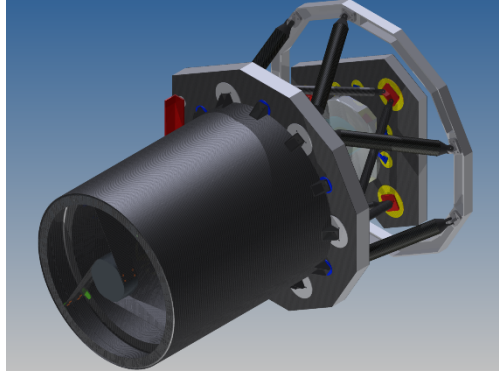


Yüksek Çözünürlüklü Uydu Kamerası Tasarımı ve Geliştirilme Süreci

Özgür Selimoğlu

Yer gözlem uyduları, 400-700 km aralığındaki alçak yörüngede (LEO, Low Earth Orbit) hareket ederek görüntüleme yapmaktadırlar. Kullanım amaçlarına göre pankromatik, multi-spektral veya termal görüntüleme yapabilirler. Yer örnekleme mesafesi(YÖM) olarak adlandırılan çözünürlük değeri <1 m olan uydular, yüksek çözünürlüklü uydu olarak sınıflandırılmaktadır.

Yüksek çözünürlüklü İMECE uydusu için geliştirmekte olduğumuz kameranın hedef yörünge yüksekliği 540 km ve çözünürlüğü 0.7 m olacaktır. Uydu kamerası, kırınım-limitli Korsch teleskop mimarisine sahiptir. 500 mm optik giriş açıklığına ve 6200 mm odak uzaklığı sahip bu uydu kamerası, yüksek yansıtıcı optik yüzeyler ile CMOS görüntüleme sensörlerinin yer aldığı bir odak düzleminde oluşmaktadır. Optik yüzeyler, hafifletilmiş, düşük genleşme katsayısına sahip ve yüksek hassasiyetli Zerodur aynalardan oluşmaktadır. Yüksek hassasiyetli bu aynalar aynı zamanda, uzaydaki radyasyona ve atomik oksijene dayanım gösterecek optik kaplamalara sahiptir.



Kamera, fırlatma sırasında oluşacak kuvvetlere dayanacak ve uzay koşullarında yaşayacak şekilde tasarlanan bir kamera yapısına sahiptir. Aynalar, kinematik tutucular ile tutularak, karbon fiber kompozit bir gövdeye yerleştirilmiştir. Kompozit yapılar, kamera yapısını hafifletmek, termal genleşmeleri minimize etmek ve yüksek mukavemet nedeni ile yüksek çözünürlüklü uydu kameralarında kullanılmaktadır. Optik tasarımın, <3 µm olan konum toleransları kısmen bu şekilde karşılanabilmektedir. Kompozit yapının uzayda kaybettiği nem ve fırlatma yükleri nedeni ile optik yapılar arasındaki tolerans limitleri kısmen aşılmaktadır. Bu amaçla, en sıkı toleransa sahip birincil ve ikincil aynalar arasındaki isteneyen mesafe değişimi, geliştirilen odak ayar yöntemi ile telafi edilmektedir.

Odak düzleminde, proje kapsamında geliştirilmekte olan 8 µm piksel büyüklüğüne sahip CMOS TDI (time delay integration) çizgi sensörleri kullanılmaktadır. TDI özelliği ile yeryüzündeki bir noktanın görüntüsü birden fazla pikselden alınıp toplanarak, görüntünün sinyal/gürültü oranı artırılmaktadır. Uydunun ~7 km/s'lık yörünge hızı yeterli ışık toplama zamanı sağlamadığı için, TDI özelliği yüksek çözünürlüklü uydu kameraları için zorunlu olmaktadır. Geliştirilmekte olan CMOS TDI sensörün, tarihçeli uydularda yaygın olarak kullanılan CCD TDI teknolojisine alternatif oluşturması beklenmektedir.

Uydu kamerasından elde edilmek istenen görüntü kalitesinin belirlenmesi ve görev ömrü boyunca kontrolü uydu projelerinde önemli bir yer tutmaktadır. Bu amaçla, ışığın yeryüzünden yansarak atmosfer, kamera optikleri, sensör ve görüntü kıymetlendirme aşamalarında izlediği yolun simülasyon ve hesaplama çalışmaları yapılmaktadır. Oluşturulan "görüntü zinciri simülasyonu" ile kamera tasarımı ve kamera operasyonel parametreleri optimize edilmektedir.

Proje kapsamında, kamerada kullanılan büyük çaplı, uzay uyumlu optik bileşenlerin üretimini ve karakterizasyonunu amaçlayan bir araştırma merkezi (OPMER) kurulmaktadır. Merkezde, Zerodur-SiC gibi uzayda kullanılan 1,0 m çapa kadar olan optiklerin, hafifletme-taşlama-parlatma-kaplama-ölçme işlemleri geliştirilmektedir. Merkezin, optik tasarım ve prototip optik üretiminde akademiye ve endüstriye hizmet vermesi amaçlanmaktadır.