

광굴절 매질로 구성된 선형 위상 공액 발진기의 발진 조건에 관한 연구

(A Study on a Linear Phase Conjugate Oscillator with Photorefractive Medium)

趙濟煌*, 李禹相*, 楊仁應*, 金恩洙*

(Che Hwang Cho, Woo Sang Lee, In Eung Young and Eun Soo Kim)

要 約

P. Yeh의 분석 방법을 이용하여 광굴절 매질과 두개의 기준 거울로 구성된 선형 위상 공액 발진기의 발진 조건을 유도한다. 유도된 일반적인 발진 조건으로부터 단면 위상 공액 공진기의 임계 발진 조건과 광굴절 매질의 자기 발진 조건을 구할 수 있으며, 특별한 경우(위상 천이가 90도인 경우: 외부 전계가 인가되지 않을 때), 캐비티 길이에 대한 선형 위상 공액 발진기의 발진 조건을 유도한다.

이 결과로부터 Kerr-like 매질로 구성된 위상 공액 발진기와는 달리 광굴절 매질로 구성된 위상 공액 발진기는 주어진 결합 강도에 대한 어느 특정한 캐비티 길이에서는 발진이 일어날 수 없음을 알 수 있다.

Abstract

Using the P. Yeh's analytic method, we derive the condition for oscillation of a linear phase conjugate oscillator which consists of photorefractive medium and two conventional mirrors. From this general oscillation condition, we obtain the threshold oscillation condition of a single phase conjugate resonator and the self-oscillation condition of photorefractive medium, then in special case (phase shift = 90°: no external dc electric field), oscillation conditions of the linear phase conjugate oscillator for any cavity length are derived.

The results indicate that, unlike in a phase conjugate oscillator with Kerr-like medium, oscillation cannot occur at special cavity length for given coupling strengths.

I. 서 론

전자파의 위상을 반전시켜 입사시 파의 진행로를 정확히 되돌아가게 하는 새로운 기술인 비선형 광학

의 한 분야로 알려진 위상 공액 광학(Optical phase conjugation)에서 연구되어 모든 전자파 정보의 실시간 처리가 용이하게 되었다.

위상 공액 매질(Phase conjugate medium)의 비선형 상호작용에 의해 발생하는 위상 공액파(Phase conjugate wave)는 시반전파(Time reversal wave)로써 매우 특이한 위상 변환 성질을 갖기 때문에 광정

*正會員, 光云大學校 電子工學科
(Dept. of Elec. Eng., Kwangwoon Univ.)
接受日字: 1988年 4月 25日

보 처리(Optical information processing), 비선형 레이저 분광학(Nonlinear laser spectroscopy), 광전산(Optical computing), 적응 광학(Adaptive optics), 광공진기(Optical resonator)등 여러 분야에 적용된다.^[1]

특히, 기존 광공진기의 두 거울중 한개, 혹은 두개 모두를 위상 공액 매질로 대체하므로써 기존 광공진기의 여러 단점을 개선할 수 있는 위상 공액 공진기(Phase conjugate resonator : PCR)에 대한 연구가 활발하다.^[1]

위상 공액 공진기는 구조적으로 하나의 위상 공액 매질을 사용하는 단면 위상 공액 공진기(Single PCR), 두개를 사용하는 양면 위상 공액 공진기(Double PCR), 그리고 링 위상 공액 공진기(Ring PCR)등으로 나누어지며, 위상 공액 공진기를 구성하는 주요소인 위상 공액 매질로는 Kerr-like매질, 광굴절 매질(Photorefractive medium), 산란 매질(Scattering medium) 등이 있다.^[2]

위상 공액과 발생 기술은 크게 광패러매트릭 합성(Optical parametric mixing), 유도 산란(Stimulated scattering), 혼합형 상호작용(Hybrid interaction)으로 나누며, 광패러매트릭 합성에는 3 광파 합성(Three wave mixing : TWM), 4 광파 합성(four wave mixing : FWM), 6 광파 합성(six wave mixing : SWM) 등이 있다.^[2]

위상 공액 공진기의 연구는 1979년 AuYeung 등에 의해 ray matrix, Gaussian beam 표현 방법을 이용한 고찰로부터 시작되었고,^[3] 그 이후 활발한 연구 결과로 위상 공액 공진기에 대한 여러가지 새로운 특성들을 알 수 있었다.^[1]

특히, E. S. Kim 등은 Huygens 적분식을 이용하여 축퇴 4 광파 합성(Degenerate FWM)이 적용된 양면 위상 공액 공진기 내에 존재하는 고유모드(Eigenmode) 간 직교성을 입증하였고,^[4] Sze-K. Kwong 등과 M. Cronin-Golomb 등은 광굴절 매질을 사용한 양면 위상 공액 공진기의 발진 주파수와 펌프빔의 주파수 사이에 미소한 차이가 있음을 밝혔으며,^[5,6] P. Yeh, M. D. Ewbank 등은 광굴절 매질을 사용한 링 발진기(Ring oscillator)에서도 발진 주파수와 펌프빔 주파수 사이에 차이가 있음을 고찰한 바 있다.^[7,8]

1985년 Kerr-like 매질을 위상 공액 매질로 사용하고, 축퇴 4 광파 합성을 위상 공액과 발생 기술로 적용한 새로운 위상 공액 발진기(phase conjugate oscillator : PCO)에 대한 연구가 P. Yeh에 의해 처음으로 시도되었다.^[9]

새롭게 제안된 위상 공액 발진기는 기존 위상 공액 공진기와는 구조상 차이가 있으며, 기존 발진기

와는 달리 어떠한 캐비티 길이에서도 발진할 수 있음이 분석되었다.

본 논문에서는 P. Yeh의 분석 방법을 이용하여 처음으로 위상 공액 매질을 Kerr-like 매질이 아닌 광굴절 매질로 사용한 위상 공액 발진기의 조건을 구하고, 따라서 이미 연구된 바 있는 광굴절 매질의 자기 발진 조건(Self-oscillation conditions)과, 단면 위상 공액 공진기의 임계 발진 조건(Threshold oscillation conditions)이 본 논문에서 구한 일반적인 발진 조건의 특수한 경우임을 보인다.

II. 이론 및 고찰

1. 광굴절 매질의 입출력 표현

그림 1은 선형 위상 공액 발진기를 구성하는 광굴절 매질로부터 위상 공액빔을 발생시키기 위한 축퇴 4 광파 합성을 나타낸다.

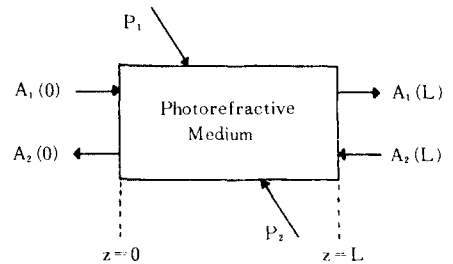


그림 1. 위상 공액을 위한 축퇴 4광파 합성
Fig. 1. Scheme of the DFWM involved in phase conjugation.

A_1 은 탐지빔(Probe beam)의 복소 진폭, A_2 는 위상 공액빔(Phase conjugate beam)의 복소 진폭, P_1, P_2 는 동일 선상에서 역방향 진행을 하는 펌프빔(Pump beam)의 복소 진폭이다.

펌프빔의 세기가 탐지빔이나 위상 공액빔의 세기보다 훨씬 큰 값이면, 무감손 펌프근사(Nondepleted pump approximation)에 의해 매질 내에 존재하는 광의 총세기를 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$I_0 = |A_1|^2 + |A_2|^2 + |P_1|^2 + |P_2|^2 \approx |P_1|^2 + |P_2|^2 \quad (1)$$

사용된 광의 진폭에 완만한 필드 변화 근사(Slowly varying field approximation)를 적용하고, 광굴절 매질에 형성된 grating 형태는 A_1, P_1 의 간섭 패턴과

A_2, P_2 의 간섭 패턴에 의한 투과형 grating(Transmission type grating)이라할 때, 다음과 같이 표현되는 두 식을 얻을 수 있다.¹⁰⁾

$$(2c/w) (dA_2/dz) = in_1 \exp(i\phi_1) [|P_2|^2 A_2 + P_1 P_2 A_1^*] / I_0 \quad (2)$$

$$(2c/w) (dA_1^*/dz) = i n_1 \exp(i\phi_1) [|P_1|^2 A_1^* + (P_1 P_2)^* A_2] / I_0 \quad (3)$$

여기서, n_1 는 간섭 패턴에 의해 광굴절 매질 내에 유도된 굴절율이며, ϕ_1 는 간섭 패턴과 광굴절 매질 내에 형성된 grating 간의 위상 차이이다. 즉, $n_1 \exp(i\phi_1)$ 는 투과형 grating의 특성을 표현한다. 이제 식 (1), (2), (3)으로부터 다음과 같이 두 미분 방정식을 유도할 수 있다.

$$(d^2 A_2 / dz^2) = \Gamma (dA_2 / dz) \quad (4)$$

$$(d^2 A_1^* / dz^2) = \Gamma (dA_1^* / dz) \quad (5)$$

여기서

$$\Gamma = iw n_1 \exp(i\phi_1) / 2c = ia \exp(i\phi_1) \quad (6)$$

그림 1에서 경계치 $A_1(0), A_1(L), A_2(0), A_2(L)$ 과 식 (4), (5)로부터 다음 두 식을 얻을 수 있다.

$$A_2(0) = A_2(L) \exp(ikL) + (1 - \exp(\Gamma L)) [|P_2|^2 A_2(0) + P_1 P_2 A_1^*(0)] / I_0 \quad (7)$$

$$A_1^*(0) = A_1^*(L) \exp(ikL) + (1 - \exp(\Gamma L)) [|P_1|^2 A_1^*(0) + (P_1 P_2)^* A_2(0)] / I_0 \quad (8)$$

상기 식 (7), (8)을 행렬로 표현하면 다음과 같다.

$$\begin{bmatrix} A_1(L) \\ A_2(L) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \exp(i\phi_3) & 0 \\ 0 & \exp(-i\phi_3) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a1 & a2X \\ a3X & a4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} A_1(0) \\ A_2(0) \end{bmatrix} \quad (9)$$

여기서, $\phi_3 = kL$ 이고, k 는 광굴절 매질에서의 전파 상수(Propagation constant)이며, X 는 $XF = F^*$ 인 복소 공액 연산자이다.

$$a1 = (r + \exp(\Gamma^* L)) / (1 + r) \quad (10)$$

$$a2 = \sqrt{r} (\exp(\Gamma^* L) - 1) / (1 + r) \quad (11)$$

$$a3 = \sqrt{r} (\exp(\Gamma L) - 1) / (1 + r) \quad (12)$$

$$a4 = (1 + r \exp(\Gamma L)) / (1 + r) \quad (13)$$

여기서, $r = |P_2/P_1|^2$ 는 펌프빔 세기 비(Pump beam intensity ratio)이다.

2. 선형 위상 공액 발진기의 발진 조건

그림 2는 광굴절 매질로 구성된 선형 위상 공액

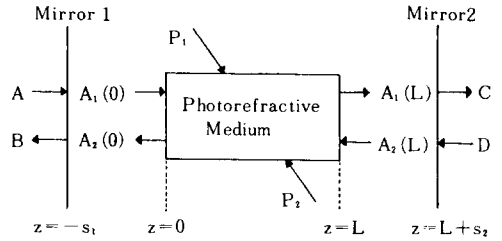


그림 2. 광굴절 매질로 구성된 선형 위상 공액 발진기

Fig. 2. Scheme of a linear phase conjugate oscillator with photorefractive medium.

발진기이다. 사용된 광굴절 매질의 표면($z=0, z=L$)에서는 Fresnel 반사가 없다고 가정하고, P. Yeh의 분석 방법을 이용하여, 식 (9)를 사용하여 그림 2에 주어진 선형 위상 공액 발진기 내에 전파되는 빔 간의 관계를 행렬로 표현하면 다음과 같다.¹¹⁾

$$\begin{bmatrix} C \\ D \end{bmatrix} = \frac{1}{t_1 t_2} \begin{bmatrix} 1 & -r_2 \\ -r_2 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \exp(-i\phi) & 0 \\ 0 & \exp(i\phi) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a1 & a2X \\ a3X & a4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} A \\ B \end{bmatrix} \quad (14)$$

여기서, r_1, t_1 과 r_2, t_2 는 각각 거울 1, 2의 반사 계수와 투과 계수이며, $\phi = \phi_1 + \phi_2 - \phi_3$, $\phi_1 = k_0 s_1$, $\phi_2 = k_0 s_2$ 이고, k_0 는 공기중 전파 상수이다.

발진이 일어날 때(입력빔의 진폭 A와 D가 0일때, 유한한 출력빔의 진폭 C와 B가 존재함)의 표현식으로 식 (14)를 정리하면 다음과 같다.

$$(a1 r_1 r_2 \exp(-i\phi) + a4 \exp(i\phi)) B = (a3 r_1^* \exp(i\phi) + a2 r_2 \exp(-i\phi)) B^* \quad (15)$$

발진 상태에서의 출력빔 진폭은 같고, 따라서 식 (15)를 정리하여 다음과 같이 광굴절 매질로 구성된 위상 공액 발진기의 발진 조건을 구할 수 있다.

$$|a1 r_1 r_2 \exp(-i\phi) + a4 \exp(i\phi)| = |a3 r_1^* \exp(i\phi) + a2 r_2 \exp(-i\phi)| \quad (16)$$

(1) $r_1 = 0, r_2 = r_0$: 단면 위상 공액 공진기의 임계 발진 조건

식 (11), (13)을 이용하여 식 (16)을 정리하면, 다음과 같이 단면 위상 공액 공진기의 임계 발진 조건을 구할 수 있다.⁽¹¹⁾

$$|\Omega r_0|^2 = 1 \tag{17}$$

여기서, $|\Omega|^2$ 은 광굴절 매질의 위상 공액 반사율 (Phase conjugate reflectivity) 이며, 다음과 같이 주어진다.⁽¹⁰⁾

$$|\Omega|^2 = \left| \frac{\sinh(\Gamma L/2)}{\cosh(\Gamma L/2 + \ln r/2)} \right|^2 = r \left| \frac{\exp(\Gamma L) - 1}{\exp(\Gamma L) + 1} \right|^2 \tag{18}$$

그림 3 은 기존 거울 반사율이 $R=0.9$ 이고, 광굴절 매질에 인가되는 전계가 없는 경우 ($\phi_1=90^\circ$), 단면 위상 공액 공진기의 임계 발진 조건을 나타낸다.

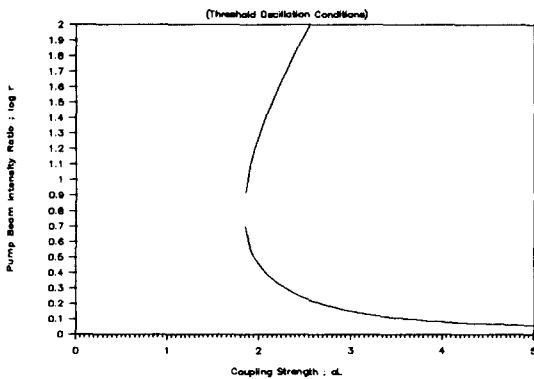


그림 3. 광굴절 매질로 구성된 단면 위상 공액 공진기의 임계 발진 조건

Fig. 3. Threshold oscillation conditions of a single phase conjugate resonator with photorefractive medium.

즉, 결합강도 aL 의 값이 약 1.85 이하일 때 발진을 일으키기 위한 펌프빔 세기 비 r 값은 존재하지 않으며, 1.85 이상의 값일 때 발진을 일으킬 수 있는 두가지 가능한 r 값이 존재함을 알 수 있다,

$$(2) r_1 = r_2 = 0 : \text{광굴절 매질의 자기 발진 조건}$$

식 (6), (13), (16), 으로부터, 광굴절 매질의 자기 발진 조건을 의미하는 두 식을 다음과 같이 얻을 수 있다.

$$r \exp(-aL \sin \phi_1) \cos(aL \cos \phi_1) + 1 = 0 \tag{19}$$

$$r \exp(-aL \sin \phi_1) \sin(aL \cos \phi_1) = 0 \tag{20}$$

식 (20) 으로부터 $aL \cos \phi_1 = 0, \pi$ 이다.

$aL \cos \phi_1 = 0$ 인 경우 $\phi_1 = 90^\circ$ 이고, 따라서 식 (19) 가 성립되지 않는다.

즉, 광굴절 매질에 인가된 외부 전계가 없는 경우 ($\phi_1 = 90^\circ$), 광굴절 매질의 자기 발진은 일어나지 않

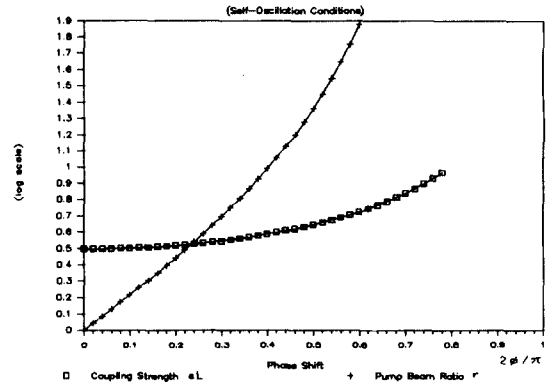


그림 4. 광굴절 매질의 자기 발진 조건
Fig. 4. Self-oscillation conditions of the photorefractive medium.

는다.⁽¹⁰⁾

$aL \cos \phi_1 = \pi$ 인 경우 식 (19) 으로부터 다음과 같이 자기 발진 조건을 얻을 수 있다.

$$aL \sin \phi_1 = \ln r \tag{21}$$

그림 4 는 광굴절 매질에 인가된 외부 전계가 있는 경우 ($\phi_1 \neq 90^\circ$), 간섭 패턴과 grating 간의 위상 천이에 대하여, 광굴절 매질의 자기 발진 조건으로써 상용로그로 표현된 펌프빔 세기 비 r 과 결합 강도 aL 을 나타낸다.

$$(3) r_1 = 1 (100\% \text{ 반사 거울}), r_2 = -\sqrt{R} (R=0.9) : \text{선형 위상 공액 발진기의 발진 조건}$$

식 (16) 으로부터 다음과 같이 선형 위상 공액 발진기의 발진 조건을 구할 수 있다.

$$R(|a1|^2 - |a2|^2) + |a4|^2 - |a3|^2 - \sqrt{R} \exp(2i\phi) (a1^* a4 - a2^* a3) - \sqrt{R} \exp(-2i\phi) (a1 a4^* - a2 a3^*) = 0 \tag{22}$$

식 (10), (11), (12), (13) 으로부터,

$$a1^* a4 - a2^* a3 = \exp(\Gamma L) \tag{23}$$

$$|a1|^2 - |a2|^2 = [r(r-1) + 4r \exp(-aL \sin \phi_1) \cos(aL \cos \phi_1) + (1-r) \exp(-2aL \sin \phi_1)] / (1+r)^2 \tag{24}$$

$$|a4|^2 - |a3|^2 = [1-r + 4r \exp(-aL \sin \phi_1) \cos(aL \cos \phi_1) + r(r-1) \exp(-2aL \sin \phi_1)] / (1+r)^2 \tag{25}$$

상기 식 (22), (23), (24), (25) 으로부터 결합 강도 aL 과 위상 천이 ϕ_1 가 주어질 때, 임의의 캐비티 길이에서 발

진을 가능하게 하는 펌프빔 세기비 r 을 구할 수 있고, 따라서 식 (18)로부터 임의의 캐비티 길이에 대한 발진시 위상 공액 반사율을 구할 수 있다.

그림5,6은 결합 강도 aL 이 1,2,3,4,5로 주어지고, 광굴절 매질에 인가된 외부 전계가 없는 경우 ($\phi_1 = 90^\circ$), 임의의 캐비티 길이에 대한 선형 위상 공액 발진기의 발진 조건으로써, 식 (22)에 의해 구해지는 두 가지 가능한 펌프빔 세기비 r 의 값을 나타낸다.

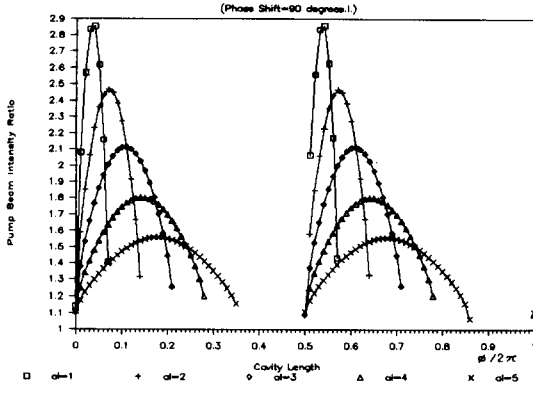


그림 5. 캐비티 길이에 대한 선형 위상 공액 발진기의 발진 조건 : 펌프빔 세기비 (조건 I)
 Fig. 5. Oscillation conditions of a linear phase conjugate oscillator as a function of cavity length ; pump beam intensity ratio (conditions I).

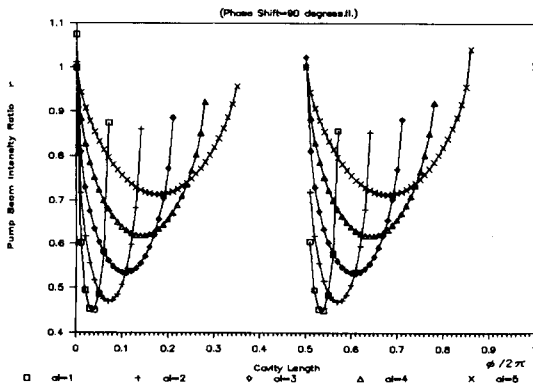


그림 6. 캐비티 길이에 대한 선형 위상 공액 발진기의 발진 조건 ; 펌프빔 세기비 (조건 II)
 Fig. 6. Oscillation conditions of a linear phase conjugate oscillator as a function of cavity length ; pump beam intensity ratio (conditions II).

그림7,8은 식 (22)로부터 구해진 발진 조건 r 값을 각각 식 (18)에 대입하여 구한 선형 위상 공액 발진기의 발진시 광굴절 매질의 위상 공액 반사율을 나타낸다. Kerr-like 매질로 구성된 위상 공액 발진기는 모든 캐비티 길이에 대하여 발진이 가능한 반면, 그림에서 알 수 있듯이 광굴절 매질로 구성된 선형 위상 공액 발진기는 어느 특정한 캐비티 길이에서는 발진을 얻을 수 없다.

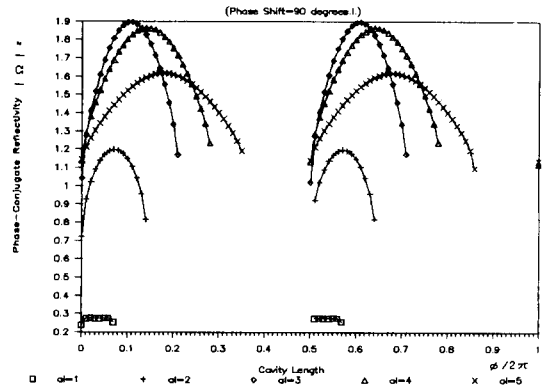


그림 7. 캐비티 길이에 대한 선형 위상 공액 발진기의 발진 조건 ; 위상 공액 반사율 (조건 I)
 Fig. 7. Oscillation conditions of a linear phase conjugate oscillator as a function of cavity length ; phase conjugate reflectivity (conditions I).

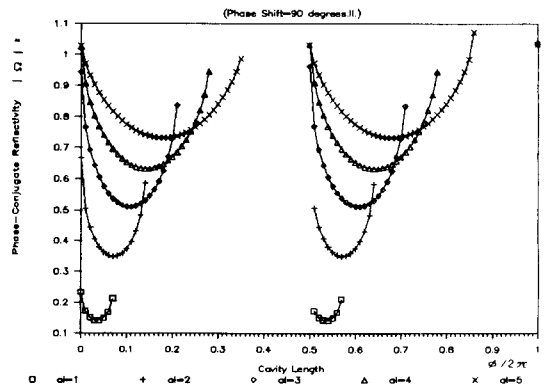


그림 8. 캐비티 길이에 대한 선형 위상 공액 발진기의 발진 조건 ; 위상 공액 반사율 (조건 II)
 Fig. 8. Oscillation conditions of a linear phase conjugate oscillator as a function of cavity length ; phase conjugate reflectivity (conditions II).

또, 결합 강도 aL 이 큰 값일수록 발진이 가능한 캐비티 길이 구간이 증가함을 알 수 있다.

III. 결 론

P. Yeh의 분석 방법을 이용하여 처음으로 광굴절 매질로 구성된 선형 위상 공액 발진기의 발진 조건을 구했다.

본 논문에서 유도된 발진 조건으로부터 앞서 연구되었던 단면 위상 공액 공진기의 임계 발진 조건과 광굴절 매질의 자기 발진 조건을 얻을 수 있다. 기존 거울의 반사율이 0.9인 단면 위상 공액 공진기에서, 결합 강도의 값이 약 1.85 이하에서는 발진을 일으키는 펄프빔 세기 비는 존재하지 않고, 1.85 이상에서 발진을 일으킬 수 있는 두가지 가능한 펄프빔 세기 비가 존재함을 알 수 있다.

간섭 패턴과 grating 간 위상 천이가 90도 일 때, 즉 광굴절 매질에 외부에서 인가되는 전계가 없는 경우 자기 발진은 일어나지 않으며, 90도가 아닌 경우, 자기 발진 조건인 펄프빔 세기 비와 결합 강도의 관계를 구했다.

Kerr-like 매질을 사용한 위상 공액 발진기와는 달리, 광굴절 매질을 사용한 선형 위상 공액 발진기에서는 발진이 일어날 수 없는 캐비티 길이의 구간이 있는데, 이는 Kerr-like 매질의 위상 공액 반사율이 펄프빔 세기에만 관계되는 반면, 광굴절 매질의 위상 공액 반사율은 펄프빔 세기의 비와, 입사되는 간섭 패턴과 grating 간 위상 천이에 관계되기 때문이다. 또, 선형 위상 공액 발진기에서는 결합 강도 aL 값이 증가할수록 발진을 가능하게 하는 캐비티 길이의 구간이 증가함을 알 수 있다.

본 논문에서는 축퇴 4광파 합성을 적용하였고, 광굴절 매질 내에 형성된 grating 형태는 투과형 grating으로 가정하였으며, 펄프빔의 세기가 탐지빔이나 위상 공액 빔의 세기 보다 훨씬 큰 값으로 가정하여 무감손 펄프 근사를 적용하였다.

參 考 文 獻

[1] R.A. Fisher, *Optical Phase Conjugation*, Academic Press, 1983.

- [2] F.T. Arecchi and E.O. Schulz-Dubois, *Laser Handbook*, Nort-Holland, vol. 42, pp. 333-485, 1985.
- [3] J. AuYeung, D. Fakete, D.M. Pepper, and A. Yariv, "A Theoretical and Experimental Investigation of the Modes of Optical Resonators with Phase Cojugate Mirrors," *IEEE J. Quantum Electron.*, vol. QE-15, p. 1180, 1979.
- [4] E.S. Kim, C.H. Cho, I.E. Young, and H.K. Park, "Orthogonality Properties of Transverse Eigenmodes of Phase Conjugate Optical Resonators," *IEEE J. Quantum Electron.*, vol. QE-23, p. 2047, 1987.
- [5] Sze-K. Kwong, A. Yariv, M. Cronin-Golomb, and B. Fisher, "Phase of Phase Conjugation and its effect in the Double Phase Conjugate Resonator," *J. Opt. Soc. Am. A*, vol. 3, p. 157, 1986.
- [6] M. Cronin-Golomb, B. Fisher, Sze-K. Kwong, J.O. White, and A. Yariv, "Non-degenerate Optical Oscillation in a Resonator formed by two Phase Conjugate Mirrors," *Opt. Lett.*, vol. 10, p. 353, 1985.
- [7] P. Yeh, "Theory of Unidirectional Photorefractive Ring Oscillators," *J. Opt. Soc. Am. B*, vol. 2, p. 1924, 1985.
- [8] M.D. Ewbank and P. Yeh, "Frequency Shift and Cavity Length in Photorefractive Resonators," *Opt. Lett.*, vol. 10, p. 496, 1985.
- [9] P. Yeh, "Theory of Phase Conjugate Oscillators," *J. Opt. Soc. Am. A*, vol. 2, p. 727, 1985.
- [10] B. Fisher, M. Cronin-Golomb, J.O. White, and A. Yariv, "Amplified Reflection, Transmission, and Self-Oscillation in Real-Time Holography," *Opt. Lett.*, vol. 6, p. 519, 1981.
- [11] M. Nieto-Vesperinas, "Field generated by a Fabry-Perot Interferometer with a Phase Conjugate Mirror," *J. Opt. Soc. Am. A*, vol. 2, p. 427, 1985. *

著者紹介



趙濟煌(正會員)

1960年 11月 10日生. 1984年 2月 광운대학교 전자공학과 졸업 공학사. 1986年 2月 광운대학교 대학원 전자공학과 공학석사학위 취득. 현재 광운대학교 대학원 박사과정 재학중. 주관심분야는 위상공역광학 등임.



李禹相(正會員)

1956年 10月 3日生. 1983年 2月 광운대학교 전자공학과 졸업 공학사. 1985年 2月 광운대학교 대학원 전자공학과 공학석사학위 취득. 현재 광운대학교 대학원 박사과정 재학중. 주관심분야는 광통신 등임.

楊仁應(正會員)

1931年 10月 21日生. 1954年 2月 연세대학교 전기공학과 졸업 공학사학위 취득. 1956年 8月 연세대학교 대학원 전기공학과 공학석사학위 취득. 1962年 영국 6月 런던대학교 전기공학과 공학박사학위 취득. 1957年 4月~1981年 2月 연세대학교 전기 및 전자공학과 교수. 1981年 3月~1985年 2月 광운대학장 역임. 현재 광운대학교 대학원장 및 부총장, 전자공학과 교수. 주관심분야는 광위상공역, 마이크로파공학, 안테나공학 등임.



金恩洙(正會員)

1955年 8月 1日生. 1978年 2月 연세대학교 전자공학과 졸업 공학사. 1980年 2月 연세대학교 대학원 전자공학과 공학석사학위 취득. 1984年 2月 연세대학교 대학원 공학박사학위 취득. 1987年 2月 ~ 1988年 8月 Caltech(California Institute of Technology) 전기공학과 객원교수. 현재 광운대학교 전자공학과 부교수. 주관심분야는 Optical Neural Network, 광위상공역, 광연상메모리, 광컴퓨팅, 광정보처리 등임.