

PPLN 과 PPMgSLT 에서의 초광대역 광매개 발생

Ultra-Broadband Optical Parametric Generation in PPLN and PPMgSLT

임환홍, 김병주, K. Pandiyan, 차명식, 이범구*, S. Kurimura**

부산대학교 물리학과, *서강대학교 물리학과, **National Institute for Material Science
mcha@pusan.ac.kr

광대역 광매개 이득 밴드는 극초단 펄스의 광매개 증폭 (optical parametric amplification: OPA) 이나 양자 광학 응용에서의 자발적인 매개 하향변환 (spontaneous parametric down-conversion)에 매우 적합하다. 그러나 실제로 위상정합이나 준위상정합 (quasi-phase matching: QPM)의 밴드 폭은 대부분의 물질에서 매우 좁다. 이러한 밴드 폭 문제를 해결하기 위한 하나의 대안이 군속도 정합 (group velocity matching: GVM) 방법이다. 주기적으로 분극반전된 LiNbO₃ 결정 (PPLN)에서 효율적인 광대역 이차조화파 발생 (second harmonic generation: SHG)이 GVM 방법에 의해 실험적으로 구현되었다⁽¹⁾. 원하는 파장 대역의 기본파와 이차조화파 간의 군속도를 물질의 분산을 이용, 일치 시켜 밴드 폭을 넓히고 QPM 방법으로 전환 효율을 향상시킨 것이다. 같은 방법이 광대역 QPM OPA 에 적용되었고⁽²⁾, 여기서 QPM 주기와 펌프 파장은 원하는 파장 대역에서 signal 과 idler 간의 군속도가 일치하도록 선택되어 졌다. 한편, 최근에 PPLN과 orientation-patterned GaAs 를 이용하여 군속도 분산 (group velocity dispersion: GVD)이 0인 점 근처에서 초광대역 광매개 발생 (optical parametric generation: OPG)이 구현되었다^(3,4). 이러한 zero-GVD 근처의 펌핑은 축퇴점 근처에서의 GVM 방법과 같은 것이다. 본 발표에서는 PPLN을 사용하여 축퇴점 근처에서 GVM 방법으로 초광대역 광매개 발생을 구현하였고, 고출력 극초단 펄스의 응용에 용이한 신 물질인 MgO-doped near-stoichiometric LiTaO₃ (Mg:SLT)에서도 초광대역 광매개 발생이 구현되었다.

먼저 congruent LiNbO₃로 만들어진 PPLN을 사용하여 OPG 스펙트럼을 측정하였다. 사용된 QPM 주기와 펌프 파장은 축퇴점 근처에서 signal과 idler 간의 군속도가 일치하도록 선택되었다[그림 1-b]. 사용한 소자의 길이는 20 mm 이고 QPM 주기는 27 μm 이다. 펌프 광을 위해 펄스 폭이 35 ps 인 모드 잠긴 된 Nd:YAG 레이저의 3차 조화파인 355 nm 을 펌핑 파장으로 구동되는 두 개의 BBO 결정을 사용한 OPG-OPA 장치를 사용하였다. 실험에서 가능한 한 광대역의 스펙트럼을 얻기 위해 펌프파장과 소자의 온도를 변화시켜가며 스펙트럼을 측정하였고 전형적인 스펙트럼을 그림 1-a 에 나타내었다. 측정된 스펙트럼은 1866 nm 의 축퇴점을 중심으로 약 1.2 μm 의 파장 대역을 가진다. 측정된 스펙트럼은 congruent LiNbO₃ 의 Sellmeier 공식으로 계산된 이론과 잘 일치함을 볼 수 있다⁽⁵⁾.

또한 우리는 1.0 mol% MgO-doped near-stoichiometric LiTaO₃ 결정으로 만들어진 PPMgSLT를 사용하여 OPG 스펙트럼을 관측하였다. 사용한 소자의 길이는 20 mm 이며 QPM 주기는 27.2 μm 이고 구동 온도는 40 °C이다. 이 신물질 소자에서 측정된 초광대역 OPG 스펙트럼을 그림 2-a 에 나타내었다. 측정된 스펙트럼은 1798 nm 의 축퇴점을 중심으로 1.2 μm 이상의 파장 대역을 가진다. 이 결정의 경우엔 아직 정확한 Sellmeier 공식이 성립되지 않아서, 그림 2-b 의 이론적 계산에서는 MgO 도핑이 되지 않은 SLT 결정의 Sellmeier 공식을 사용하였고⁽⁶⁾ 도핑의 영향

을 고려하여 58 °C의 구동온도를 선택하였다. 매우 적합한 Sellmeier 공식은 아니지만 실험적으로 측정된 스펙트럼이 이론적으로 계산된 것 보다 다소 넓은 특징을 보였다.

이러한 새로운 결정에서의 GVM-QPM 방법을 적용한 초광대역 OPG 는 극초단 펄스의 증폭, 광 주파수 빔 발생, 양자 광간섭성 단층기술 등에 응용될 수 있을 것이라 기대된다.

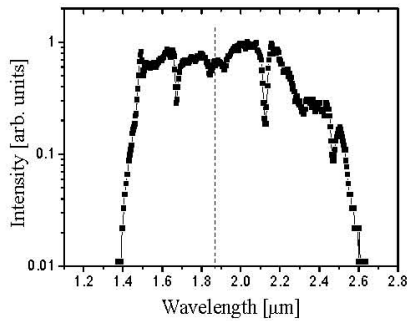
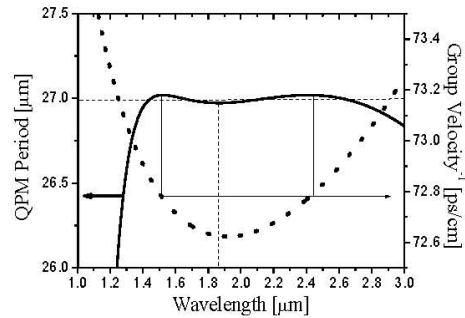


그림 1 a) OPG 스펙트럼 (QPM 주기: 27 mm, 펌프 파장: 933 nm, 24 °C)



b) 계산된 QPM 주기와 군속도 (수직 점선: 축퇴점, 가로 점선: 광대역 OPG를 위한 QPM 주기)

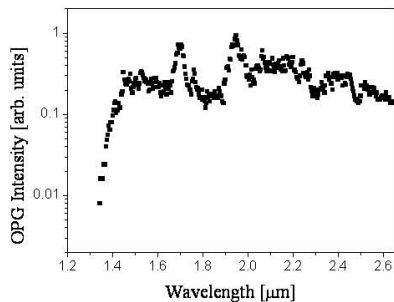


그림 2 a) OPG 스펙트럼 (QPM 주기: 27.2 mm, 펌프 파장: 899 nm, 40 °C)

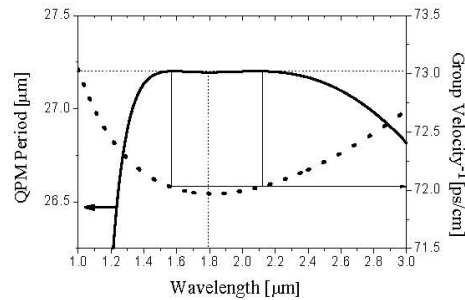


그림 2 b) undoped SLT 의 Sellmeier 공식으로 계산된 QPM 주기와 군속도 (결정 온도: 58 °C)

참고문헌

1. N. E. Yu, J. H. Ro, M. Cha, S. Kurimura, and T. Taira, "Broadband quasi-phase-matched second-harmonic generation in MgO-doped periodically poled LiNbO₃ at the communications band", *Opt. Lett.* **27**, 1046-1048 (2002).
2. O. Y. Jeon, M. J. Jin, H. H. Lim, B. J. Kim, and M. Cha, "Broadband optical parametric amplification at the telecommunication band with periodically poled lithium niobate", *Opt. Express* **14**, 7210-7215 (2006).
3. P. S. Kuo, K. L. Vodopyanov, M. M. Fejer, D. M. Simanovskii, X. Yu, J. S. Harris, D. Bliss, and D. Weyburne, "Optical parametric generation of a mid-infrared continuum in orientation-patterned GaAs", *Opt. Lett.* **31**, 71-73 (2006).
4. K. A. O'Donnell and A. B. U'Ren, "Observation of ultrabroadband, beamlike parametric downconversion", *Opt. Lett.* **32**, 817-819 (2007).
5. D. H. Jundt, "Temperature-dependent Sellmeier equation for the index of refraction, n_e , in congruent lithium niobate", *Opt. Lett.* **22**, 1553-1555 (1997).
6. A. Bruner, D. Eger, M. B. Oron, P. Blau, M. Katz, and S. Ruschin, "Temperature-dependent Sellmeier equation for the refractive index of stoichiometric lithium tantalate", *Opt. Lett.* **28**, 194-196 (2003).