

T.C.
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

V-BİÇİMLİ DALGAKILAVUZLARININ QUASI-
STATİK ANALİZİ

Zülfü GENÇ

Yüksek Lisans Tezi

98029

DENİZLİ-2000

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM BAKANLIĞI
DOKÜMAN YAYIN BİRLİĞİ

V-BİÇİMLİ DALGAKILAVUZLARININ QUASI-STATİK ANALİZİ

Pamukkale Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Tarafından Kabul Edilen

Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

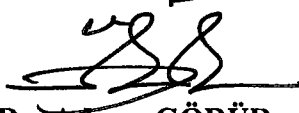
Zülfü GENÇ

Tez Savunma Tarihi: 30.06.2000

DENİZLİ-2000

TEZ SINAV SONUÇ FORMU

Bu tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.



Doç. Dr. Adnan GÖRÜR
(Yönetici)



(Jüri Üyesi)
Prof. Dr. Hasan ERDOĞAN



(Jüri Üyesi)
Doç. Dr. Mustafa TEMİZ

Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun
06.10.2000 tarih ve 19/2-S sayılı kararıyla onaylanmıştır.



Prof. Dr. Güngör ÜLKÜ
Müdür
Fen Bilimleri Enstitüsü

TEŞEKKÜR

Yüksek Lisans çalışmalarım sırasında kendisinden gerek bilimsel gerekse insani açıdan çok Őey öğrendiğim, bana çalışma disiplini anlayışını kazandıran, yaklaşık iki yıldır danıřmalđımı ve bu çalışmanın yöneticiliğini yapan Doç. Dr. Adnan GÖRÜR'e, emeklerinden dolayı öncelikle teşekkürlerimi sunuyorum.

Çalışmalarımın başlangıcından bu yana fikir ve düşünceleri ile katkılarını esirgemeyen Arş. Gör. Ceyhun KARPUZ başta olmak üzere, bölüm başkanım Doç. Dr. Mustafa TEMİZ ve tüm mesai arkadaşlarıma ayrıca öğrenim hayatım boyunca maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen aileme teşekkür ederim.

Zülfü GENÇ



ÖZET

Bu çalışmada, literatürde henüz mevcut olmayan W-biçimli mikroekranlı koplanar dalgakılavuzu ile silindirik V-biçimli mikroekranlı koplanar dalgakılavuzu ve bu yapıların konform dönüşüm metodu kullanılarak quasi-TEM parametrelerinin hesaplanması için CAD-yönlü nümerik ve analitik ifadeler sunulmaktadır.

Birinci bölümde, mikrodalga devrelerinin tarihi gelişimi hakkında bilgi verilmiş ve Monolitik Mikrodalga Entegre Devreler (MMICs) tanıtılmıştır. Ayrıca, tez konusu ile ilgili geniş bir literatür bilgisi sunularak tezin amacı belirtilmiştir.

İkinci bölümün ilk kısmında, koplanar yapılar ve analiz metodları ve kullanılan CAD paketleri anlatılmıştır. Bölümün ikinci kısmında ise, literatürde mevcut olan V-biçimli mikroekranlı yapıların konform dönüşüm metodu kullanılarak quasi-statik analizi yapılmıştır.

Üçüncü bölümde, yeni W-biçimli koplanar ve V-biçimli silindirik koplanar dalgakılavuzlarının konform dönüşüm metodu kullanılarak quasi-statik analizi yapılmış, nümerik ve analitik sonuçlar irdelenmiştir.

Dördüncü bölümde ise, yapılan çalışmanın genel değerlendirmesi yapılarak, önerilen yeni koplanar dalgakılavuzları literatürdeki mevcut yapılarla mukayese edilmiş ve elde edilen sonuçlar irdelenmiştir. Ayrıca, ileride yapılabilecek çalışmalar için değerlendirmeler sunulmuştur.

ABSTRACT

In this thesis, in order to calculate the quasi-static TEM parameters of W-shaped microshield coplanar waveguide and cylindrical V-shaped microshield coplanar waveguide, CAD oriented analytic and numerical formulas which are not present now are presented.

In the first chapter, the information about Monolithic Microwave Integrated Circuits (MMICs) and the historical development of microwave circuits are given. In addition, the aim of the thesis is expressed by presenting a wide literature information which is related to this topic.

In the first part of the second chapter, coplanar structures, and their analysis methods, and CAD packages used in this thesis are discussed. In the second part of this chapter, quasi-static analysis of V-shaped microshield structures which are present in literature is done by using conformal mapping method.

In the third chapter, quasi-static analysis of new W-shaped coplanar waveguide and cylindrical V-shaped coplanar waveguide are done using conformal mapping method, and then analytic and numerical results are interpreted.

In the fourth chapter, general evaluation has been done about this realized study, and also the new coplanar waveguides are compared with structures that are present in the literature now, and the obtained results are interpreted. Finally, evaluations are presented for the researches that will be done in the future.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
İçindekiler	VII
Şekiller Dizini	VIII
Çizelgeler Dizini	IX

BİRİNCİ BÖLÜM GİRİŞ

1.1 Giriş	1
1.2 Literatür Taraması	3
1.3 Tezin Amacı	7

İKİNCİ BÖLÜM V-BİÇİMLİ YAPILAR VE QUASI-STATİK ANALİZİ

2.1 Koplanar Transmisyon Yapıları	8
2.2 Koplanar Transmisyon Hatlarının Analizi	12
2.2.1 Kullanılabilecek CAD Teknikleri	13
2.2.2 Kullanılabilir CAD Paketleri	15
2.3 V-Biçimli Mikroekranlı CPW'ler ve Konform Dönüşüm Metodu ile Quasi-Statik Analizleri	16
2.3.1 V-Biçimli Mikroekranlı ve Üst İletken Ekranlı CPW	17
2.3.2 İletken Destekli Simetrik V-Biçimli Mikroekranlı CPW (VGCPW)'nin Quasi TEM Analizi	21
2.3.3 Asimetrik V-Biçimli Mikroekranlı CPW (AVSML)'nin Quasi-Statik Analizi	24

2.3.4 Dikdörtgen-Biçimli, Pozitif ve Negatif Açılı Yamuk Biçimli Mikroekranlı CPW'lerin Quasi-TEM Analizi	26
---	----

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM YENİ V-BİÇİMLİ YAPILAR VE QUASI-STATİK ANALİZİ

3.1 Yeni W-Biçimli Mikroekranlı CPW'nin Quasi-Statik Analizi	30
3.1.1 β_x Açısının Özel Durumları	34
3.1.2 WSML İçin Elde Edilen Sonuçlar	35
3.2. Yeni Silindirik V-Biçimli Mikroekranlı CPW (CVSML)'nin Quasi-Statik Analizi	44
3.2.1 CVSML İçin Elde Edilen Sonuçlar	48

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM TARTIŞMA VE İRDELEMELER

Tartışma ve İrdelemeler	51
-------------------------	----

KAYNAKLAR

Kaynaklar	53
-----------	----

EKLER

Ekler	60
-------	----

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1a:	Koplanar dalga kılavuzu (CPW) geometrisi	9
Şekil 2.1b:	CPW'deki elektrik ve manyetik alan dağılımları	9
Şekil 2.2a:	Koplanar şerit (CPS) geometrisi	10
Şekil 2.2b:	CPS'deki alan dağılımları	10
Şekil 2.3a:	Konvansiyonel CPW	11
Şekil 2.3b:	İletken destekli CPW	11
Şekil 2.3a:	Çift tabanlı-iletken destekli CPW	11
Şekil 2.3b:	Çift tabanlı CPW	11
Şekil 2.4 :	V-biçimli mikroekranlı hat	18
Şekil 2.5 :	V-biçimli mikroekranlı hattın analizi için konform dönüşüm dizisi	18
Şekil 2.6 :	İletken destekli simetrik CPW'nin konform dönüşümü	22
Şekil 2.7a:	Asimetrik V-biçimli mikroekranlı CPW	25
Şekil 2.7b:	AVSML'nin z-düzlemindeki geometrisi	25
Şekil 2.7c:	AVSML'nin t-düzlemindeki geometrisi	25
Şekil 2.7d:	AVSML'nin w-düzlemindeki geometrisi	25
Şekil 2.8a:	Dikdörtgen biçimli CPW	27
Şekil 2.8b:	Pozitif açılı yamuk biçimli mikroekranlı CPW	27
Şekil 2.8c:	Negatif açılı yamuk biçimli mikroekranlı CPW	27
Şekil 2.9 :	Pozitif ve negatif açılı yamuk biçimli mikroekranlı CPW'nin konform dönüşümü	28
Şekil 3.1 :	W-biçimli CPW geometrisi ve konform dönüşüm dizisi	31
Şekil 3.2.1:	V-biçimli mikroekranlı silindirik CPW	45
Şekil 3.2.2:	I. ve II. Bölge için konform dönüşümler	45
Şekil 3.3 :	W-yapının karakteristik empedansının $d/h=0.1$ oranı için β 'nın bir fonksiyonu olarak değişimi	38

Şekil 3.4 :	W-yapının karakteristik empedansının $d/h=0.5$ oranı için β 'nin bir fonksiyonu olarak değişimi	39
Şekil 3.5 :	W-yapının karakteristik empedansının $d/h=0.75$ oranı için β 'nin bir fonksiyonu olarak değişimi	40
Şekil 3.6 :	W-yapının karakteristik empedansının $d/h=1$ oranı için β 'nin bir fonksiyonu olarak değişimi	41
Şekil 3.7 :	W-yapının karakteristik empedansının $\beta_x=\pi/2$ ve β 'nin farklı değerleri için a/b oranının bir fonksiyonu olarak değişimi	42
Şekil 3.8 :	W-yapının karakteristik empedansının $W/2h=1.25$ oranı için a/b oranına bağlı olarak değişimi	42
Şekil 3.9 :	W-yapının karakteristik empedansının $W/2h=1.5$ oranı için a/b oranına bağlı olarak değişimi	43
Şekil 3.10:	W-yapının karakteristik empedansının $\beta_x=\pi-\beta$ durumunda a/b oranına bağlı olarak değişimi	43
Şekil 3.11:	W-yapının karakteristik empedansının $W/2h$ 'ın farklı oranları için a/b oranına bağlı olarak değişimi	44
Şekil 3.12:	V-biçimli mikroekranlı simetrik CPW'nin karakteristik empedansının $b/c=0.5$ için $a/(r_2-r_1)$ 'e göre değişimi	48
Şekil 3.13:	V-biçimli mikroekranlı simetrik CPW'nin karakteristik empedansının $b/c=1.0$ için $a/(r_2-r_1)$ 'e göre değişimi	49
Şekil 3.14:	V-biçimli mikroekranlı simetrik CPW'nin efektif dielektrik sabitinin $b/c=0.5$ için $a/(r_2-r_1)$ 'e göre değişimi	50
Şekil 3.15:	V-biçimli mikroekranlı simetrik CPW'nin efektif dielektrik sabitinin $b/c=1.0$ için $a/(r_2-r_1)$ 'e göre değişimi	50

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1: (Cheng ve Robertson,1995c) ile yeni W-yapının $\beta_x=\pi/2$ ($d/h=1$) durumundaki oranlara bağlı olarak karakteristik empedansının karşılaştırılması	34
Çizelge 3.2: (Cheng ve Robertson, 1995b) ile yeni W-yapının $\beta_x=150^\circ$ için a/b oranına bağlı olarak karakteristik empedansının karşılaştırılması	35



BÖLÜM I

GİRİŞ

1.1 Giriş

Mikrodalgaların varlığı çok uzun yıllardan beri bilinmesine rağmen, mikrodalga devrelerindeki hızlı gelişmeler ancak İkinci Dünya Savaşı sırasında, özellikle karşılaşılan radar problemlerinin giderilmesi ile başlamıştır. Bu yıllarda "Mikrodalga Devreler" terimi ile "Dalgakılavuzu Devreleri" çoğu zaman eşanlamli olarak kullanılmıştır. Mikrodalga frekansları için kullanışli bir transmisyon yapısı olarak değerlendirilmiş olan dalgakılavuzları ile ilgili olarak yapılan ilk çalışmalar Bell Telefon laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. 1950'li yılların başında, şerit hatlar tasarlanmıştır (Barret ve Barnes,1951). Bu hatlar, iki yüzeyi de iletkenle kaplı dielektrik tabanın ortasına bir iletken şeritin sandiviç şeklinde yerleştirilmesi ile gerçekleştirilmiştir. Yine aynı yıllarda, bir yüzünde iletken bir şerit, diğer yüzünde ise, tamamen iletken kaplama bulunan bir dielektrik tabandan oluşan mikroşerit hatlar, alternatif bir yapı olarak gerçekleştirildi. Bu hatlar, ısımanın sebep olduğu birim uzunluktaki yüksek kayıptan dolayı pek kabul görmemesine rağmen, silah, roket ve uydu uygulamalarında 1960'lı yıllardan itibaren kullanılmaya başlanmıştır. Wheeler, mikroşerit yapıların konform dönüşüm metoduna dayalı olarak çok basit bir analizini gerçekleştirmiştir (Wheeler,1974). Silikon ve GaAs (galyum arsenid) gibi yüksek dielektrik sabitine sahip düşük kayıplı dielektrik malzemelerin imal edilmesi ve metalik filmlerin yoğunlaştırılması ile ilgili teknolojik gelişmeler, mikroşerit devrelerin kullanımında hızlı ilerlemeler sağlamış ve bu yapıların optimum kullanılmaları açısından önemli bir rol oynamıştır. Bu ilerlemelere ek olarak, fotolitografi ve film yoğunlaştırma tekniklerinde ve süper iletken teknolojisinde meydana gelen hızlı gelişmeler sayesinde MIC (Microwave Integrated Circuit: Mikrodalga Entegre Devre) teknolojisi ortaya çıkmıştır (Gupta,1978).

Daha sonraki yıllarda yapılan çalışmalarla, MIC'lerde kullanılmak amacıyla, yarık hatlar (SL: Slot Line) ve koplanar hatlar (CPW:Coplanar Waveguide, CPS:Coplanar Strip Line) olmak üzere iki alternatif transmisyon hattı tasarlanmıştır (Cohn, 1969; Wen,1969). Yarık hatlar, sadece bir yüzeyi iletken kaplı olan ve bu yüzeyi dar bir yarık içeren bir dielektrik tabandan meydana gelir. Koplanar hatlar ise, bütün iletkenleri aynı düzlem üzerinde olan yani dielektrik tabanın sadece üst yüzeyinde olan transmisyon hatlarıdır.

Mikrodalga pasif devre elemanları, transmisyon hatları ve dalgakılavuzları boyunca dağılmış olarak bulunmaktadır. 1960'lı yılların sonunda yapılan çalışmalar, mikrodalga devrelerinin analizi için, toplu eleman devre analizi yöntemlerinin kullanılması üzerinde yoğunlaşmıştır (Daly ve diğ.,1967; Katoh,1967; Caulton ve diğ.,1968, 1971;Alley,1970;Aitchison ve diğ.,1967). Toplu elemanların, dielektrik tabanlar üzerine monte edilmiş çip formundaki yarı iletken elemanlarla birlikte kullanımı mikrodalga entegre devreleri için cazip bir seçenek olmuş ve maliyet % 50 oranında düşürülmüştür. Boyut indirgeme özelliklerinin yanında, toplu elemanların diğer bir avantajı ise alçak frekanslarda geliştirilmiş olan devre tasarımı ve optimizasyon tekniklerinin doğrudan doğruya mikrodalga frekans bölgesinde de kullanılabilme imkanı sağlamasıdır. Bu avantajların yanı sıra, yüksek güvenilirlik de karşılaşılan problemi ortadan kaldırmak için çok hassas düzenlere olan ihtiyaç ve doğruluk derecesinin yüksek tutulması problemi gibi dezavantajlar ortaya çıkmıştır. Bu problemlerin giderilmesi için simülasyon ve optimizasyon tekniklerinin ve CAD paketlerinin kullanılması ihtiyacı ortaya çıkmıştır (Gupta,1981).

Günümüzün mikrodalga teknolojisi olarak ifade edebileceğimiz MMIC teknolojisi, yüksek rezistiviteli silikon ve GaAs veya silisyum dioksit tabakalı düşük rezistiviteli silikon gibi yarıiletken tabanların MIC'lerde kullanılması ile ortaya çıkmıştır. MMIC teknolojisindeki önemli gelişmeler, 1970'li yılların sonunda başlamış ve pratik devreler 1980'lerin ortasında ortaya çıkmıştır. Bir GaAs alt tabakası üzerinde üretim, sıvı fazlı ve buhar fazlı epitaksi, iyon aşılama, saçılma, buharlaşma, yayılma veya tüm bu metodların bileşimini içeren farklı depolama, paketleme metodlarından herhangi birisi ile yapılabilir. GaAs'in 4 GHz'in daha üstündeki mikrodalga frekanslarında

kuvvetlendirme ve osilasyon yapma yeteneğine sahip olan monolitik (tek parça) entegre devrelerin ve ayrıklı tranzistörlerin üretimi için uygun olan şu anda mevcut yegane taban malzemesi olduğu gerçeği ile GaAs MMIC'ler gelişimini sürdürmektedir.

Hibrid ve Monolitik MIC'ler, alçak frekans entegre devreleriyle hemen hemen aynı avantajları sunar. Bu avantajları sırasıyla şu şekilde ifade edebiliriz:

- Geliştirilmiş sistem güvenilirliği,
- İndirgenmiş hacim ve ağırlık,
- Büyük oranda standartlaştırma ihtiyacında düşük maliyet,
- Yüksek performans.

Bu avantajlarının yanı sıra, MIC'lerin kullanımına ilişkin bazı problemler vardır (Gupta,1978). MIC'ler, yaygın olarak kullanılmadan önce, mikrodalga devre tasarımcıları ve kullanıcıları, devre performansını üretimden sonraki aşamalarda düzenli bir şekilde optimize etmek için kullanılan ayar vidaları ve adaptörlerin birleştirilmesi esnekliğine sahiptiler. MIC'ler özellikle, yüksek güvenilirlik ihtiyaçlarını karşılama durumunda bu harici düzenleme ihtiyacını karşılayamamaktadır. Bu nedenle MIC'lerde hassas olarak karakterize edilmiş düzenlere ihtiyaç duyulmaktadır. Sonuç olarak, kullanılan düzenler daha hassas karakterize işlemi gerektirir ve devreler daha düzenli bir şekilde tasarlanmak zorundadır. Bu sebeple, problemleri gidermek için simülasyon ve optimizasyon teknikleri ve CAD paketlerinin kullanımı zorunlu bir hale gelmiştir (Perlman ve Gelnovatch, 1974; White, 1977).

1.2 Literatür Taraması

Günümüzde yaygın bir şekilde kullanılan yüksek hızlı mikrodalga devreler, 100 GHz ve daha yüksek frekans bölgesinde başarılı bir şekilde çalışabilmektedir (Ho ve diğ.,1991; Ahmari ve diğ.,1996; Gill ve diğ.,1996). Yüksek frekanslarda, kullanılan işaretin doğruluğunu kaybetmemek amacıyla devre elemanlarının birleştirilmesi ve işaret iletimi için transmisyon hatlarının kullanılması zorunludur. Son zamanlarda, bu transmisyon hatları içerisinde, CPW (Coplanar Waveguide: Koplanar dalga kılavuzu) ve CPS (Coplanar Strips: Koplanar Şeritler)'lerden oluşan koplanar transmisyon hatları (CTL)'nin kullanılması, son derece cazip hale gelmiştir. MMIC'lerin tasarımı için iki

alternatif yaklaşım olarak kullanılan mikroşerit ve koplanar yapılar son yirmi yıl içerisinde ortaya çıkmıştır (Houdart,1976; Muraguchi ve diğ.,1988). Koplanar hatların quasi-TEM parametrelerinin hesaplanması için elde edilen hızlı ve basit analitik yaklaşımlar ve CAD-yönlü optimizasyon ve simülasyon tekniklerinin koplanar hatalarda kullanımı MMIC'lere olan ilgiyi daha da arttırmıştır (Ghione,1989; Private Com., Hoffmann, 1987).

Elektromanyetik problemlerin incelenmesi genel olarak üç kategoriye ayırmak mümkündür. Bunlardan birincisi, tam dalga analizi olarak da adlandırılan Maxwell denklemlerinin kullanıldığı, alanların zamanla değişimlerinin hesaba katıldığı dinamik durumdur. İkinci durum, quasi-statik durumdur ve tam dalga analizinden farkı elektrik alanın zamanla değişiminin ihmal edilmesidir. Sonuncusu ise, statik durumdur ve hem elektrik alanın hem de manyetik alanın zamanla değişimi ihmal edilir. Tam dalga analizi genellikle kompleks CPW yapıları karakterize etmek için kullanılır. Bu analiz, geniş bir frekans bandında önemli derecede bir doğruluk sağlar. Bu metodun yanı sıra, planar yapıların analizi için kullanılan Konform Dönüşüm Metodu (CMM:Conformal Mapping Method) CAD yazılım paketleri için uygun olan kapalı form analitik ifadeler sunmaktadır. Literatürde mevcut deneysel ve teorik sonuçlar göstermiştir ki, tam-dalga analizi ile elde edilen sonuçlarla quasi-statik analizle elde edilen sonuçlar mukayese edildiğinde 20 GHz'e kadar olan frekans bölgeleri için yüksek seviyede bir doğruluk elde edilmektedir (Chang ve diğ., 1991; Cheng ve Everard, 1993; Lyons ve diğ., 1993; Schinzinger ve Laura, 1993; Bedair ve Wolf, 1992). Tam dalga analizi nümerik hesaplamalar için uzun işlem zamanı gerektirdiğinden, transmisyon hatlarının analizinde, genellikle analitik formüller içeren quasi-statik analizler tercih edilir.

Koplanar hatların karakteristik empedansının ve efektif dielektrik sabitinin konform dönüşüm tekniğiyle hesaplanması ilk olarak Wen tarafından sunulmuştur (Wen, 1969). Hat parametreleri için temel analitik ifadeler içeren Wen'in analizi sonsuz taban kalınlıklı ve sonsuz genişlikte toprak şeritlere sahip koplanar hatlar için geçerlidir. Davis ve arkadaşları Wen' in analizini, sonsuz toprak genişliği ve sonlu taban kalınlığı durumu için gerçekleştirmiş ve Wen' in temel ifadelerinin, yüksek karakteristik empedanslı hatlarda geçerli olduğunu ortaya koymuşlardır (Davis, 1973). Houdart

tarafından ikinci derece Green fonksiyonlarının tanımlanması ve Hatsuda tarafından geliştirilen nümerik metodların kullanılmasıyla hat parametrelerinin sonlu hat boyutlarının ve sonlu taban kalınlıklarının etkisini hesaba katarak hesaplanması için çeşitli çalışmalar yapılmıştır (Houdart, 1976; Hatsuda, 1975).

Hibrid mikrodalga devrelerinde CPW'nin kullanılması ilk defa 1969'da Wen tarafından sunulmasına rağmen CPW'nin elektronik düzenlerde kullanımı daha eski bir geçmişe sahiptir. CPW'lerin dengeli anten besleme hattı olarak kullanılmaları 1950'li yıllarda literatüre girmiştir. Özellikle, 1958'de Owyang ve Wu tarafından yapılan çalışmada, CPW olarak adlandırılan yapının elektriksel parametreleri ve iletken kayıplarını ihtiva eden bir analiz sunulmaktadır (Owyang ve Wu, 1958).

Veyers ve Hanna konform dönüşüm uygulamasını sonlu genişlikli ve sonlu taban kalınlıklı CPW için genişletmişlerdir (Veyers ve Hanna, 1980). Veyers ve Hanna tarafından elde edilen formüllerin doğruluğu, çeşitli araştırmacılar tarafından ispatlanmıştır (Ghione, 1993, 1994). Hanna, yaptığı çalışma ile sonlu taban kalınlığına sahip CPS için analitik formüller sunmuştur. Ancak, sonuçlar taban kalınlıklarının hat boyutlarından daha büyük olması durumunda geçerli olduğu diğer durumlarda ise doğruluk derecesinin azaldığını göstermektedir (Hanna, 1980). Ghione bu problemi çözmek için komplementer hatların faz hızlarının eşit olduğunu belirten Dualite prensibini kullanarak daha genelleştirilmiş formüller elde etmiştir (Ghione, 1984).

Koplanar hatların iletken kayıpları, tam-dalga analiz metodunun sağladığı quasi-statik sınırlar içerisinde nümerik olarak değerlendirilmiş olmasına rağmen, iletken zayıflaması için analitik ifadeler sadece simetrik hatlar için ortaya konulmuştur (Kitazawa ve Itoh, 1991; Gopinath, 1982; Koshiji ve Shu, 1984). Ghione tarafından, sonlu kalınlıklı tabanlarla gerçekleştirilen Asimetrik Koplanar Dalga Kılavuzları (ACPW), Asimetrik Koplanar Şerit hatlar (ACPS) ve tek toprak düzlemlili Asimetrik Koplanar Dalga Kılavuzlarının iletken kayıpları konform dönüşüm tekniği kullanılarak analitik yaklaşımlar formunda hesaplandı (Ghione, 1993). Ghione'nin sunmuş olduğu CAD-yönlü çalışma, MMIC tasarımı için oldukça uygun ifadeler içermektedir.

CPW'ler, GaAs taban üzerinde bulunan monolitik veya hibrid mikrodalga entegre devre uygulamaları için mikroşerit hatlara göre avantajlara sahiptir (Houdart, 1976). Devre elemanlarının izolasyonu için kullanılan dielektrik taban malzemelerinden en çok kullanılanı GaAs'dir. Yapısı, rezistivitesi, mikrodalga frekans bölgesinde kullanılan şerit hatlar için gerekli dielektrik ortamların elde edilmesi açısından oldukça elverişlidir (Ghione, 1989).

Tezin konusu olan yeni bir transmisyon hattı tipi olan V-biçimli hatlar, son zamanlarda mikroşerit ve koplanar hatların tasarımında karşılaşılan teknik ve teknolojik problemlere bir çözüm olarak rağbet edilen bir konu olmuştur. Ayrıca V-yapılar, iletken kesiti kayıplarını azaltmak ve daha uniform akı dağılımı gerçekleştirmek için uygun bir yapı olarak düşünülmüştür. V-yapılar ile ilgili ilk çalışma Schutt-Aine tarafından yapılmıştır (Schutt-Aine, 1992). Schutt-Aine, Moment metodunun kullanıldığı bu çalışmada V-yapıların statik analizi gerçekleştirilerek quasi-TEM parametreleri tanımlanmış ve teorik sonuçların geçerliliği deneysel verilerle doğrulanmıştır. Karakteristik empedans ve propagasyon hızı V-biçimli iletken ekranın açısına bağlı olarak gerçekleştirilmiş ve V-yapıların mikroşerit hatlarla karşılaştırıldığında daha düşük bir karakteristik empedans ve daha yüksek efektif dielektrik sabitine sahip olduğu ortaya konulmuştur. Daha sonra, Yuan, Ruan ve Lin tarafından yapılan çalışmada, V, eliptik ve dairesel olmak üzere üç adet yeni CPW'nin konform dönüşüm metodu kullanılarak quasi-statik analizi gerçekleştirilmiştir. Bu transmisyon hatları için elde edilen karakteristik empedans ifadeleri sıfır dispersiyon ve quasi-TEM propagasyonu yaklaşımı altında türetilmiştir (Yuan ve diğ., 1993). Dip ve Katehi, dikdörtgen şekilli mikroekranlı hattın TEM parametrelerinin elde edilmesinde hem moment metodunu hem de konform dönüşüm metodunu kullandılar (Dib ve Katehi, 1992; Katehi, 1992). V-biçimli yapıların değişik konfigürasyonları ile ilgili diğer çalışmalar 1995 yılında Cheng ve Robertson tarafından gerçekleştirildi (Cheng ve Robertson, 1995a, 1995b, 1995c). Cheng ve Robertson, iletken destekli V-biçimli CPW'nin karakteristik empedans ifadeleri için sıfır dispersiyon ve quasi-TEM yaklaşımı altında konform dönüşüm metodu kullanarak analitik çözümler sundular (Cheng ve Robertson, 1995a). Asimetrik V-biçimli mikroekranlı hattın (AVSML:Asymmetrical V-Shaped Microshield Line) quasi-statik analizi aynı metod ve yaklaşım altında yine Cheng ve

Robertson tarafından gerçekleştirildi ve asimetrik VSML'nin karakterizasyonu için hızlı ve pratik çözüm sağlayan CAD-yönlü kapalı form ifadeler türetildi. Analizde yaklaşık çözüm için birinci ve ikinci dereceden modeller sunuldu (Cheng ve Robertson, 1995b). Diğer bir çalışmada, dikdörtgen ve yamuk biçimli mikroekranlı hattın quasi-TEM karakteristikleri sunuldu (Cheng ve Robertson, 1995c).

Literatürde, silindirik koplanar hatlar üzerine sınırlı sayıda çalışma mevcuttur. 1997'de Su ve Wong tarafından sunulan çalışma, silindirik koplanar dalga kılavuzunun quasi-statik çözümlerini içermektedir (Su ve Wong, 1997). Daha sonra, silindirik asimetrik koplanar şerit hattın quasi-statik parametrelerini hesaplayan bir analitik yaklaşım sunuldu (Karpuz ve diğ., 1997). Silindirik tabanlı hatlar üzerindeki diğer bir çalışma ise, Alkan ve arkadaşları tarafından yapıldı (Alkan ve diğ., 1998). Bu çalışmada, çok katlı tabana sahip silindirik koplanar dalga kılavuzlarının quasi-statik parametreleri için CAD yönlü analitik ifadeler türetildi. Görür ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada, çok katlı silindirik koplanar şeritler için analitik formüller içeren analiz sunuldu (Görür ve diğ., 1999b). Görür ve arkadaşları daha sonra kuplajlı silindirik yapının analizini gerçekleştirdiler (Görür ve diğ., 1999a). Henüz literatürde W-biçimli iletken ekrana sahip CPW ve V-biçimli silindirik CPW mevcut olmayıp, bu yapıların analizleri tezin amaçları arasındadır.

1.3 Tezin Amacı

Bu çalışma ile, literatürde mevcut olan konvansiyonel CPS ve CPW'lerin tasarımında karşılaşılan bazı teknik problemlere çözüm sunması açısından yeni bir transmisyon hattı olan V-biçimli mikroekranlı hatların konform dönüşüm metodu (CMM) kullanılarak quasi-statik analizi yapılacak ve TEM parametreleri hesaplanacaktır. Hat yoğunluğu yüksek olan devrelerde hatlar arasındaki kuplajı azaltmak ve daha düşük karakteristik empedanslı hatlar elde etmek için W-biçimli alt toprak düzlemi kullanılabilir. Konform dönüşüm metodu kullanılarak henüz literatürde mevcut olmayan, W-biçimli mikroekranlı hat (WSML: W-Shaped Microshield Line) ve V-biçimli silindirik mikroekranlı hat (CVSML: Cylindrical V-Shaped Microshield Line) olmak üzere iki yeni yapının quasi-statik analizi gerçekleştirilecektir.

BÖLÜM II

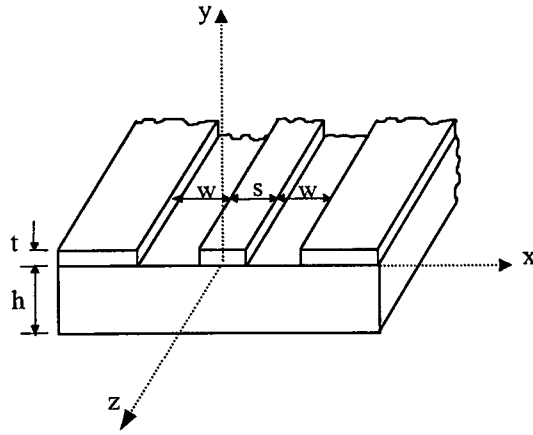
V-BİÇİMLİ PLANAR YAPILAR VE QUASI-STATİK ANALİZİ

2.1. Koplanar Transmisyon Yapıları

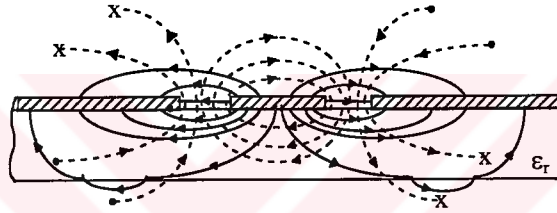
Bütün iletkenleri aynı düzlem üzerinde, bir başka ifadeyle dielektrik tabanın sadece bir yüzeyinde bulunan hatlar, koplanar hatlar olarak adlandırılır. Koplanar hatlar; yarık hatları, koplanar dalga kılavuzlarını (CPW) ve koplanar şerit (CPS) hatları kapsamaktadır. Koplanar hatların en belirgin avantajları toplu elemanların (aktif veya pasif) paralel veya seri bağlantılarını çok kolay gerçekleştirmesidir. Koplanar hatlara, başka bir eleman bağlantısı yapılacak olduğunda, tüm iletken şeritler aynı düzlem üzerinde bulunduğu için dielektrik taban boyunca delik ya da yarık açmaya gerek yoktur.

CPW yapısı ilk olarak 1969'da Wen tarafından önerildi (Wen, 1969). Şekil 2.1a'da görüldüğü gibi, bütün iletkenleri dielektrik tabanın bir yüzüne paralel olarak yerleştirilmiş olan iki toprak düzlem ve bir merkez şeritten oluşmaktadır. Quasi-statik yaklaşım için elektrik ve manyetik alan dağılımı Şekil 2.1b'de gösterilmektedir.

CPW'nin komplementeri olan CPS'in konfigürasyonu Şekil 2.2a'da gösterilmektedir. Şekilden de görüldüğü gibi, CPS iletkenleri dielektrik tabanın aynı yüzünde bulunan ve paralel olarak yerleştirilmiş iki şeritten oluşur. Elektrik ve manyetik alan dağılımı Şekil 2.2b'deki gibidir. Mikrodalga frekanslarının daha düşük bölgelerinde, CPS yüksek hızlı bilgisayar devrelerinde işaret iletimi için elverişlidir.



(a)

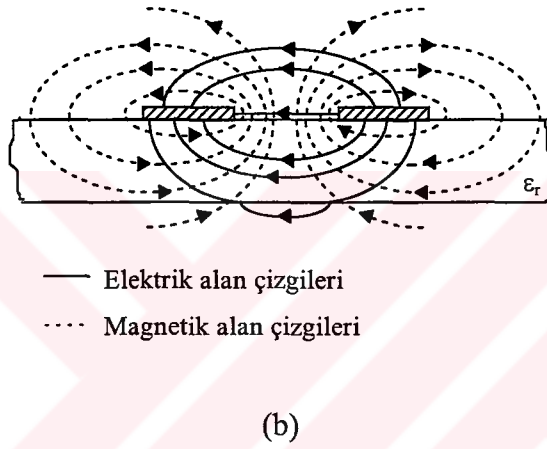
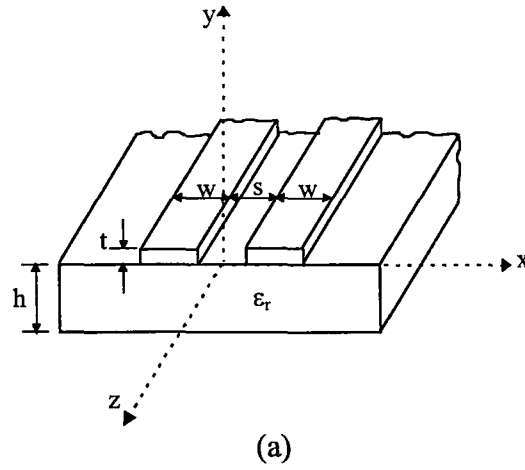


— Elektrik alan çizgileri
 Magnetik alan çizgileri

(b)

Şekil 2.1: (a) Koplanar Dalga Kılavuzu (CPW) geometrisi,

(b) CPW'deki elektrik ve manyetik alan dağılımları

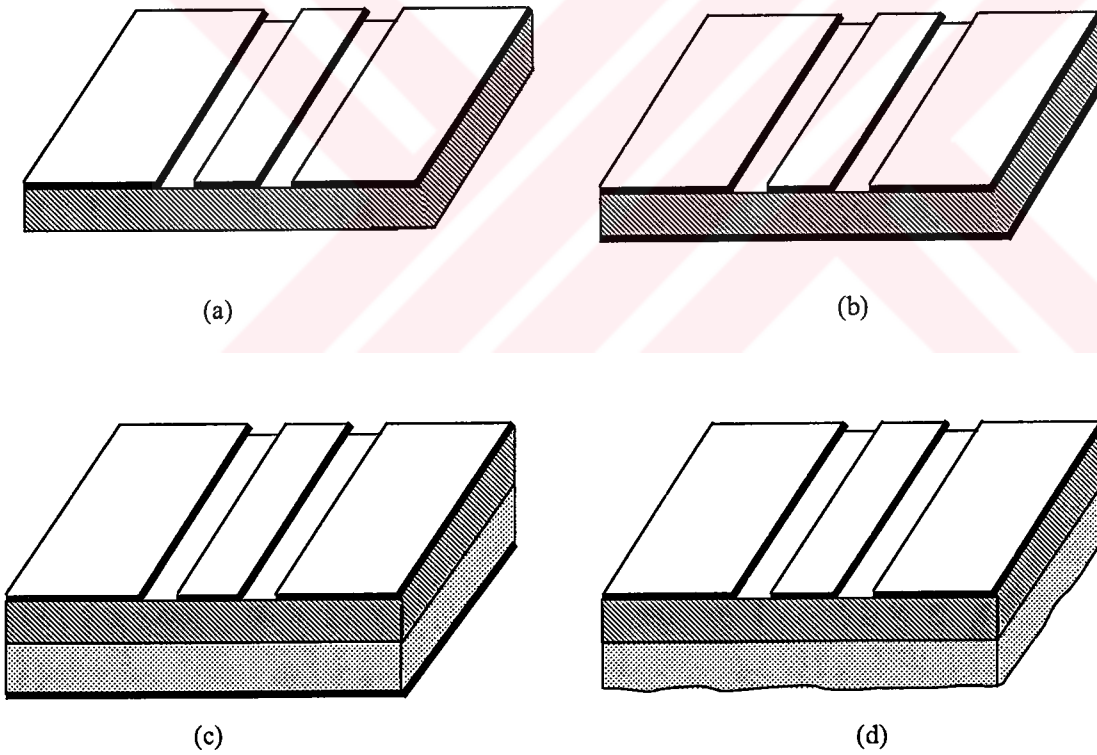


Şekil 2.2: (a) Koplanar şerit (CPS) geometrisi,

(b) CPS'deki alan dağılımları

CPW, Şekil 2.3a'da görüldüğü gibi bir dielektrik taban üzerinde iletken şeritler yerleştirilmiş bir konfigürasyona sahip olduğundan GaAs MMIC'ler için pek uygun bulunmamıştır. Bunun nedeni ise dielektrik taban olarak kullanılan GaAs'ın ince ve kırılkan olmasıdır. Bu yüzden, dielektrik taban olarak kullanılan GaAs yapının mekanik dayanımını arttırmak için destek amacıyla bir başka dielektrik taban üzerine monte edilmelidir. Böyle bir durum için yapılacak en iyi çözümlerden biri GaAs tabanı, doğrudan doğruya iletken bir destek üzerine monte etmektir (Şekil 2.3b). Bu konfigürasyonda kullanılan iletken destek, yapının hem ortalama güç taşıma

kapasitesini hem de mekanik dayanımını arttırarak ince ve kırılgan olan GaAs tabanı desteklemektedir. İletken destekli yapılarda, mikroşerit modu söz konusu olacağından, yapının CPW davranışında bazı istenmeyen durumlar vardır. Mikroşerit mod, kalın tabanlar kullanılmasıyla kolay bir şekilde önlenabilir. Ancak bu durum, genellikle yarı iletken tabanların ince olduğu MMIC uygulamalarında her zaman mümkün değildir. İstenmeyen modların bastırılmasında etkin bir çözüm, ince ve kırılgan yarı iletken tabanı, quartz gibi düşük-geçirgenlikli malzemeler üzerine monte etmek ve daha sonra iletken destek kullanmaktır (Şekil 2. 2c). Bazı durumlarda, quartz yerine Silisyum (Si) taban kullanmak daha iyi bir çözümdür. Quartz ve Si taban, kırılgan GaAs tabanı destekleyecek ve sonuç olarak yapının ortalama güç taşıma kapasitesini ve mekanik dayanımını arttıracaktır. Fakat her iki durumda da, iletken desteklerin yeterince uzağa yerleştirilmemiş olması mikroşerit modu engellemeyebilir.



Şekil 2.3: (a) Konvansiyonel CPW, (b) İletken destekli CPW, (c) Çift tabanlı-iletken destekli CPW, (d) Çift tabanlı CPW

2. 2 Koplanar Transmisyon Hatlarının Analizi

Birçok araştırmacı bütün elektromanyetik problemleri Maxwell denklemleri ile çözmeye çalışmıştır. Bu denklemleri sadeleştirmek için problemin türüne göre çeşitli varsayımlar yapılabilir. Elektromanyetik problemleri belirli yaklaşımlar altında üç kategoriye ayırmak mümkündür.

-Dinamik durum,

-Yarı-statik (Quasi-statik) durum

-Statik durum

Problemin dinamik durumunun çözümleri, diğer adıyla tam dalga analizi, maxwell denklemlerinin tümünün kullanımını gerektirir. Tam dalga analizi genelde elektromanyetik saçılma, kuplaj ve ışımaya içeren problemlerde uygulanmaktadır.

Quasi-statik durum, dinamik durumdan sadece deplasman akımının (elektrik akı yoğunluğu) ihmal edilmesi ile farklılık gösterir. Yani elektrik akı yoğunluğunun zamanla değişimi dikkate alınmaz. 20 GHz'e kadar quasi-statik yaklaşımla elde edilen sonuçlar tam dalga yaklaşımı ile elde edilen sonuçlarla karşılaştırıldığında büyük doğruluğa sahip olduğu görülür.

Statik durumda ise, hem elektrik akı yoğunluğunun hem de manyetik akı yoğunluğunun zamanla değişimi ihmal edilir. Problemin matematiği oldukça sadeleşmesine rağmen, manyetik alandaki değişim hızının elektrik alanına etkisinin ihmal edilebileceği varsayımı MMIC'ler için her zaman geçerli değildir.

Koplanar hatların analizi, tam dalga analizi kadar iyi olan quasi-statik yaklaşım kullanılarak yapılabilir. Wen, dielektrik taban kalınlığını sonsuz kabul etmek suretiyle konform dönüşüm metodunu kullanarak koplanar hatların quasi-statik analizini yaptı (Wen, 1969). Yaygın olarak kullanılan kalınlıkların sonsuz kabul edilmesi, dielektrik sabiti büyük olan tabanlar için geçerlidir. Wen tarafından izlenen metod, dielektrik taban kalınlığı sonlu kabul etmek suretiyle, Davis ve arkadaşları tarafından geliştirildi (Davis, 1973). CPW karakteristiklerindeki ekranlama etkisi, sonlu farklar metodu

kullanılarak elde edilebilir (Tyrrell, 1947). Koplanar hatların faz hızının ve karakteristik empedansının frekans bağımlılığını hesaba katan tam dalga analizi, spektral domende Galerkin metodu kullanılarak, varyasyonel methodla ve integral denklemlerin uniform olmayan ayırımı methoduyla yapılır (Mumford, 1947; Barret ve Barnes, 1951).

Genel olarak, CPW yapılarının tasarımı oldukça fazla miktarda bilgisayar işlem zamanı ve kaynakları gerektiren quasi-statik veya tam dalga analiz teknikleri kullanılarak gerçekleştirilebilir. Quasi-statik analizler, tam dalga analizlerle ve deneylerle elde edilen sonuçlarla karşılaştırıldığında %1 den daha iyi yakınsaklık sağladığı görülmektedir.

Tam dalga analizi geniş bir frekans bandında yüksek bir doğruluk sağlar. Bunun yanı sıra, quasi-statik metod bilgisayar destekli dizayn (CAD-Computer Aided Design) yazılım paketleri için uygun kapalı form ifadeler sağlarken 20 GHz'e kadar olan frekanslarda tam dalga analizi ile kıyaslanabilir simülasyon doğruluğu elde edilmektedir.

Quasi-statik analizle elde edilen kapalı form analitik ifadelerle ilgili olarak ortaya konan sentez formüllerinin bağıl dielektrik sabiti (ϵ_r)'ye göre uygulama aralığı $1.5 \leq \epsilon_r \leq 120$ 'ye genişletilmiştir. Sonuç olarak sentez formülleri daha düşük ϵ_r değerlerinde MIC antenleri veya yarı iletken katkılardan elde edilen daha büyük ϵ_r değerlerine sahip MMIC bileşenleri tasarlamak için kullanılabilir.

2. 2.1 Kullanılabilecek CAD Teknikleri

Alan dağılımlarının tümüyle bulunduğu ya da yakınsadığı tam dalga çözümleri planar (düzlemsel) mikrodalga yapıların her yönüyle incelenmesinde kullanılır. Bu düzeydeki metodlar gerektirdikleri analiz ve nümerik işlem kapasitelerine göre birbirinden ayrılırlar. Bu metodlar aşağıda sıralanmıştır.

-Integral Denklem Metodu (Integral Equations Method),

- Moment Metodu (Moment Method),
- Spectral Domain Metodu,
- İletim Hattı Matris Metodu,
- Zaman Domeninde Sonlu Farklar Metodu(Finite Difference Time Domain Method),
- Sonlu Elemanlar Metodu (Finite Element Method),
- Hatlar Metodu (Lines Method).

Adı geçen düzlemsel mikrodalga analiz metodların çoğu Tatsuo Itoh tarafından yapılmış olan çalışmada yer almaktadır. İntegral denklem metodu, düzlemsel iletkenlerin yüzeyinde oluşan enine dalgaların çözümü ile ilgilenen moment metodu ve FTDT metodunun temelini oluşturan, ışınım ve kuplajın hesaba katıldığı üç boyutlu alan çözümleri içerir. İşlemin temelinde Green fonksiyonları kullanılır. Momentler metodunda integral denklemi cebirsel matrislere dönüştürülür. Moment metodunun özel bir hali olan Galerkin metodunda, ağırlık fonksiyonları temel fonksiyonlarına eşit seçilir ve karmaşık integraller üzerinde işlemler yapılır. FDTD'nin temelini integral denklemlerin fourier dönüşümü oluşturur ve önemli miktarda analitik ön işlem gerektirir. Sonlu eleman metodu (FEM)'nda problemin çözümü belirli bir kritere göre taban fonksiyonlarının en iyi lineer bileşenini bulmaktır. Bu metod her zaman için çok büyük matrislerin tersini ya da ön çözümlerini bulmayı gerektirir.

Yukarıda bahsedilen metodlar uzun işlem zamanları ve karmaşıklıkları ile dikkat çektiği söylenebilir. Quasi- statik bir yaklaşım olan konform dönüşüm metodu bu karmaşıklıktan ve uzun işlem zamanı gerektirmeyen hızlı, basit ve kesin analitik formüller içerir. Bu metod ileriki bölümlerde V-biçimli yapıların analizi için geniş bir şekilde ele alınmıştır.

2. 2. 2. Kullanılabilir CAD Paketleri

Bu bölümde anlatılan CPW'lerin teorik analizleri için MATHCAD, C, MATLAB gibi yüksek seviyeli paket programlar kullanılmıştır. Ayrıca, MMIC yapıların dizaynı ve analizi için kullanılan ve kolayca bulunabilecek bazı CAD paketleri mevcuttur.

Touchstone, Super-Compact, HP Microwave CAD: Bu programlar, amprik düzeltmelerle quasi-statik modeller kullanmaları bakımından benzeşirler. Bu modeller birkaç GHz'e kadar geçerlidirler. Bu programlar, kullanıcı özel olarak dahil etmediği sürece devre elemanları arası etkileşimi hesaba katmazlar.

HF Simulator: Bu HP programı özellikle dalgakılavuzu problemlerine yönelik olarak tasarlanmıştır. Fakat mikrodalga devre analizinde de kullanılabilir.

MATPAR (Matris Parametreleri): Bilgisayar kartlarında olduğu gibi çok kanallı iletim hatlarının birbirleriyle etkileşimini inceleyen bir quasi-statik analiz programıdır.

NEC (Nümerik Elektromanyetik Kod): Tel (grid) ağlarının çözümüne yönelik sınırlı bir moment metodu programıdır. Dielektrik problemlerini çözemez.

Linmic+ (Linear Hibrid ve MMIC Devreler): Jansen ve Compact yazılım tarafından geliştirilen Linmic+ Mikrodalga devreleri için spektral domen metodu ve tablolara dayalı hassas bir analiz paket programıdır. Her tür kompleks yapıya uygulanıp uygulanamayacağı ve kullanım kolaylığı konusunda bazı problemler vardır.

Sonnet: Sonnet, transmiyon hat (TLM) yapılar için integral denklemlerinin çözümünde iki boyutlu sonlu eleman Galerkin çözümünü kullanmaktadır..

EMSIM: Mikrodalga elemanları için genel amaçlı bir sonlu eleman programıdır.

FACET: FACET, baskı devrelerdeki rasgele şekilli metal yüzeyler için RF frekanslar için eşdeğer bir devre modeli kullanan bir programdır.

2. 3. V-Biçimli Mikroekranlı CPW'ler ve Konform Dönüşüm Metodu İle Quasi-Statik Analizleri

CPW ve CPS transmisyon hat karakteristikleri konform dönüşüm metodu kullanılarak, analitik formüller şeklinde elde edilebilir. Transmisyon hat analizinde, konform dönüşüm metodunun geçerliliği, bir quasi-statik kabule dayanır. Transmisyon hattındaki propagasyon modu TEM'dir. Daha önce belirtildiği gibi, bağıl olarak quasi-statik yaklaşım 20 GHz lik frekanslara kadar geçerlidir (Frankel ve diğ., 1994). Üstelik, frekans-bağımlı formüller, quasi-statik formüller değiştirilerek kolayca elde edilebilirler (Hasnain ve diğ., 1986; Frankel ve diğ., 1991; Keil ve diğ., 1992). Transmisyon hattının karakteristik empedansı, faz hızı ve efektif dielektrik sabiti, quasi-statik yaklaşım kullanılarak;

$$\epsilon_{\text{eff}} = \frac{C}{C_0} \quad (2.1)$$

$$v_f = \frac{c}{\sqrt{\epsilon_{\text{eff}}}} \quad (2.2)$$

$$Z_0 = \frac{1}{C \cdot v_f} \quad (2.3)$$

bağıntıları ile hesaplanabilir (Gupta, 1979). Burada c boşluktaki ışık hızı, C birim uzunluktaki toplam hat kapasitesi ve C_0 ise dielektrik ortam olmadığı durumdaki hat kapasitesidir. Transmisyon hattının quasi-statik parametrelerini elde etmek için, sadece C ve C_0 kapasitelerini bulmak yeterli olacaktır.

Birinci bölümde belirtildiği gibi, V-biçimli hatlar son zamanlarda mikroşerit ve koplanar hatların tasarımında karşılaşılan bazı teknik problemlere bir çözüm olarak sunulmuş ve rağbet edilen bir yapı olmuştur. Bunun yanında, iletken kayıplarını azaltmak ve daha uniform akı dağılımı gerçekleştirmek için uygun bir yapı olarak düşünülmüştür. Schutt-Aine-Aine tarafından 1992'de yapılan çalışmada bu yapıların statik analizi gerçekleştirildi (Schutt-Aine, 1992). Bu çalışma, yapının quasi-TEM parametrelerini tanımlamak için moment metodu kullanılarak bir statik analiz

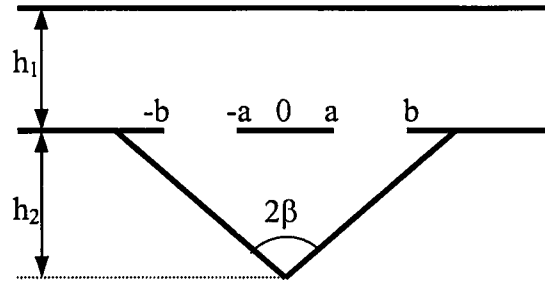
içermektedir. Ölçümler bir örnek üzerinde gerçekleştirilmiş ve teorik sonuçların geçerliliği deneysel verilerle doğrulanmıştır. Karakteristik empedans ve propagasyon hızı V-biçimli iletken ekranın açısına bağlı olarak incelenmiş ve mikroşerit hatlarla karşılaştırıldığında daha düşük bir karakteristik empedans ve daha yüksek efektif dielektrik sabitine sahip olduğu ortaya konulmuştur (Schutt-Aine, 1992).

Bundan sonraki kısımlarda, literatürde mevcut olan farklı konfigürasyonlarda koplana dalgakılavuzlarının quasi-statik TEM parametrelerini hesaplamak için konform dönüşüm metoduna dayalı analizler sunulacaktır.

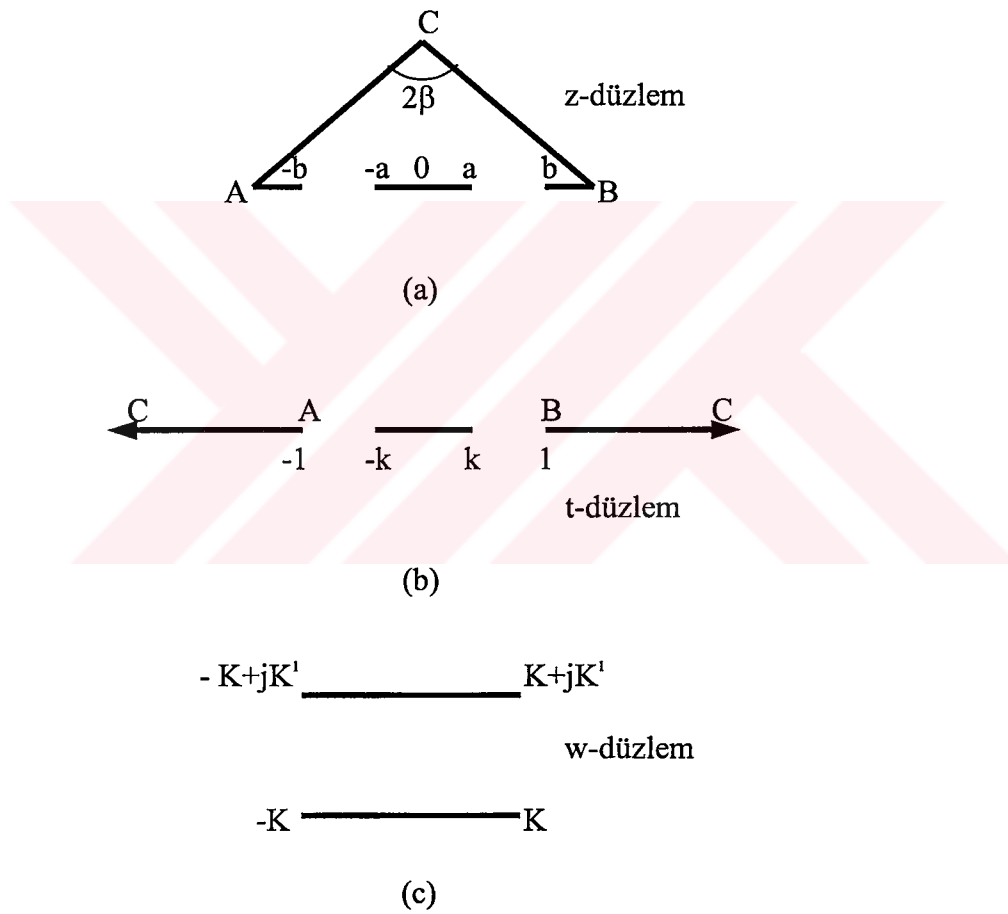
2. 3. 1 V-Biçimli Mikroekranlı ve Üst İletken Ekranlı CPW

Son zamanlarda, Şekil 2.4 ile verilen V- biçimli mikroekranlı hat modern bir planar transmisyon hattı olarak ele alınmıştır. Bu yapının konform dönüşüm tekniği kullanılarak quasi-statik analizi Yuan ve ark. tarafından gerçekleştirildi (Yuan ve diğ., 1993). Bu yeni tip hat alışılmış mikroşerit yapıların toprak düzleminin bir gelişmişisi olarak düşünülebilir. İki farklı metod kullanılarak hattın karakteristik empedansları hesaplanmıştır. Bu metodların birincisi nokta uygulama metodu (PMM), ikincisi analitik konform dönüşüm metodudur. Analizler sadece saf TEM propagasyonu ve dispersiyon etkisinin olmadığı varsayımı yapılarak yapılmıştır.

Önerilen konfigürasyon, Şekil 2. 4'de gösterildiği gibi iletken ekran olarak kullanılan toprak düzleminin yanal toprak düzlemlerine doğru ikiz kenar üçgen şekilde bükülmesi ile gerçekleştirilmiştir. Hattın birim uzunluğundaki toplam kapasitesi, dielektrik sabiti ($\epsilon_r - 1$) olarak kabul edilen alt bölge kapasitesi ile hava yalıtımlı üst bölge kapasitelerinin toplamı olarak hesaplanabilir. Bu yaklaşımın pratik hat boyutları için de geçerli olduğu kabul edilebilir (Ghione, 1993; Ghione ve Naldi, 1984). Üst yarı düzlemin kapasitesi bir konform dönüşüm dizisi uygulanarak hesaplanmıştır (Ghione, 1993). Üst bölgenin hava kapasitesi ,



Şekil 2.4 V-biçimli mikroekranlı hat



Şekil 2.5 V-biçimli mikroekranlı hattın analizi için konform dönüşüm dizisi

$$C_1 = 2\varepsilon_0 \frac{K(k_1)}{K(k_1')} \quad (2.4)$$

ile hesaplanabilir. Burada, $K(k)$ birinci tür tam eliptik integralidir ve

$$k_1' = \sqrt{1 - k_1^2} \quad (2.5)$$

$$k_1 = \tanh(\pi a / 2h_1) / \tanh(\pi b / 2h_1) \quad (2.6)$$

dir. Üst iletken olmadığı durumda, yanal toprak düzlemleri sonsuz genişlikte ise $k_1 = a/b$, yanal toprak düzlemleri sonlu genişlikte ise,

$$k_1 = \frac{a}{b} \sqrt{\frac{c^2 - b^2}{c^2 - a^2}} \quad (2.7)$$

olur. Alt yarı düzlemin kapasitesi Şekil 2.5'de verilen konform dönüşüm dizi ile tam olarak hesaplanabilir. İlk olarak üçgen bölge,

$$Z = A \int_0^t (t^2 - 1)^{-(2\beta + \pi)/2\pi} dt \quad (2.8)$$

ters integral dönüşümü ile t -düzleminin alt yarı bölgesine dönüştürülür. 2β açısı V -biçimli iletkenin tepe açısıdır. Şekil 2. 5a ve 5b'deki noktalara göre a ve b değerleri,

$$a = A \int_0^k (t^2 - 1)^{-(2\beta + \pi)/2\pi} dt \quad (2.9)$$

$$b = A \int_0^1 (t^2 - 1)^{-(2\beta + \pi)/2\pi} dt \quad (2.10)$$

denklemleri ile elde edilir. Daha sonra t -düzleminin üst yarı bölgesi

$$w = \int_0^t \frac{dt}{\sqrt{(1-t^2)(1-k^2t^2)}} \quad (2.11)$$

integral dönüşümü ile w-düzlemindeki dikdörtgenin iç bölgesine dönüştürülür. Burada $k_2=k$ olup Denklem (2.9)'un çözülmesi ile geometrik boyutlara bağlı olarak bulunur. Böylece alt yarı bölgenin kapasitesi,

$$C_2 = 2\varepsilon \frac{K(k_2)}{K(k_2')} \quad (2.12)$$

ile verilir. Hattın birim uzunluğunun toplam kapasitesi,

$$C_T = C_1 + C_2 \quad (2.13)$$

olur. Efektif dielektrik sabiti ve karakteristik empedans,

$$\varepsilon_{\text{eff}} = C_T(\varepsilon_r)/C_T(1) \quad (2.14)$$

$$Z = \frac{60\pi}{\sqrt{\varepsilon_{\text{eff}}}} \left[\frac{K(k_1)}{K(k_1')} + \frac{K(k_2)}{K(k_2')} \right] \quad (2.15)$$

şeklinde elde edilir.

Analizi yapılan V-biçimli mikroekranlı hattın (VSML:V-Shaped Microshield Line) karakteristik empedansı β 'nın farklı değerleri için (b-a) ve a/h_2 boyut parametrelerine bağlı olarak değişir. Bu değişim önerilen çalışmada Şekil 4'de verilmiştir (Yuan ve diğ., 1993). h_2 dielektrik taban yüksekliğinin sabit olması durumunda karakteristik empedans β açısının artması ile artar. Bu birim uzunluktaki kapasitenin azalmasının bir sonucudur (Yuan ve diğ., 1993).

V-biçimli yapıların değişik konfigürasyonları ile ilgili diğer çalışmalar 1995 yılında Cheng ve Robertson tarafından gerçekleştirilmiştir (Cheng ve Robertson, 1995a, 1995b,

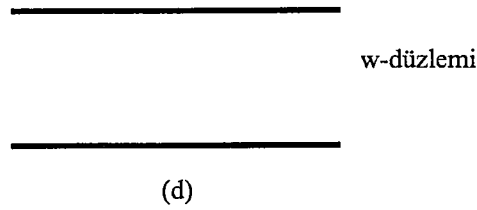
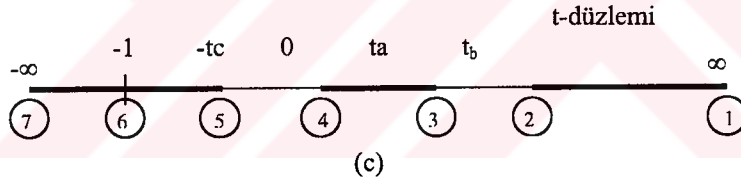
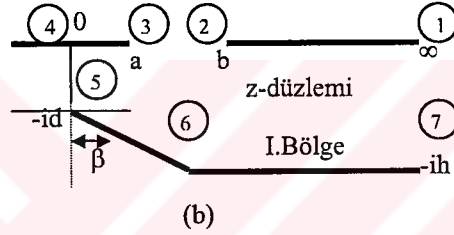
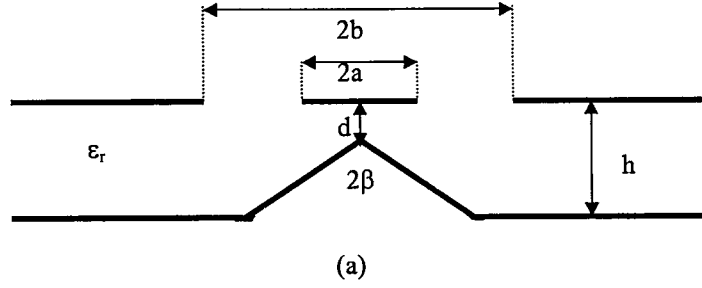
1995c). Cheng ve Robertson (1995a) 'daki çalışmalarında, iletken destekli simetrik V-biçimli CPW'nin karakteristik empedans ifadeleri için sıfır dispersiyon ve quasi-TEM propagasyonu yaklaşımı altında konform dönüşüm metodu kullanarak analitik çözümler sunmuşlardır. Asimetrik V-biçimli mikroekranlı hattın (AVSML:Asymmetrical V-Shaped Microshield Line) quasi-statik analizi aynı metod ve yaklaşım altında yine Cheng ve Robertson tarafından gerçekleştirilmiş ve asimetrik VSML'nin karakterizasyonu için CAD-yönlü kapalı form ifadeler türetilmiştir. Analizde yaklaşım için birinci ve ikinci dereceden yaklaşım modeller sunulmuştur (Cheng ve Robertson, 1995b). (1995c)'deki çalışmada, dikdörtgen ve yamuk biçimli mikroekranlı hattın quasi-TEM karakteristikleri sunulmuştur. Bu çalışmada, hem pozitif hem de negatif açığa sahip yamuk biçimli mikroekranlı hatların analizi ve tasarımı için nümerik sonuçlar sunulmuştur (Cheng ve Robertson, 1995c).

2. 3. 2. İletken Destekli Simetrik V-Biçimli Mikroekranlı CPW (VGCPW)'nin Quasi-TEM Analizi

Şekil 2.6a'da, yeni bir V-biçimli mikroekranlı CPW önerilmiş, hattın karakteristik empedansı quasi-TEM kabulü ve sıfır dispersiyon varsayımı yapılarak konform dönüşüm metodu kullanılarak elde edilmiştir (Cheng ve Robertson, 1995b). Bu hat konvansiyonel CPW yapısının versiyonu olarak düşünülebilir. Şekil 2.6a'da gösterildiği gibi, hattın geometrisi, eşkenar bir üçgenin eşit kenarlarını oluşturan V-biçimli iletkenleri yalıtkan içerisine 2β açısına sahip olacak şekilde bükülmüş alt toprak düzlemine sahip bir konfigürasyondur. Merkez iletken ile V-biçimli alt toprak düzlemi arasındaki mesafe d ile verilmiştir. Mevcut yapı, toprak düzlemine V-biçiminin kazandırılması, alan dağılımlarını önemli bir şekilde değiştireceğinden konvansiyonel CPW yapısından farklılık gösterir.

Analizlerde, toprak düzlemlerinin sonsuz genişlikte olduğu, bütün iletkenlerin ihmal edilebilir kalınlıkta ve sonsuz iletkenliğe sahip olduğu kabul edilmektedir. Şekilden görüldüğü gibi, $2a$ genişlikli merkez iletken, bağıl dielektrik sabiti ϵ_r ve kalınlığı h olan bir taban üzerine topraklar arası genişlik $2b$ olacak şekilde iki üst toprak düzlemi arasına

yerleştirilmiştir. Merkez iletken ve üst toprak düzlem arasındaki hava-dielektrik sınırının mükemmel bir manyetik duvar gibi davrandığı kabul edilir. Analiz için yapının sadece yarısını düşünmek suretiyle Şekil 2.6'da gösterilen konform dönüşüm dizisi kullanılabilir. İlk olarak, Şekil 2.6b'deki z-düzlemindeki I. bölge



Şekil 2.6: İletken destekli Simetrik CPW'nin konform dönüşümü.

$$Z = A \int_0^t \frac{dt}{t^{1/2} (t+1)^p (t+t_c)^{1/2-p}} \quad (2.16)$$

dönüşümü ile t -düzlemi üst yarı bölgesine dönüştürülür. Burada, $p = (1/2) - (\beta/\pi)$ dir.

Daha sonra t -düzleminin alt yarı bölgesi,

$$w = \int_0^t \frac{dt}{\sqrt{t(t-t_a)(t-t_b)(t+t_c)}} \quad (2.17)$$

dönüşümü ile Şekil 2.6'deki w -düzleminde dikdörtgenin iç bölgesine dönüştürülür. (d/h) , (a/h) , (b/h) geometrik oranlarının ve β 'nin fonksiyonu olan t_a , t_b , t_c parametreleri

$$\frac{d}{h} = \frac{2}{\pi} \int_0^{\pi/2} \left(\frac{t_c \cos^2 \alpha}{1 - t_c \sin^2 \alpha} \right)^p d\alpha \quad (2.18a)$$

$$\frac{a}{h} = \frac{2}{\pi} \int_0^{\operatorname{arcsinh} \sqrt{t_a/t_c}} \left(\frac{t_c \cosh^2 \alpha}{1 + t_c \sinh^2 \alpha} \right)^p d\alpha \quad (2.18b)$$

$$\frac{a}{h} = \frac{2}{\pi} \int_0^{\operatorname{arcsinh} \sqrt{t_a/t_c}} \left(\frac{t_c \cosh^2 \alpha}{1 + t_c \sinh^2 \alpha} \right)^p d\alpha \quad (2.18c)$$

ifadeleri kullanılarak hesaplanır. Hattın birim uzunluğundaki toplam kapasitesi,

$$C_T = 2\epsilon_0 \frac{K(k_1)}{K(k_1')} + 2\epsilon_0 \epsilon_r \frac{K(k_2)}{K(k_2')} \quad (2.19)$$

ile bulunur. Burada,

$$k_1 = \frac{a}{b} \quad (2.20)$$

$$k_2 = \sqrt{\frac{1+t_c/t_b}{1+t_c/t_a}} \quad (2.21)$$

dir. Böylece, efektif dielektrik sabiti ve karakteristik empedans,

$$\epsilon_{\text{eff}} = C_T(\epsilon)/C_T(1) \quad (2.22)$$

$$Z_o = c^{-1}[C_T(\epsilon_r)C_T(1)]^{-1/2} \quad (2.23)$$

şeklinde elde edilir.

Bu analize göre V-biçimli iletken destekli mikroekranlı CPW'nin karakteristik empedansının ve efektif dielektrik sabitinin β 'nin farklı açıları için d/h geometrik parametresine bağlı olarak değişimi, (Cheng ve Robertson, 1996b)'de Şekil 2'de verilmiştir. Buna göre, sabit a, b, d ve h değerleri için hat empedansının β açısının azalan değeri ile azaldığı görülebilir. Ayrıca d/h küçüldükçe karakteristik empedans hızlı bir şekilde azalır. Bu, hattın birim uzunluğundaki kapasitesinin artmasının bir sonucudur.

2. 3. 3. Asimetrik V-Biçimli Mikroekranlı CPW (AVSML)'nin Quasi-Statik Analizi

Bu bölümde, Cheng ve Robertson tarafından sunulan AVSML yapısının analizinde kullanılan metod önceki kısımda anlatılan konform dönüşüm dizisine benzer. Analiz edilmiş olan AVSML konfigürasyonu Şekil 2.7a'da gösterilmektedir. Burada alt toprak düzlemleri bir üçgenin kenarlarını oluşturacak şekilde V-biçiminde dielektrik içerisine bükülür. Genişliği b olan merkez iletkeni, bağıl dielektrik sabiti ϵ_r olan bir taban üzerinde bulunan iki toprak düzlemi arasına yerleştirilir. Hattın birim uzunluğundaki toplam kapasitesi, dielektrik sabiti $(\epsilon_r - 1)$ olarak kabul edilen alt bölge kapasitesi ile hava yalıtımlı üst bölge kapasitelerinin toplamı olarak hesaplanabilir.

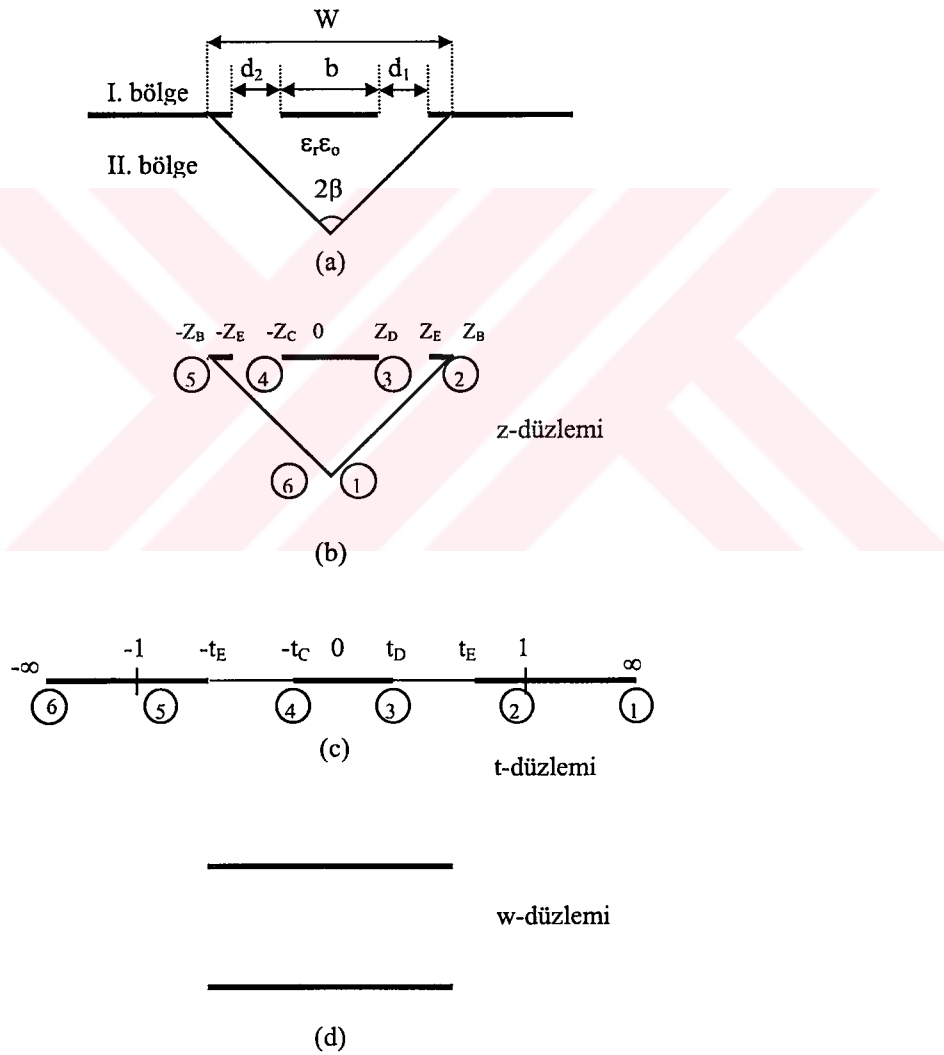
Alt bölgenin kapasitesi uygun bir konform dönüşüm dizisi ile Şekil 2.7c'deki gibi t-düzlemine dönüştürülür. Dönüşümü veren integral fonksiyonu denklem (2.8) ile daha önce verilmişti. Daha sonra t-düzleminin üst yarı bölgesi

$$w = \int_0^t \frac{dt}{\sqrt{(t+t_E)(t-t_E)(t-t_C)(t-t_D)}} \quad (2.24)$$

integral dönüşümü ile w -düzlemindeki dikdörtgenin iç bölgesine dönüştürülür. t_C , t_D , t_E , değerleri d_1/b , d_2/b , b/W geometrik oranları ile β 'ya bağlı olarak (Cheng ve Robertson, 1995b)'de verilen Denk (3) ile hesaplanabilir. Hattın birim uzunluğunun toplam kapasitesi,

$$C_T = C_1 + C_2 \quad (2.25)$$

olur.



Şekil 2.7: (a) Asimetrik V-biçimli mikroekranlı CPW, (b) AVSML'nin z -düzlemindeki geometrisi, (c) AVSML'nin t -düzlemindeki geometrisi, (d) AVSML'nin w -düzlemindeki geometrisi

Efektif dielektrik sabiti ve karakteristik empedans,

$$\epsilon_{\text{eff}} = C_T(\epsilon_r)/C_T(1) \quad (2.26)$$

$$Z = \frac{120\pi}{\sqrt{\epsilon_{\text{eff}}}} \frac{1}{K(k_1)/K(k_1') + K(k_2)/K(k_2')} \quad (2.27)$$

şeklinde elde edilir.

2. 3. 4. Dikdörtgen Biçimli, Pozitif ve Negatif Açılı Yamuk Biçimli Mikroekranlı CPW'lerin Quasi-TEM Analizi.

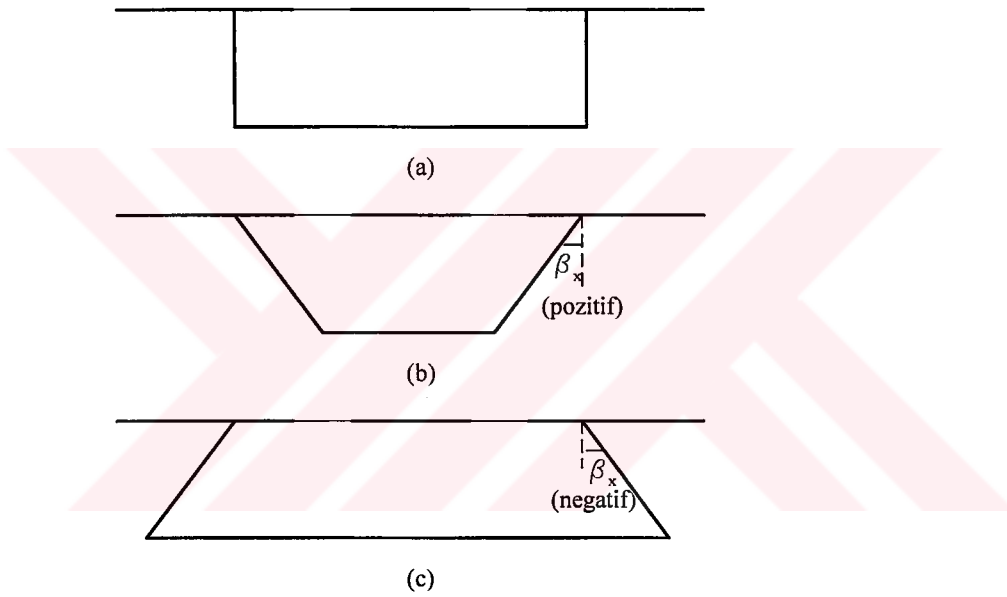
V-biçimli yapılardan farklı olarak dikdörtgen biçimli, pozitif ve negatif açılı yan profillere sahip mikroekranlı CPW'lerin quasi-TEM karakteristikleri verilmiştir. Cheng ve Robertson tarafından sunulan bu çalışmada, konform dönüşüm metodu, yapıların elektriksel parametrelerini elde etmek için kullanılmıştır. Bu çalışmada hem pozitif hem de negatif açılı yamuk biçimli mikroekranlı hatların karakteristik empedansı için nümerik sonuçlar sunulmuştur. Basit ve kesin CAD yönlü ifadeler dikdörtgen biçimli mikroekranlı hatların analizi ve tasarımı için uygulanmış ve bu formüllerden elde edilen sonuçlarla standart nümerik teknikler ile elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır (Cheng ve Robertson, 1995c).

Bu çalışmadan aşağıdaki sonuçlar çıkarılabilir:

1. Şekil 2.8'de verilen mikroekranlı hatların karakteristik empedansı için konform dönüşüm metodu kullanılarak analitik bir çözüm yapılmıştır.
2. Dikdörtgen-biçimli mikroekranlı hattın karakteristik empedansının hesabı için basit ve kesin ifadeler elde edilmiştir.

3. Dikdörtgen-biçimli mikroekranlı hattın hassasiyet analizi yapılmıştır.

2a genişlikli merkez iletkeni bağlı geçirgenliği ϵ_r ve kalınlığı h olan bir taban üzerine topraklar arası genişliği $2b$ olan iki toprak düzlemi arasına yerleştirilir. Hattın birim uzunluğundaki toplam kapasitesi üst bölge (hava) ve alt bölge (dielektrik) kapasitelerinin toplamı olarak hesaplanır. Alt bölgenin kapasitesi uygun bir konform dönüşüm dizisi ile elde edilebilir. İlk olarak, Schwartz-Christoffel dönüşümü kullanılarak alt bölgenin iç kısmı Şekil 2.8c'deki t bölgesine dönüştürülür.



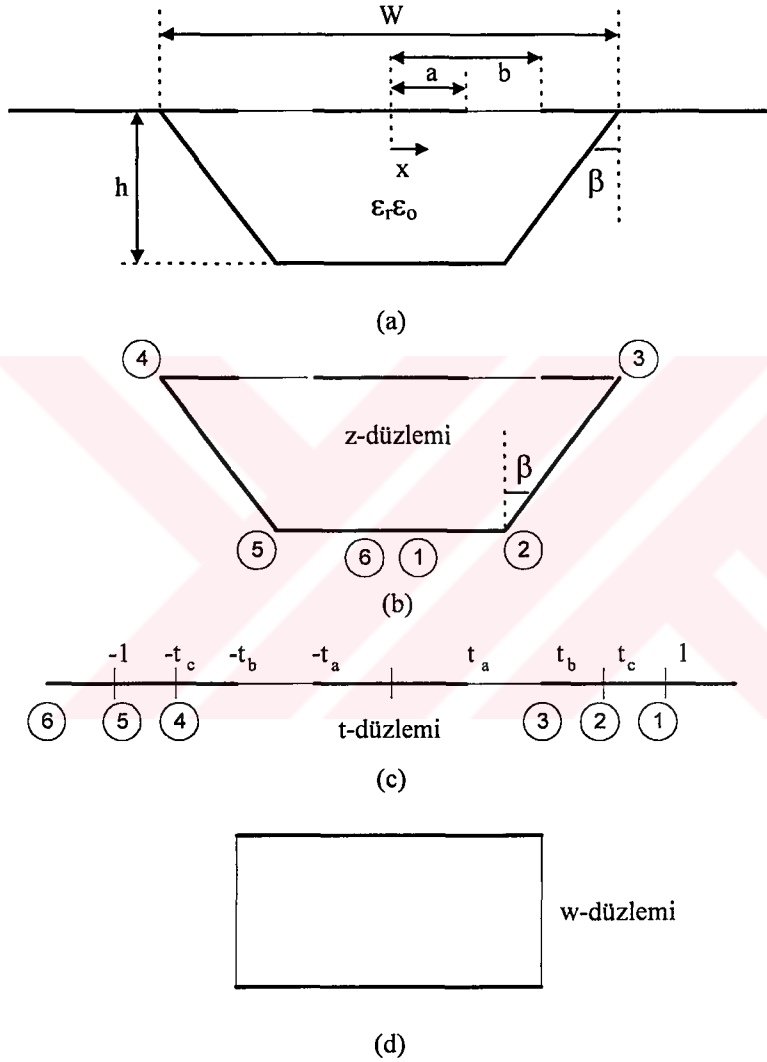
Şekil 2.8 (a) Dikdörtgen- biçimli mikroekranlı CPW,
 (b) Pozitif açılı yamuk biçimli mikroekranlı CPW,
 (c) Negatif açılı yamuk biçimli mikroekranlı CPW

$$z = A \int_0^t (t^2 - 1)^{-p} (t^2 - t_c^2)^{p-1} dt \quad (2.28)$$

dir. Daha sonra, t -düzleminin alt bölgesi,

$$w = A \int_0^t \frac{dt}{\sqrt{(t^2 - t_a^2)(t^2 - t_b^2)}} \quad (2.29)$$

integral dönüşümü ile Şekil 2.9d'deki gibi ile w -düzlemindeki dikdörtgenin iç bölgesine dönüştürülür. Burada $p=1/2-\beta/\pi$ dir. t_a , t_b , ve t_c ara parametreleri, a/h , b/h , W/h geometrik oranları ile β 'nin bir fonksiyonu olarak aşağıdaki eşitliklerle verilebilir.



Şekil 2.9: Pozitif ve negatif açılı yamuk biçimli mikroekranlı CPW'nin konform dönüşümü.

$$\frac{2h}{W} \Delta = \cos \beta \int_0^{\operatorname{arccosh}(\frac{1}{tc})} \frac{d\theta}{\sinh^{1-2p} \theta (1 - t_c^2 \cosh^2 \theta)^p} \quad (2.30a)$$

$$\frac{2b}{W} \Delta = \int_0^{\operatorname{arcsin}(\frac{tb}{tc})} \frac{d\theta}{\cos^{1-2p} \theta (1 - t_c^2 \sin^2 \theta)^p} \quad (2.30b)$$

$$\frac{2a}{W} \Delta = \int_0^{\operatorname{arcsin}(\frac{ta}{tc})} \frac{d\theta}{\cos^{1-2p} \theta (1 - t_c^2 \sin^2 \theta)^p} \quad (2.30c)$$

$$\Delta = \int_0^{\frac{\pi}{2}} \frac{d\theta}{\cos^{1-2p} \theta (1 - t_c^2 \sin^2 \theta)^p} \quad (2.30d)$$

Üst ve alt bölgelerin toplam kapasiteleri sırası ile C_1 ve C_2 ile gösterilecek olursa, hattın birim uzunluğunun kapasitesi;

$$C_T(\epsilon_r) = C_1 + C_2 = 2\epsilon_0 \frac{K(k_1)}{K'(k_1)} + 2\epsilon_r \epsilon_0 \frac{K(k_2)}{K'(k_2)} \quad (2.31)$$

ile verilir.

Burada, $k_1 = a/b$ ve $k_2 = t_a/t_b$ 'dir. Böylece hattın efektif dielektrik sabiti ve karakteristik empedansı

$$\epsilon_{\text{eff}} = \frac{C_T(\epsilon_r)}{C_T(1)} \quad (2.32)$$

$$Z_0 = \frac{1}{c\sqrt{C_T(\epsilon_r).C_T(1)}} \quad (2.33)$$

şeklinde elde edilir.

BÖLÜM III

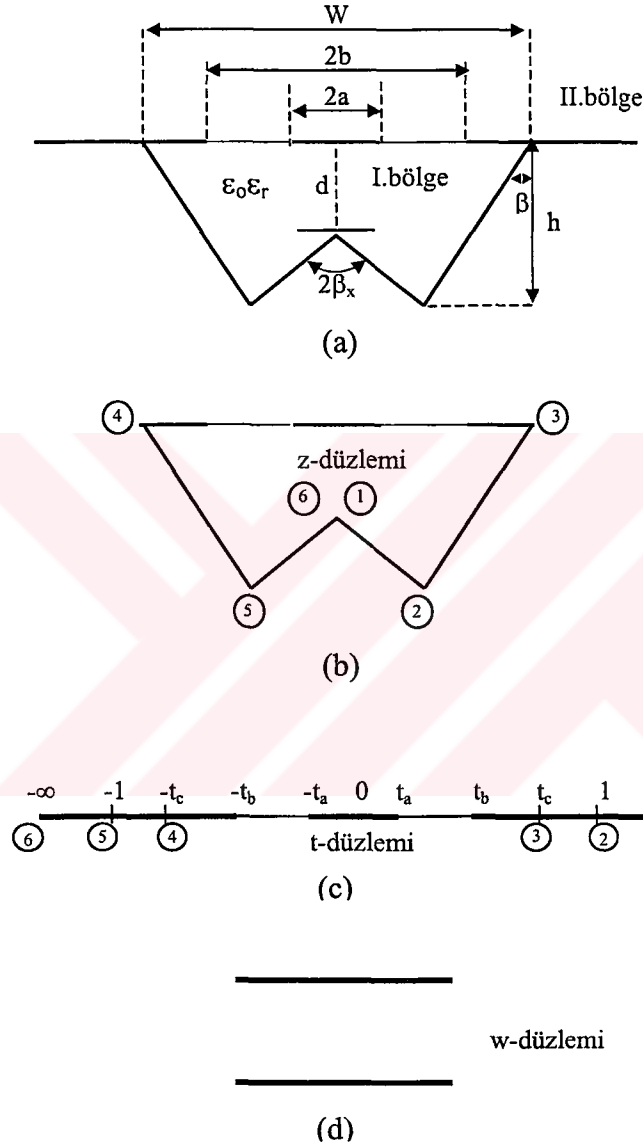
YENİ V-BİÇİMLİ YAPILAR VE QUASI-STATİK ANALİZİ

Bir önceki bölümde, literatürde mevcut olan V-biçimli mikroekranlı hatların konform dönüşüm metodu (CMM) kullanılarak quasi-statik analizleri verilmiş ve quasi-TEM parametrelerinin hesabı için kapalı form analitik ifadeler sunulmuştur. Analizleri yapılan V-biçimli mikroekranlı hatlar, CPW'lerin tasarımında karşılaşılan bazı teknik problemlere çözüm sunması açısından rağbet edilen bir konu olmuştur. Bu bölümde ise henüz literatürde mevcut olmayan W-biçimli mikroekranlı hat (WSML: W-Shaped Microshield Line) ve V-biçimli silindirik mikroekranlı hat (CVSML: Cylindrical V-Shaped Microshield Line) olmak üzere iki yeni yapının konform dönüşüm metoduna dayalı quasi-statik analizi gerçekleştirilecek ve quasi-TEM parametreleri hesaplanacaktır. Her iki yapının teorik analizi verildikten sonra tartışma ve sonuç kısmında ise, bu yeni yapılar irdelenecek ve avantajlarından bahsedilecektir.

3. 1. Yeni W-Biçimli Mikroekranlı CPW'nin Quasi-Statik Analizi

Bu çalışmada konform dönüşüm tekniğine dayanan W-biçimli mikroekranlı hattın quasi-TEM karakteristik elde edilmesi için nümerik yöntem içeren kesin ve pratik formüller sunulmaktadır. Analizler quai-TEM kabulü ve aynı zamanda dispersiyon etkisinin olmadığı varsayılarak yapılmıştır. Analizi gerçekleştirilecek olan WSML konfigürasyonu Şekil 3.1a'da gösterilmektedir. $2a$ genişlikli merkez iletkeni bağlı dielektrik sabiti ϵ_r ve kalınlığı h olan bir taban üzerine, topraklar arası genişliği $2b$ olan iki toprak düzlemi arasına yerleştirilmiştir. Yapının yan kollarının açısı şekilde görüldüğü gibi β ve merkez iletkene uzaklığı d ile verilen W-yapının iç açısı $2\beta_x$ olarak tanımlanmıştır. Hattın birim uzunluğundaki toplam kapasitesi I. Bölge (hava) ve II.

Bölge (dielektrik) kapasitelerinin toplamı olarak düşünülebilir. I. bölgenin kapasitesi uygun bir konform dönüşüm dizisi ile bulunabilir. İlk olarak I. Bölgenin iç kısmı,



Şekil 3.1 W-biçimli CPW geometrisi ve konform dönüşüm dizisi.

$$Z = A \int_0^t (t^2 - 1)^{-(1-p+k)} (t^2 - t_c^2)^p dt \quad (3.1)$$

ters Schwartz-Christoffel dönüşümü ile Şekil 3.1c'deki t-düzlemine dönüştürülür. Daha sonra,

$$w = \int_0^t \frac{1}{\sqrt{(t^2 - t_a^2)(t^2 - t_b^2)}} dt \quad (3.2)$$

integral dönüşümü ile Şekil 3.1d'deki w-düzlemindeki dikdörtgenin iç bölgesine dönüştürülür. Burada,

$$0 < t_a < t_b \leq t_c < 1$$

$$\frac{\pi}{2} < \beta < \arctan\left(\frac{W}{2h}\right)$$

ve $p=1/2+\beta/\pi$, $k=1/2-\beta_x/\pi$ 'dir. Şekilde gösterilen yapıda β ve β_x 'in farklı durumları için yapı ikinci bölümde verilen ve literatürde mevcut olan (Cheng ve Robertson, 1995c) ile sunulan yapılara dönüşür. Şekilde verilen t-düzlemindeki t_a , t_b ve t_c değerleri a/h , b/h ve W/h geometrik oranları, β ve β_x 'in bir fonksiyonu olarak

$$\frac{2h}{W} \Delta = \cos \beta \int_0^{\operatorname{arccosh}\left(\frac{1}{t_c}\right)} \frac{d\theta}{\sinh^{2p-1} \theta (1 - t_c^2 \cosh^2 \theta)^{1-p+k}} \quad (3.3a)$$

$$\frac{2b}{W} \Delta = \int_0^{\operatorname{arcsin}\left(\frac{t_b}{t_c}\right)} \frac{d\theta}{\cos^{2p-1} \theta (1 - t_c^2 \sin^2 \theta)^{1-p+k}} \quad (3.3b)$$

$$\frac{2a}{W} \Delta = \int_0^{\operatorname{arcsin}\left(\frac{t_a}{t_c}\right)} \frac{d\theta}{\cos^{2p-1} \theta (1 - t_c^2 \sin^2 \theta)^{1-p+k}} \quad (3.3c)$$

$$\Delta = \int_0^{\frac{\pi}{2}} \frac{d\theta}{\cos^{2p-1} \theta (1 - t_c^2 \sin^2 \theta)^{l-p+k}} \quad (3.3d)$$

ifadeleri kullanılarak elde edilir. Yukarıda verilen integral fonksiyonları içerisinde bulunan ve yapının t-düzlemindeki karşılığı olan t_a , t_b ve t_c değerlerini bulabilmek için ilk olarak fonksiyonun nasıl bir değişim gösterdiği incelenmiştir. Daha sonra integral denklemlerinin çözümü için yamuk kuralı kullanılarak, bilinmeyenler elde edilmiştir. Nümerik analiz için kullanılan MATLAB çözüm programı Ekler kısmında verilmiştir.

Elde edilen t_a , t_b ve t_c değerlerine bağlı olarak I. ve II. bölgelerin toplam kapasiteleri sırası ile C_1 ve C_2 ile gösterilecek olursa, hattın birim uzunluktaki toplam kapasitesi;

$$C_T(\epsilon_r) = C_1 + C_2 = 2\epsilon_0 \frac{K(k_1)}{K'(k_1)} + 2\epsilon_r \epsilon_0 \frac{K(k_2)}{K'(k_2)} \quad (3.4)$$

ile elde edilir. Burada $K(k)$ birinci tür tam eliptik integraldir. Modüller sırası ile $k_1=a/b$ ve $k_2=t_a/t_b$ 'dir. Böylece hattın efektif dielektrik sabiti ve karakteristik empedansı sırası ile,

$$\epsilon_{\text{eff}} = \frac{C_T(\epsilon_r)}{C_T(1)} \quad (3.5)$$

$$Z_o = \frac{1}{c\sqrt{C_T(\epsilon_r).C_T(1)}} \quad (3.6)$$

şeklinde verilebilir. Burada c serbest uzaydaki ışık hızıdır.

W-yapının konfigürasyonuna bakıldığında β ve β_x 'in farklı değerleri için W-yapısı daha önce analizleri yapılan V (Şekil 2.7), dikdörtgen, pozitif ve negatif açılı yamuk biçimli mikroekranlı yapılara (Şekil 2.8) dönüşür.

3.1.1. β_x Açısının Özel Durumları

W-yapının özelliğini ortaya koyan β_x açısının bazı özel durumlarında, W-yapı, daha önceden çalışılan ve literatürde mevcut Şekil 2.7 ve Şekil 2.8, Cheng ve Robertson 1995b ve 1995c ile sunulan V-biçimli yapılara dönüşür. Bu durum W-yapının diğer yapıları kapsadığı sonucunu ortaya koyar.

$\beta_x=\pi/2$ durumu: Bu özel durum için W-yapı, β açısının farklı durumları için Cheng ve Robertson tarafından sunulan pozitif ve negatif açılı yamuk biçimli mikroekranlı yapılara (Cheng ve Robertson, 1995c) dönüşür. $\beta_x=\pi/2$ ve $\beta=0^\circ$ durumunda W-yapı dikdörtgen yapılı mikroekranlı yapıya dönüşmekte, bu iki yapının mukayesesi aşağıdaki Çizelge 3.1’de verilmiştir.

$\beta_x=\pi-\beta$ durumu: β_x ’in bu özel durumu için bu kez W-yapı yine Cheng ve Robertson tarafından sunulan asimetrik V-biçimli mikroekranlı yapıya (Cheng ve Robertson, 1995b) dönüşür. Bu durum için Çizelge 3.2’de bir karşılaştırma mevcuttur.

Çizelge 3.1: (Cheng ve Robertson, 1995c) ile yeni W-yapının $\beta_x=\pi/2$ ($d/h=1.0$) durumundaki farklı oranlara bağlı olarak karakteristik empedansının karşılaştırılması

		Cheng ve Robertson 1995c’de Sunulan Çalışma			Yeni W yapı ($\beta_x=\pi/2$)		
a/h	a/b	2b/W			2b/W		
		0.5	0.8	1.0	0.5	0.8	1.0
0.1	0.95	57.34/57.34	54.24/54.24	45.87/45.87	57.34	54.24	45.87
	0.5	118.60/117.69	112.34/112.34	105.80/105.80	118.60	112.34	105.80
0.2	0.95	57.33/57.33	54.24/54.24	45.87/45.87	57.33	54.23	45.87
	0.5	117.43/116.66	112.16/112.15	105.75/105.75	116.65	112.15	105.75
0.5	0.95	56.27/56.23	53.94/53.94	45.80/45.80	56.22	53.94	45.79
	0.5	105.60/105.18	104.59/104.39	101.22/101.13	105.17	104.39	101.12
1.0	0.95	51.73/51.68	50.89/50.90	44.40/44.41	51.68	50.90	44.40
	0.5	84.14/84.27	84.19/84.25	83.70/83.74	84.26	84.24	83.74

Çizelge 3.2: (Cheng ve Robertson, 1995b) ile yeni W-yapının karakteristik empedanslarının $\beta_x = \pi - \beta$ için a/b oranına bağlı olarak karşılaştırılması.

Cheng ve Robertson, 1995b'de Önerilen Çalışma				W-Yapı ($\beta=30^\circ$)
b/(b+d ₁ +d ₂)	Nümerik Metot	I. Yaklaşım	II. Yaklaşım	a/b
0.1	144.0	144.4	144.1	143.96
0.2	112.1	112.3	112.0	112.09
0.3	93.1	92.8	92.9	93.08
0.4	79.2	78.8	79.1	79.21
0.5	68.0	67.6	68.0	68.04
0.6	58.4	58.0	58.3	58.42
0.7	49.7	49.4	49.6	49.67
0.8	41.2	40.9	41.1	41.17
0.9	32.0	31.8	31.9	31.97

3. 1. 2. WSML İçin Elde Edilen Sonuçlar

Yukarıda verilen ve yapıların quasi-statik analizi için öngörülen analitik ifadelerin doğruluğunu göstermek için, farklı geometrik oranlara bağlı olarak W-yapının karakteristik empedansındaki değişimi değerlendirmek için aşağıdaki şekiller verilmiştir. Ayrıca şekiller, W-yapıyı karakterize eden β_x açısının yukarıda anlatılan özel durumları için literatürdeki mevcut yapıların sonuçlarını da içermektedir.

W-biçimli CPW'nin karakteristik empedansının d/h oranının dört değeri (d/h=0.1, 0.5, 0.75 ve 1.0) için farklı a/h, a/b, 2b/W oranları ve β açısının bir fonksiyonu olarak değişimi Şekil 3.3-3.6'da gösterilmektedir. Merkez iletken genişliğinin çok küçük olduğu durumda (a/h=0.1) sabit a/b oranı için d/h'in artan değerlerinde karakteristik empedansta fazla bir değişme olmadığı görülmektedir. Sabit a/b oranı için a/h oranının artması d/h'in farklı oranlarında karakteristik empedansı azaltmaktadır. Çünkü, a/b oranının sabit olması durumunda a/h oranının artışı merkez şerit genişliğinin artması ya da taban kalınlığının azalması ve dolayısı ile yapının birim uzunluktaki kapasitesinin

(II. bölge için) artmasına sebep olacağından karakteristik empedans azalmaktadır. a/h oranı sabitken a/b oranının artan değerleri hattın birim uzunluktaki toplam kapasitesini artıracığından bütün d/h oranları için karakteristik empedanslar azalmaktadır. Ayrıca, yine a/h oranı sabitken $2b/W$ oranının değişimi karakteristik empedanslar üzerinde etkili olmakta, ancak bu etki d/h oranının farklı durumları için değişmektedir. d/h oranının 0.5'den büyük durumları için $2b/W$ oranının artması karakteristik empedansı azaltmakta, buna karşılık d/h 'ın 0.5'den küçük oranları için $2b/W$ oranının artması karakteristik empedansı arttırmaktadır. W-biçimli CPW'nin konfigürasyonunda gösterilen d mesafesinin artması sonucu alan çizgileri zayıflayacağı için kapasite azalmakta ve karakteristik empedans artmaktadır. Bu mesafe dielektrik taban kalınlığına eşit olduğu durumda ($d/h=1$) W-yapı, Cheng ve Robertson tarafından önerilen yapı (1995c) durumunu alır yani $\beta_x=\pi/2$ özel durumudur. Şekil 3.6 $d/h=1$ için W-yapı ile bu yapının mukayeselerini göstermektedir.

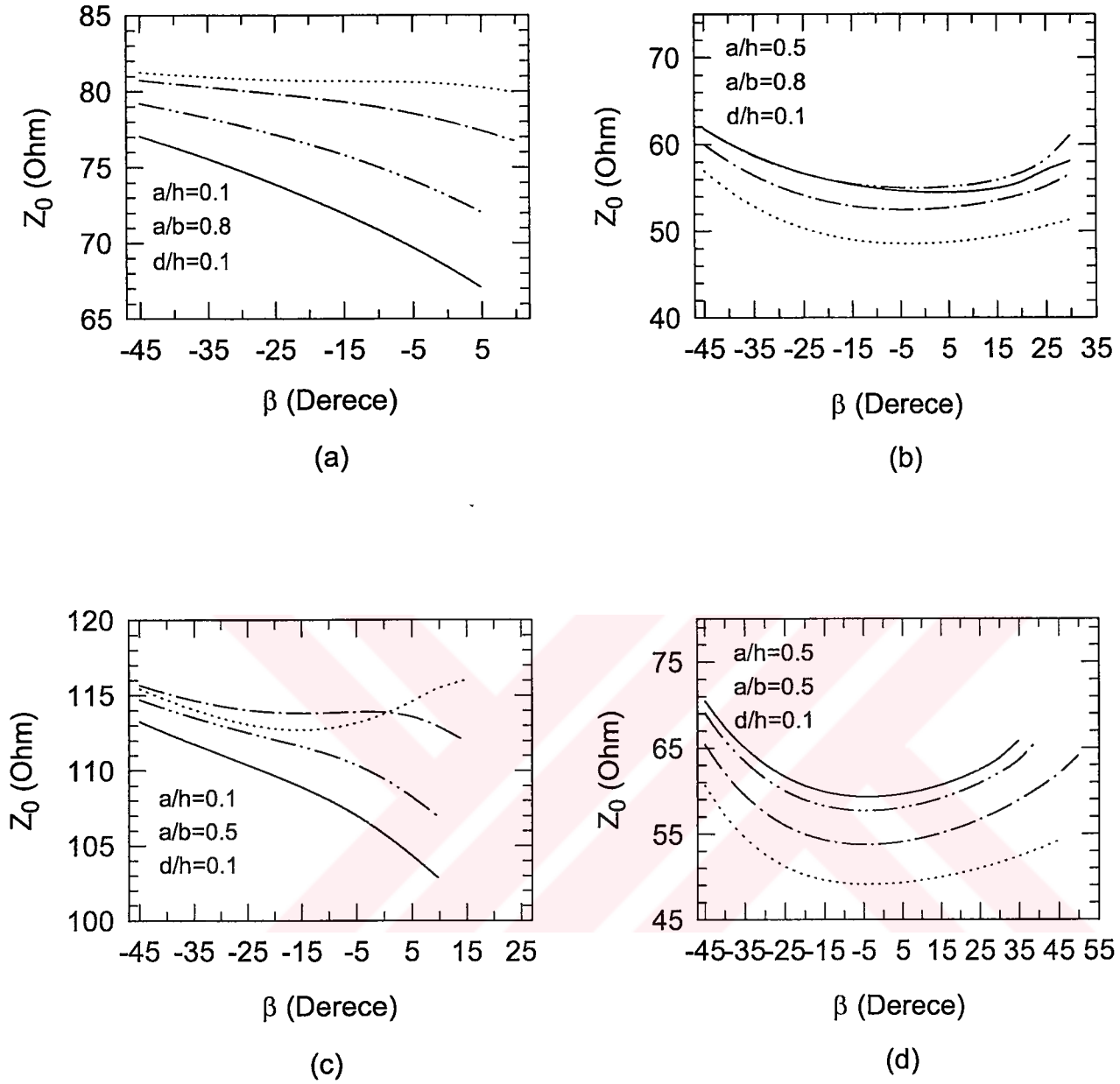
β 'nin farklı değerleri (-30° , 0 , 30°) ayrıca $\epsilon_r = 12.9$, $w/2h=1.0$, $b/h=0.5$ ve $b/h=1.0$ geometrik oranları için W-yapının karakteristik empedansının a/b oranının bir fonksiyonu olarak değişimi Şekil 3. 7' de gösterilmektedir. β 'nin farklı durumları için Cheng ve Robertson tarafından önerilen çalışmadaki (1995c) üç farklı konfigürasyon elde edilmiştir. Örneğin $\beta=0^\circ$ durumunda yapı dikdörtgen biçimli CPW durumunu alır. Şekilden de görüldüğü gibi, a/b oranının artması ile merkez iletken genişliği artar ve buna bağlı olarak kapasite artacağı için, karakteristik empedanslar azalır. β açısının negatiften pozitif doğru artması ile karakteristik empedanslar azalmaktadır. Bunun yanı sıra, karakteristik empedans a/b ve b/h oranının artan değerleri ile azalmaktadır. Şekil 3.7 aynı zamanda W-yapının karakteristik empedansı ile Cheng ve Robertson (1995c) ile sunulan çalışmanın karakteristik empedansının karşılaştığını gösterir.

$W/2h$ 'in farklı iki durumu , sabit bir β açısı (30°) ve β_x ' in farklı değerleri için W-yapının karakteristik empedansının a/b oranına bağlı olarak değişimi Şekil 3. 8 ve 3. 9' da gösterilmektedir. W- yapının karakteristik empedansının hem a/b oranının hem de β_x ' in azalan değerleri ile azalmaktadır. $\beta_x=\pi/2$ olduğunda mevcut yapı Cheng ve Robertson (1995c) tarafından önerilen yapıya dönüşmekte ve şekillerden de görüldüğü gibi karakteristik empedanslar karşılamaktadır. Ayrıca $\beta_x=\pi-\beta$ durumunda mevcut yapı

Cheng ve Robertson (1995b) de önerilmiş olan V-biçimli iletken destekli yapıya dönüşmektedir. Bu durum için de karakteristik empedansların çakıştığı görülmektedir. $W/2h$ 'ın değişimi karakteristik empedans eğrilerinin etkilemeden direkt olarak karakteristik empedans seviyesini değiştirmektedir. $W/2h$ 'ın artan değerleri $\beta_x = \pi/2$ için karakteristik empedansı fazla etkilememektedir. Bununla birlikte, $\beta_x > \pi/2$ değerlerinde karakteristik empedans artarken, $\beta_x < \pi/2$ değerlerinde karakteristik empedans azalmaktadır. Çünkü $\beta_x < \pi/2$ olduğunda d/h oranının azalması ile II.bölge kapasitesi artacağı için karakteristik empedans düşmektedir.

β_x açısının $\pi - \beta$ olması durumunda mevcut W-yapı, V-yapıya dönüşmektedir. Bu durumda β 'nın farklı değerleri (30° ve 45°) ve ayrıca $\epsilon_r = 12.9$, $W/2h = 1.25$, $b/h = 0.5$ ve $b/h = 1.0$ geometrik oranları için W-yapının karakteristik empedansının a/b oranının bir fonksiyonu olarak değişimi Şekil 3. 10' da gösterilmektedir. Şekilden de görüldüğü gibi, a/b oranının artması ile merkez iletken genişliği artar ve buna bağlı olarak kapasite artacağı için, karakteristik empedanslar azalır. Ayrıca karakteristik empedanslar β açısının artması ile de azalmaktadır. a/b oranının azalması ve b/h oranının artmasına bağlı olarak karakteristik empedans artmaktadır. Şekil 3.10'da aynı zamanda W-yapının karakteristik empedansı ile Cheng ve Robertson (1995b) ile sunulan çalışmanın karakteristik empedansının çakıştığını göstermektedir.

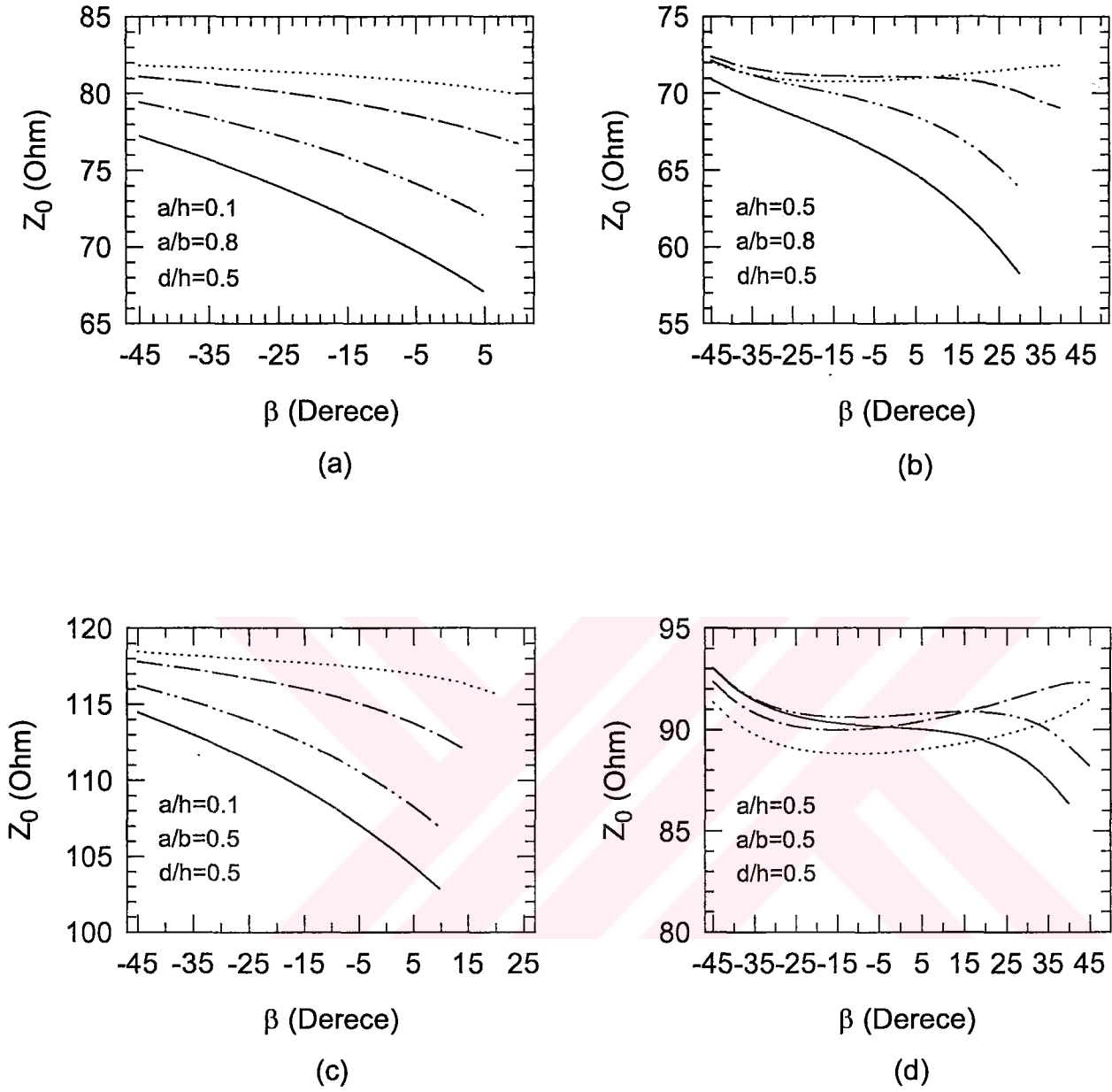
β_x açısının $\pi - \beta$ olması durumunda W-yapının V-yapıya dönüştüğü daha önce vurgulanmıştı. Bunun yanı sıra, $\beta_x = \pi/2$ için ve $W/2h$ oranının $\tan(\beta)$ değerine eşit olduğu durumda da W-yapı Cheng ve Robertson (1995b) ile verilen V-yapıya dönüşmektedir. Bu durumdaki W-yapının karakteristik empedansının a/b oranına bağlı olarak değişimi, sabit bir β açısında (30°), $W/2b = 1$, $\epsilon_r = 2.55$ değerleri için $W/2h$ oranını $\tan(\beta)$ 'ya doğru azalırken Şekil 3.11'de gösterilmektedir. Şekilden görüldüğü gibi, a/b oranının artan değerlerinde karakteristik empedans azalmakta, $W/2h$ 'ın azalan değerleri için artmaktadır. $W/2h = \tan(\beta)$ olduğunda mevcut yapı Cheng ve Robertson (1995b) tarafından sunulan yapıya dönüşmektedir ve karakteristik empedansların çakıştığı görülmektedir.



Şekil 3.3: W-yapının Karakteristik empedansının $d/h=0.1$ oranı için β 'nin bir fonksiyonu olarak değişimi

(a): $a/h=0.1$, $a/b=0.8$, (b): $a/h=0.5$, $a/b=0.8$, (c): $a/h=0.1$, $a/b=0.5$, (d): $a/h=0.5$, $a/b=0.5$

- $2b/W=0.5$
- .-.- 0.7
- 0.9
- 1.0



Şekil 3.4: W-yapının karakteristik empedansın $d/h=0.5$ oranı için β 'nin bir fonksiyonu olarak değişimi

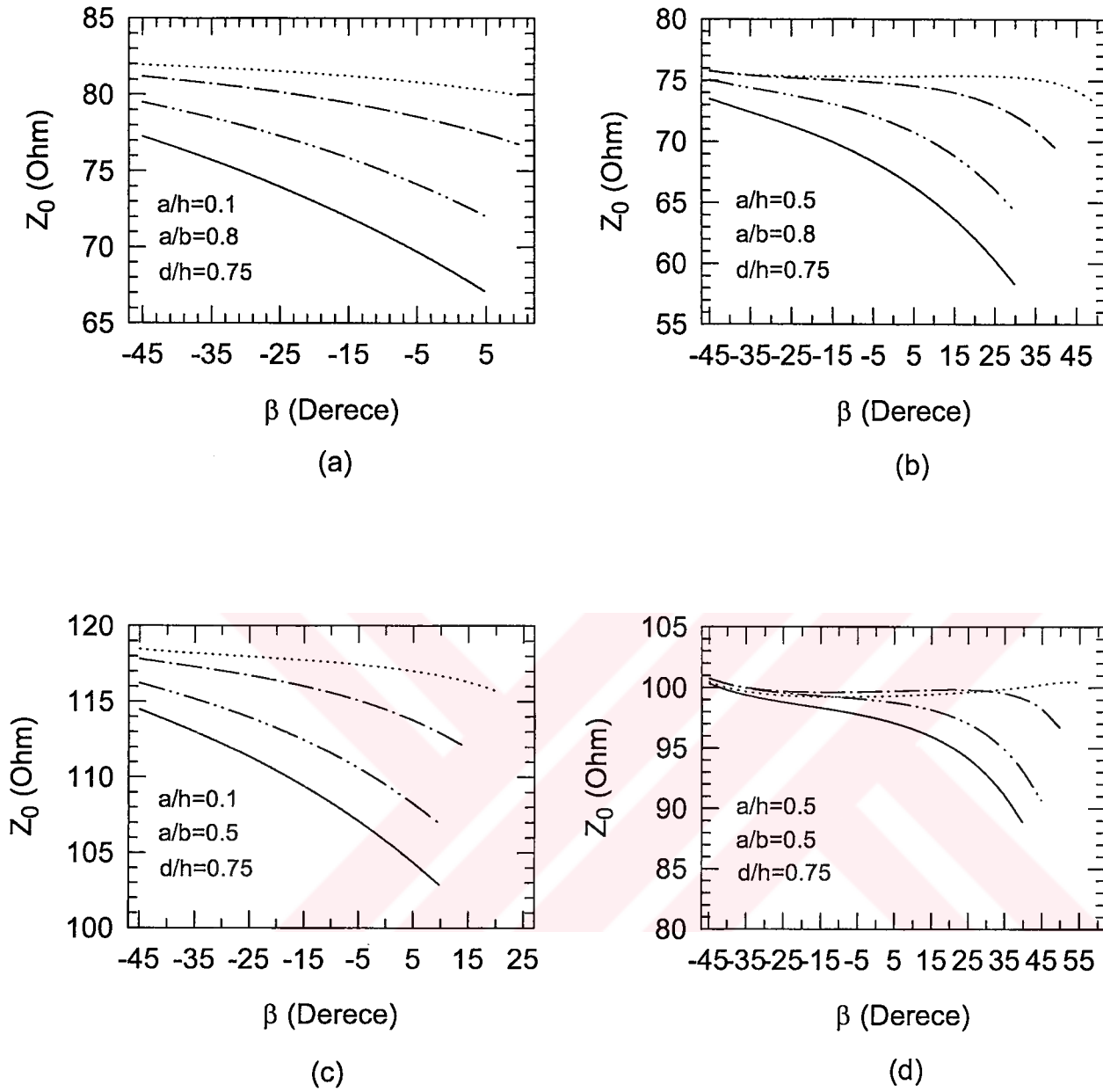
(a): $a/h=0.1$, $a/b=0.8$, (b): $a/h=0.5$, $a/b=0.8$, (c): $a/h=0.1$, $a/b=0.5$, (d): $a/h=0.5$, $a/b=0.5$

..... $2b/W=0.5$

— · — 0.7

— — — 0.9

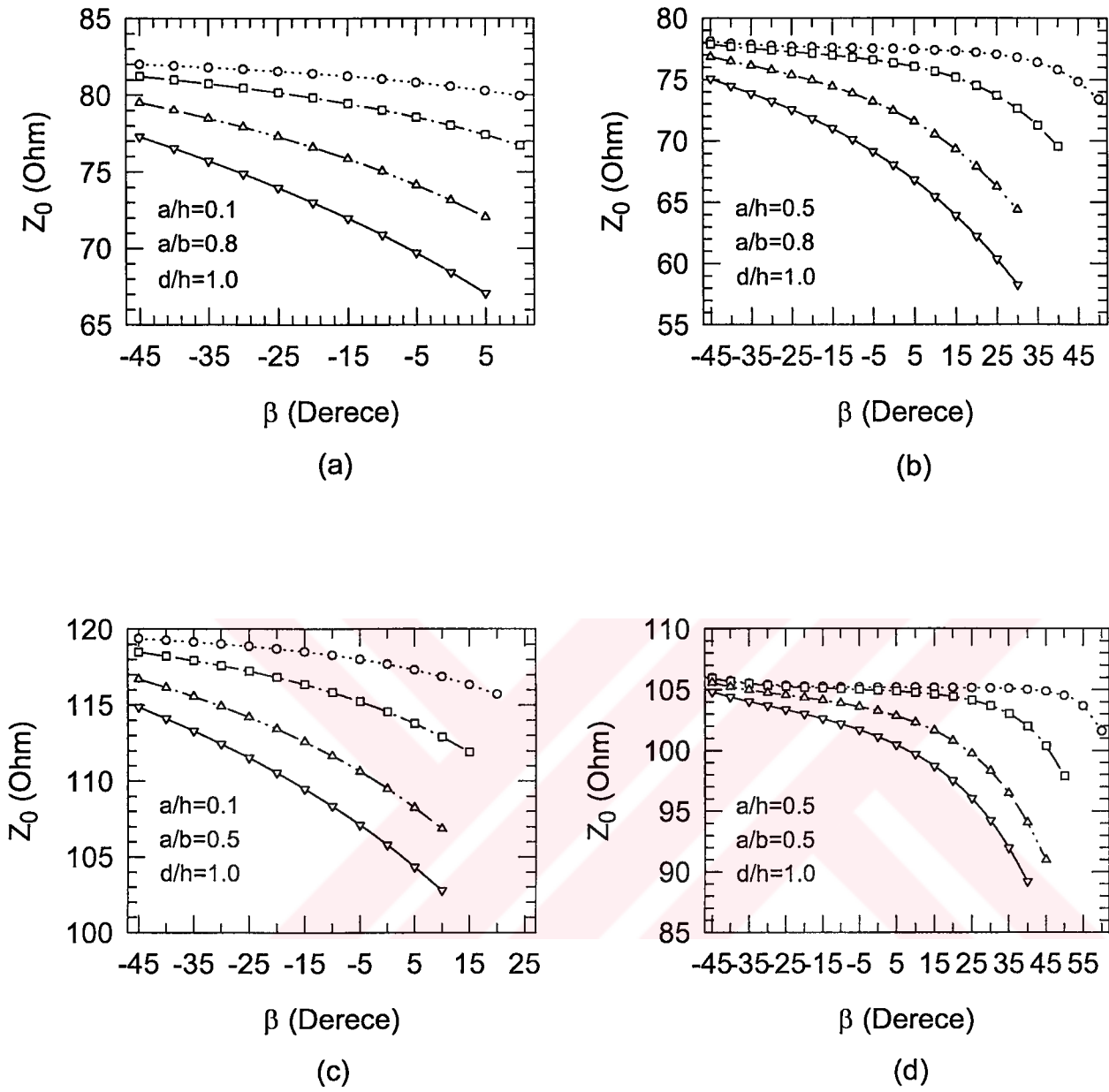
— — — 1.0



Şekil 3.5: W-yapının Karakteristik empedansın $d/h=0.75$ oranı için β 'nin bir fonksiyonu olarak değişimi

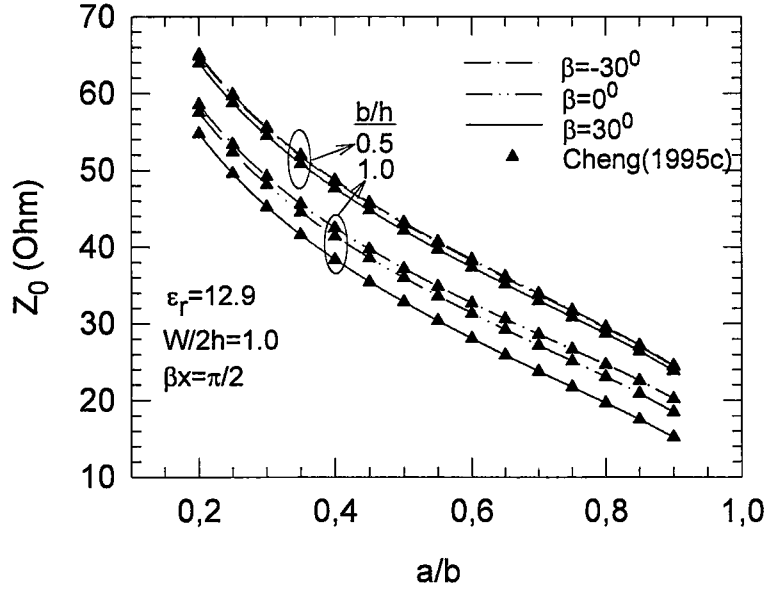
(a): $a/h=0.1$, $a/b=0.8$, (b): $a/h=0.5$, $a/b=0.8$, (c): $a/h=0.1$, $a/b=0.5$, (d): $a/h=0.5$, $a/b=0.5$

- $2b/W=0.5$
- · - 0.7
- - - 0.9
- 1.0

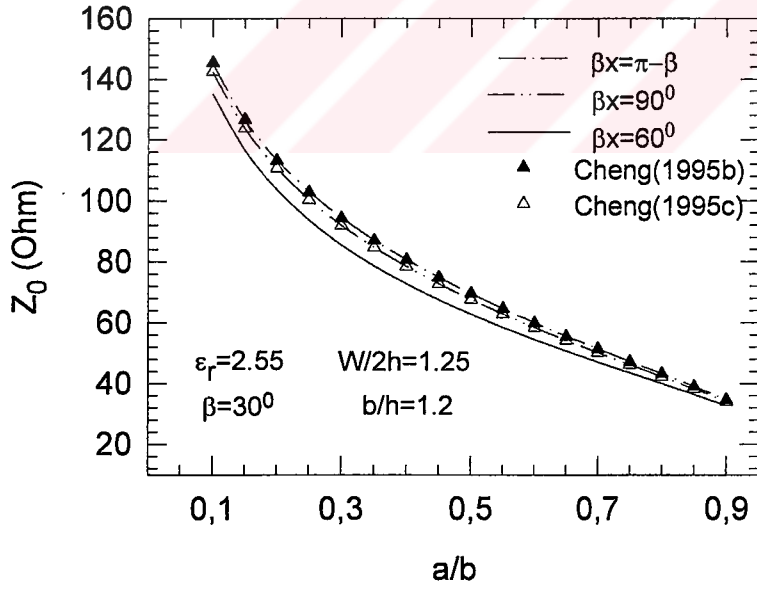


Şekil 3.6: W-yapının Karakteristik empedansın $d/h=1.0$ oranı için β 'nin bir fonksiyonu olarak değişimi
 (a): $a/h=0.1$, $a/b=0.8$, (b): $a/h=0.5$, $a/b=0.8$, (c): $a/h=0.1$, $a/b=0.5$, (d): $a/h=0.5$, $a/b=0.5$

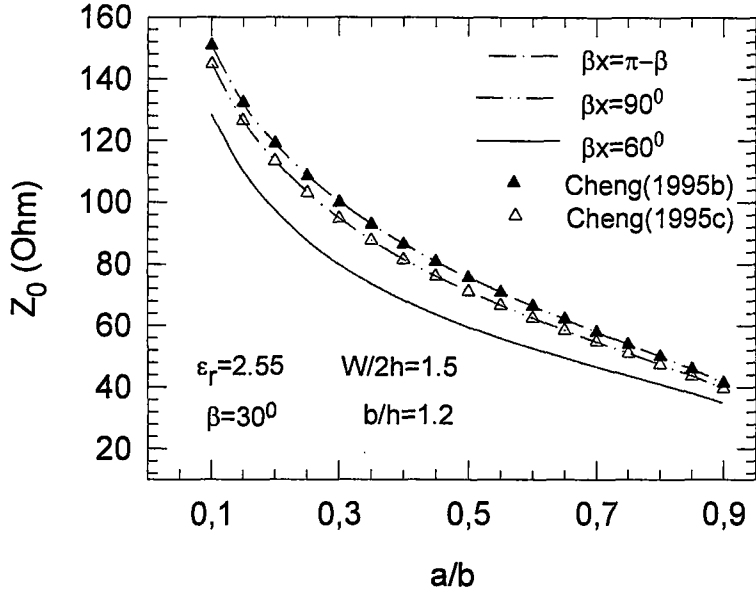
W-yapı	Cheng ve Robertson(1995c)
..... $2b/W=0.5$	○ $2b/W=0.5$
- - - 0.7	□ 0.7
- · - 0.9	△ 0.9
— 1.0	▽ 1.0



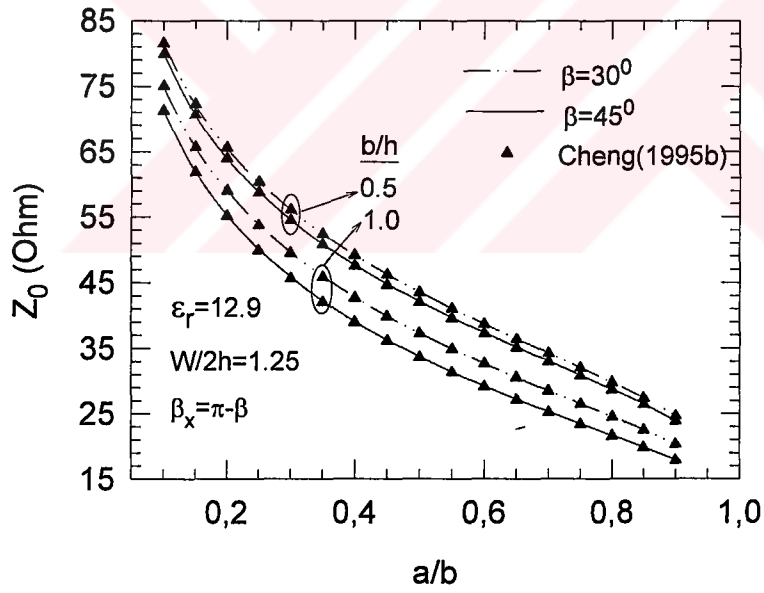
Şekil 3. 7: W-yapının karakteristik empedansının $\beta_x = \pi/2$ ve β 'nin farklı değerleri için a/b oranının bir fonksiyonu olarak değişimi



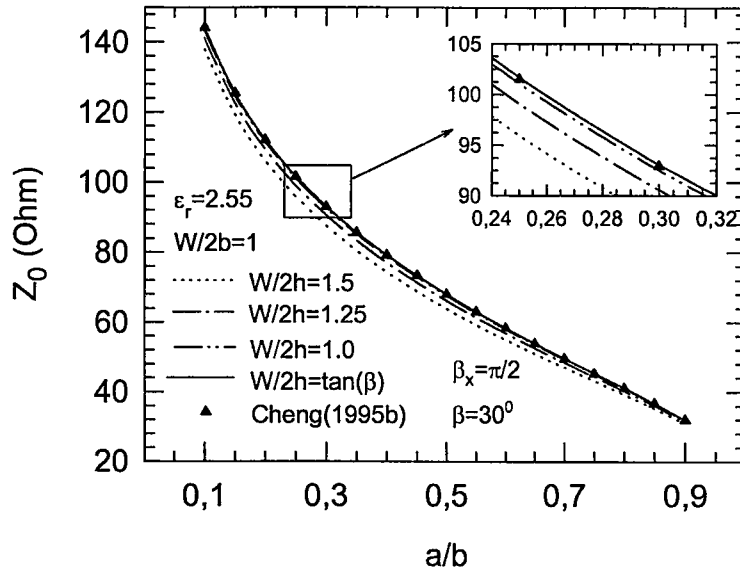
Şekil 3. 8: W-yapının karakteristik empedansının $W/2h = 1.25$ için a/b oranına bağlı olarak değişimi



Şekil 3. 9:W-yapının karakteristik empedansının $W/2h=1.5$ için a/b oranına bağlı olarak değişimi



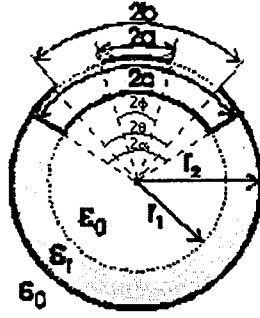
Şekil 3.10:W-yapının karakteristik empedansının $\beta_x = \pi - \beta$ durumunda a/b oranına bağlı olarak değişimi



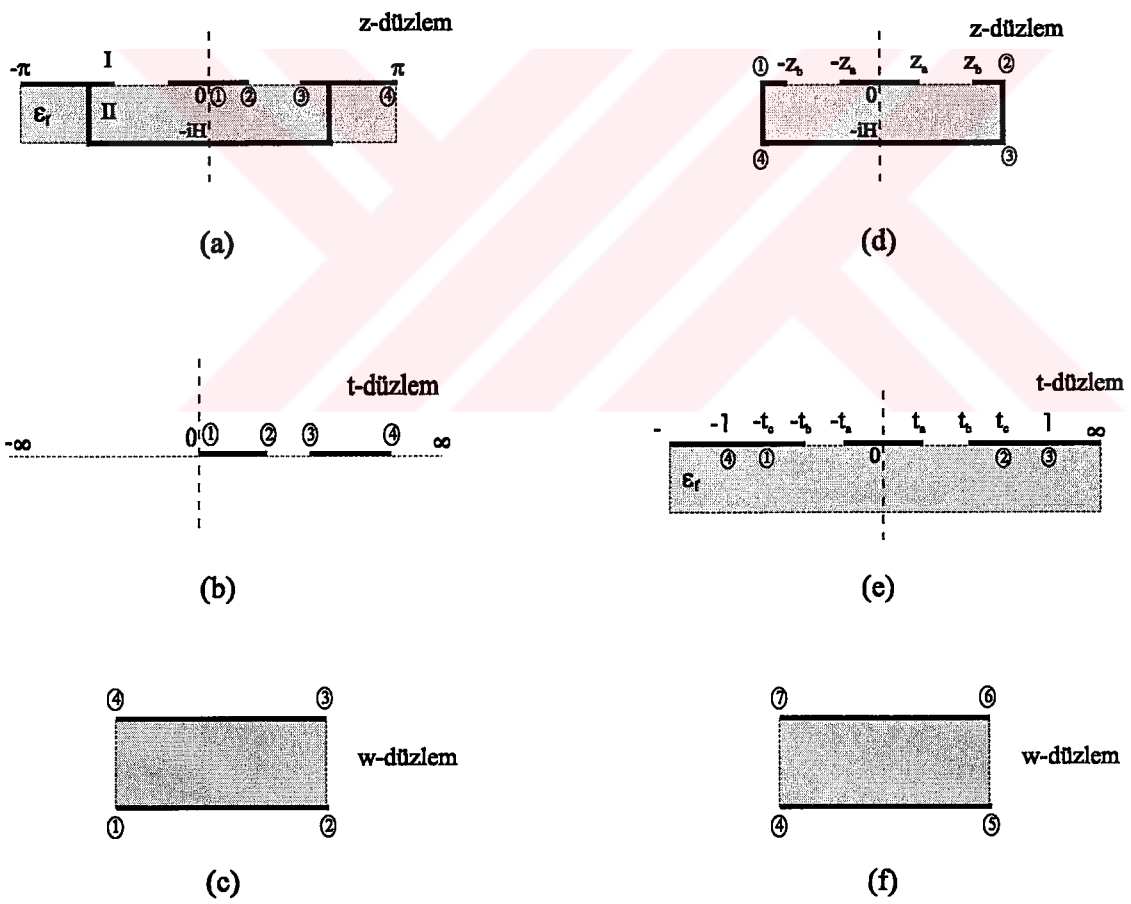
Şekil 3.11:W-yapının karakteristik empedansının $W/2h$ 'ın farklı durumları için a/b oranına bağlı olarak değişimi

3. 2. Yeni Silindirik V-Biçimli Mikroekranlı CPW (CVSML)'nin Quasi-Statik Analizi

Bu çalışmada, konform dönüşüm tekniğine dayalı olarak Silindirik V-biçimli mikroekranlı hattın quasi-TEM karakteristik parametrelerinin elde edilmesi için kapalı formda kesin ve pratik analitik formüller sunulmaktadır. Analizler quasi-TEM kabulü ve aynı zamanda dispersiyon etkisinin olmadığı varsayılarak yapılmıştır. Analizi yapılan olan CVSML konfigürasyonu Şekil 3.2.1 de gösterilmektedir. Şekilden görüldüğü gibi, V-biçimli mikroekranlı silindirik CPW, h ($h=r_2-r_1$) taban kalınlığına sahip ve konvansiyonel iletken destekli silindirik CPW'de iç ve dış yüzeylerdeki toprak düzlemlerinin orijine göre V-biçimi oluşturacak şekilde belirli bir açıda (2α) birleştirilmesi ile gerçekleştirilmiştir. Şekildeki geometrik boyutlara göre 2α açısı, $2\theta \leq 2\alpha < 2\pi$ arasında veya yay uzunluğu olarak $c \leq b < \pi r_2$ olmalıdır. Merkez iletkenin genişliği yay uzunluğu olarak $2a$ ve açısal olarak 2ϕ 'dir. Şekil.3. 2. 1'deki yapı,



Şekil.3.2.1. V-Biçimli Mikroekranlı
Silindirik CPW



Şekil.3.2.2. I. ve II. Bölge için konform dönüştürmeler

$$z = -j \ln\left(\frac{b}{r}\right) + \phi \quad (3.2.1)$$

dönüşüm fonksiyonu kullanılarak Şekil.3.2.2a'daki gibi Dib ve Katehi (1992) tarafından sunulan sonlu dikdörtgen biçimli CPW'ye dönüşür. Yapının birim uzunluktaki toplam kapasitesi, dielektrik kapasitesinin ve dielektrik taban olmadığı durumdaki hava kapasitesinin toplamı ile elde edilir. Hava kapasitesini hesaplamak için Şekil.3. 2. 2.a' da ki üst bölge,

$$t = z^2 \quad (3.2.2)$$

dönüşüm fonksiyonu ile Şekil.3.2.2b'deki t- düzleminin üst yarı bölgesine ve daha sonra,

$$W = \int_t \frac{dt}{\sqrt{(t-t_1)(t-t_2)(t-t_3)(t-t_4)}} \quad (3.2.3)$$

dönüşümü ile Şekil.3.2.2c'de gösterilen w-düzlemindeki dikdörtgenin iç bölgesine dönüştürülür. Böylece C_1 hava kapasitesi,

$$C_1 = 2\epsilon_0 \frac{K(k_1)}{K(k_1')} \quad (3.2.4)$$

ile elde edilir. Burada k_0 ve k_0' modülleri ise,

$$k_1 = \frac{a}{b} \sqrt{\frac{(\pi r_2)^2 - b^2}{(\pi r_2)^2 - a^2}} \quad (3.2.5)$$

$$k_1' = \sqrt{1 - k_1^2} \quad (3.2.6)$$

dir. Dielektrik bölgenin kapasitesini hesaplamak için, Şekil.3.2.2d'deki dielektrik bölge ilk önce,

$$z = A \int_0^t \frac{dt}{\sqrt{(t^2 - 1)(t^2 - tc^2)}} \quad (3.2.7)$$

dönüşüm fonksiyonu ile Şekil.3.2.2'e'deki t- düzleminin üst yarı bölgesine ve daha sonra,

$$w = A \int_0^t \frac{dt}{\sqrt{(t^2 - t_a^2)(t^2 - tb^2)}}$$

dönüşüm fonksiyonu ile Şekil.3.2.2f'de gösterilen w-düzlemindeki dikdörtgenin iç bölgesine dönüştürülür. Böylece C_2 dielektrik kapasitesi,

$$C_2 = 2\varepsilon_0\varepsilon_r \frac{K(k_2)}{K(k_2')} \quad (3.2.8)$$

ile verilir. Burada k_2 ve k_2' modülleri,

$$k_2 = \frac{t_a}{t_b} \quad (3.2.9)$$

$$k_2' = \sqrt{1 - k_2^2} \quad (3.2.10)$$

ile verilir. Bu durumda hattın toplam kapasitesi ve karakteristik empedansı,

$$C_T(\varepsilon_r) = C_1 + C_2 = 2\varepsilon_0 \frac{K(k_1)}{K'(k_1)} + 2\varepsilon_r\varepsilon_0 \frac{K(k_2)}{K'(k_2)}$$

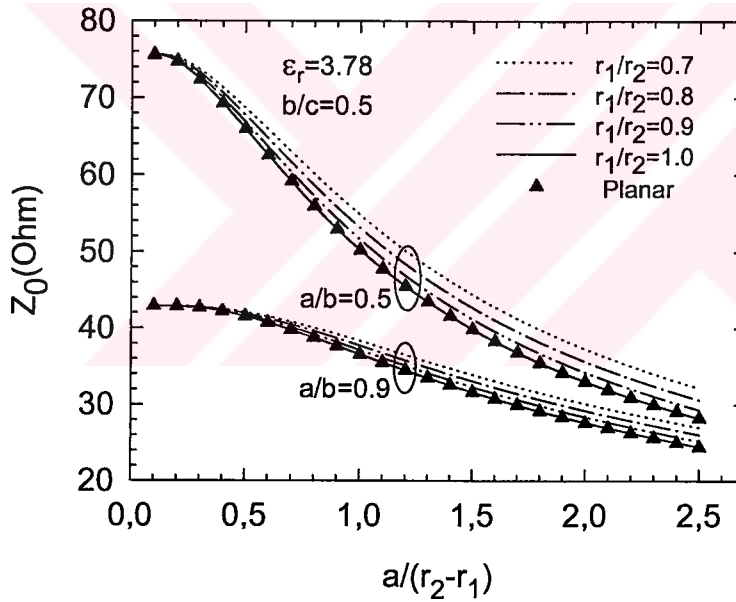
$$\varepsilon_{\text{eff}} = \frac{C_T(\varepsilon_r)}{C_T(1)} \quad (3.2.11)$$

$$Z_o = \frac{1}{c\sqrt{C_T(\varepsilon_r).C_T(1)}} \quad (3.2.12)$$

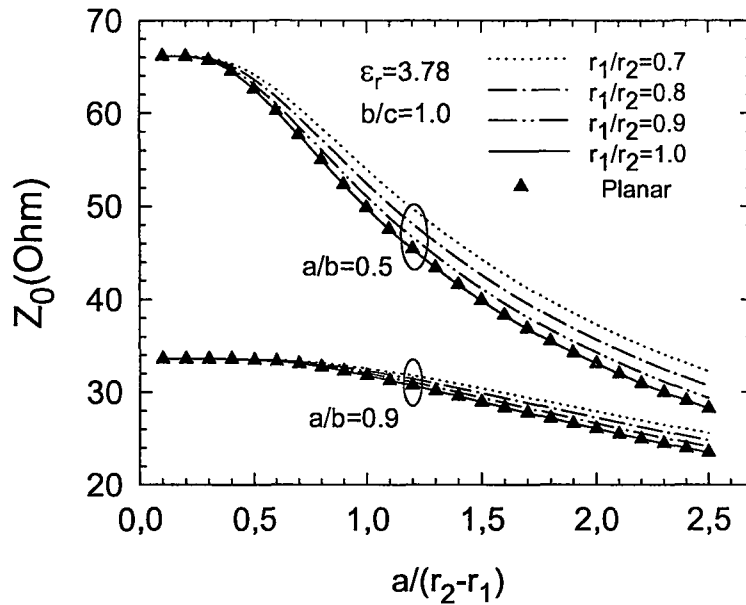
ile bulunur.

3. 2. 1. CVSML İçin Elde Edilen Sonuçlar

Yukarıda verilen ve yapıların quasi-statik analizi için öngörülen analitik ifadelerin doğruluğunu göstermek için, farklı geometrik oranlara bağlı olarak V-biçimli silindirik CPW'nin karakteristik empedansı ve efektif dielektrik sabitinin değişimini irdelemek için aşağıdaki şekiller verilmiştir. Şekillerden de görülebileceği gibi, silindirik yapı r_1/r_2 eğrilik oranının 1 olması durumunda Dib ve Katehi (1992) tarafından sunulan sonlu dikdörtgen-biçimli planar yapıya dönüşmekte, yapının karakteristik empedansı ve efektif dielektrik sabiti değerlerinin çakıştığı görülmektedir. Şekil 3.12 ve 3.13 silindirik V-biçimli mikroekranlı CPW'nin karakteristik empedansının değişimini göstermektedir.

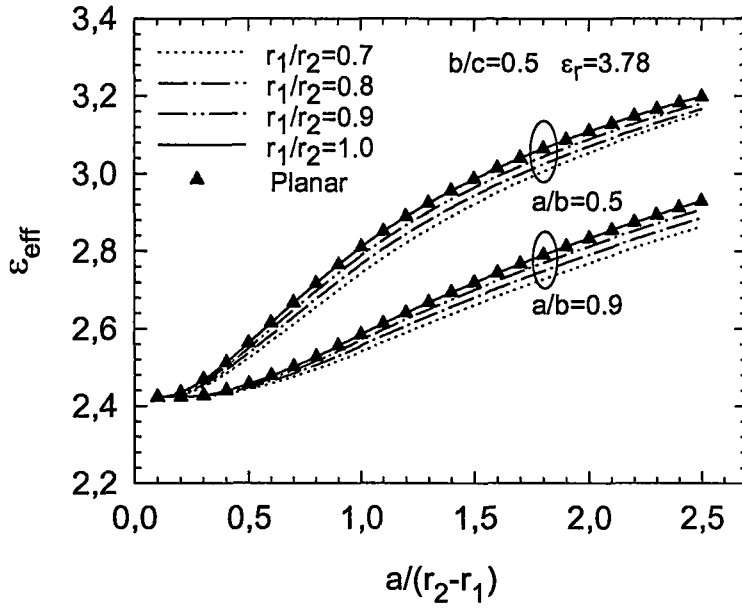


Şekil 3.12: V-Biçimli Mikroekranlı Silindirik CPW'nin karakteristik empedansının $b/c=0.5$ için $a/(r_2-r_1)$ 'e göre değişimi

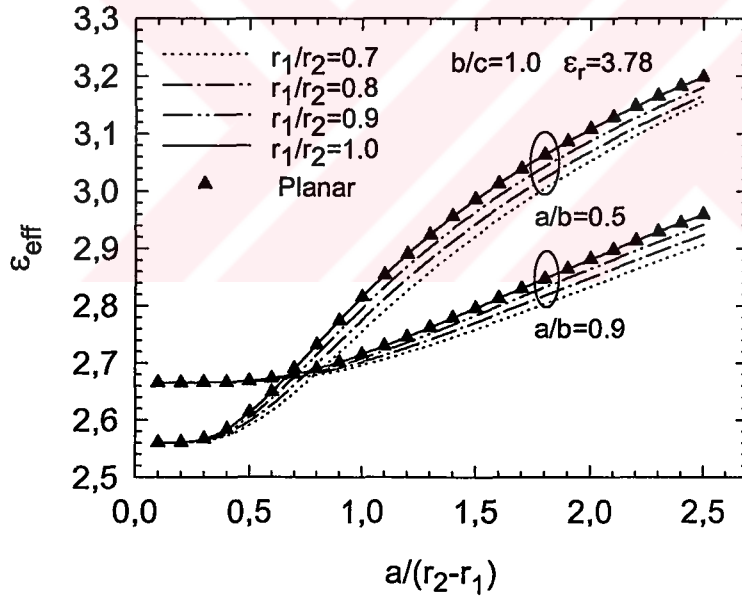


Şekil 3. 13: V-Biçimli Mikroekranlı Silindirik CPW'nin karakteristik empedansının $b/c=1$ için $a/(r_2-r_1)$ 'e göre değişimi

Şekil 3.12 ve 3.13'den görüldüğü gibi, b/c oranının artması ile merkez iletken ile toprak düzleminin birbirlerine yaklaşmasından dolayı elektrik alan çizgilerinin yoğunluğu artar ve dolayısı ile dielektrik bölgenin kapasitesi artacağı için hattın karakteristik empedansı düşer. Aynı durum a/b oranının artması ile de gerçekleşir. r_1/r_2 Eğrilik oranının artması, dielektrik taban kalınlığının azalmasına buna bağlı olarak dielektrik bölgenin kapasitesinin artmasına ve dolayısı ile karakteristik empedansın azalmasına sebep olur. r_1/r_2 oranı bir olduğunda silindirik V-yapı planar yapıya dönüşür. $a/(r_2-r_1)$ oranı arttığında dielektrik taban kalınlığı azalır. Buna bağlı olarak kapasite artar, karakteristik empedans azalır. Şekil 3.14 ve 3.15 silindirik V-biçimli mikroekranlı CPW'nin efektif dielektrik sabitinin değişimini göstermektedir. a/b ve b/c oranlarının artması ile dielektrik bölgenin kapasitesi artacağı için hattın toplam kapasitesi ve efektif dielektrik sabiti artar. Karakteristik empedandaki değişimin tersine, hem r_1/r_2 eğrilik oranının hem de $a/(r_2-r_1)$ oranının artması ile efektif dielektrik sabiti artar.



Şekil.3.14 V-Biçimli Mikroekranlı Silindirik CPW'nin efektif dielektik sabitinin $b/c=0.5$ için $a/(r_2-r_1)$ 'e göre değişimi



Şekil 3.15 V-Biçimli Mikroekranlı Silindirik CPW'nin efektif dielektik sabitinin $b/c=1$ için $a/(r_2-r_1)$ 'e göre değişimi

BÖLÜM IV

TARTIŞMA VE İRDELEMELER

MMIC devrelerinde kullanılmak üzere alternatif bir transmisyon yapısı olarak tasarlanmış olan CPW'lerin farklı konfigürasyonları birçok araştırmacı tarafından ele alınmış, analizleri farklı metotlar kullanılarak gerçekleştirilmiş ve yapıların analizlerinde CAD paketlerinin kullanılması ile karşılaşılan problemler en aza indirilmiştir.

Son zamanlarda, CPS ve CPW'lerin tasarımında karşılaşılan bazı teknik problemlerin çözümü için yeni bir transmisyon hattı olan V-biçimli mikroekranlı CPW'ler önerilmiş ve konform dönüşüm metodu kullanılarak yapıların quasi-TEM karakteristiklerin elde edilmesi için kesin ve pratik analitik ifadeler sunulmuştur. Transmisyon hatlarının karakteristik empedansı ve efektif geçirgenlik sabiti 20 GHz'e kadar olan frekans bölgesinde yüksek doğrulukla hesaplanmıştır.

Bölüm III de, henüz literatürde mevcut olmayan yeni W-biçimli mikroekranlı CPW ve silindirik V-biçimli mikroekranlı CPW önerilmiş, yapıların karakteristik empedansı ve efektif dielektrik sabiti, quasi-TEM kabulü altında , konform dönüşüm metodu kullanılarak hesaplanmıştır. Sonuçlar, yapıların farklı geometrik oranları için elde edilen şekiller ve çizelgelerle desteklenmiş ayrıca ikinci bölümde verilen V-biçimli CPW'lerle W-biçimli mikroekranlı CPW'ler mukayese edilmiştir.

W-biçimli mikroekranlı CPW'yi karakterize eden β_x ve β açılarının farklı durumları için W-biçimli yapının daha önce sunulan ve literatürde mevcut olan yapılara dönüşmesi oldukça çekici bir durumdur. W-yapı için elde edilen nümerik sonuçlar , β_x açısının özel durumunda elde edilen karakteristik empedans değerlerinin daha önce

önerilmiş olan yapıların karakteristik empedansları ile karşılaştığı Şekil ve Çizelge değerleri ile doğrulanmıştır.

Yapılan mukayeselere göre W-biçimli yapının en belirgin avantajı karakteristik empedansının, daha önce önerilmiş olan yapıların karakteristik empedansından daha düşük olduğu β_x ve geometrik oranlara bağlı olarak geniş bir aralığa sahip olmasıdır. Ayrıca hat yoğunluğu yüksek olan devrelerde hatlar arasındaki kuplajı azaltmak için de W-biçimli hatlar kullanmak oldukça avantaj sağlar.

Yeni silindirik V-biçimli mikroekranlı CPW, r_1/r_2 eğrilik oranının 1 olması durumunda sonlu toprak düzlemlili dikdörtgen-biçimli planar yapıya dönüşmekte, yapıların karakteristik empedansı ve efektif dielektrik sabitlerinin karşılaştığı görülmektedir.

Bu çalışma ile sunulan yapıların farklı konfigürasyonları ve özellikle kuplajlı yeni tip yapıların analizleri bundan sonraki çalışmalarda incelenecektir.

KAYNAKLAR

- Ahmari, D.A., Fresina, M.T., Hartmann, Q.J., Barlage, D.W., Mares, P.J., Feng, M., and Stillman, G., High-Speed InGaP/GaAs HBT's with a strained $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ Base, IEEE Electron Device Lett., Vol. 17, 226-228, 1996.
- Aitchison, C.S., Davies, R., Higgins, I.D., Longley, S.R., Newton, B.H., Wells, J.F., Williams, J.C., Lumped Circuits Elements at Microwave Frequencies, IEEE Trans. Microwave Theory Tech., MTT-19, 928-937, 1967
- Alkan, M., Görür, A., Karpuz, C., Quasi-Static Analysis of Cylindrical Coplanar Waveguide with Multilayer Dielectrics, Microwave and Opt. Tech. Lett., 1992
- Alley, G.D., Interdigital Capacitors and Their Application Lumped Element MIC, IEEE Trans. Microwave Theory Tech., MTT-18, 1028-1033, 1970
- Barrett, R.M., M.H. Barnes, Microwave Circuits, National Conf. On Airborne Electronics, IRE, Ohio, May 1951.
- Bedair, S.S., Wolf, I., Fast Accurate and Simple Approximate Analytic Formulas for Calculating Parameters of Supported Coplanar Waveguides for MMIC's" IEEE Trans. Microwave Theory Tech. Vol.40, 41-48..Jun.1992.
- Caulton, M., Daly, D.A., Knight, S.P., Hybrid Integrated Lumped Element Microwave Amplifiers, IEEE Trans. Electron Devices., ED-15, 459-466, 1968
- Caulton, M., Hershenov, B., Knight, S. P, DeBrecht, R.E, Status of Lumped Elements in MIC's-Present and Future, IEEE Trans. Microwave Theory Tech., MTT-19, 928-937, 1971
- Chang, C.N., Chang, W.C., Chen, C.H., Full Wave Analysis of Multilayer Coplanar Lines, IEEE Trans. Microwave Theory Tech. Vol.39, 747-750. Apr.1991.
- Cheng, K.K.M., Everard, J.K.A, A New Technique for the Quasi-TEM Analysis of Conductor Backed Coplanar Structures, IEEE Trans. Microwave Theory Tech. Vol.41, 1589-1592, Sept.1993.

- Cheng, K.K.M., Robertson, I.D., Quasi-TEM Analysis of V-Shaped Conductor-Backed Coplanar Waveguide, IEEE Trans. Microwave Theory Tech., Vol.43, No:8, 1992-1996, Aug.1995a.
- Cheng, K.K.M., Robertson, I.D., Quasi-TEM Study of Microshield Lines with Practical Cavity Sidewall Profiles, IEEE Trans. Microwave Theory Tech., Vol.43, No:12, 2689-2694, Dec.1995c.
- Cheng, K.K.M., Robertson, I.D., Simple and Explicit Formulas for the Design and Analysis of Asymmetrical V-shaped Microshield Line , IEEE Trans. Microwave Theory Tech., Vol.43, No:10, 2501-2505, Oct.1995b.
- Cohn, S.B., Slotline on a Dielectric Substrates, IEEE Trans. Microwave Theory Tech., MTT-17, 768-778, 1969
- Daly, D.A., Knight, S.P., Caulton, M. ve Ekholt, R., Lumped Elements in MIC's, IEEE Trans. Microwave Theory Tech., MTT-15, 713-721, 1967
- Davis, M.E., Finite Boundary Correction to the Coplanar Waveguide Analysis, IEEE Microwave Theory Tech., MTT-21, 594-596, 1973.
- Dib, N.I., Katehi, P.B., Impedance Calculation for the Microshield Line, IEEE Guided Wave Lett., Vol 2, 406-408, Oct.1992
- Fox, A.G., An Adjustable Waveguide Phase Changer, Proc. IRE, Vol.35, 1489-1498, Dec 1947.
- Frankel, M.Y., Gupta, S., Valdmanis, J.A., Terahertz Attenuation and Dispersion Characteristics of Coplanar Transmission Lines, IEEE Trans. Microwave Theory Tech. Vol. 39, 910-916, 1991.
- Frankel, M.Y., Voelker, R.H., Hilfiker, J.N., Coplanar Transmission Lines on Thin Substrates for High-Speed Low-Loss Propagation, IEEE Trans. Microwave Theory Tech., Vol. 42, 396-402,1994.
- Ghione, G., A CAD Oriented Analytical Model for the Losses of General Asymmetric Coplanar Lines in Hybrid and Monolithic MIC's, IEEE Trans. Microwave Theory Tech., Vol.41, Sept.1993.
- Ghione, G., Naldi, C., Analytical Formulas for Coplanar Lines in Hybrid and Monolithic MIC's, Electron Lett., vol. 20, 179-181, 1984.
- Ghione, G., Transmission Lines in MMIC:Technology and Design, R. Goyal, ed., Dedham, M.A:Artech, 1989, Section 4.7, 436-382.

- Gill, D.M., Kane, B.C., Svensson, P., Tu, D.W., Uppal, P.N., and Byer, N., High Performance, 0.1 μm InAlS/InGaAs High Electron Mobility Transistors on GaAs, IEEE Electron Device Lett., Vol. 17, 328-330, 1996.
- Gopinath, A., Losses in Coplanar Waveguide, IEEE Trans. Microwave Theory Tech. MTT-30, no. 12, 1101-1104, July, 1982.
- Görür, A., Duyar, M., Karpuz, C., Analysis of a Cylindrical Coupling Structure, Microwave and Optical Tech. Letters, vol 22, no:5, 298-301, Sept. 1999a
- Görür, A., Duyar, M., Karpuz, C., Analytic Formulas for Calculating the Quasistatic Parameters of a Multilayer Cylindrical Coplanar Strip Line, Microwave and Optical Tech. Letters, vol 22, no:6, 432-436, Sept. 1999b
- Gupta, K.C, Garg, R., Ghadha, R., Computer Aided Design (CAD) of Microwave Circuit, Artech House, Dedham, 1981
- Gupta, K.C, Ramesh Garg ve I.J. Bahl, Microstrip Lines and Slotlines, Artech House, Inc., 1978
- Gupta, K.C., Microwaves, New Delhi: Wiley Eastern Ltd., 1979 and New York: Halsted Press (John Wiley and Sons), 1980, Ch. 10 on "Microwave Integrated Circuits."
- Hanna, V.F., Finite Boundary Corrections to Coplanar Strip Line Analysis, Electron Lett., vol. 16, 604-606, 1980.
- Hasnain, G., Dienes, A., Whinnery, J.R., Dispersion of Picosecond Pulses in Coplanar Transmission Lines, IEEE Trans. Microwave Theory Tech. Vol.MTT 34, 738-741, 1986.
- Hatsuda, T., Computation of Coplanar-Type Strip Line Characteristic by Relaxation Method and Its Application, IEEE Microwave Theory Tech., MTT-23, 795-802, 1975.
- Ho, P., Kao, M.Y., Chao, P.C., Duh, K.H., Ballingall, J.M., Allen, S.T., Tessmer, A.J., and Smith, P.M., Extremely High Gain 0.15 μm Gate-Length In AlAs/InGaAs/InP HEMT's, Electron Lett., Vol. 27, 325-327, 1991.
- Hoffmann, R., Integrierte Mikrowellenschaltungen. New York:Springer, Verlag, 1983; English Translation:Hanbook of MIC, New York:Artech, 1987.
- Houdart, M., Coplanar Lines:Application to Broadband Microwave circuits, Proc. 6th Europe Microwave Conf., 1976, 49-53.

- Howe, H., *Stripline Circuit Design*, Artech House, Dedham, 1974
- Karpuz, C., Görür, A., Alkan, M., *Quasi-Static Analysis of Coplanar Striplines*, *Microwave and Opt. Tech. Lett.*, Vol.17, no.2, Feb. 1997, 148-151.
- Katehi, L.P.B., *Novel Transmission Lines for the Submillimeter-Wave Region*, *Proc. IEEE*, Vol 80, No: 11, 1171-1187, Nov. 1992
- Kato, H., *A Lumped Element Approach to MIC's*, *Electron Commun., Japan*, 56 B, 713-721
- Keil, U.D., Dykaar, D.R., Levi, A.F.J., Koph, R.F., Pfeiffer, L.N., Darack, S.B. West, K.W., *High-Speed Coplanar Transmission Lines*, *IEEE Quantum Electron*, Vol. 28, 2333-2342, 1992.
- Kitazawa, K., Itoh, T. *Propagation Characteristics of Coplanar-Type Transmission Lines with Lossy Media*, *IEEE Trans. Microwave Theory Tech.*, MTT-39, no. 10, 1694-1700, Oct.1991.
- Koshiji, K., A. Shu, *Effect of Inner Conductor Offset in a Coplanar Waveguide*, *IEEE Trans. Microwave Theory Tech.*, MTT-32, no. 10, 1387-1391, Oct.1984.
- Lyons, M.R., Gilb, J.P.K., Balanis, C.A., *Enhanced Domain Mode Operation of a Shielded Multilayer Coplanar Waveguide Via Substrate Compression*, *IEEE Trans. Microwave Theory Tech.* Vol.41, 1589-1592, Sept.1993
- Mumford, W.W., *Directional Couplers*, *Proc. IRE*, Vol.35, 160-165, Feb 1947.
- Muraguchi, M., Hirota, T., Minakawa, A., Ohwada, K., and Sugeta, T., *Uniplanar MMIC'S and their Applications*, *IEEE Trans. Microwave Theory Tech.*, Vol. MTT- 36, no. 12, 1896-1901, Dec.1988.
- Owyang, G.H., Wu, T.T., *The Approximate Parameters of Slot Lines and Their Complement*, *IRE Trans. Antennas and Propagation*, Vol. AP-6, no. 1, January 1958, 49.
- Perlman, B.S., Gelnovatch, V.G., *Computer Aided Design, Simulation and Optimization*, in *Advances in Microwaves*, L. Young and H. Sobol, Eds., Vol. 8, New York Academic Press, 1974.
- Private communication.
- Schinzinger, R., Laura, P.A.A., *Conformal Mapping :Methods and Applications* .Amsterdam the Netherlands .Elsevier.1993

- Schutt-Aine, J.E., Static Analysis of V Transmission Line, IEEE Trans. Microwave Theory Tech., Vol.40, 659-664, April 1992.
- Su, H.C., Wong, K.L., Quasi-Static Solutions of Cylindrical Coplanar Waveguide, Microwave and Opt. Tech. Lett., Vol.14, No:6, 1997, 347-351.
- Tyrrell, W.A., Hybrid Circuits for Microwaves," Proc. IRE, Vol.35, 1294-1306, Nov 1947.
- Veyers, C., Hanna, V.F., Extension of Application of Conformal Mapping Techniques to Coplanar Lines with Finite Dimensions, Int J. Electron., vol.48, 47-56. June 1980.
- Wen, C.P, Coplanar Waveguide a Surface Strip Transmission Line Suitable for non Reciprocal Gyromagnetic Device, IEEE Trans. Microwave Theory Tech., MTT-17, 1087-1090, 1969
- Wheeler, H. A., Transmission Line Properties of Parallel Wide Strips by Conformal Mapping Approximation, IEEE Trans., MTT-12, 280-280, 1974
- White, J.F., Semiconductor Control, Dedham Mass:Artech House, 1977, see Ch. 6 on "Mathematical Techniques and Computer Aided Design," 177-243.
- Yuan, N., Ruan, C., Lin, W., Analytical Analysis of V, Elliptic, and Circular-Shaped Microshield Transmission Lines, IEEE Trans. Microwave Theory Tech., Vol.42, 855-858, Sept.1993.

EKLER

PROGRAM

W-biçimli mikroekranlı CPW'nin nümerik analizi için kullanılan MATLAB programı, alt programlar şeklinde verilmiştir.

SONUÇ ALT PROGRAMI

```
function sonuc=final(ab,ta,tb)
format long;
k1=ab;
k11=sqrt(1-k1*k1);
k2=ta/tb;
k22=sqrt(1-k2*k2);
if(k1>(1/sqrt(2)))
    kk1=log(2*(1+sqrt(k1))/(1-sqrt(k1)))/pi;
else
    kk1=pi/(log(2*(1+sqrt(k11))/(1-sqrt(k11))));
end
if(k2>(1/sqrt(2)))
    kk2=log(2*(1+sqrt(k2))/(1-sqrt(k2)))/pi;
else
```

```

kk2=pi/(log(2*(1+sqrt(k22))/(1-sqrt(k22))));
end
ct = (kk1*2e-9)/(36*pi) + (kk2*1.00001*2e-9)/(36*pi);
ch= (kk1*2e-9)/(36*pi) + (kk2*2e-9)/(36*pi);;
eps=ct/ch;
zo=1/(3e8*sqrt(ct*ch));
sonuc=zo;

```

İNTEGRAL1 ALT PROGRAMI

```

function sonuc=integral1(tc,cosbeta,p,u,n)
format long;
ustlimit=acosh(1/tc);
n1=10*n;
kritikaralik=ustlimit/10;
x=kritikaralik/(2*n1):kritikaralik/n1:kritikaralik-kritikaralik/(2*n1);
i1=1./((sinh(x).^u).*(1-tc*tc*cosh(x).^2).^p);
sonuc11=kritikaralik*sum(i1)/n1;
x=kritikaralik:ustlimit/n:ustlimit-kritikaralik;
i1=1./((sinh(x).^u).*(1-tc*tc*cosh(x).^2).^p);
i1(1)=i1(1)/2;
i1(length(i1))=i1(length(i1))/2;
sonuc12=ustlimit*sum(i1)/n;
x=ustlimit-kritikaralik+kritikaralik/(2*n1):kritikaralik/n1:ustlimit-kritikaralik/(2*n1);
i1=1./((sinh(x).^u).*(1-tc*tc*cosh(x).^2).^p);

```

```

sonuc13=kritikaralik*sum(i1)/n1;
sonuc1=sonuc11+sonuc12+sonuc13;
kritikaralik=pi/(2*10);
x=0:pi/(2*n):pi/2-kritikaralik;
i1=1./((cos(x).^u).*(1-tc*tc*sin(x).^2).^p);
i1(1)=i1(1)/2;
i1(length(i1))=i1(length(i1))/2;
sonuc21=(pi/(2*n))*sum(i1);
x=pi/2-kritikaralik+kritikaralik/(2*n1):kritikaralik/n1:pi/2-kritikaralik/(2*n1);
i1=1./((cos(x).^u).*(1-tc*tc*sin(x).^2).^p);
sonuc22=kritikaralik*sum(i1)/n1;
sonuc2 = sonuc21 + sonuc22;
sonuc=cosbeta*sonuc1/sonuc2;

```

İNTEGRAL2 ALT PROGRAMI

```

function sonuc=integral2(tc,tb,p,u,n)
format long;
ustlimit=asin(tb/tc);
n1=10*n;
kritikaralik=ustlimit/10;
x=0:ustlimit/n:ustlimit-kritikaralik;
i1=1./((cos(x).^u).*(1-tc*tc*sin(x).^2).^p);
i1(1)=i1(1)/2;
i1(length(i1))=i1(length(i1))/2;

```

```

sonuc11=ustlimit*sum(i1)/n;
x=ustlimit-kritikaralik+kritikaralik/(2*n1):kritikaralik/n1:ustlimit-kritikaralik/(2*n1);
i1=1./((cos(x).^u).*(1-tc*tc*sin(x).^2).^p);
sonuc12=kritikaralik*sum(i1)/n1;
sonuc1=sonuc11+sonuc12;
kritikaralik=pi/(2*10);
x=0:pi/(2*n):pi/2-kritikaralik;
i1=1./((cos(x).^u).*(1-tc*tc*sin(x).^2).^p);
i1(1)=i1(1)/2;
i1(length(i1))=i1(length(i1))/2;
sonuc21=(pi/(2*n))*sum(i1);
x=pi/2-kritikaralik+kritikaralik/(2*n1):kritikaralik/n1:pi/2-kritikaralik/(2*n1);
i1=1./((cos(x).^u).*(1-tc*tc*sin(x).^2).^p);
sonuc22=kritikaralik*sum(i1)/n1;
sonuc2=sonuc21+sonuc22;
sonuc=sonuc1/sonuc2;

```

ÇÖZÜM ALT PROGRAM

```

function Zo=cozum(b,dh,ah,ab,bw,n)
bh=ah/ab;
hw=bw/bh;
aw=ab*bw;
xh=1/hw-tan(b);
tbx=xh/(1-dh);

```



```
bx=atan(tbx);
pyeni=0.5+b/pi;
k=0.5 -bx/pi;
p=1-pyeni+k;
u=2*pyeni-1;
cosbeta = cos(b);
altsinir=0;
ustsinir=1;
t=0.5;
tc4=2;
integral=100;
integral_onceki=0;
while ((tc4 ~= t) & (integral ~= hw)&(integral ~= integral_onceki))
    integral_onceki=integral;
    integral=integral1(t,cosbeta,p,u,n);
    if(integral>hw)
        t_yeni=(ustsinir+t)/2;
        altsinir=t;
        t=t_yeni;
        tc4=ustsinir;
    else
        t_yeni=(altsinir+t)/2;
        ustsinir=t;
        t=t_yeni;
```

```
tc4=altsinir;
end
end
tsonuc(1)=t_yeni;
altsinir=0;
ustsinir=tsonuc(1);
t=0.99*tsonuc(1);
tc4=2;
integral=10;
integral_onceki=0;
while ((tc4 ~= t) & (integral ~= aw)&(integral ~= integral_onceki))
    integral_onceki=integral;
    integral=integral2(tsonuc(1),t,p,u,n);
    if(integral<bw)
        t_yeni=(ustsinir+t)/2;
        altsinir=t;
        t=t_yeni;
        tc4=ustsinir;
    else
        t_yeni=(altsinir+t)/2;
        ustsinir=t;
        t=t_yeni;
        tc4=altsinir;
    end
end
```

```
end
tsonuc(2)=t_yeni;
altsinir=0;
ustsinir=tsonuc(2);
t=0.99*tsonuc(2);
tc4=2;
integral=10;
integral_onceki=0;
while ((tc4 ~= t) & (integral ~= aw)&(integral ~= integral_onceki))
    integral_onceki=integral;
    integral=integral2(tsonuc(1),t,p,u,n);
    if(integral<aw)
        t_yeni=(ustsinir+t)/2;
        altsinir=t;
        t=t_yeni;
        tc4=ustsinir;
    else
        t_yeni=(altsinir+t)/2;
        ustsinir=t;
        t=t_yeni;
        tc4=altsinir;
    end
end
tsonuc(3)=t_yeni;
```

```
Zo=final(ab,tsonuc(3),tsonuc(2));
```

EĞRİ SONUCU ALT PROGRAMI

```
function sonuc=egrisonucu(bstart,bstop,dh,ah,ab,bw1,bw2,n)
```

```
j=1;
```

```
for bw=bw1:0.1:bw2
```

```
    i=1;
```

```
    for b=bstart:5*pi/180:bstop
```

```
        sonuc(j,i)=yenicozum(b,dh,ah,ab,bw,n)
```

```
        i=i+1;
```

```
    end
```

```
    j=j+1;
```

```
end
```

TÜM EĞRİLER ALT PROGRAMI

```
function [a1,a2, b1,b2, c1,c2,d1,d2]=tumeogriler(dh,n)
```

```
a1=yeniegrisonucu(-45*pi/180,10*pi/180,dh,0.1,0.8,0.5,0.5,100);
```

```
a2=yeniegrisonucu(-45*pi/180,5*pi/180,dh,0.1,0.8,1,1,100);
```

```
b1=yeniegrisonucu(-45*pi/180,50*pi/180,dh,0.5,0.8,0.5,0.5,1000);
```

```
b2=yeniegrisonucu(-45*pi/180,30*pi/180,dh,0.5,0.8,1,1,100);
```

```
c1=yeniegrisonucu(-45*pi/180,20*pi/180,dh,0.1,0.5,0.5,0.5,100);
```

```
c2=yeniegrisonucu(-45*pi/180,10*pi/180,dh,0.1,0.5,1,1,100);
```

```
d1=yeniegrisonucu(-45*pi/180,60*pi/180,dh,0.5,0.5,0.5,0.5,1000);
```

```
d2=yeniegrisonucu(-45*pi/180,40*pi/180,dh,0.5,0.5,1,1,100);
```

ÖZGEÇMİŞ

Adı, Soyadı : Zülfü GENÇ
Ana Adı : Vahide
Baba Adı : Mustafa
Doğum yeri ve Tarihi: : Elazığ, 07.06.1973
Lisans eğitimi ve mezuniyet tarihi : Selçuk Üniversitesi Mühendislik Fakültesi
Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, 1995
Çalıştığı yer : Fırat Üniversitesi Enformatik Bölümü

Bildiği yabancı diller, aldığı belgeler: İngilizce

Seminerler:

Genç, Z., (2000), Kiplanar Dalgakılavuzlarının Konform Dönüşüm Metodu (CMM) ile Quasi-Statik Analizi, PAÜ Müh. Fak. Fen Bilimleri Enstitüsü Semineri, Denizli.

Mesleki Yazılar:

Genç, Z., Tanrıöven, K., Temiz, M., Çiftçi, A., (1996) Ölçme Laboratuvarı Deney Föyü, PAÜ Müh. Fak. Yayınları,

Genç, Z., İplikçi S., Temiz, M., (1997) Elektronik Laboratuvarı Deney Föyü, PAÜ Müh. Fak. Yayınları,

Genç, Z., Acer, H., Temiz, M., Çiftçi, A., (1999) Yüksek Frekans Tekniği Laboratuvarı Deney Föyü, PAÜ Müh. Fak. Yayınları,