



Doğu Anadolu Gözlemevi'nde Kullanılacak MKID'e Genel Bir Bakış

Burak Kay^{1*}, 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

¹İstanbul Üniversitesi, Fen Fakültesi, Fizik Bölümü, Beyazıt, Fatih, İstanbul, Türkiye

²İstanbul Üniversitesi, Fen Fakültesi, Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü, Beyazıt, Fatih, İstanbul, Türkiye

³İstanbul Üniversitesi Gözlemevi Araştırma ve Uygulama Merkezi, Beyazıt, Fatih, İstanbul, Türkiye

⁴Department of Physics, University of California at Santa Barbara, ABD

⁵Department of Physics, University of Oxford, UK

⁶Atatürk Üniversitesi, Fen Fakültesi, Astronomi ve Astrofizik Bölümü, Erzurum

⁷Atatürk Üniversitesi, Astronomi ve Astrofizik Araştırma ve Uygulama Merkezi (ATASAM), Erzurum

⁸Orta Doğu Teknik Üniversitesi (METU), Fizik Bölümü, Ankara, Türkiye

⁹Işık Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye

Özet: 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 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≈25). Oldukça basit bir optik düzeneğe sahip MKID'ler bu sayede toplam sistem verimliliği açısından da son derece etkileyici algılayıcılardır 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.

Anahtar Kelimeler: MKID, Dedektör, Süperiletken, PtSi, TiN, DAG

Abstract: MKID's (Microwave Kinetic Inductance Detector) in superconducting, low temperature (working temperature, 100 mK) detector class based and is a sensor technology used in the detection in astronomy, especially long wavelength photons. Especially in studies in recent 15 years, optical and near infrared region sensitive MKID arrays have been developed. A new detector based on this technology is planned to be used in the DAG telescope to be completed in 2019. The detector will be able to observe with high sensitivity alone (400 - 1350 nm) in a significant part of the optic - near infrared region planned as telescope study area. Due to its superconductive bottom, this detector, which does not produce dark currents and read noise, can perceive the effect that each photon has on it. Thereby, it is possible to reach time resolution up to micro seconds with a detector that can act like a photon counting machine. MKID based detectors can also measure the individual energy of incoming photons and can be used as a very low resolution spectrograph from not contain any optical element (filter, diffraction net, etc.). MKIDs, which have a very simple optical system, are also very impressive detectors in terms of total system efficiency and can also be used behind the adaptive optics system in DAG. Thus it will be able to observe both the more reddish region (to the end of the H band) and the dim objects which may be more sensitive. In this poster, the general features of such a sensor will be introduced and the basic characteristics of the system to be setting up in DAG will be given. In addition, the laboratory to be established in Istanbul University and the software systems to be developed will be shortly explained on the poster.

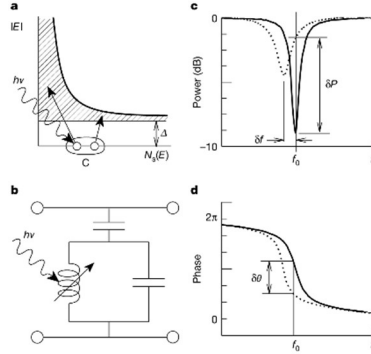
Key Words: MKID, Dedector, Superconducting, PtSi, TiN, DAG

1. Temel Çalışma Prensibi

Figür 1. de bir MKID hüresinin çalışma diyagramı verilmiştir, (a) süperiletkenin bant aralığı Δ , durum yoğunluğu $N_s(E)$ – Enerji diyagramında gösterilmektedir. $h\nu$ enerjili bir foton süperiletken film tarafından soğurulduğunda, Cooper çifti bozunumu ve çok sayıda uyarılmış sanal parçacıklar üretilir. (b) Bu sanal parçacıkları hassas bir şekilde ölçebilmek 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.

*Sorumlu Yazar E-Posta: burak.kay@ogr.iu.edu.tr

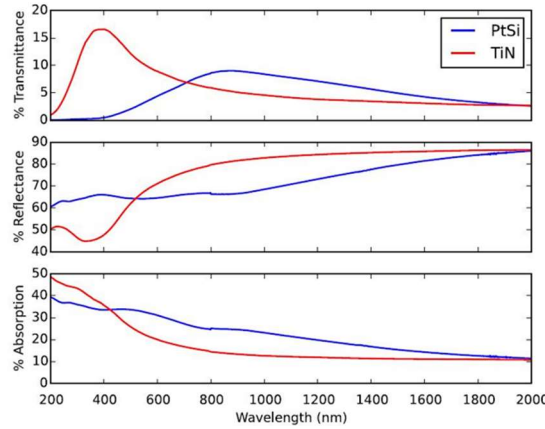
Detektör (rezonatör) mikrodalga sinyali ile uygun rezonansa uyarıldığında, faz derecesindeki ve genliğindeki kayma miktarını ölçebiliriz. Bunun sonucunda soğurulan fotonun enerjisini belirleyebiliyoruz. [Day, P. K., 2003]



Figür 1. Day ve ark. (2003)

2. TiN ve PtSi Malzeme

1960'lara dayanan bu alandaki çalışmalar, elle tutulur sonuçlara Titanyum Nitrat (TiN) ve Platinyum Silisid (PtSi) malzemeler ile ulaşılmıştır. [Zmuidzinis, J., 2012] 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)

3. Tartışma

-DAG Teleskobunun odak düzlemlerinden bir tanesine 30000 piksele sahip PtSi malzemeden üretilecek 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 sitemlerinin tespiti çalışmaları yürütülmektedir. (Yazılım ve veri üretimi ile ilgili sonuçlar P09-001 posterinde ayrıntılı olarak ele alınmıştır.)

4. Kaynaklar

Day, P. K. and othes, A broadband superconducting detector suitable for use in large arrays, Nature 425,817-821 (2003).
Zmuidzinis, 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).