

Terahertz Fotokarıştırmacılar için Yüksek Giriş Empedanslı ve Faz Kontrollü Üç Saplmalı Devre Tasarımı

Süleyman B. Çelik, Kazım Demir, Asaf B. Şahin ve Mehmet Ünlü
Yıldırım Beyazıt Üniversitesi
Elektrik - Elektronik Mühendisliği Bölümü
Ankara

sbcelik@ybu.edu.tr, 135102105@ybu.edu.tr, absahin@ybu.edu.tr, munlu@ybu.edu.tr

Özet: Terahertz fotokarıştırmacıların empedans ayarlaması için yüksek giriş empedanslı üç saplamalı bir devre (ÜSD) tasarımı önermekteyiz. Önerilen devre, eşdüzlemlî şerit hatlarından (EŞH) oluşmaktadır ve 70-ile-200 Ω aralığında olabilen anten giriş empedansını, 10 k Ω 'a kadar olabilen fotokarıştırmacının giriş empedansına dönüştürebilmektedir. Önerilen devre bununla birlikte, araya girme fazını da, empedans dönüştürme özelliklerini bozmadan kontrol edebilmektedir. Benzetim sonuçları, önerilen devrenin giriş empedansının 500 Ω ile 10 k Ω 'dan daha fazla bir değer arasında olabildiğini, aynı zamanda araya girme fazının da -40° ile 120° arasında değişebildiğini göstermektedir. Önerilen ÜSD, fotokarıştırmacıdaki empedans uyumsuzluğu probleminin üstesinden gelebilir ve bununla birlikte faz dizili fotokarıştırmacılar için bir faz kontrol devresi olarak da kullanılabilir.

Abstract: We present the design of a high input impedance triple stub circuit (TSC) for the impedance matching of terahertz photomixers. The proposed circuit is composed of coplanar striplines and can transform the antenna input impedance, which is in the range of 70-to-200 Ω , close to the photomixer input impedance, which can be as high as 10 k Ω . The proposed circuit can also control the insertion phase without disturbing the impedance transformation properties. The simulation results show that the proposed circuit can have an input impedance between 500 Ω to higher than 10 k Ω , while it can change insertion phase from -40° to 120° . The proposed TSC can overcome the impedance mismatch problem in photomixers and also be used as a phase control circuit for beam steering photomixer phased arrays.

1. Giriş

Terahertz (THz) yayılımı, mikrodalga ve kızılötesi bantları arasındaki frekans aralığında meydana gelen elektromanyetik dalga yayılımı olup, fotoiletken antenler ve fotokarıştırmacılar, bu bantta sıkça kullanılan yapılardır [1]. Bu yapılardan fotokarıştırma, geçtiğimiz 10 yılda, sürekli-dalga (SD) terahertz yayılımının tespiti ve üretimi için öncü yöntemlerden biri olmuştur [2]. Fotokarıştırmada, ultrahızlı fotoiletkenler, iki lazer ışını tarafından aydınlatılır ve üretilen fotoakım terahertz antenini besler. Fotokarıştırmacının fotoiletken bölgesi 10 k Ω civarında bir giriş empedansına sahip olabilirken, fotokarıştırmacıda kullanılan terahertz anteni genellikle 200 Ω 'dan daha düşük bir giriş empedansına sahiptir [3]. Anten ve fotoiletkenin giriş empedansları arasındaki fark, anten için üretilen fotoakımın iletimini önemli derecede azaltıp, yayılan terahertz dalgasının gücünde büyük bir azalmaya sebep olan şiddetli bir empedans uyumsuzluğuna sebep olur. Bundan dolayı, anten ile fotoiletken arasında bir empedans uyumlaması gerekmektedir.

Bu bildiri, fotokarıştırmacıdaki empedans uyumsuzluk probleminde çözüm olarak, oldukça yüksek giriş empedansı sağlayabilen, üç saplamalı bir devreyi sunmaktadır. Bununla birlikte, önerilen ÜSD, fotoiletken ile anten arasındaki ek fazı kontrol edebilir; ayrıca, ışın yönlendirmeli fotokarıştırmacı anten düzeni için yeni bir olanak sunmaktadır.

2. Devre Tasarımı ve Benzetim Sonuçları

Şekil 1, terahertz anten ile fotoiletken arasına yerleştirilen üç saplama ve iki ara bağlantı hattından oluşan ÜSD yapısını göstermektedir. Saplamalar ve ara bağlantı hatları, bağlantı kolaylığı ve dengeli yapısı nedeniyle seçilen eşdüzlemlî şerit hatlarından (EŞH) oluşmaktadır. ÜSD tasarımı, EŞH'nin tasarımı ile başlamaktadır. Kapalı form formülleri kullanılarak tasarlanan EŞH, daha sonrasında HFSS kullanılarak sonlu elemanlar metodu (SEM) benzetimleri ile doğrulanmıştır. Tasarlanan EŞH hattı, 6.95'lik efektif göreceli dielektrik sabiti ile 120 Ω 'luk karakteristik empedans değerine sahiptir. Saplama boyları ve ara bağlantı hat boyları ilk olarak, 340 GHz tasarım frekansında, istenen giriş empedansı ve araya girme fazı için, [4]'te verilen kapalı form formülleri kullanılarak hesaplanmakta ve sonrasında tasarımın HFSS ortamında benzetim çalışması yapılmaktadır. Saplamalar ile ara

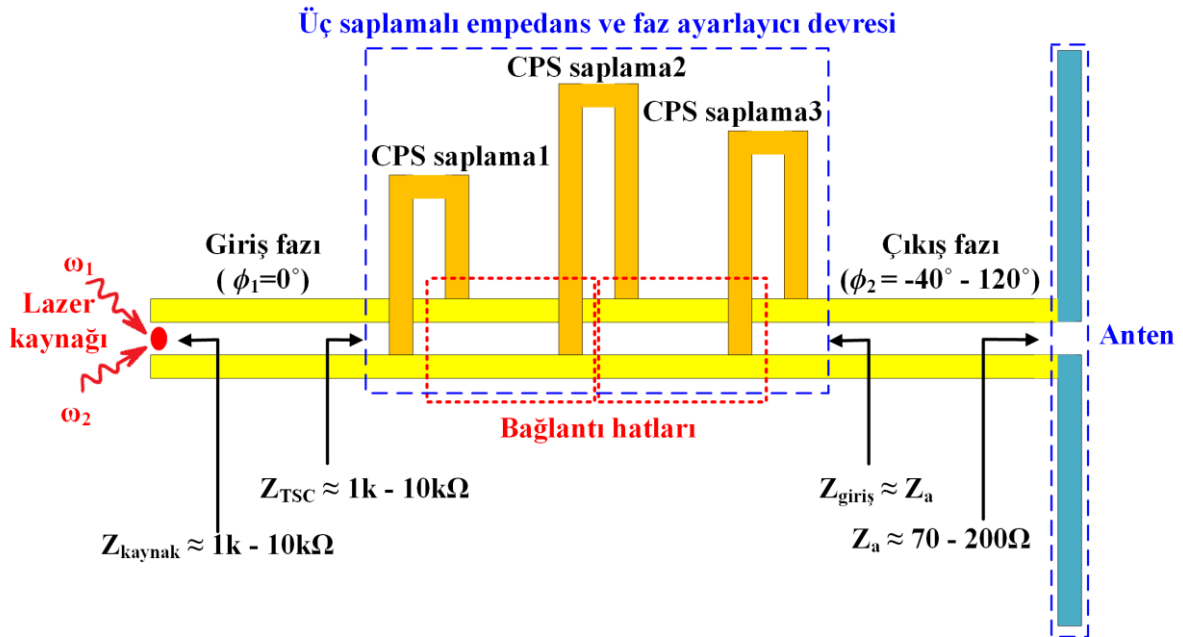
bağlantı hatları arasındaki T-bağlantılarının etkileri, HFSS benzetim çalışmaları ile AWR MWO'daki ÜSD modeli karşılaştırılarak göz önüne alınmakta olup, saplama ve ara bağlantı hatları buna uygun olarak ayarlanmaktadır.

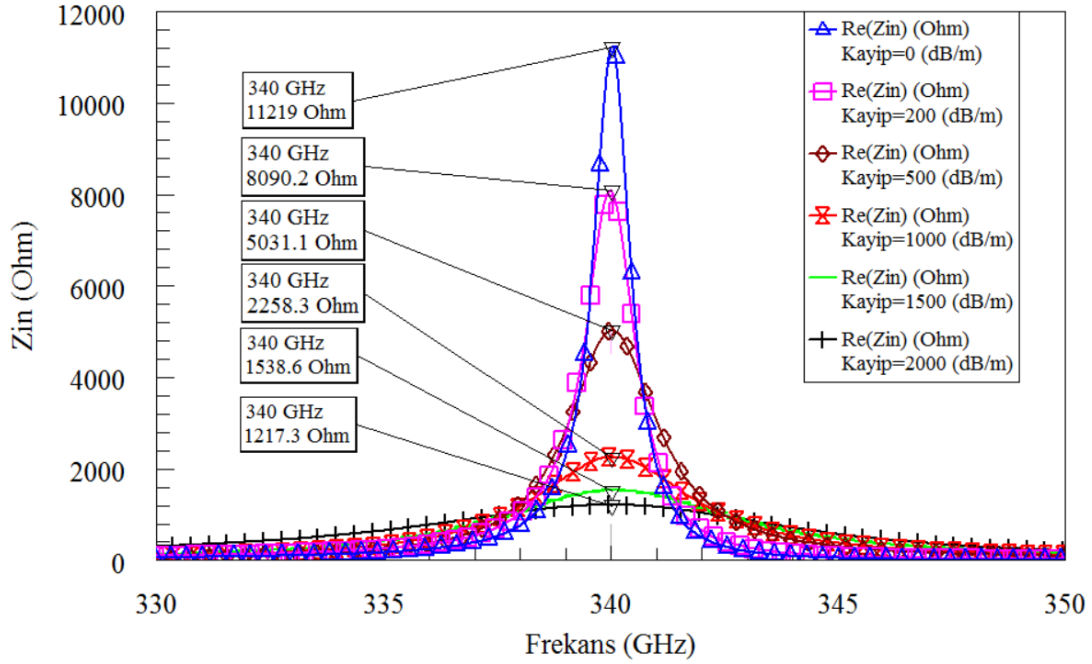
Önerilen ÜSD, elde edilebilir maksimum giriş empedansı için incelenmektedir. Bu, doğrudan EŞH'nin sönümleme sabiti ile ilgilidir. Şekil 2, 80°'lik araya girme faz değerine göre farklı sönümleme katsayıları için, benzetim sonuçlarını göstermektedir. Tasarımların, 0-2000 dB/m arasındaki EŞH sönümleme katsayıları için, 70 Ω'luk anten giriş empedansını 1.2-11 kΩ'luk fotoiletken kaynak empedansına dönüştürme kabiliyetine sahip olduğu benzetim sonuçlarından gözlemlenmektedir. Bu sonuçlar, önerilen ÜSD'nin, düşük anten giriş empedanslarını, anten giriş empedansı ile kıyaslandığında çok daha yüksek empedanslara sahip olan fotoiletken empedanslarına dönüştürebildiğini göstermektedir.

3. Tartışma - Sonuçlar

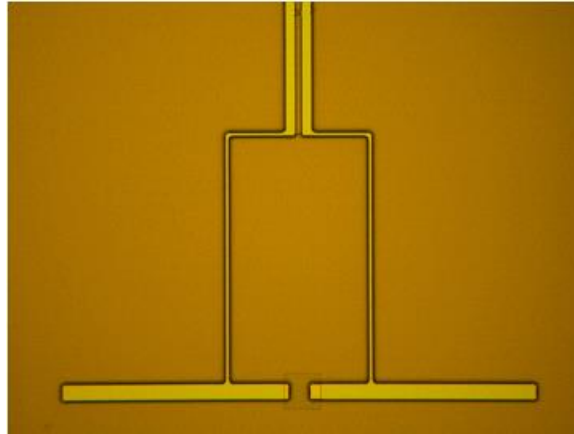
Bu tasarımın üretimi öncesi bazı antenlerin deneme üretimleri yapılmıştır. Bu deneme üretimlerinden, üretimi yapılmış olan çift kutuplu bir antenin mikroskop görüntüsü Şekil 3'te görülmektedir. Benzetim çalışmalarından istenen sonuçların elde edildiği devre tasarımlarının da bu üretim denemelerinde olduğu gibi galyum-arsenit (GaAs) alt yüzeyi üzerine kurularak üretilmesi hedeflenmektedir. Önerilen tasarımın üretimi sonrası beklenen kayıp değeri ise, bu tasarımın benzetimlerinde incelenen kayıp değerlerine yakın değerlerdir. Bu sebeple, yapılan benzetimlerde, istenen faz değeri ve fotokarıştırmacının empedans değerine yakın elde edilmesi istenen en büyük empedans değeri, üretim sonrası beklenen kayıp değerlerinde incelenmiştir. Şekil 2'de görülebileceği üzere, benzetimlerdeki kayıp değeri arttıkça, elde edilmek istenen empedans değeri azalmaya başlamaktadır. Örneğin, Şekil 2'de 2000 dB/m'lik kayıp değeri için 10 kΩ yerine yaklaşık 1.2 kΩ'luk empedans değeri elde edilebilmektedir, fakat bu değer yine de 200 Ω'dan daha düşük olabilen anten giriş empedansına göre yaklaşık 6 kat daha fazladır.

Sonuç olarak, önerilen bu tasarım, fotokarıştırmacı THz anten uygulamaları için hem istenen empedans uyumlaması hem de istenen araya girme faz değerinin elde edilebilmesi açısından daha önce yapılmamış bir çalışma özelliğini göstermektedir.





Şekil 2. EŞH'nin farklı kayıp değerleri için ÜSD'nin giriş empedansının benzetim sonuçları.



Şekil 3. Deneme üretimleri sonucu üretilmiş çift kutuplu antenin mikroskop görüntüsü.

4. Kaynaklar

- [1]. Lee Y. S., Principles of Terahertz Science and Technology. Springer Science+Business Media, New York, A.B.D., 2009.
- [2]. Brown E. R., McIntosh K. A., Nichols K. B., ve Dennis L. C., "Photomixing up to 3.8 THz in low-temperature-grown GaAs," Applied Physics Letters, cilt. 66(3), s.285-287, 1995.
- [3]. Brown E. R., Smith F. W., ve McIntosh K. A., "Coherent millimeter-wave generation by heterodyne conversion in low-temperature-grown GaAs photoconductors," Journal of Applied Physics, cilt. 73(3), s.1480-1484, 1993.
- [4]. Unlu M., Demir S., ve Akin T., "Triple stub circuit topology as simultaneous insertion phase, amplitude and impedance control circuit for phased array applications," IET Microwaves, Antennas & Propagation, cilt. 6(13), s.1399-1406, 2012.

5. Bilgilendirme

Bu araştırma TÜBİTAK 114E089, EU H2020 TERA-NANO ve YBÜ BAP-585 projelerinin destekleri ile gerçekleştirilmiştir.