

Karşılıksız Fotonik: Işığın Akışını Zaman Simetrisini Kırarak Yönlendirmek
(Nonreciprocal Photonics: Molding the Flow of Light by Breaking Time-Reversal Symmetry)
Yrd. Doç. Mehmet Cengiz Onbaşlı, Koç Üniversitesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü

Alphabet'in (Google) yönetim kurulu başkanı Eric Schmidt'e göre her iki günde insanlık 2003'e kadar oluşturduğundan daha fazla veri üretmektedir. Bu veri işleme ve iletme ihtiyacı her geçen yıl üssel olarak artmaktadır. Zamanla artan bu ihtiyacı karşılamak amacıyla dünya mikroelektronik sanayisi 1960'lardan 2010'lu yıllara kadar mikroişlemci transistörlerini her 18 ayda bir önceki boyutlarının yarısına indirmektedir. Ancak Moore Kanunu olarak da adlandırılan bu uygulama, transistör kapı boyutlarının 10 nm'nin altına inmesi nedeniyle çok pahalı hale geldi, aynı zamanda çiplerin çalışma frekansları ısı çıkışı yoğunluğunun roketlerdeki benzer mertebeye yaklaşması nedeniyle artık yükseltilemez hale geldi. Bu nedenle daha yüksek bant genişliklerinde veri iletimi ve işleme için elektroniğe ek olarak bütünleşik fotonik devreler son 15 yılda yoğun bir şekilde araştırılmaktadır [1].

Bütünleşik fotonik devrelerle veri işleyebilmek için lazerler, modülatörler, ışık dedektörleri, girişimölçerler, dalga kılavuzları, ayırıcılar ve birleştiriciler gibi bir çok aktif ve pasif devre elemanı kuramsal ve deneysel olarak gösterilmiştir. Ancak lazerin fotonik devreye verdiği ışığın lazere geri dönmemesi lazerin dalgaboyunun ve darbe frekansının korunması için gereklidir. Bunun için optik izolatörlerin fotonik devreler ile lazer arasında büyütülmeleri gerekmektedir. Bu işlevi görebilecek devre elemanı ışığı tek yönde geçirecek özelliklere sahip olmalıdır. Fotonikte bu özelliğe karşılıksız iletim (nonreciprocal transmission) adı verilmektedir. Bu özelliği bir malzeme veya cihazın gösterebilmesi için ışığın zaman simetrisinin kırılması gerekmektedir, bu durumda ışığın LHCP ve RHCP mod'larının efektif indisleri eşit olmamaktadır. Manyetooptik malzemeler bu özelliği dielektrik geçirgenlik tensöründeki köşegen dışı elemanlarının sıfırdan farklı olması nedeniyle gösterebilmektedir. Bu özelliğin neticesinde bu malzemeleri bütünleşik fotonik devrelerde optik izolatör elemanı olarak kullanmak mümkündür [2]. Bu malzemeler arasında manyetooptik garnet kristalleri ($Ce_1Y_2Fe_5O_{12}$, $Bi_1Y_2Fe_5O_{12}$) hem optik geçirgenlikleri (bir kaç $dB \cdot cm^{-1}$) hem de yüksek Faraday dönüşümü özellikleri ($1500-3500^\circ \cdot cm^{-1}$) nedeniyle bütünleşik optik izolatör hazırlanmasında önem kazanmıştır.

Bu sunumda, 1550 nm telekom dalgaboyları için geliştirdiğimiz manyetooptik garnet ince filmleri ve bunlara dayalı TM mod bütünleşik optik izolatör cihaz çalışmalarımızı sunacağım. Bu sunum üç bölümden oluşmaktadır: İlk bölümde zaman simetrisinin kırılmasının hangi koşullarda gerçekleşeceğini kuramsal ve gerçek cihaz örnekleriyle inceleyeceğiz. İkinci bölümde manyetooptik garnet ince filmleri silisyum tabanlı fotonik alttaşların üstüne darbeli lazer büyütme tekniğiyle büyütürken nasıl yüksek optik geçirgenlik ve yüksek manyetooptik Faraday dönüşümü özellikleri elde ettiğimizi anlatacağım [3-6]. Son bölümde bu malzemelerle geliştirdiğimiz bütünleşik optik izolatörleri ve performanslarını etkileyen malzeme özelliklerini (kristal yapısı, Y:Fe oranı, oksijen noksanları, Faraday dönüşümü) ve üretim süreci ile ilgili aşamalarının cihaz mimarisini nasıl etkilediğini anlatacağım [7-9]. Bu sayede hem kalıcı manyetooptik bellek hem de optik izolatör cihaz mimarisi gösterilmiştir. Bu mimarilerin voltajla kontrol edilebilen manyetooptik izolatör, uzamsal ışık modülatörü (spatial light modulator) ve optik-spintronik mantık devresi tasarımına yeni mimari avantajları getirmesi (silisyum üstüne büyütülmesi gibi) beklenmektedir.

Kaynakça: 1. D. A. B. Miller, Proc. IEEE **88**, 728 (2000).

2. L. Bi et al., Nat. Photon. **5**, 758 (2011).

3. M. C. Onbaşlı et al., Sci. Rep. **6**, 23640 (2016), M. C. Onbaşlı et al., Opt. Express **22**, 25183 (2014).

4. T. Goto, M. C. Onbaşlı, C. A. Ross, Opt. Express **20**, 28507 (2012).

5. M. C. Onbaşlı et al., Opt. Express **23**, 13399 (2014).

6. M. Montazeri et al., Nat. Commun. **6**, 8958 (2015).

7. X. Sun, M. C. Onbaşlı, C. A. Ross, US Patent App. 14/946,261 (2015).

8. J. Hu et al., Proc. SPIE **9750**, 97500W (2016),

9. T. Goto et al., Opt. Express **22**, 19047 (2014). X. Y. Sun et al., ACS Photonics **2**, 856 (2015).