

Hermityen Olmayan Fotonik Yapılarda Yansıma ve Soğurma Kontrolü

Ali Keçebaş

Gebze Teknik Üniversitesi, 41400, Gebze, Kocaeli, Türkiye

akecebas@gtu.edu.tr

Işık ve termal radyasyonun dalga boyu altı (subwavelength) yapılarla etkileşiminin kontrolü, elektromanyetiğin bir alt alanı olarak, son birkaç on yılda büyük önem taşımış ve taşımaya devam edecektir. Yıllar içinde araştırmacılar, bu etkileşimleri geniş bir spektrum boyunca ayarlamak amacıyla dalga boyu altı yapılardan oluşan çeşitli kaplama türleri geliştirmiştir. Optik ve termal dalga boylarında ortaya çıkan yüzey plazmonları, epsilon-near-zero (ENZ) tepkileri ve optik boşluklar (kaviteler) gibi zengin fiziksel olgularla birleştirildiğinde, bu etkileşimleri kontrol etme yeteneğimiz giderek artmaktadır. Bu tür olguları etkin şekilde kullanmak ve son teknoloji fotonik cihazlara entegre etmek için ters tasarım (inverse design) yöntemleri de yaygın olarak kullanılmaktadır. Tasarım probleminin bu ikili doğası nedeniyle, fiziksel içgörü ile ters tasarım arasındaki bağlantı giderek daha önemli hale gelmiştir.

Bu bağlantıyı daha da güçlendirmek amacıyla, son yıllarda önemli ilgi gören bir alt alan olan non-Hermityen fotonikten yararlanılabilir. Kökeni kuantum fiziğine dayanan ve daha sonra klasik fotonige uyarlanan non-Hermityen çerçeve, fotonik yapıların yansıma (reflectance) ve soğurma (absorptance) özelliklerini belirleyen temel mekanizmaların analizinde güçlü bir yaklaşım sunar. Özellikle bu çerçeve, istisnai noktalar (exceptional points, EPs) olarak bilinen özgün tekilliklerin incelenmesine olanak tanır. Bu noktalar; tek yönlü yansıma, kayıp kaynaklı saydamlık (loss-induced transparency), koherent mükemmel soğurma (coherent perfect absorption) ve dış bozuculara karşı artmış hassasiyet gibi ilgi çekici olgularla ilişkilidir.

Bu konuşmada, öncelikle non-Hermityen çerçevenin mükemmel soğurma ve artırılmış hassasiyet sağlayan fotonik yapıların tasarımında nasıl kullanılabileceğini ele alacağım. Ardından, farklı fotonik platformlarda istisnai noktaların nasıl gerçekleştirilebileceğini sunacağım. Son olarak, bu kavramların yapı karmaşıklığı arttıkça nasıl genişlediğini tartışarak konuşmayı tamamlayacağım.

Non-Hermitian Control of Reflection and Absorption in Photonic Structures

Ali Keçebaş

Gebze Technical University, 41400, Gebze, Kocaeli, Türkiye

akecebas@gtu.edu.tr

Controlling how light and thermal radiation interact with subwavelength features—a subfield of electromagnetics—has been of great importance over the past few decades and will continue to be so. Over the years, researchers have developed various types of coatings composed of subwavelength structures to tailor these interactions across a broad spectrum. When combined with rich physical phenomena present at optical and thermal wavelengths, such as surface plasmons, epsilon-near-zero responses, and optical cavities, our ability to control these interactions continues to improve. To harness these phenomena and incorporate them into state-of-the-art photonic devices, inverse design methods have also been widely employed. Due to this dual nature of the design problem, the connection between physical insight and inverse design has become increasingly important.

To further strengthen this connection between physical understanding and inverse problems, non-Hermitian photonics—a subfield that has attracted significant recent interest—can be utilized. Originating from quantum physics and later extended to classical photonics, the non-Hermitian framework provides a powerful approach for analyzing the underlying mechanisms governing the reflectance and absorptance characteristics of photonic structures. In particular, this framework enables the exploration of unique singularities known as exceptional points (EPs), which are associated with intriguing phenomena such as unidirectional reflectance, loss-induced transparency, coherent perfect absorption, and enhanced sensitivity to external perturbations.

In this talk, I will first discuss how the non-Hermitian framework can be leveraged to design photonic structures for perfect absorption and enhanced sensitivity. I will then present methods for realizing exceptional points in different photonic platforms. Finally, I will conclude by discussing how these concepts extend as the structural complexity increases.