

LiNbO₃ 포켈셀을 이용한 Er:YAG 레이저의 Q-switching

이상호*, 김규욱, 김영식

금오공과 대학교 자연과학부, 단국대학교 첨단과학부

shlee@kumoh.ac.kr

최근까지 큐-스위칭된 Er:YAG 레이저의 개발은 활발히 진행중이며, 특히 2~3 μ m 대의 파장의 큐스위칭은 상업적으로 응용범위가 크기 때문에 많은 관심을 가지고 연구중이다.

이전의 연구에 의하면 2.79 μ m YSGG:Cr:Er 레이저의 전기광학 큐-스위칭으로 LiNbO₃ 비선형 결정을 사용하여 200ns 펄스폭을 발생했으며[1], PLZT(lead-lanthanum zirconate titanate ceramics) 소자를 사용하여 펄스폭 160~170ns, 20~22mJ 의 에너지를 생산 하였으며[2], FTIR(Frustrated total internal reflection) 비선형 전기광학소자를 사용하여 펄스폭 43ns, 펄스에너지 55mJ을 생산하였다[3]. 또 다른 큐-스위칭 방법으로 음향광학효과를 이용하여 펄스폭 120ns, 펄스에너지 27mJ을 생산하였다[4].

2.9 μ m Er:YAG 레이저의 큐-스위칭으로 LiNbO₃ 포켈셀을 사용하여 펄스폭 40ns, 펄스에너지 12mJ를 생성하였다[5]. FTIR 셔트와 실리콘편광자를 사용하여 전기광학 큐-스위칭된 펄스폭 60ns 와 펄스에너지 50mJ를 생산하였으며[6], PLZT 비선형광학소자를 사용하여 큐-스위칭된 펄스폭 150ns와 펄스에너지 5mJ을 생산하였다[7].

음향광학 큐-스위칭[8], 수동형 포화흡수체[9,10], 회전거울을 사용한 능동형 큐-스위칭[11] 등이 보고 되었다.

Er:YAG (2.94 μ m) 레이저의 파장은 다른 레이저와 비교하면 물에서 5 μ m 안팎의 깊이를 투과해서 [12,13], 수분이 많은 조직 세포에 Er:YAG 레이저 빔을 주사할 경우 다른 레이저들보다 투과 깊이가 얕으므로 수분을 포함한 조직 세포를 치료하는데 가장 적절하고 조직의 정확한 절개와 제거가 가능한 레이저이기 때문이다. Er:YAG 레이저의 자유 동작 모드와 큐-스위칭 펄스를 각각 조직세포에 주사했을 경우 열적인 손상이 큐-스위칭된 펄스가 작음을 실험을 통하여 관찰하였다[14]. 이전까지의 연구의 결과에 의하면 대부분 큐-스위칭 펄스의 동작 주파수가 3Hz 미만에서 동작이 이루어졌다. 낮

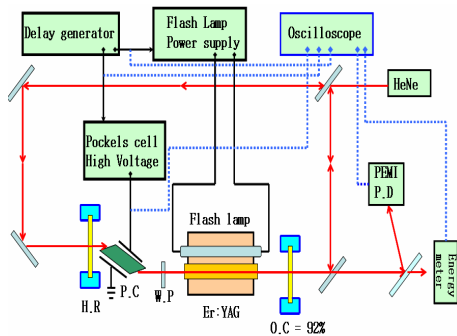


Fig 1. 큐-스위칭된 Er:YAG 레이저 공진기 구조

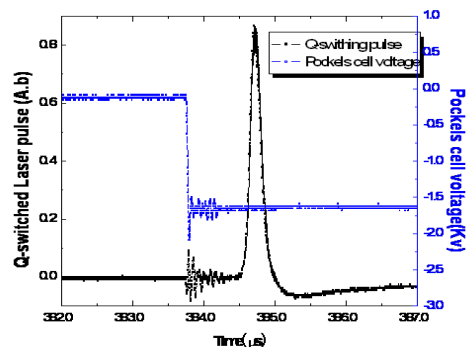


Fig 3. 큐-스위칭된 펄스와 포켈셀에 가해지는 전압.

은 주파수의 레이저펄스의 동작은 환자의 고통이 증가하기 때문에 의료용으로 사용하기가 적합하지 않기 때문에 우리는 여러 레이저 동작 주파수에 대해서도 조사하였다.

이 논문에서는 큐-스위칭된 펄스의 에너지와 펄스폭을 구하고 여기에 포켈셀의 전압과 섬광등의 펄핑 에너지, 레이저 동작 주파수, 섬광등과 포켈셀과의 시간차의 여러 조건에 대하여 실험을 수행하였다. 포켈셀의 시간차에 따른 펄스의 출력 에너지를 포켈셀에 가해지는 전압의 세기에 따라서 측정하였다. 레이저 동작주파수의 변화에 따라서 포켈셀의 시간차에 대한 펄스의 출력 에너지를 측정하였으며, 레이저 동작 주파수의 변화에 대하여 펄핑 에너지의 증가에 따라서 출력 에너지와 펄스폭을 각각 측정하였다. Er:YAG 결정과 출력거울의 변화에 대하여 펄핑 에너지의 증가에 따라서 출력 에너지와 펄스폭을 측정하였다.

참고문헌

- [1] Jacques Breguet, A.F Umyskov, Willy A.R.Luthy, I. A. Shcherbakov, and Heinz P.Weber, IEEE JOURNAL OF QUANTUM ELECTRONICS. VOL. 27. NO. 2. FEBRUARY 1991
- [2] Maris Ozolinsh and Hans J.Eichler, Appl. Phys. Lett., Vol. 77, No.5, 31 July 2000
- [3] A.Hogele, G.Horbe, H.Lubastschowski, H.Welling, W.Ertmer, Optics Communications 125 90-94, 1996
- [4] Pal Maak, Laszlo Jakab, Peter Richter, Hans J. Eichler, and Baining Liu, Applid Optics Vol. 39, No.18, 20 June 2000.
- [5] Jan Sulc, Helena Jelinkova, Petr Koranda, Proc. of SPIE Vol.5332, 2000
- [6] H. J. Eichler, B. Liu, M. Kayser, and S. I. Khomenko, Optics Materials **5**, 259 (1996).
- [7] Maris Ozolinsh, Karl Stock, Raimund Hibst, and Rudolf Steiner, Ieee Jounal of Quantum Electronics, Vol.33, No.10, October 1997
- [8] stefan Schnell, V.G.Ostroumov, Jacques Breguet, Willy A. R. Luthy, Heinz P. weber, Ieee Journal of Quantum Electronics, Vol.26, No.6, June 1990
- [9] V.N. Philippov, A.V. Kiryanov, and S. Unger, IEEE Photonics Tech. Lett. **16**, 57 (2004).
- [10] K.L.Vodopyanov, R.Shori and O.M.Stafsudd, Appl. Phys. Lett, Vol.72, No.18, 4 May 1998
- [11] Frank E. Livingston, Steven M. George, Ramesh K.Shori, Rev.Sci.Instrum, Vol.73,No.7,July 2002
- [12] S.R. Bowman, M.J. Winings, R.C.Y. Auyeung, et al., J. Quantum Electron. **27**, 2142 (1991).
- [13] G. Huber, E.W. Duczynski, and K. Petermann, J. Quantum Electron. **24**, 920 (1988).
- [14] H.Jelinkova, T.Dostalovd, M.Nemec, P.Koranda, M.Miyagi, K.Iwai, Y-Wshi, and Y.Matsuura, Laser Phys Lett. 1-5, (2007)