

Burak Kay¹, Ergün Ege², Tolga Güver^{2,3}, Benjamin A. Mazin⁴, Kieran O'Brien⁵, Sinan Aliş^{2,3}, F. Korhan Yelkenci^{2,3}, Cahit Yeşilyaprak^{6,7}, Sinan Kaan Yerli⁸, Ayşe Erol¹, Onur Keskin⁹

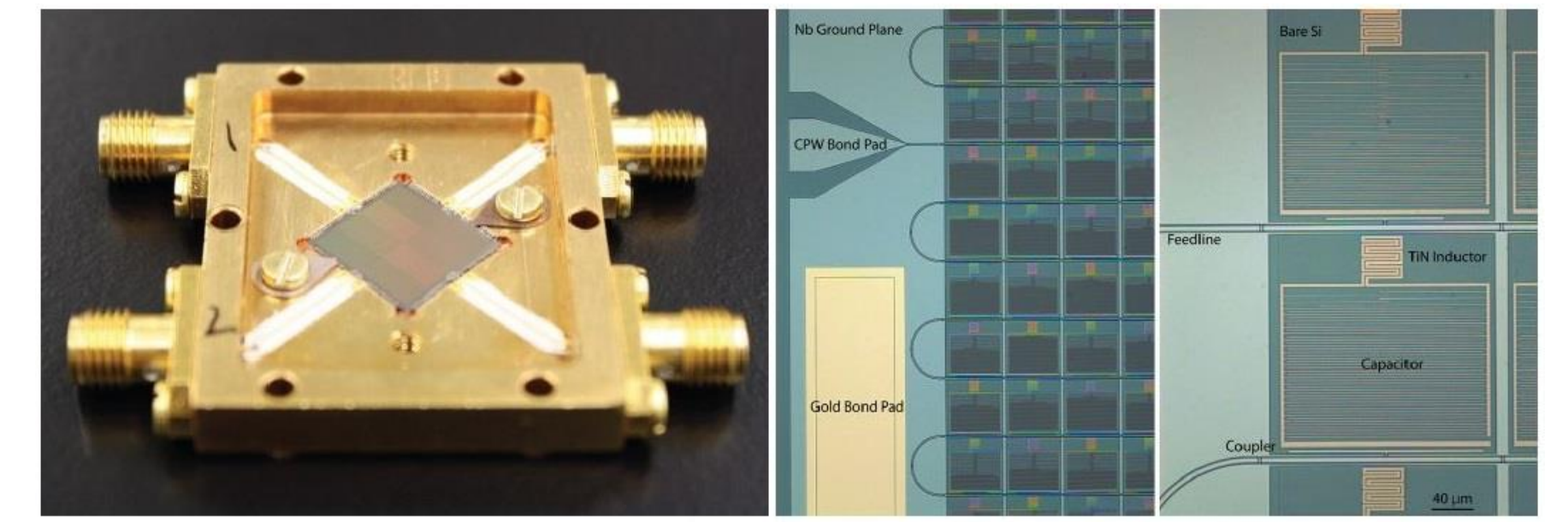
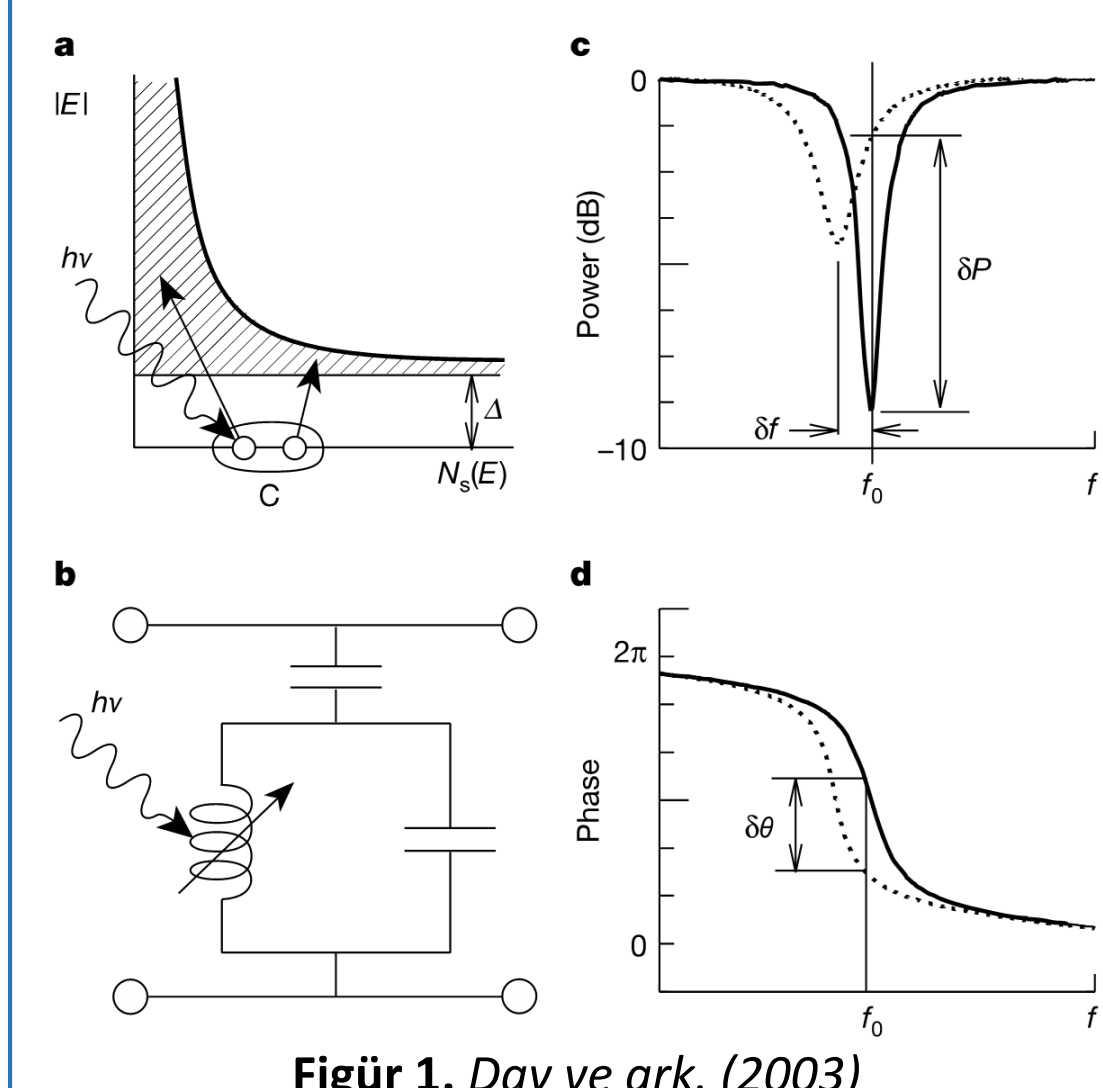
¹Istanbul Üniversitesi, Fen Fakültesi, Fizik Bölümü, ²Istanbul Üniversitesi, Fen Fakültesi, Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü, ³Istanbul Üniversitesi Gözlemevi Araştırma ve Uygulama Merkezi, ⁴Department of Physics, University of California at Santa Barbara, ⁵Department of Physics, University of Oxford, ⁶Atatürk Üniversitesi, Fen Fakültesi, Astronomi ve Astrofizik Bölümü, ⁷Atatürk Üniversitesi, Astronomi ve Astrofizik Araştırma ve Uygulama Merkezi (ATASAM), ⁸Orta Doğu Teknik Üniversitesi (METU), Fizik Bölümü, ⁹Işık Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümü

Giriş

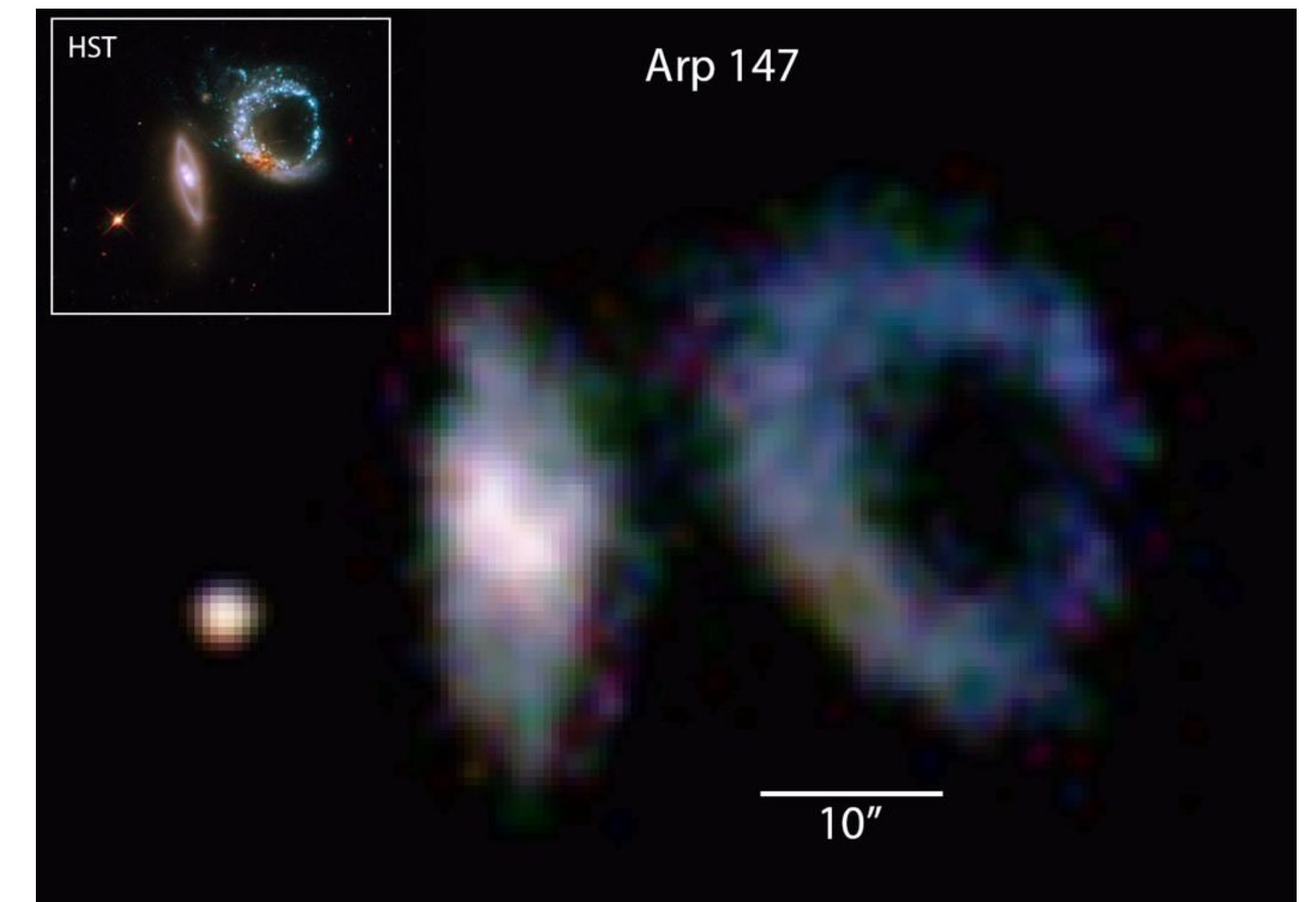
MKID'ler (Microwave Kinetic Inductance Detector) süperiletken tabanlı, düşük sıcaklık (çalışma sıcaklığı, 100 mK) detektörü sınıfında yer alan ve astronomide özellikle uzun dalgaboylu fotonların tespitinde kullanılan bir algılayıcı teknolojisidir. Özellikle son 15 yılda yapılan çalışmalar ile günümüzde optik ve yakın kızılötesi bölgeye duyarlı MKID dizileri de geliştirilmiştir. Bu teknolojiye dayanan yeni bir detektöründe 2019 yılında tamamlanacak DAG teleskobunda kullanılması planlanmaktadır. Algılayıcı teleskobun çalışma bölgesi olarak planlanan optik - yakın kızılötesi bölgenin önemli bir kısmında (400 - 1350 nm) tek başına yüksek hassasiyetle gözlem yapabilecektir. Süperiletken tabanlı olması sebebiyle kara akım ve okuma gürültüsü üretmeyen bu detektör, üzerine düşen her bir fotonun oluşturduğu etkiyi algılayabilmektedir. Böylece bir foton sayacı gibi davranabilen detektör ile mikro saniyelere varan zaman çözünürlüklerine ulaşabilmek mümkün olmaktadır. MKID tabanlı algılayıcılar ayrıca gelen fotonların tek tek enerjisini de ölçebilmekte ve herhangi bir optik eleman içermeden (filtre, kırınım ağı vb.) çok düşük çözünürlüklü bir spektrograf gibi de kullanılabilir (R_e≈25). Oldukça basit bir optik düzeneğe sahip MKID'ler bu sayede toplam sistem verimliliği açısından da son derece etkileyici algılayıcılar ve DAG'da adaptif optik sisteminin arkasında da kullanılabilir. Bu sayede hem daha da kırmızı öte bölgeye duyarlı olabilecek (H bandının sonuna kadar) hem de daha sönük cisimleri gözleyebilecektir. Bu posterde böyle bir algılayıcının genel özellikleri olanakları tanıtılacak ve DAG'da kurulması düşünülen sistemin temel özellikleri verilecektir. Ayrıca bu proje kapsamında İstanbul Üniversitesinde kurulacak laboratuvar ve geliştirilecek yazılım sistemleri de yine posterde kısaca açıklanacaktır.

Temel Çalışma Prensipleri

Figür 1. de bir MKID hücresinin çalışma diyagramı verilmiştir, (a) süperiletken bant aralığı Δ , durum yoğunluğu $N_s(E)$ - Enerji diyagramında gösterilmektedir. $h\nu$ enerjili bir foton süperiletken film tarafından soğurulduğunda, Cooper çifti C bozunumu ve çok sayıda uyarılmış sanal parçacıklar üretilir. (b) Bu sanal parçacıklar hassas bir şekilde ölçülmek için, ince film yüzeyinde yüksek frekanslı düzlemsel rezonans devreleri bulunmaktadır. Diyagramın sağında, Rezonatör'e gönderilen bir mikrodalga uyarım sinyalinin genliği (c) ve fazı (d) frekansın bir fonksiyonu olarak gösterilmektedir. İnce filmi, yüzey empedansının değişmesi ile birlikte soğurulan bir foton, düşük frekansta rezonansa girmeye zorlar ve genliği değişir. Detektör (rezonatör) mikrodalga sinyali ile uygun rezonansa uyarıldığında, faz derecesindeki ve genliğindeki kayma miktarını ölçümleriz. Bunun sonucunda soğurulan fotonun enerjisini belirleyebiliriz. [Day, P. K., 2003]



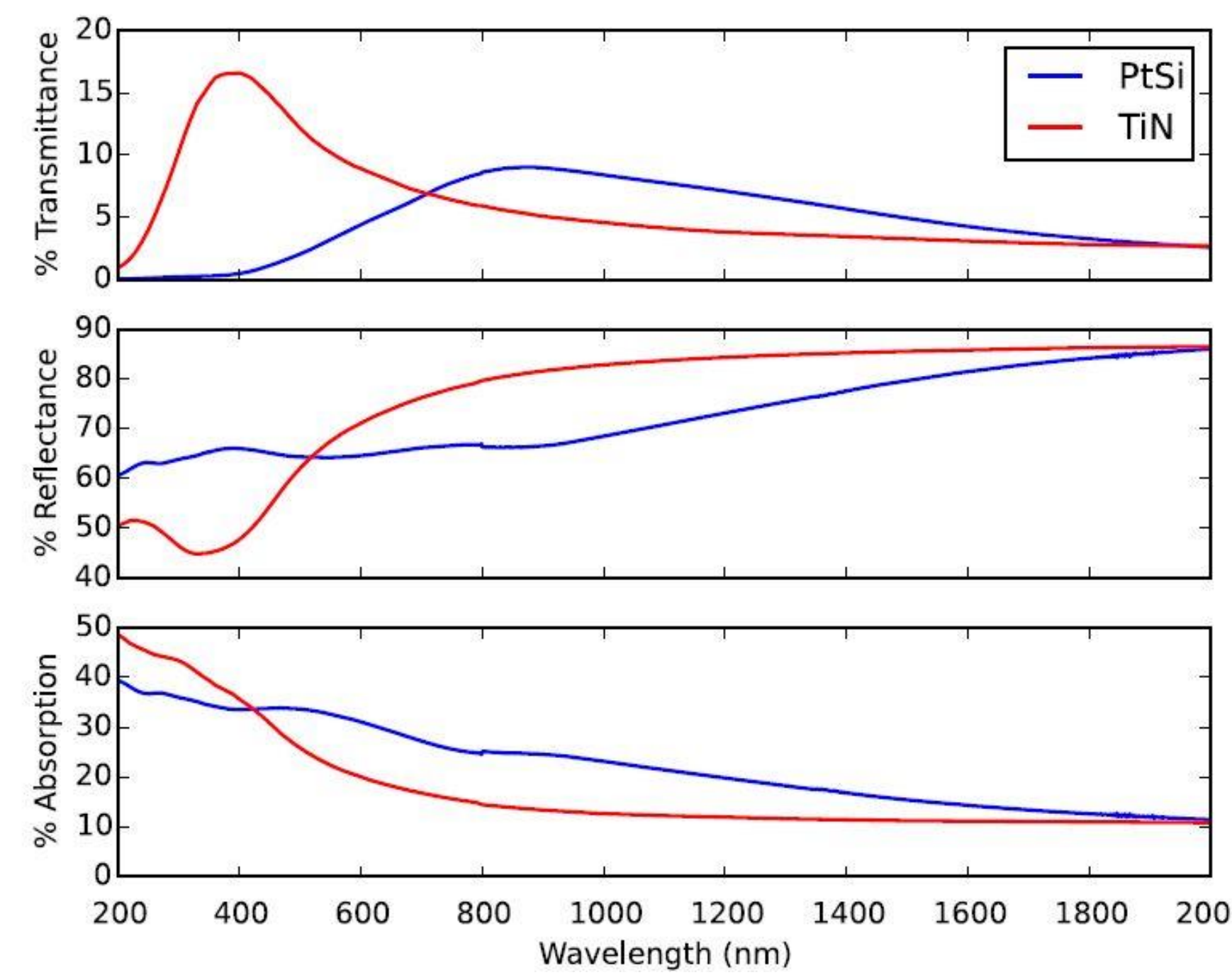
Figür 4. ARCONS: 2024 piksele sahip TiN malzemeden üretilen ilk MKID versiyonu [Mazin, B. A., 2013]



Figür 5. ARCONS tarafından Arp 147 galaksisinin Palomar 200 inch teleskobu ile yaklaşık birer dakikalık pozlama ve 36 mozaik görüntünün birleştirilmesi ile oluştu. (Görüntü elde edilirken herhangi bir optik düzenek kullanılmamış, görüntüler Photoshop kullanılarak sadece yan yana birleştirilmiştir.) [Mazin, B. A., 2013]

TiN ve PtSi Malzeme

1960'lara dayanan bu alandaki çalışmalar, elle tutulur sonuçlara **Titanyum Nitrat (TiN)** ve **Platinyum Silisid (PtSi)** malzemeler ile ulaşılmıştır. [Zmuidzinas, J., 2012] **Tablo 1** ve **Figür 2** de günümüzde elde edilen en optimum parametreler bulunmaktadır. TiN malzemenin üretimi PtSi malzemeye göre daha eski olduğunda ilk üretilen MKID, TiN malzemeden üretilmiş olan ARCONS: 2024 piksele sahiptir. [Mazin, B. A., 2013] Günümüz TiN üretimi teknikleri ile büyük homojen düzlükler elde edilemediğinden detektör üzerine daha fazla dizi sığdırılamamıştır. PtSi malzemenin keşfi bu boşluğu doldurarak büyük homojen düzlükler elde edilebilir hale gelmiştir. Bunun son örneği DARKNESS: 10000 piksele sahiptir. [Szypryt, P., 2016]



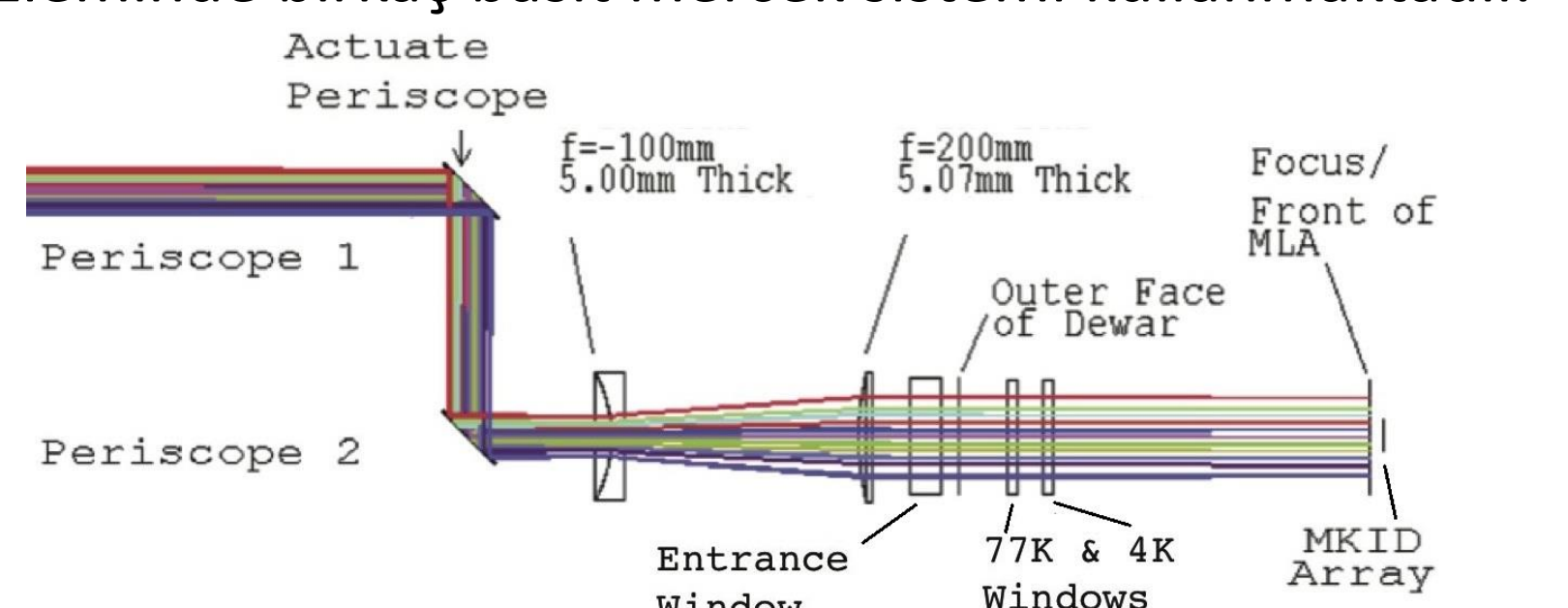
Figür 2. Geçirgenlik, Yansıtıcılık ve Absorbsiyon Spektrumu [Mazin ve ark. (2016)]

Malzeme	Kritik Sıcaklık T _c	Internal Quality Factor Q _i	Enerji Çözünürlüğü E/ΔE	Sanal Parçacık Yaşam Süresi τ _a	Optik Absorbsiyon %
TiN	800 mK	> 10 ⁶	8 - 10	50 - 100 μs	35
PtSi	850-910 mK	150000	8	20 μs	20 - 40

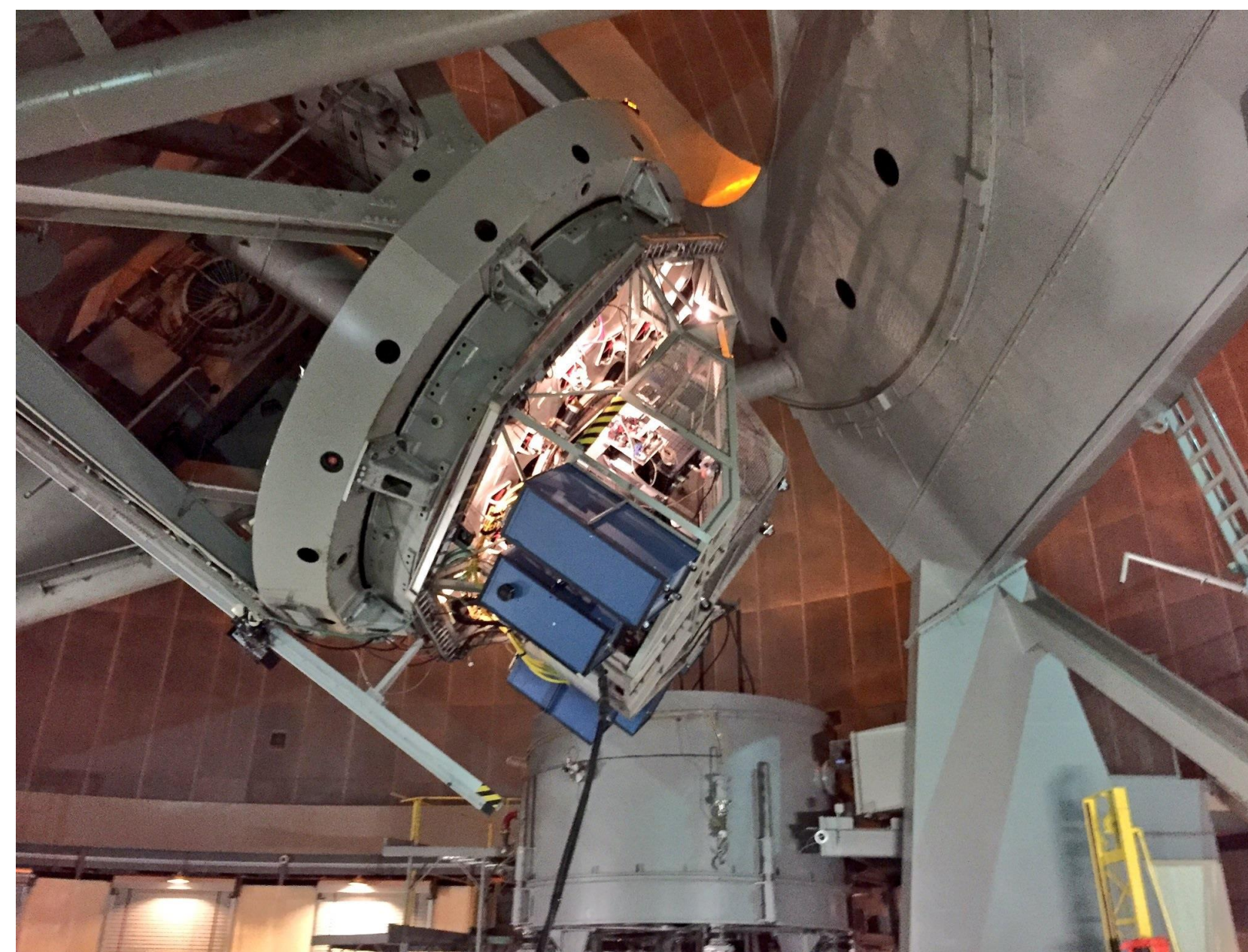
Tablo 1. TiN ve PtSi için önemli parametreler

Optik Düzenek

MKID'lerin en cezbedici yanlarından bir tanesi optik düzeneklerinin oldukça basit olmasıdır. MKID'ler fotometrik gözlem yapmak için filtre sistemlerine ihtiyaç duymaz yada kırınım ağı olmaksızın temel olarak fotonların enerjisini ölçebilirler. MKID'ler sadece odak düzleminde birkaç basit mercek sistemi kullanmaktadır.



Figür 3. Optik Düzenek, Mazin ve ark. (2013)



Figür 7. DARKNESS Palomar 200 inch teleskobunda deneme gözlemi [Mazin, B. A., 2016]

Tartışma

DAG Teleskobunun odak düzlemlerinden bir tanesine **30000 piksele** sahip PtSi malzemeden üretilen MKID'in takılması planlanmaktadır. Bu doğrultuda, bu detektörün, bakım ve kalibrasyon ayarlarının yapılması için İstanbul Üniversitesi Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü bünyesinde laboratuvar kurulum faaliyetleri yürütülmekte ayrıca yazılım sistemleri geliştirilme çalışmaları, veri üretim parametrelerinin hesaplanarak uygun sunucu ve depolama sitelerinin tespiti çalışmaları yürütülmektedir. (Yazılım ve veri üretimi ile ilgili sonuçlar P09-001 posterinde ayrıntılı olarak ele alınmıştır.)

İletişim

Burak Kay
İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi Fizik Bölümü
burak.kay@ogr.iu.edu.tr
+90 (532) 488 27 32

Referanslar

- Day, P. K. and others, A broadband superconducting detector suitable for use in large arrays, Nature 425,817-821 (2003).
- Zmuidzinas, J., Superconducting Microresonators: Physics and Applications, Annual Review of Condensed Matter Physics 3(1), 169-214 (2012).
- Mazin, B. A. et al., ARCONS: A 2024 pixel optical through near-ir cryogenic imaging spectrophotometer, Publications of the Astronomical Society of the Pacific 125, 1348-1361 (2013).
- Szypryt, P. et al., Platinum Silicide MKIDs for UVOIR Astronomy, 16th International Workshop on Low Temperature Detectors (2016).

İstanbul Üniversitesi, İstanbul/Türkiye (Proje No: 2016K121370); İstanbul Üniversitesi Gözlemevi Uygulama ve Araştırma Merkezi (IUGUAM), İstanbul/Türkiye; Atatürk Üniversitesi, Erzurum/Türkiye (Proje No: 2011K120230, 2016K121140); Atatürk Üniversitesi, Erzurum/Türkiye, Astrofizik Araştırma ve Uygulama Merkezi (ATASAM), Erzurum/Türkiye; Türkiye Cumhuriyeti, Kalkınma Bakanlığı; Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara/Türkiye (Proje No: 2016K121380); FMV Işık Üniversitesi, İstanbul/Türkiye; FMV Işık Üniversitesi, Optomekatronik Uygulama ve Araştırma Merkezi (OPAM), İstanbul/Türkiye; Haute Ecole d'Ingénierie et de Gestion du Canton de Vaud (HEIG-VD), Yverdon-les-Bains/Switzerland, DAG projesine katkılarında dolayı teşekkür ederim.

