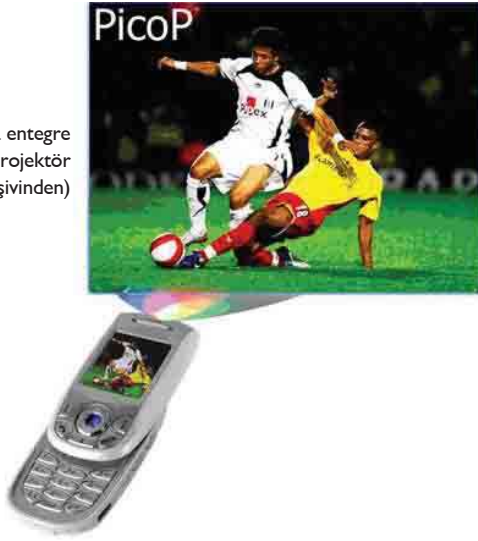
Şimdiden endüstriyel şirketlerin ilgisini çekmeyi başaran araştırmalarımızda, Amerika Birleşik Devletleri'nden Microvision firmasıyla çalışmaya başlamış bulunuyoruz. IEEE'nin Spectrum dergisinde, patentlerinin yankı faktörü değerlendirilerek yapılan sıralamada birçok elektronik devinin arasında 20. sırada gösterilen ortağımızla yaptığımız çalışmalarda, iki projede yoğunlaşmış bulunuyoruz: yüksek performanslı barkod okuyucu ve mobil aygıtlara bütünleşmiş yüksek çözünürlüklü bir lazer yansıtım

sistemi geliştirilmesi. (şekil 2) Temel araştırmacıların Serhan O. Işıkman ve Sven Holmström olduğu bu projelerde, ilk örneklerin test edilmesi ve değerlendirilmesi aşamalarında diğer bir çok öğrencilerimiz de görev almaktadır.



Şekil 1. (a) Standart PCB üretim teknolojisi ile yapılmış 7 farklı tasarımı içeren FR4 tablası (b) Tarayıcılarımızla elde edilmiş 2 boyutlu tarama.

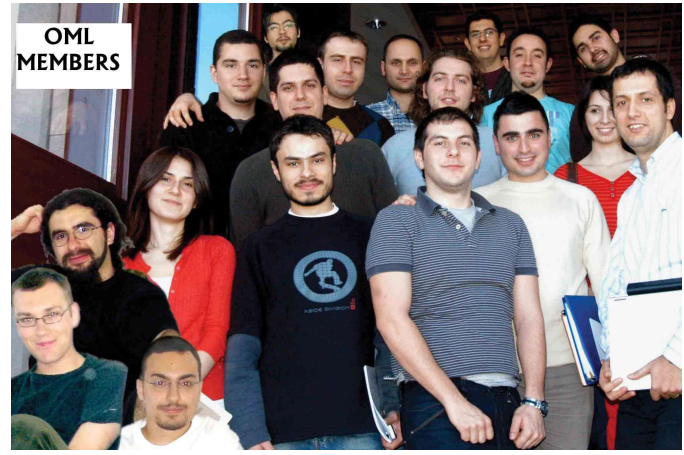
Şekil 2: Cep telefonuna entegre edilmiş piko-projektör (Microvision Inc. arşivinden)



Cep telefonu projektörleri (piko-projektör), gece görüşlü termal kameralar, kimyasal ve biyolojik analiz amaçlı minyatürleştirilmiş portatif tayf ölçerler, tek kullanımlık biyo-nano algılayıcılar (tümüyle okulumuzun temiz odasında üretilmiş) ve üç boyutlu görüntüleme sistemleri üzerinde çalışmaktayız.

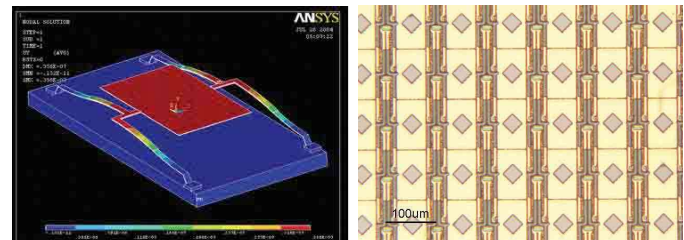
**Termal Gece Görüş Kamera Sistemleri (destekleyen ve patent haklarını lisanslayan kurum ASELSAN-Ankara)** Kovuk ışınımı (blackbody radiation) prensibine göre her nesne, kendi sıcaklığı ile orantılı bir miktarda kızılötesi ışınımı yayar. Termal kameralar genel olarak atmosferin bu ışınımı ilettiği 3-5µm ve 8-14µm bandında görüntüleme yapmak üzere tasarlanmışlardır ve gece görüş olanağı sağlamaları ile ünlenmişlerdir. İlk olarak askeri amaçlarda kullanılmak üzere tasarlanan bu aygıtlar günümüzde astronomi, arama-kurtarma, tıbbi görüntüleme, bina yalıtımlarının gözlemlenmesi, kimyasal görüntüleme, kalite kontrol gibi birçok alanda kullanılmaktadır.

OML'de tasarlanan termal kameralar, kızılötesine maruz kalınca bükülen iki boyutlu mikro-piksel dizininden oluşmaktadır. Bükülme, her pikselin altında tümleştirilmiş kırınım ızgarası



aracılığıyla mikro-optik yöntemler ile gerçekleştirilmektedir. Bu metodun temel avantajı optik okuma yöntemi ile elde edilen nanometre altı ölçüm hassasiyetidir. Piksel tasarımının diğer teknolojilere göre bir başka avantajı ise silikon alttaş ile arasında iletken bir malzemeye ihtiyaç duymamasıdır. Bu özellik ile hem üretim kolaylığı sağlamaktadır hem de pikseller, alttaşlarından termal olarak daha iyi yalıtılabilmekte, soğurdukları kızılötesi enerjiyi daha iyi depolayabilmektedirler. Başka temel bir avantaj ise kırınım ızgarası ile gerçekleştirilen optik okuma yönteminin dedektörün saturasyonuna izin vermediğidir, bir başka deyişle bu yöntem hedefteki binlerce derece sıcaklığın ölçülmesini elvermektedir.

Proje Aselsan tarafından desteklenmektedir ve patent hakları da bu firmaya lisanslanmıştır. Projenin bu aşamadaki hedefi 160x120 çözünürlüğe sahip, ortamda bulunan değişiklikleri 0.1 Co hassaslıkla okuyabilen bir dizinin üretilmesidir. Proje bünyesinde Onur Ferhanoğlu ve Fatih Toy araştırmacı olarak çalışmaktadır. Şekil 3'te bir pikselin mekanik bükülme simülasyon sonuçları ve üretilmiş piksel dizinin mikroskop resimleri görülmektedir. Dizinin üretilmesinde üç üretim merkezi ile çalışmalar yapılmıştır: TÜBİTAK-YITAL/ Gebze'de silikon alttaş üzerine silikon nitrat teknolojisi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi - Mikroelektronik Tesisleri (METU-MET) bünyesinde cam alttaş üzerine silikon nitrat teknolojisi, ve son olarak da Georgia Institute of Technology Microelectronic Research Center / ABD (GT-mirc)'da doktora öğrencimiz tarafından cam alttaş üzerine parilen/titanyum teknolojileri ile üretim gerçekleştirilmiştir. Üretilen cihazların sistem performans testleri devam etmektedir.



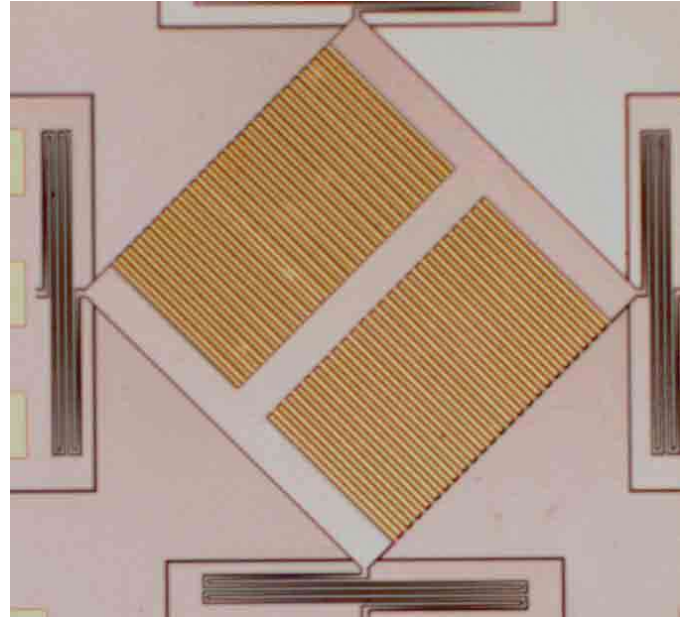
Şekil 3 (a) Termal Dedektör'ün tek piksel modeli (b) Üretilmiş dizinden bir mikroskop görüntüsü (her pikselin altında entegre kırınım ızgarası bulunmaktadır)

## Minyatür Portatif Spektrometre (Tayf Ölçer)

(destekleyen ve patent haklarını lisanslayan kurum Fraunhofer Institute-IPMS, Dresden-Almanya)

Endüstride ve laboratuvar ortamında yaygın bir uygulama alanı bulunan kızılötesi emilim spektroskopisi, boya rengi vb kimyasal ve biyolojik örnekler ile hava kirliliği ve değişik gazların algılama ve analizinde kullanılan gelişmiş bir yöntemdir. Fourier dönüşümü spektroskopisi, hızlı veri akışı ve paralel spektral ölçüm gibi avantajları sayesinde sahip olduğu yüksek spektral çözünürlük ve düşük gürültü seviyesi ile mevcut diğer kızılötesi spektroskopi yöntemlerinden ayrılır. Son 30 yıl zarfında boyutlarındaki küçülmeye ve hesaplama yeteneklerindeki artışa rağmen Fourier dönüşümü spektroskopları halen son derece büyük boyutlara sahip olup optik, elektronik ve opto-mekanik birçok parçanın elle bir araya getirilmesiyle inşa edilmektedirler. Ayrıca bu aygıtlar, çıktılarını spektrum formatında sunduklarından, sonuçların yorumlanması için bir kullanıcıya veya karmaşık yazılımlara gereksinim duymaktadırlar; bu da veri akış hızını önemli ölçüde kısıtlamaktadır. Bundan dolayı, Fourier dönüşümü spektroskopisi, genellikle boyut ve maliyetin ihtiyaç duyulan performansa nazaran ikincil öneme sahip olduğu sınırlı durumlarda kullanılmaktadır. Teorik olarak bu tip aygıtların minyatür ve portatif algılayıcı ve çözümleyici olarak kullanılmalarına bir engel bulunmasa da, başta tarayıcı ayna mekanizmaları olmak üzere mevcut teknolojilerin küçük ve kullanıcı dostu algılayıcıların tasarımı için yeterli olmaması buna engel olmaktadır. Portatif ve gerçek zamanlı çalışabilen bir algılayıcının gıda üretimi kontrolünden kimyasal süreç denetimine sayısız laboratuvar dışı uygulama alanı bulunduğu için önemli bir ihtiyaç olduğu düşünülmektedir.

OML'de 2004 yılından bu yana elektrostatik tarak mekanizması ile tahrikli bir mikro-elektro-mekanik aygıt üretimi üzerine çalışmaktadır (Şekil 4). Tasarlanan MEMS aygıtın tarak yapısı dikey tınlaşım modunda çalışan bir tahrikleyici, bir kırınım ızgarası ve bir optik pozisyon ölçüm sistemi olmak üzere üç farklı görevi aynı anda gerçekleştirmekte olup, tüm bir yapı 15-20mm<sup>2</sup>'lik bir alana sığabilmektedir. Bu patentli teknoloji Çağlar Ataman'ın doktora tezi kapsamında geliştirilen yeni bir spektroskopi platformu olup, patent projenin kısmi finansmanını üstlenen Fraunhofer IPMS tarafından lisanslanmıştır. Geliştirilen sistemin mevcut Fourier dönüşümü spektroskoplarına nazaran sunduğu temel avantajlar yüksek ışık verimliliği, mekanik sağlamlık, küçük boyutlar, üretim kolaylığı ve yüksek bütünlük seviyesi olarak sıralanabilir. Bu teknoloji sayesinde, çalışır bir spektroskopi sistemi bahsedilen MEMS aygıt, bir detektör ve sinyal işleme elektroniğinin birleştirilmesiyle



Şekil 4: MEMS tabanlı FT Tayf ölçerin mikroskop resmi.

oluşturulabilir. Bu teknolojinin ticari ortaklarla ürüne dönüştürülmesine yönelik kurulan konsorsiyum, kısa süre önce Avrupa Konseyi 7. Çerçeve Programı'ndan 3 milyon Avro destek almıştır.

Sonuç olarak, OML'de geliştirilen optik mikrosistemler bilime katkılarının yanı sıra [1-8] endüstrinin de ilgisini çekmeyi başarmıştır ve birçok yeni uygulama ve ürüne yol açmaktadır.

*KAYNAKÇA (daha detaylı bilgi için adresimiz <http://mems.ku.edu.tr>):*

1. Hakan Ürey, Olgac Ergeneman, US Patent Application 20070257565, "Method and apparatus for making and using 1D and 2D magnetic actuators" 2007
2. Hakan Ürey, Sven Holmstrom, Arda D. Yalçınkaya, "Electromagnetically actuated FR4 Scanners," IEEE Photonics Tech. Lett., Vol. 20, p. 30-32, 2008
3. Arda D. Yalçınkaya, Olgac Ergeneman, Hakan Ürey, "Polymer Magnetic Scanners for Bar Code Applications," Sensors and Actuators A, Vol. 135, pp.236-243, 2007
4. Hakan Ürey, Hamdi Torun, European Patent 1757914, "Imaging detector array with optical readout," Issued: 2007-03-07
5. Hamdi Torun, Hakan Ürey, "Uncooled Thermo-mechanical Detector Array with Optical Readout," Opto-Electronics Review, Vol. 14 (1), p. 55-60, 2006
6. Onur Ferhanoğlu, M. Fatih Toy, Hakan Ürey, "Two-wavelength Grating Interferometry for MEMS Sensors" IEEE Photonics Tech. Lett., Vol. 19, p. 1895-1897, 2007
7. Hakan Ürey, Çağlar Ataman, European Patent 1677086, "Fourier transform spectrometer," Issued: 2006-07-05
8. Çağlar Ataman, Hakan Ürey, Alexander Wolter, "MEMS-based Fourier Transform Spectrometer," J. Micromechanics and Microengineering, Vol.: 16, Pages: 2516-2523, 2006