

## Foto-karıştırıcı Papyon Anten Üzerindeki DC Öngerilim Hat Etkisi

Adem Yılmaz\*, Mehmet Ünlü

\*KTO Karatay Üniversitesi  
Elektrik ve Elektronik Mühendisliği  
Konya  
[adem.yilmaz@karatay.edu.tr](mailto:adem.yilmaz@karatay.edu.tr)

Yıldırım Beyazıt Üniversitesi  
Elektrik ve Elektronik Mühendisliği  
Ankara  
[munlu@ybu.edu.tr](mailto:munlu@ybu.edu.tr)

**Özet:** Bu çalışmada, terahertz foto-karıştırıcı olarak kullanılan papyon anten üzerindeki doğru akım (DC) öngerilim hat etkisi incelenmiş ve bu etkiyi minimum indirgeyebilmek için direnç yüklü hat yapısı önerilmiştir. DC öngerilim hat boyunca periyodik aralıklarla yerleştirilen dirençlerden oluşturulan bu hattın, anten performansı üzerinde önemli bir etkiye sahip olan sızıntı akımını engellemesi amaçlanmıştır. DC öngerilim hattı olarak literatürde sıkça yer alan düzlemdeş şerit hat ve fotonik bant açıklığı yapılarına göre direnç yüklü hattın foto-karıştırıcı papyon anten üzerindeki öngerilim hat etkisini ortadan kaldırdığı benzetim çalışmaları sonuçlarından görülmüştür.

**Abstract:** This paper investigates the effects of the DC bias lines on bowtie antenna for terahertz photomixer and proposes a method, namely resistively loaded lines (RLL), to compensate the effects of the DC bias lines. The RLL is formed by placing lumped resistances periodically on the DC bias line in order to cease the leakage current virtually, which cause a significant amount of distortion on the antenna performance. The simulation results of the bowtie antenna show that RLL almost removes the effects of the bias lines compared to that of the commonly used bias line types, such as coplanar stripline and photonic bandgap type bias lines.

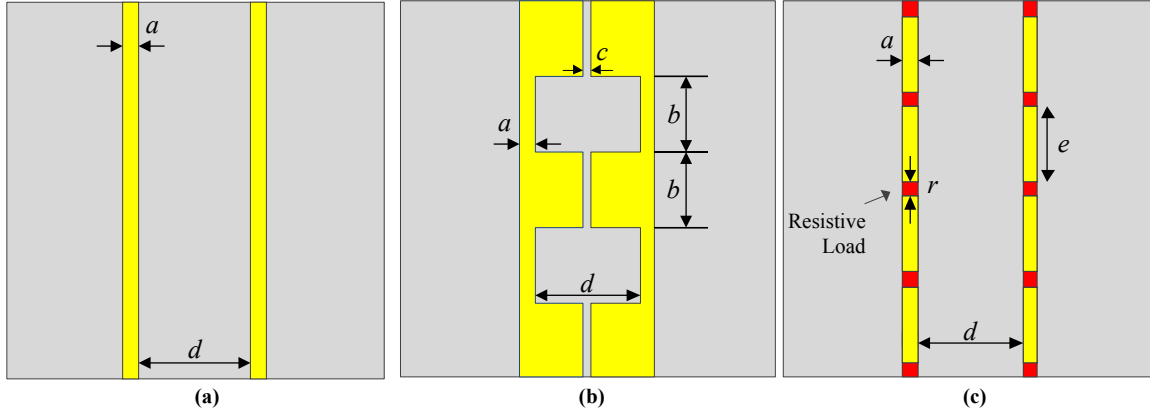
### 1. Giriş

Frekans spektrum'un 0.1-10 terahertz (THz) arasında bulunan terahertz dalgaları, bünyesinde barındırdığı potansiyel uygulamalardan dolayı son yıllarda üzerinde en çok çalışılan konuların başında gelmektedir. Öte yandan, terahertz kaynakları ve detektörlerinin azlığı bu konulardaki çalışmaları yavaşlatmaktadır. Farklı tiplerdeki terahertz kaynakları arasından sürekli-dalga foto-karıştırıcı kaynaklar gerek kompakt olması gerekse de oda sıcaklığında çalışabilmelerinden dolayı en çok tercih edilen kaynakların başında gelmektedir [1]. Bir foto-karıştırıcı sisteme entegre edilmiş düzlemsel bir anten (foto-karıştırıcı anten), uyarılmış THz dalgalarını yaymak için kullanılırlar. Foto-karıştırıcı tasarımında, lazer ışın demeti düzlemsel antenin besleme aralığındaki boşluktan yarıiletken malzemeye odaklanarak bu yüzeyde elektron-hol çifti uyarır. Bu uyarılmış çifti toplayabilmek için DC gerilim uygulanmalıdır. Bu gerilim ise düzlemsel antene bağlanan DC öngerilim hat ile taşınır ve böylece THz ışımaya gerçekleştirilir. Bununla birlikte, DC öngerilim hat üzerindeki THz sızıntı akımı anten performansını ciddi bir şekilde etkilemektedir. Bu sızıntı akımını engellemek için DC öngerilim hat üzerinde çalışmalar devam etmektedir. Literatürde başlıca iki tip DC öngerilim hat bulunmaktadır. Bunlardan en çok bilineni ve tasarlanması kolay olduğundan en çok kullanılan düzlemdeş şerit hat'tır (CPS). Bu CPS'ler iki ince hattın oluşur ve DC kaynak ile foto-karıştırıcı anten arasında yüksek empedanslı iletim hattı gibi davranırlar. Fakat, hiç bir önlem alınmadan foto-karıştırıcı antene direk bağlanan CPS'ler önemli bir miktarda THz akım sızıntısına sebep vermekte ve böylelikle anten ışımaya öntüsünde ve giriş empedansında bozulmalar meydana getirmektedir. Bu bozulmaları önlemek adına CPS'lere alternatif olarak fotonik bant açıklığı (PBG) yapılar [2] kullanılmaktadır. Bu yapılar, CPS hattı boyunca yerleştirilen düşük ve yüksek empedanslar sayesinde oluşturulmakta ve böylece hattın alçak geçiren/yüksek geçiren filtre gibi davranması sağlanmaktadır. PBG'ler de CPS'ler gibi foto-karıştırıcı antenlere direk bağlanmasına rağmen uygun bir tasarımla sızıntı akımını belirli bir seviyeye kadar engellemekle birlikte bu hatlar akım dağılımını farklılaştırmakta ve antenin ışımaya öntüsünü ciddi bir oranda bozmaktadır. Ayrıca, kullanılan uzun öngerilim hatlar sebebiyle ışımaya gücü düşmektedir. Sonuç olarak, bahsedilen iki tip öngerilim hattına alternatif olarak antenin ışımaya öntüsü ve giriş empedansı bozulmalarını minimuma indirgeyecek ya da ortadan kaldıracak bir çözüme ihtiyaç duyulmaktadır. Bu çalışmada, yeni bir öngerilim hattı foto-karıştırıcı papyon anten için önerilmektedir. Direnç yüklü hat (RLL) [3] adı verilen bu hat CPS hattının belirli aralıklarla kesilip bu

aralıklara direnç eklenmesiyle oluşmaktadır. Bu dirençler, silisyum krom (SiCr) ve tantal nitrid (TaN) gibi yüksek ve ayarlanabilir dirençli ince filmlerden oluşturularak istenilen her bir tasarım için uygun direnç değeri elde edilebilir. Bu üç öngerilim hat performanslarını karşılaştırmak için CPS, PBG ve RLL bağlı papyon anten tasarlanıp benzetim çalışması yapılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre RLL, foto-karıştırıcı anten performansına hemen hemen hiç etki etmemekte ve öngerilim hat olmayan antenle eşdeğer bir performans ortaya koymaktadır.

## 2. Tasarım ve Benzetim Sonuçları

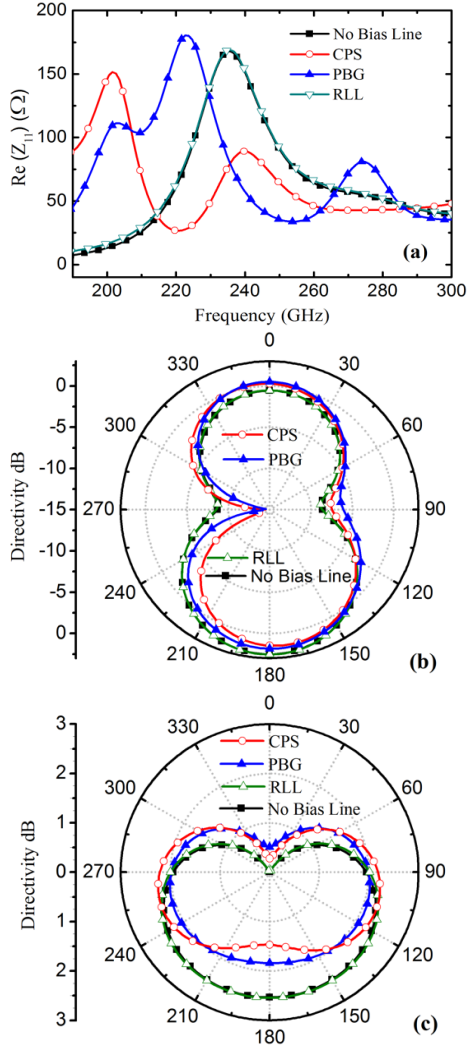
CPS, PBG ve RLL tipi öngerilim hatların iki port olarak gösterimi Şekil 1'de verilmiştir. Öngerilim hatlar için tasarım parametreleri şu şekildedir: hat genişliği  $a = 4 \mu\text{m}$ , düşük/yüksek empedans aralık uzunlukları  $b = 35 \mu\text{m}$ ,  $c = 2 \mu\text{m}$ , hatlar arası uzaklık  $d = 196 \mu\text{m}$ , hat boyunca dirençli yük uzunluğu  $r = 4 \mu\text{m}$  ve  $e = 33 \mu\text{m}$ .



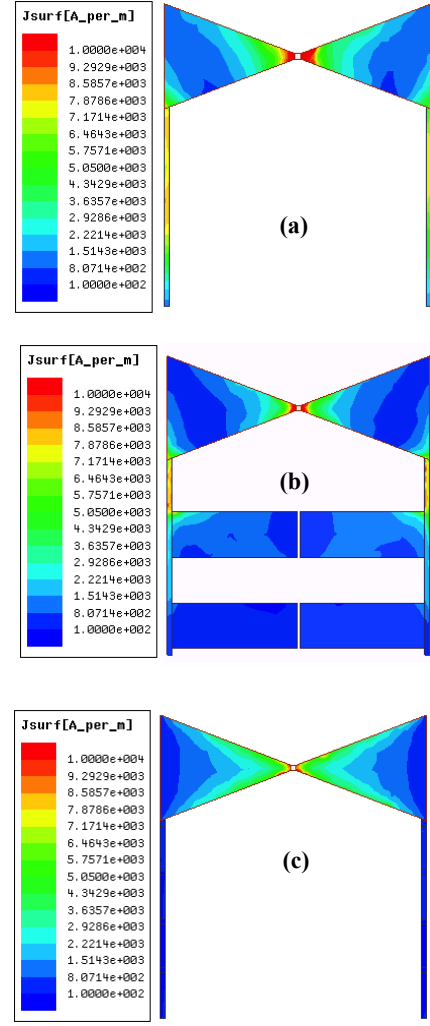
Şekil 1. Öngerilim Hat çeşitleri: a) CPS, b) PBG ve c) RLL

DC öngerilim hatlarını test etmek için tasarlanan papyon antenin uzunluğu  $100 \mu\text{m}$ , dış genişliği  $80 \mu\text{m}$  ve papyon açısı  $42^\circ$  olarak tasarlanmıştır. Bu çalışmada, alttaş olarak bağlı dielektrik sabiti  $\epsilon_r = 12.8$ , yanal uzunlukları (x ve y-yönleri)  $400 \mu\text{m}$  ve kalınlığı (z-yönü)  $200 \mu\text{m}$  olan Galyum arsenit (GaAs) malzemesi seçilmiştir. Bu çalışmadaki sayısal benzetimler için sonlu elemanlar yöntemi kullanılmıştır. Bahsedilen üç çeşit öngerilim hat sırasıyla papyon antene bağlanmış ve bu hatların anten performansı üzerinde oluşturduğu değişiklikler incelenmiştir. Önerilen yapı için farklı değerlere sahip dirençli yükler test edilmiş ve birkaç  $k\Omega$  değerine sahip yüklerin iyi izolasyon sağladığı tespit edildiğinden bu değer  $1 k\Omega$  olarak sabitlenmiştir. Antene bağlı öngerilim hatların benzetim sonuçları Şekil 2'de verilmektedir. CPS ve PBG bağlandığı zaman antenin empedansı ve çalışma frekansı değişirken RLL bağlı antende çalışma frekansının değişmediği görülmektedir. Buna ek olarak, RLL bağlı anten, öngerilim hat bağlı olmayan antene benzer ışınma örüntüsü ortaya çıkarırken diğer iki tip öngerilim hat bozulmalar meydana getirmektedir. Bu davranışın sebebini anlayabilmek için Şekil 3'de her bir durum için verilen akım dağılımlarını incelemek gerekir. Antene CPS bağlandığı durumda öngerilim hat üzerine önemli bir miktarda THz sızıntı akımının olduğu görülmekle birlikte hat üzerinde beklenildiği gibi iletim hattı karakteristiği olan duran-dalga oluştuğu gözlemlenmiştir (Şekil 3-(a)). THz sızıntı akımı her ne kadar PBG öngerilim hat bağlandığı zaman azalsa da (Şekil 3-(b)) bu hattın varlığı ışınma örüntüsü üzerinde ciddi bir değişikliğe yol açmaktadır (Şekil 2-(b)-(c)). Diğer taraftan, öngerilim hat üzerindeki THz sızıntı akımı RLL öngerilim hat kullanıldığında ciddi bir oranda azalmış (Şekil 3-(c)) ve antenin öngerilim hat bulunmadığı durumdaki empedans ve ışınma örüntüsü performansına eşdeğer bir performans RLL öngerilim hattı ile sağlanmıştır (Şekil 2).

Foto-karıştırıcı antenlerde RLL hat kullanmanın oluşturabileceği tek sıkıntı, hattın seri bağlı empedanslarından dolayı toplam empedans değerinin artmasıyla sisteme uygulanan DC öngerilim değerinin artacak olmasıdır. Fakat, antenin çalışma performansı öngerilim hat bağlanması ile etkilenmemiş olacak ve THz sızıntı akımının öngerilim hat üzerine kaçıışı engellenebilecektir. Ayrıca, papyon foto-karıştırıcı anten için önerilen RLL hat, geniş bantlı antenler ve yüksek giriş empedansı veren antenler için de çalışılmış ve bu antenlerde de bahsi geçen üç hat arasından hat bağlı olmayan anten performansına en yakın sonuçları RLL hat bağlı antenlerin verdiği gösterilmiştir [4].



Şekil 2. Benzetim sonuçları: a) giriş empedansının reel kısmı, b) yönlülük ( $\phi = 0^\circ$ ), c) yönlülük ( $\phi = 90^\circ$ )



Şekil 3. Farklı öngerilim hat bağlı papyon anten için akım dağılımları: a) CPS, b) PBG, c) RLL

### 3. Sonuç

Bu çalışmada, DC öngerilim hatların foto-karıştırıcı papyon anten üzerindeki etkileri incelenmiş ve RLL öngerilim hattı foto-karıştırıcı papyon anten için öngerilim hat etkilerini minimuma indirgeyebilmek için önerilmiştir. RLL'in CPS ve PBG'ye göre öngerilim hat olmayan antenin empedansını yakaladığı görülmüş ve öngerilim hat olmayan antenin performansına yakın bir performans elde edilmiştir. Bu çalışmanın devamını, elde edilen sonuçların deneysel olarak doğrulanması oluşturacaktır.

### Bilgilendirme

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

### Kaynaklar

- [1] S. Preu, G. H. Döhler, S. Malzer, L. J. Wang, ve A. C. Gossard, "Tunable, continuous-wave Terahertz photomixer sources and applications," J. Appl. Phys., cilt. 109, s. 061301-061356, 2011
- [2] S. M. Duffy, S. Verghese, K. A. McIntosh, A. Jackson, A. C. Gossard, ve S. Matsuura, "Accurate modeling of dual dipole and slot elements used with photomixers for coherent terahertz output power," IEEE Trans. Microw. Theory Tech., cilt. 49, s. 1032-1038, 2001.
- [3] A. Zohur, H. Mopidevi, D. Rodrigo, M. Unlu, L. Jofre, A. B. Cetiner, "RF MEMS reconfigurable two-band antenna," IEEE Antennas Wireless Propag. Lett., cilt. 12, s. 72-76, 2013.
- [4] Adem Yılmaz, Yüksek Lisans tezi, Yıldırım Beyazıt Üniversitesi, Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Bölümü, Ankara, Türkiye, 2015.