

# 수직주기 결합접지구조(VPDGS)와 증폭기 소형화에의 응용

\*임종식, \*\*정용채, \*이영택, \*\*\*김철수, \*\*\*\*안달, \*남상욱  
\*서울대학교 전기컴퓨터공학부, \*\*전북대학교 전자정보공학부  
\*\*\*한국전자통신연구원 원천기술연구소, \*\*\*\*순천향대학교 정보기술공학부

## A Vertically Periodic Defected Ground Structure and Application to Amplifiers for Size-Reduction

\*Jong-Sik Lim, \*\*Yong-Chae Jeong, \*Young-Taek Lee,  
\*\*\*Chul-Soo Kim, \*\*\*\*Dal Ahn, and \*Sangwook Nam

\*School of Electrical Engineering and Computer Science, Seoul National University  
\*\* Division of Electronics and Information Engineering, Chonbuk National University  
\*\*\*Telecommunication Basic Research Lab., ETRI  
\*\*\*\*Division of Information Technology Engineering, SoonChunHyang University

### Abstract

A vertically periodic defected ground structure (VPDGS) for microstrip line is presented. VPDGS has additional vertical periodicity of defects plus the conventional horizontal periodicity on the ground plane. The transmission lines combined by VPDGS provide much higher slow-wave factor than standard transmission line and previous DGS line. As an application example, VPDGS is adopted in the matching networks of an amplifier for size-reduction.

### I. 머리말

전송선로에 주기구조를 결합시키면 처음 특성과 다른 성질들이 나타난다는 사실이 많이 알려져 있다[1-7]. 대표적으로 관찰되는 새로운 현상으로 특정 주파수에서의 공진 특성, 일정 대역을 갖는 저역통과 여파기 특성과 차단 특성, 전파지연 특성 등이 있다. 대표적인 전송선로용 주기구조로는 PBG(photonic bandgap)로 통칭되는 주기구조와, 이와는 약간의 차별성을 지니고 있는 DGS(defected ground structure)가 있다.

DGS는 주기구조의 일종이지만, 요구되는 주기구조의 패턴 개수가 유한해서 구조가 간단하다. DGS의 기본 구조는 두 개의 넓은 사각형 결합 부분과 연결 슬롯을 지니는 아령 모양인데, 다른 모양으로도 변형이 가능하다. 이론적으로 무한대의 주기구조가 요구되는 PBG와 다르게, 구조가 간단하고, 회로에의 응용 능력이 보다 보다 우수하여 전송선로용 주기구조로 적합하다[4-8].

아령 모양의 기본형 DGS[4]와 맴돌이형 DGS가 이미 제시되었는데[9,10], 본 논문에서는 기존 PBG나 DGS에서는 볼 수 없는 새로운 주기성, 즉 수직형 주기를 갖는 수직주기 결합접지구조

(vertically periodic DGS, VPDGS)를 제시한다. PBG와 기본형 DGS로 구성된 기존의 주기구조는 모두 전송선로의 길이 방향, 또는 수평 방향 주기구조(horizontal periodic structure, HP)를 지니고 있다. 따라서 전파지연특성과 같은 주기구조의 장점을 더욱 크게 하기 위해서는 수평 방향의 주기구조의 단위 소자 개수를 증가시켜야만 했다.

그러나 제시하는 VPDGS는 수평 방향은 물론이고 수직 방향의 주기성을 더하여, 동일한 물리적 길이의 전송선로에 대해서 더욱 증가된 전파지연 효과를 얻을 수 있는 구조이다. 제시하는 VPDGS의 장점을 실증하기 위하여 마이크로파 증폭기의 소형화에 응용한 예를 제시하였다. 증폭기의 성능을 유지하면서 정합회로의 크기를 크게 줄일 수 있음을 측정을 통하여 확인하였다.

### II. VPDGS의 특성과 구조

그림 1은 표준형 마이크로스트립 선로, 단위 DGS가 결합된 마이크로스트립 선로, 그리고 단위 VPDGS가 결합된 마이크로스트립 선로를 보여주고 있다. 기존의 DGS 선로에서 그랬듯이, VPDGS

선로에서도 어느 특정한 주파수에서의 공진 특성과 LPF 특성이 보인다. 따라서 등가적으로는 삽입한 결함에 의하여 발생하는 부가적인 L-C 성분이 첨가되어 있다고 할 수 있다. 세 선로의 물리적 길이가 L 로 동일하지만, 전기적 길이는 각각 다르다. 이것은 등가 성분의 크기가 다르기 때문에 당연한 현상인데, 전파지연 효과가 서로 다르다는 것과 같은 의미를 지닌다.

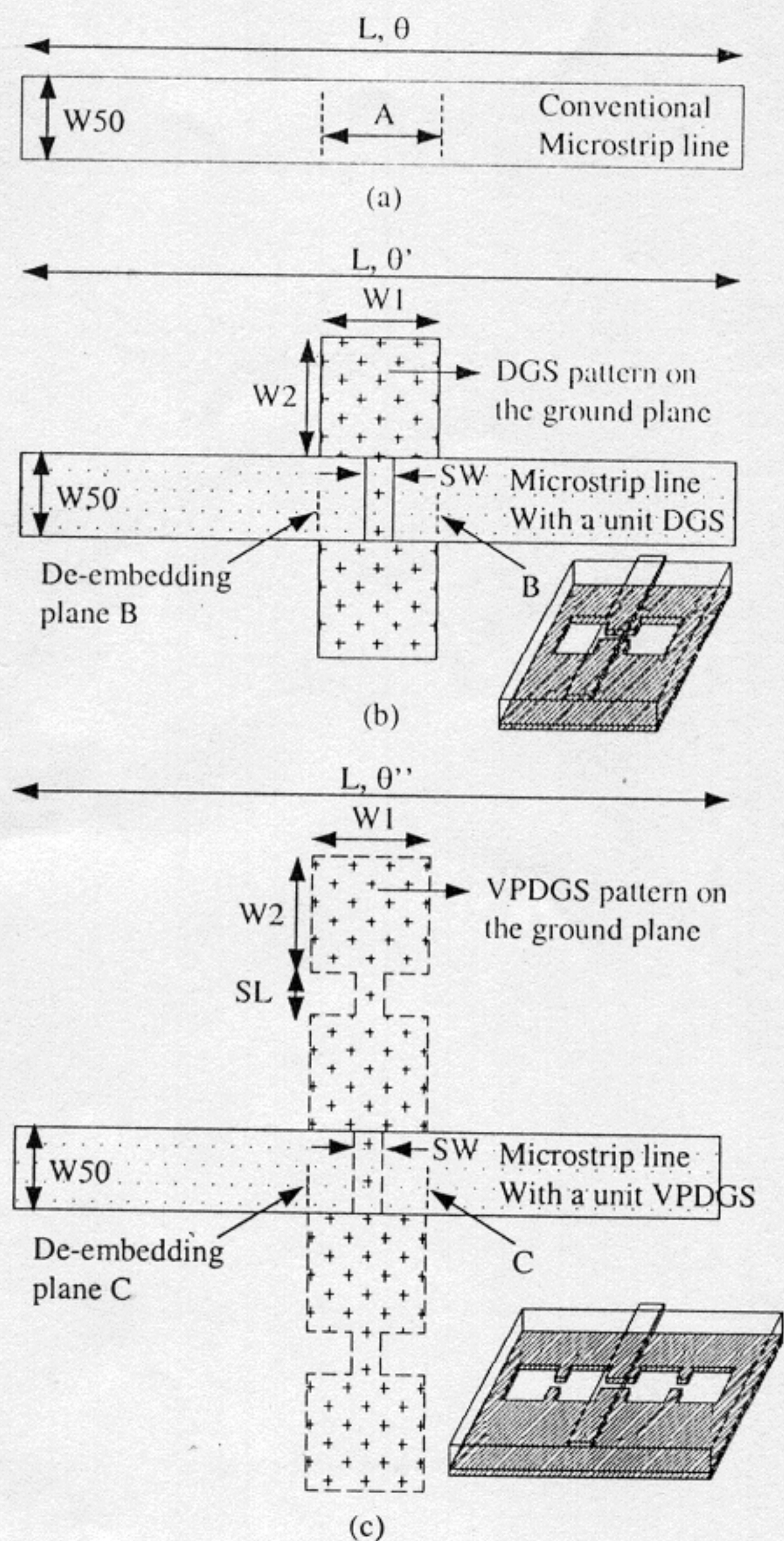


그림 1. (a) 표준형 마이크로스트립 선로 (b) 단위 DGS 를 지닌 마이크로스트립 선로 (c) 단위 VPDGS 를 지닌 마이크로스트립 선로  
 Fig. 1. (a) A standard microstrip line. (b) A microstrip line with a unit DGS pattern. (c) A microstrip line with a unit VPDGS pattern ( $W50=1.4\text{mm}$ ,  $SW=0.5\text{mm}$ ,  $W1=W2=2\text{mm}$ ,  $SL=W50/2$ .  $\epsilon_r=2.6$ , Substrate thickness=20mils)

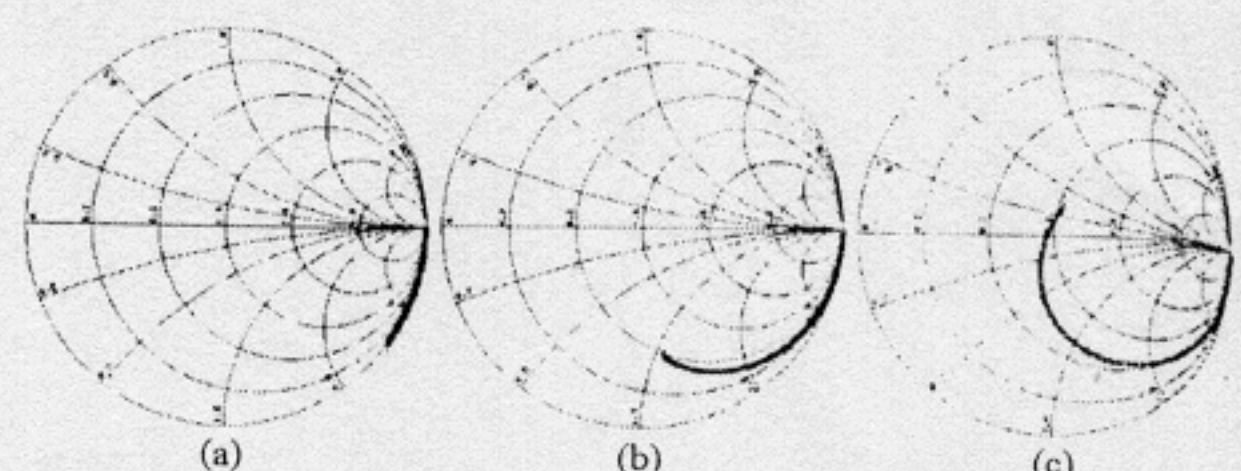


그림 2. 세 전송선로의 10GHz 까지의 전기적 길이 (a)그림 1(a)의 기준면 "A" (b)그림 1(b)의 기준면 "B" (c)그림 1(c)의 기준면 "C"  
 Fig. 2. Electrical lengths (S21 phases) of three microstrip lines up to 10GHz. (a) Plane "A" in Fig. 1(a) (b) Plane "B" in Fig. 1(b) (c) Plane "C" in Fig. 1(c)

그림 2는 그림 1에 나타난 세 개의 전송선로의 전기적 길이를 비교해 주는 그림이다. 같은 물리적 길이를 비교하기 위하여 단위 DGS 또는 단위 VPDGS 를 지니는 기준면 "A", "B", "C"를 기준으로 하여 길이 W1 의 S21 위상을 스미스 선도에 나타냈다. 쉽게 예상할 수 있는 것처럼  $\theta < \theta' < \theta''$ 임을 알 수 있다. 따라서 가장 긴 전기적 길이를 지니는 VPDGS 선로가 전파지연 효과가 가장 클 것으로 기대할 수 있다. 만약에 어떤 증폭기의 정합회로에 그림 1(a)와 같은 직렬 마이크로스트립 선로가 포함되어 있다면, DGS 를 삽입하여 길이를 줄일 수도 있지만[8], VPDGS 를 이용하면 더욱 소형화된 회로를 얻을 수 있을 것으로 기대된다.

그림 3은 세 마이크로스트립 선로의 각 기준면에서의 전파지연상수(slow-wave factor, SWF)를 보여주고 있다. 그림 2를 통하여 예측한 대로, VPDGS 선로가 가장 큰 SWF 를 지니고 있다.

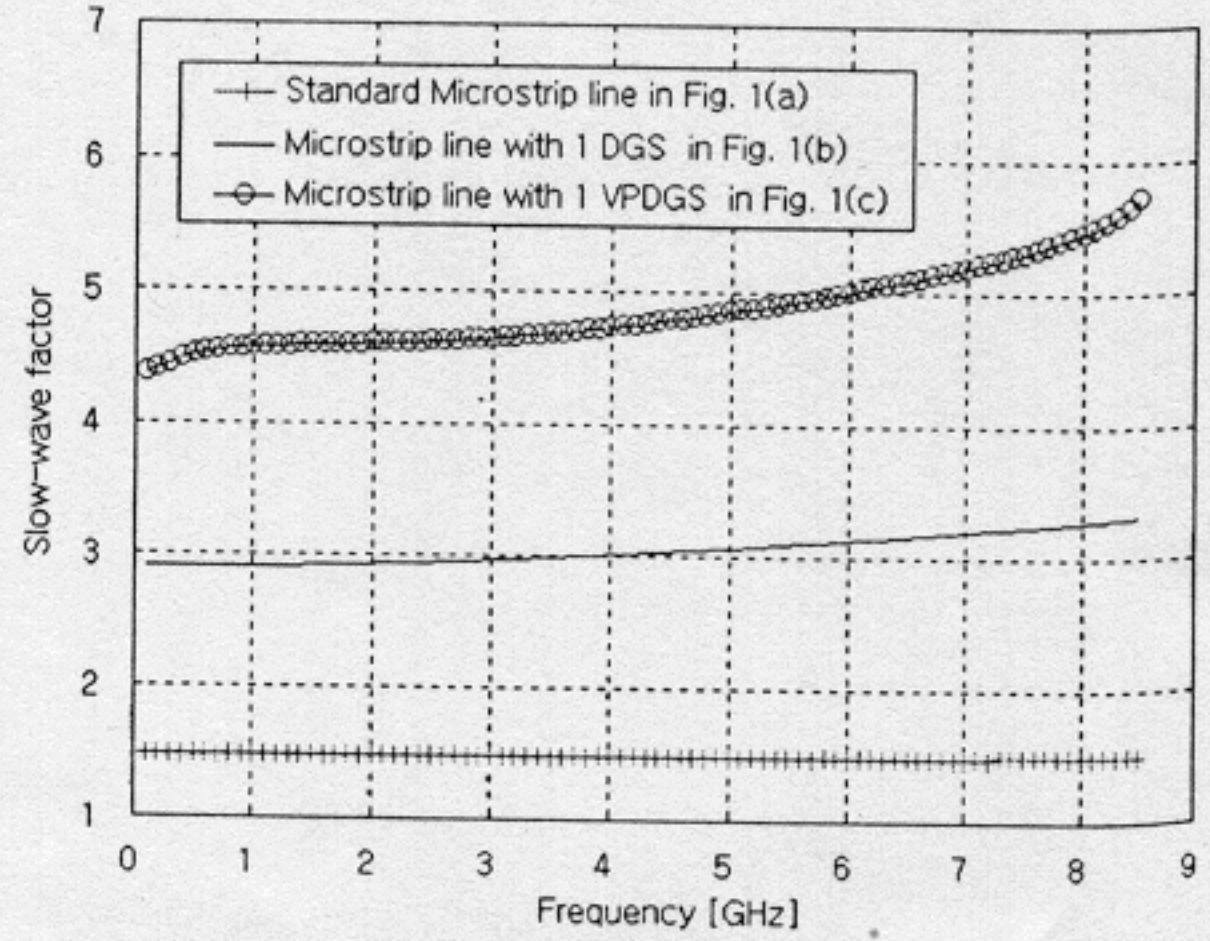
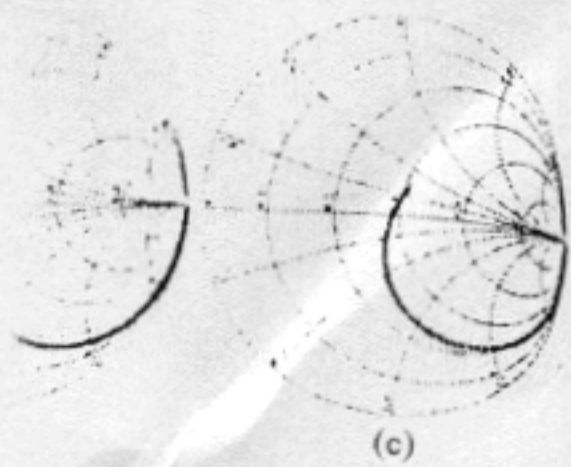


그림 3. 기준면 "A", "B", "C"에서의 전파지연 상수  
 Fig. 3. Slow-wave factors of three microstrip lines. (At the de-embedded plane "A", "B", and "C").

그림 4  
 내고 있다  
 도 주기성  
 치를 행  
 와  $N_y$ 는  
 소의 개  
 요소는  
 DGS 가  
 는 DGS  
 확장한  
 를 그대  
 성도 그

그림 4. V  
 Fig. 4. C  
 VPDGS.

III.  
 본 절  
 현상을  
 여 언급  
 입하면  
 DGS 에  
 본 것이  
 소형화  
 는 그림  
 로 구성  
 L1, L2  
 된다. 소  
 이를 갖  
 그림  
 기의 레



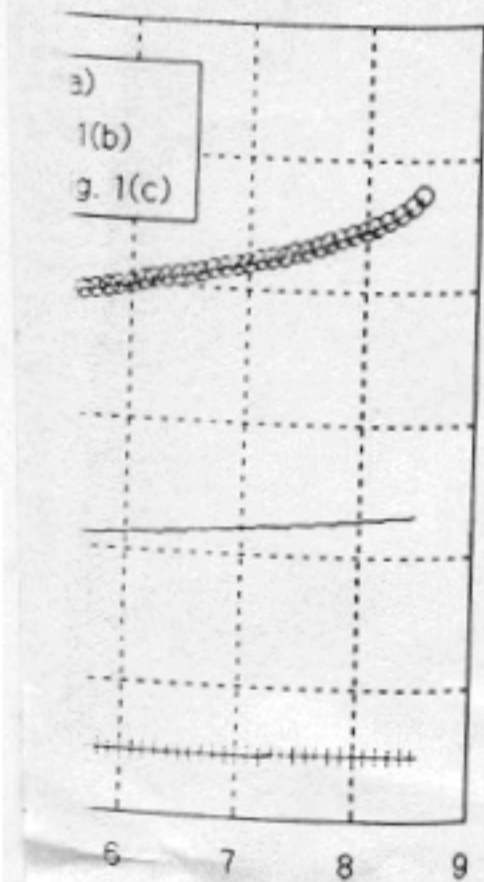
(c) Hz 까지의 전기적 길이  
(b)그림 1(b)의 기준  
준면 "C"

1 phases) of three micro

(b) Plane "B" in Fig. 1(b)

세 개의 전송선로의  
그림이다. 같은 물리  
단위 DGS 또는 단위  
"A", "B", "C"를 기준으로  
스미쓰 선도에 나타  
내어  $0 < \theta' < \theta$  임을  
전기적 길이를 지니  
효과가 가장 클 것  
이면 증폭기의 정합회  
로 마이크로스트립 선로  
삽입하여 길이를 줄  
이용하면 더욱 소형  
으로 기대된다.

선로의 각 기준면  
(factor, SWF)를 보  
하여 예측한 대로,  
지니고 있다.



전파지연 상수  
microstrip lines. (At  
"C")

그림 4는 VPDGS 선로의 일반적인 구조를 나타내고 있다. 길이 방향 뿐만 아니라 수직 방향으로 주기성이 있으므로, 편의상 각 DGS 요소의 위치를 행렬로 표시하기로 하겠다. 그림 4에서  $N_x$ 와  $N_y$ 는 수평(길이) 방향과 수직 방향의 DGS 요소의 개수를 의미한다. 따라서 기존의 DGS 단위 요소는  $(N_x, N_y)=(1,1)$ 로 표시할 수 있으며, 다수의 DGS가 사용된 경우도  $N_y=1$ 인 경우이다. VPDGS는 DGS를 길이 방향 뿐만 아니라 수직 방향까지 확장한 구조라 할 수 있으므로 DGS의 기본 구조를 그대로 지니고 있다. 따라서 DGS 구조의 단순성도 그대로 유지된다.

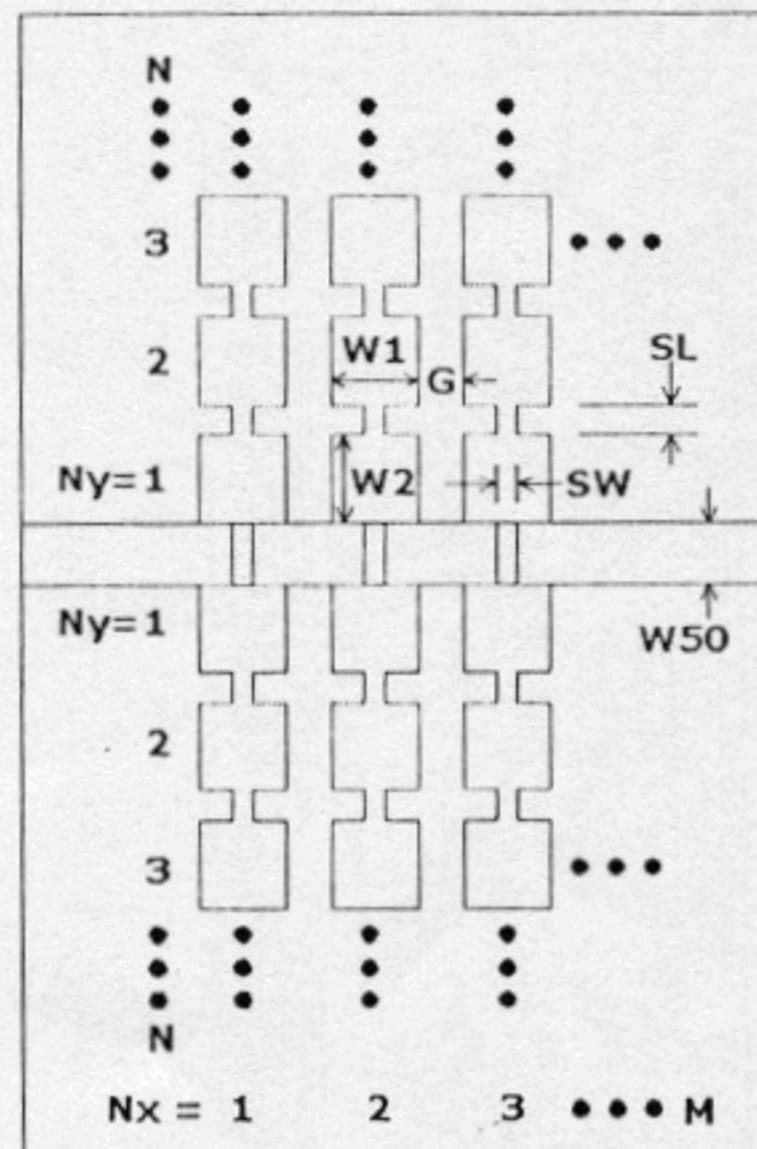


그림 4. VPDGS 선로의 일반적인 구조  
Fig. 4. General structure of the microstrip line with VPDGS.

### III. 증폭기 소형화를 위한 응용

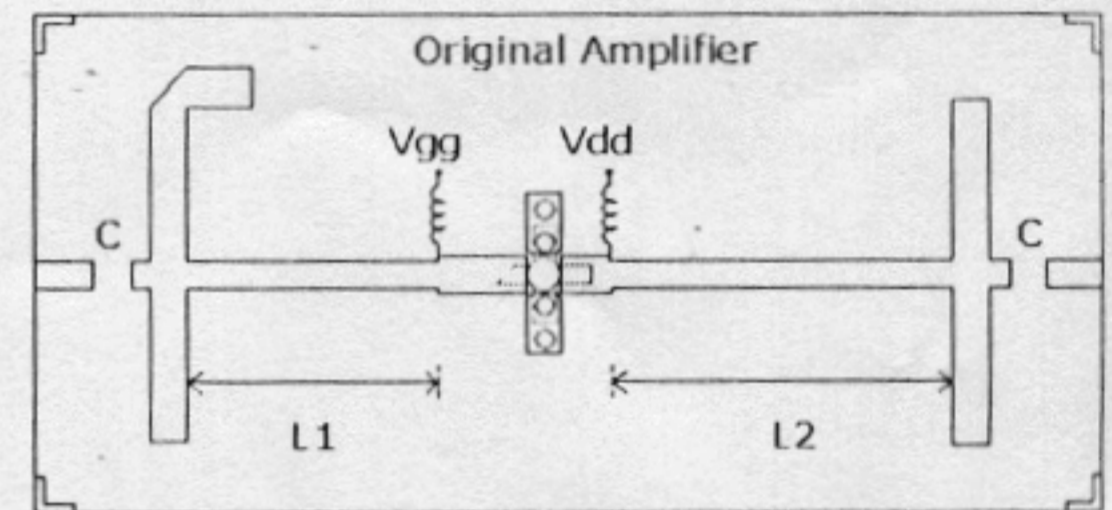
본 절에서는 VPDGS에 의한 전기적 길이 증가 현상을 마이크로파 회로에 응용하는 사례에 대하여 언급한다. 증폭기의 정합회로에 VPDGS를 삽입하면 소형화할 수 있다. 이것은 기존에 발표된 DGS에 의한 소형화 방법을 같은 절차로 적용해 본 것이다[8].

소형화 대상이 되는 원증폭기(original amplifier)는 그림 5(a)와 같이 표준형 마이크로스트립 선로로 구성된 증폭기이다. 정합회로에 표시된 길이  $L_1, L_2$ 가 VPDGS 삽입으로 인한 소형화의 대상이 된다. 소형화를 위하여  $L_1, L_2$ 와 같은 전기적 길이를 갖도록 VPDGS를 결정하면 된다.

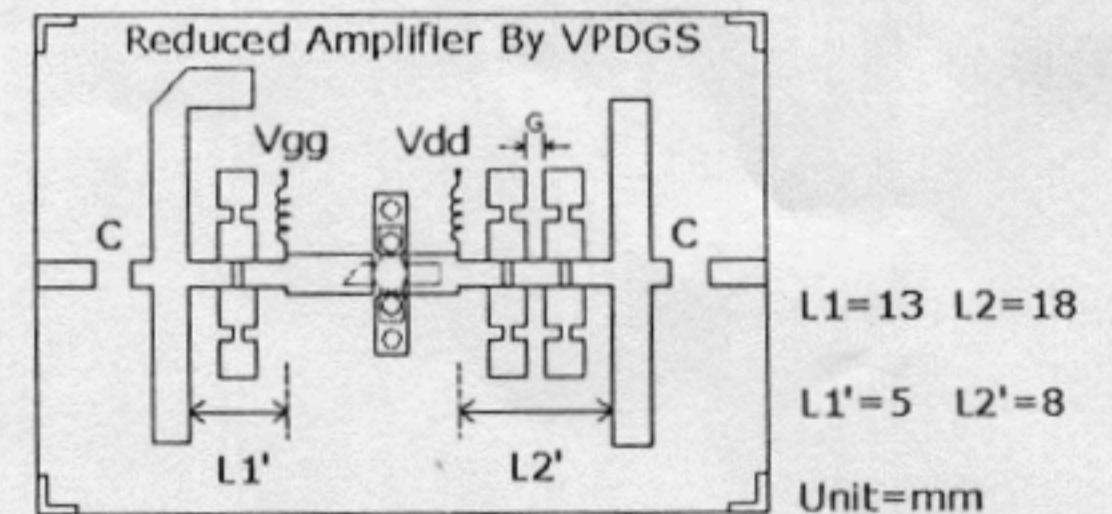
그림 5(b)는 VPDGS를 이용하여 소형화한 증폭기의 레이아웃을 보여주고 있다. 그림에서 알 수

있듯이, 입,출력 정합회로에 각각 (1,2), (2,2) VPDGS가 삽입되어 있다.  $L_1, L_2$ 가 13mm, 18mm인 반면, 크기가 줄어든 증폭기(reduced amplifier)에서  $L_1', L_2'$ 은 5mm, 8mm로, 원래 길이의 38.44.4%에 불과하다.

그림 6은 측정된 두 증폭기의 성능을 보여주고 있다. 작은 차이는 있지만, 소형화된 증폭기의 성능이 원증폭기의 성능과 매우 유사하다. 따라서 VPDGS를 삽입하여 소형화를 한 이후에도 증폭기의 성능이 크게 훼손되지 않았음을 알 수 있다. 이것은 다시 말해서 VPDGS를 삽입하여 길이 줄였더라도 원래의 선로와 유사한 전기적 길이 정합이 유지되었음을 알 수 있다. 따라서 VPDGS에 의한 효과가 잘 응용되었음을 의미한다.



(a)



(b)

$L_1=13$   $L_2=18$   
 $L_1'=5$   $L_2'=8$   
Unit=mm

그림 5. (a) 원증폭기와 (b) 소형화된 증폭기의 레이아웃( $G=1\text{mm}$ )

Fig. 5. Layouts of the (a) original amplifier and (b) reduced amplifier by VPDGS ( $G=1\text{mm}$ ).

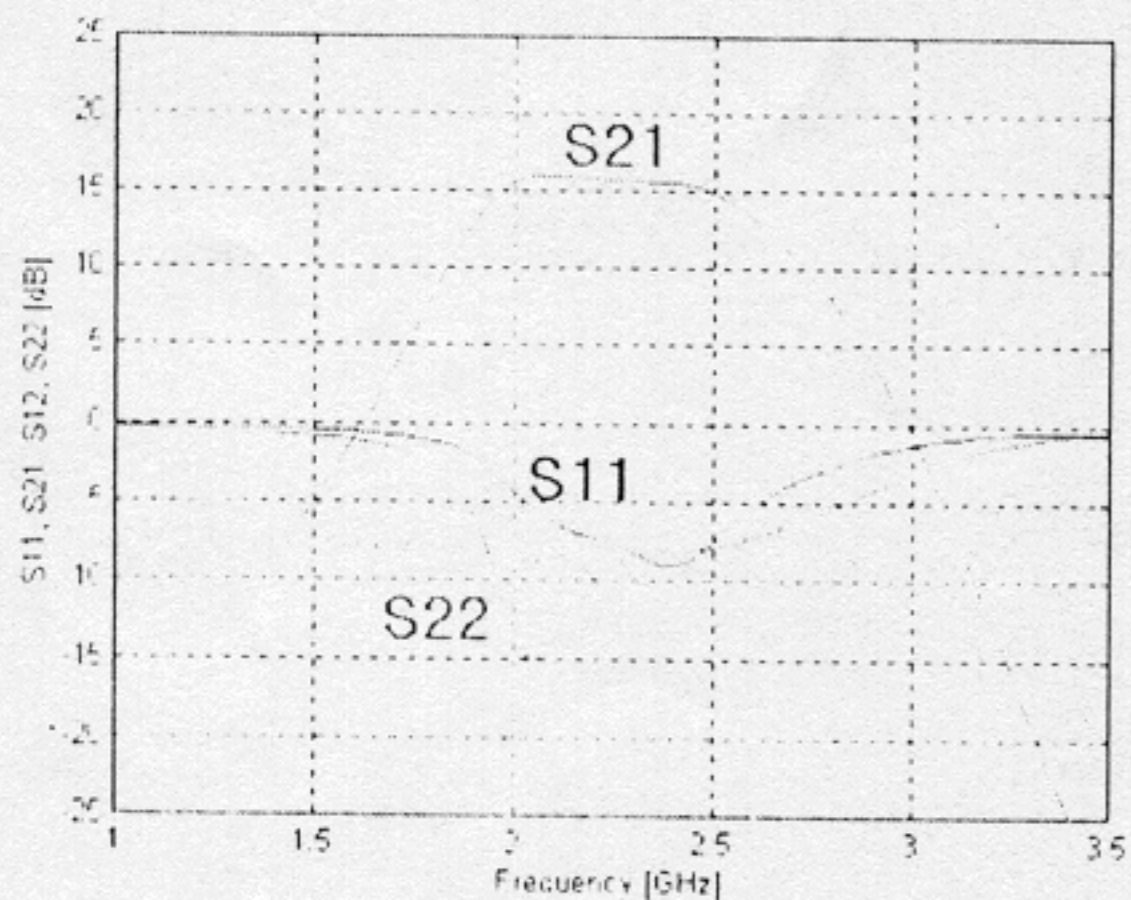
### IV. 맺음말

새로운 형태의 주기구조인 수직주기 결합점지구조(VPDGS)를 제안하고 그 응용에 대하여 논하였다. 수직주기구조는 동일한 길이의 표준형 마이크로스트립 선로나 DGS 선로보다 전기적 길이가 더 짧았다. 이것은 '부가적인 등가의 L-C 성분'이 더 작음을 의미한다.

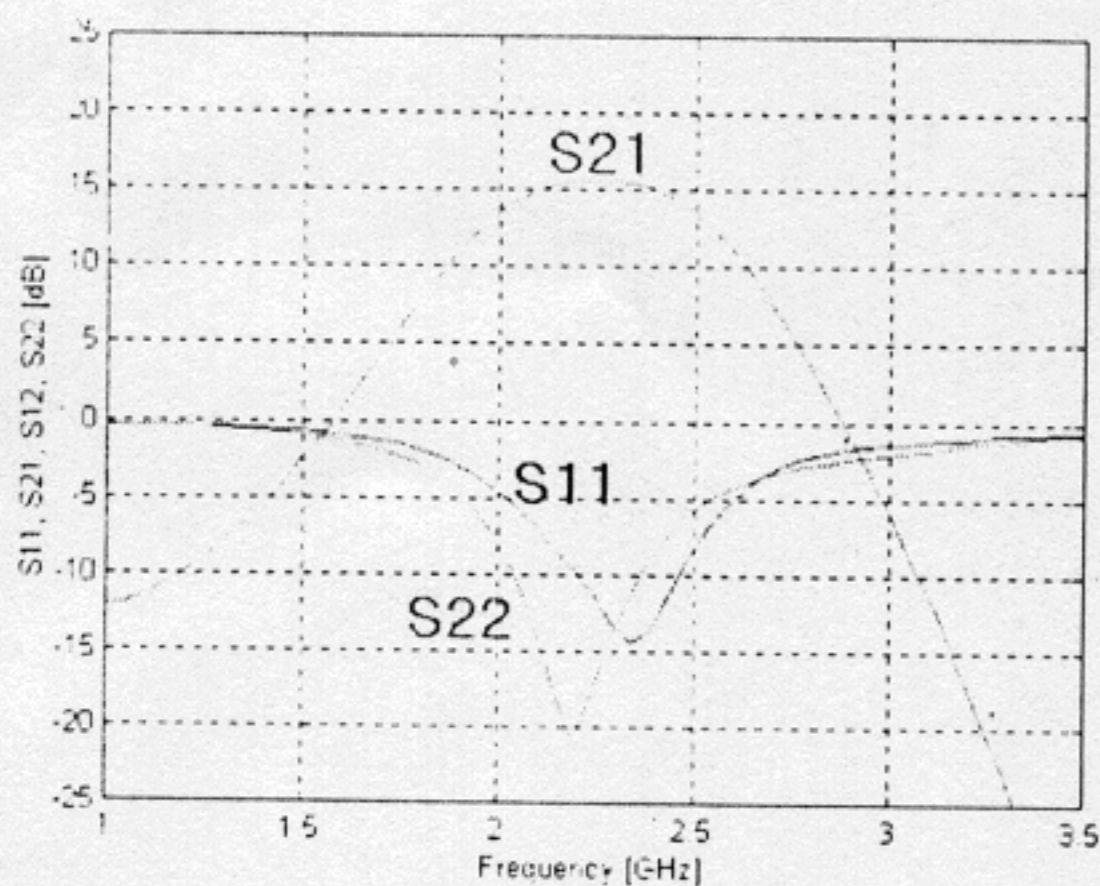
회로응용의 사례로써, 마이크로파 증폭기의 소형화 방법을 제시하였다. VPDGS에 의하여 축소된 입,출력 정합회로내 선로의 길이는 원래 선로 길이의 38.5%, 44.4%에 불과하였다. 그럼에도 불구하고

고 소형화된 증폭기의 측정된 특성이 원증폭기의 성능과 유사하여, 제시한 소형화 방법이 타당함을 보여주었다.

저자들이 아는 한, 본 논문에서 제시한 VPDGS는 최초의 수직형 주기구조이다. 다양한 특성과 폭넓은 회로 응용 가능성을 확인하기 위하여 추후 연구가 계속되어야 할 것으로 보인다.



(a)



(b)

그림 6. (a) 원증폭기와 (b) 소형화된 증폭기의 측정된 성능

Fig. 6. Measured Performances of the (a) original amplifier and (b) reduced amplifier

감사의 글

이 논문은 두뇌한국 21 사업에 의하여 지원되었습니다.

참고 문헌

[1] V. Radisic, Y. Qian, R. Coccioli, and T. Itoh, "Novel

2-D Photonic bandgap Structure for Microstrip Lines," *IEEE Microwave Guide Wave Lett.* vol. 8, No. 2, pp.69-71, Feb. 1998.

[2] F. R. Yang, K. P. Ma, Y. Qian, and T. Itoh, "A Uniplanar Compact Photonic-Bandgap (UC-PBG) Structure and its Applications for Microwave Circuits," *IEEE Trans. Microwave Theory Tech.*, vol. 47, No. 8, pp. 1509-1514, Aug. 1999.

[3] T. Y. Yun and K. Chang, "Uniplanar One-Dimensional Photonic-Bandgap Structures and Resonators," *IEEE Trans. Microwave Theory Tech.*, vol. 49, No. 3, pp. 549-553, Mar. 2001.

[4] C. S. Kim, J. S. Park, D. Ahn and J. B. Lim, "A Novel 1-D Periodic Defected Ground Structure for Planar Circuits," *IEEE Microwave Guide Wave Lett.*, vol. 10, pp.131-133, Apr. 2000.

[5] D. Ahn, J.-S. Park, C.-S. Kim, J. Kim, Y. Qian, and T. Itoh, "A Design of the Low-Pass Filter Using the Novel Microstrip Defected Ground Structure," *IEEE Trans. Microwave Theory Tech.*, vol. 49, No. 1, pp. 86-93, Jan. 2001.

[6] J. S. Lim, H. S. Kim, J. S. Park, D. Ahn, and S. Nam, "A Power Amplifier with Efficiency Improved Using Defected Ground Structure," *IEEE Microwave and Wireless Component Lett.*, vol. MWCL-11, No. 4, pp. 170 ~ 172, Apr. 2001.

[7] J. S. Lim, S. W. Lee, C. S. Kim, J. S. Park, D. Ahn, and S. Nam, "A 4:1 Unequal Wilkinson Power Divider", *IEEE Microwave and Wireless Component Lett.*, vol. MWCL-11, No. 3, pp. 124 ~ 126, Mar. 2001.

[8] J. S. Lim, J. S. Park, Y. T. Lee, D. Ahn, and S. Nam, "Application of Defected Ground Structure in Reducing the Size of Amplifiers," *IEEE Microwave and Wireless Components Letters*, vol. MWCL-12, no. 7, pp. 261-263, Jul. 2002.

[9] C. S. Kim, J. S. Lim, S. Nam, K. Y. Kang, J. I. Park, G. Y. Kim, and D. Ahn, "The Equivalent Circuit Modeling of Defected Ground Structure with Spiral Shape," *2002 IEEE MTT-S Digest*, vol.3, pp.2125-2128.

[10] J. S. Lim, C. S. Kim, Y. T. Lee, D. Ahn, and S. Nam, "A Spiral-Shaped Defected Ground Structure for Coplanar Waveguides," has been accepted for the publication in *IEEE Microwave and Wireless Components Letters*.

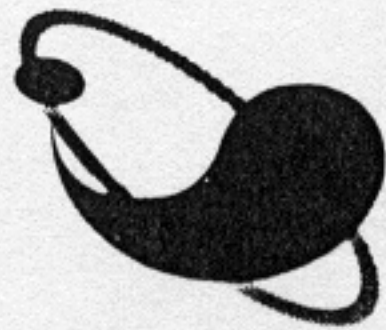
In this frequency shifter, experimental results show a gain of -1.19 dB up to 11 GHz.

이동통신 다수의 이파수 대역의 전파가 호에 간섭한 안테나 큰 송신신호 통화단절이 시스템 내에서 통화

2002年度 秋季

마이크로파 및 電波  
學術大會 論文集

Volume 25, Number 2



日時：2002年 9月 14日(土)

場所：호 남 대 학 교

韓 國 通 信 學 會  
大 韓 電 子 工 學 會  
韓 國 電 磁 波 學 會

IEEE MTT/AP/EMC/URSI Korea Chapter