

## K ve Ka Bandında Ultra-ince Metayüzey Polarizasyon Dönüştürücü Tasarımı

Aykut Coskun<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Elektronik ve Otomasyon Bölümü, Bayburt Üniversitesi, Türkiye

\*[aykut25coskun@gmail.com](mailto:aykut25coskun@gmail.com) Başlıca yazarın mail adresi

(Geliş Tarihi: 04 Aralık 2023, Kabul Tarihi: 14 Aralık 2023)

(2nd International Conference on Frontiers in Academic Research ICFAR 2023, December 4-5, 2023)

**ATIF/REFERENCE:** Coskun, A. (2023). K ve Ka Bandında Ultra-ince Metayüzey Polarizasyon Dönüştürücü Tasarımı. *International Journal of Advanced Natural Sciences and Engineering Researches*, 7(11), 234-237.

**Özet** – Bu çalışmada K ve Ka band uygulamaları için doğrusal polarizasyon (LP) ve dairesel polarizasyon (CP) dönüşüm özelliğine sahip ultra-ince metayüzey tasarım önerilmiştir. Önerilen tek katmanlı metayüzey polarizasyon dönüştürücü 19.48 ile 35.47 GHz arasında polarizasyon dönüşüm oranı verimliliği %97'nin üzerinde olduğu gözlemlenmiştir. Ortogonal bileşenlerin değerleri ve faz farkı hesaplanarak polarizasyon dönüşüm performansının iyi olduğu gözlemlendi. Yüksek verimliliği, basit yapısı ve çok işlevliliği nedeniyle bu polarizasyon dönüştürücü, birçok uygulamada polarizasyon manipülasyonu ve iletişim cihazları için önemli bir adaydır.

**Anahtar Kelimeler** – K Band, Ka Band, Polarizasyon Dönüştürücü, Metayüzey, PCR

### I. GİRİŞ

Elektromanyetik (EM) dalganın temel bileşenleri polarizasyon, faz, frekans ve genliktir. Mikrodalga, optik ve görünür bölgelerde EM dalgaların kullanımı için polarizasyon yönünün etkin manipülasyonu oldukça önemlidir. Polarizasyon manipülasyonu ve kontrolü için, kristallerin optik aktivitesini ve Faraday etkisini kullanan polarizasyon dönüştürücüler kullanılabilir. Bununla birlikte, dar bant genişliği, geniş hacim, geliş açısına karşı yüksek hassasiyet geleneksel polarizasyon dönüştürücülerin dezavantajlarıdır. Son yıllarda popülerlik kazanan meta yüzey tabanlı polarizasyon dönüştürücüler, bu dezavantajları ortadan kaldırdığı için oldukça önemli hale gelmiştir [1-3].

Radar kesitinin azaltılması, gerçek zamanlı hologramlar, düz mercekleme, çipsiz radyo frekans tanımlama (RFID) etiketleri, ışın ayırıcılar, düzlem dalgalar, anten dizilerinde

karşılıklı kuplaj azalması, soğurucular ve polarizasyon dönüştürücüler metayüzeylerin önemli uygulama alanlarındandır. Bu metayüzeyler yansıma modu ya da iletim modu prensibine göre çalışabilir. İletim modu prensibine sahip metayüzeyler genellikle çok katmanlı olduğundan daha az tercih edilirler. Bu nedenle bu dönüştürücülerin üretimi zor, maliyetli ve zaman alıcıdır. Ancak yansıma moduna dayanan metayüzeyler tek katmanlı olduğundan diğer modda çalışan metayüzeylere göre genellikle daha kullanışlıdır [4-6].

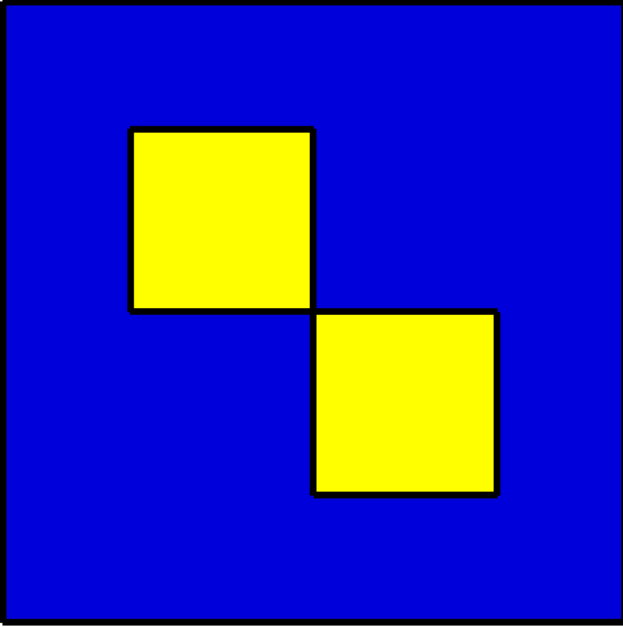
Bu çalışmada, K ve Ka bandı uygulamalarında geniş bantlı yansıtıcı lineer ve dairesel dönüşümler gerçekleştirmek için metayüzey polarizasyon dönüştürücü önerilmiştir. Sunulan dönüştürücü hem verimli geniş bant çapraz polarizasyon dönüşümü hem de lineerden dairesele polarizasyon dönüşümü sağlar. Yüksek verimliliği, basit yapısı ve çok işlevliliği nedeniyle bu polarizasyon dönüştürücü, birçok uygulamada polarizasyon

kontrolü ve iletişim cihazları için önemli bir adaydır.

## II. MATERYAL VE YÖNTEM

### A. Malzeme Ölçüleri

CST Microwave Studio programı ile yansımada çalışılan, tek katmanlı ve basit şekilli metayüzey önerilmiştir. Şekil 1’de önerilen metayüzeyin birim hücresi görülmektedir. FR-4 alttaş malzemesine sahip dönüştürücünün ön yüzeyinde 1.21 mm kenar uzunluğuna sahip iki adet kare şekilli bakır mevcuttur ve arka yüzeyi tamamen bakırdır. Alttaş kalınlığı 1.11 mm ve önyüzey 3.76\*3.76 mm olarak seçilmiştir.



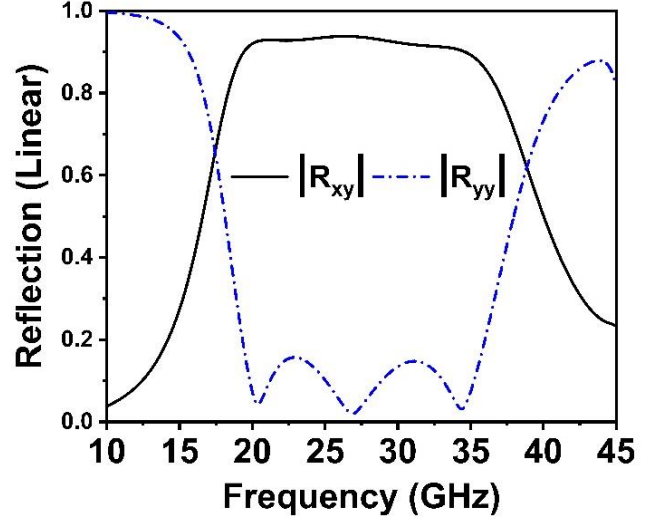
Şekil 1. Önerilen dönüştürücünün ön yüzeyi

### B. Yansımaya Katsayıları

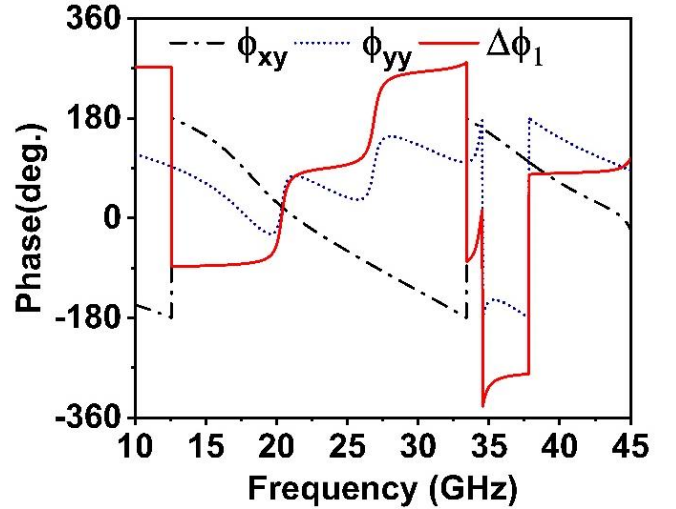
Metayüzey polarizasyon dönüştürücüden yansıyan elektromanyetik dalga genellikle eş ve çapraz polarize yansıyan alanlardan oluşmaktadır. X ekseninde lineer olarak polarize olan gelen alanı  $E_i$  olarak varsayarsak ( $E_i = \vec{x}E_{ix}$ ),  $R_{yx} = |E_{ry}| / |E_{rx}|$  ve  $R_{xx} = |E_{rx}| / |E_{rx}|$  eşitlikleri elde edilir. Benzer şekilde y ekseninde lineer olarak polarize olan gelen alanı  $E_i$  olarak varsayarsak ( $E_i = \vec{y}E_{iy}$ ),  $R_{xy} = |E_{rx}| / |E_{ry}|$  ve  $R_{yy} = |E_{ry}| / |E_{ry}|$  eşitlikleri elde edilir. Burada,  $E_{rx}$  ve  $E_{ry}$  ifadeleri x- ve y-eksenlerinde yansıyan elektrik alanının

bileşenleridir. Bu nedenle, yukarıdaki matematiksel ifadeye, Kartezyen sistem için Jones yansımaya katsayısı matrisi [R] şu şekilde ifade edilir [1]:

$$R = \begin{bmatrix} R_{xx} & R_{xy} \\ R_{yx} & R_{yy} \end{bmatrix} \quad (1)$$



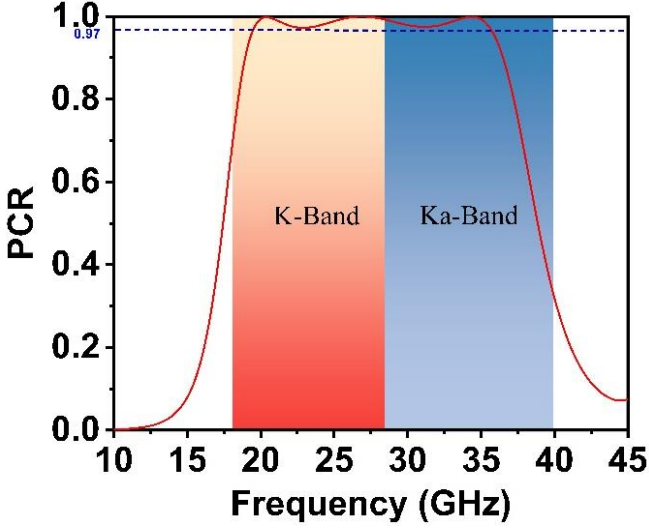
Şekil 2. Yansımaya kesirleri



Şekil 3. Yansımaya kesirleri faz açıları ve farkı

Polarizasyon dönüştürme oranı aşağıdaki denklemdeki gibi ifade edilir [1].

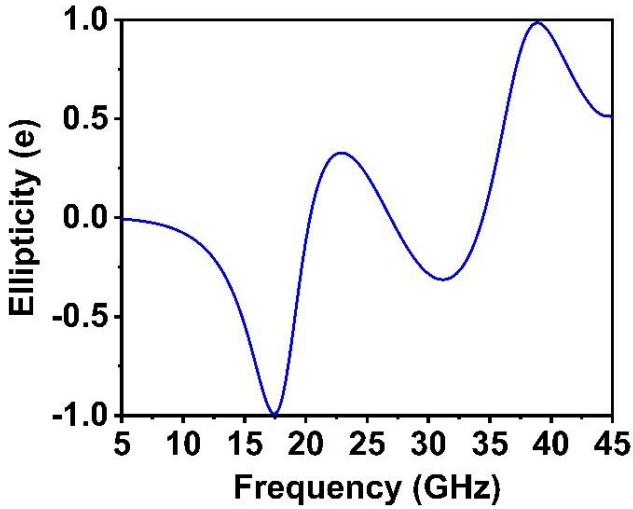
$$PCR = \frac{|R_{xy}|^2}{|R_{xy}|^2 + |R_{yy}|^2} \quad (2)$$



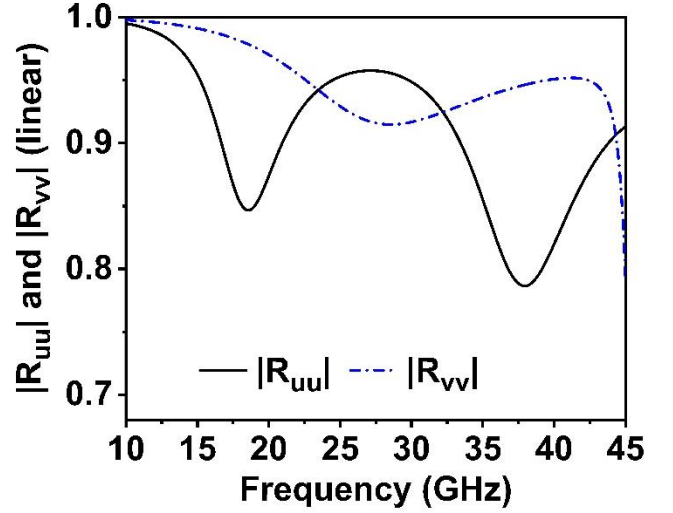
Şekil 4. Polarizasyon dönüştürme oranı verimliliği

Yansıyan dalganın sağ yönlü mü (RHCP) yoksa sol yönlü mü dairesel polarizasyon olduğunu belirlemek için Stokes denklemleri kullanıldı.

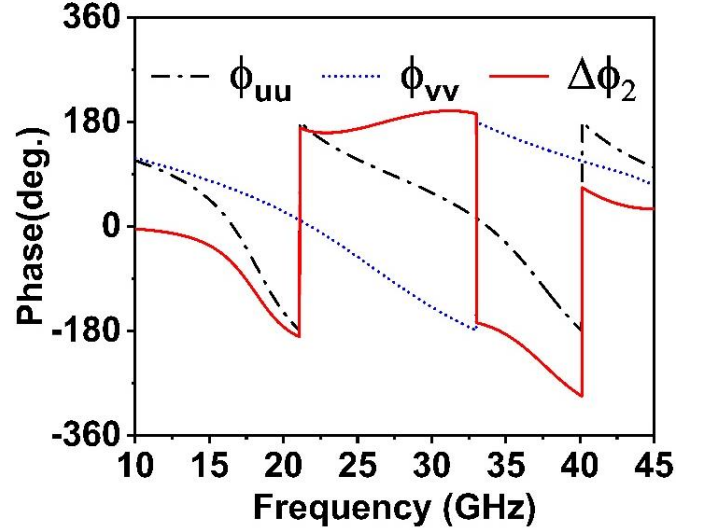
$$e = \frac{2|R_{xy}||R_{yy}|\sin\Delta\Phi}{|R_{xy}|^2 + |R_{yy}|^2} \quad (3)$$



Şekil 5. Eliptiklik



Şekil 6. Ortogonal bileşenler



Şekil 7. Ortogonal bileşenlerin faz açıları ve farkı

### III. BULGULAR

Şekil 2’de  $|R_{xy}|$  ve  $|R_{yy}|$  değerleri 19.48 GHz ile 35.72 GHz arasında sırasıyla 0.89’den büyük ve 0.16’dan küçüktür. Şekil 3’te yansıma kesirleri fazı ve faz farkı görülmektedir. Şekil 5’te önerilen dönüştürücü 17.44 GHz değerinde  $e=-1$  olduğundan sağ yönlü dairesel polarizasyon (RHCP) ve 38.8 GHz değerinde  $e=1$  sol yönlü dairesel polarizasyon (LHCP) özelliğine sahiptir. Şekil 6’da önerilen polarizasyon dönüştürücünün çalışma bandında  $R_{uu}$  değeri 0.83 değerinden büyükken,  $R_{vv}$  değeri 0.91 değerinden büyüktür. Ayrıca  $R_{uv}$  ve  $R_{vu}$  değerlerinin yaklaşık 0 olduğu gözlemlendi. Buda önerilen metayüzeyin iyi bir polarizasyon dönüştürücü olduğunun göstergesidir. Benzer şekilde Şekil 7’de orthogonal bileşenleri

faz farkı değeri çalışma bandında  $\pm 180^\circ$  değerine yakın olduğu gözlemlendiğinden tasarlanan metayüzeyin iyi bir polarizasyon dönüşümü sağladığını gösterir.

#### IV. SONUÇLAR

Bu çalışmada K ve Ka mikrodalga bantlarında lineerden lineere dönüşüm sağlayan metayüzey polarizasyon dönüştürücü tasarımı sunuldu. Önerilen tek katmanlı metayüzey polarizasyon dönüştürücü 19.48 ile 35.47 GHz arasında polarizasyon dönüşüm oranı verimliliği %97'nin üzerinde olduğu gözlemlendi. Ortogonal bileşenlerin değerleri ve faz farkı hesaplanarak polarizasyon dönüşüm performansının iyi olduğu gözlemlendi. Yüksek verimliliği, basit yapısı ve çok işlevliliği nedeniyle bu polarizasyon dönüştürücü, birçok uygulamada polarizasyon manipülasyonu ve iletişim cihazları için önemli bir adaydır.

#### KAYNAKLAR

- [1] F. Ahmed, M. I. Khan, and F. A. Tahir, "A multifunctional polarization transforming metasurface for C-, X-, and K-band applications," *IEEE Antennas Wirel. Propag. Lett.*, vol. 20, no. 11, pp. 2186–2190, Nov. 2021.
- [2] X. J. Huang, H. L. Yang, D. H. Zhang, and Y. Luo, "Ultrathin dual-band metasurface polarization converter," *IEEE Trans. on Antennas Propag.*, vol. 67, no. 7, pp. 4636–4641, Jul. 2019.
- [3] A. K. Fahad, C. J. Ruan, S. A. K. M. Ali, R. Nazir, T. Ul Haq, and W. L. He, "Triband ultrathin polarization converter for X/Ku/Ka-band microwave transmission," *IEEE Microw. and Wirel. Compon. Lett.*, vol. 30, no. 4, pp. 351–354, Apr. 2020.
- [4] X. Gao, X. Y. Yu, W. P. Cao, Y. N. Jiang, and X. H. Yu, "Ultra-wideband circular-polarization converter with micro-split Jerusalem-cross metasurfaces," *Chinese Phys. B*, vol. 25, no. 12, art. no. 128102, Dec. 2016.
- [5] C. Barde, A. Choubey, and R. Sinha, "Wide band metamaterial absorber for Ku and K band applications," *Journal of Applied Physics* vol. 126, art no. 175104, Nov. 2019.
- [6] Z. L. Mei, X. M. Ma, C. Lu, and Y. D. Zhao, "Highefficiency and wide-bandwidth linear polarization converter based on double U-shaped metasurface," *AIP Adv.*, vol. 7, no. 12, art. no. 125323, Dec. 2017.