

초펄스 XeF 및 XeCl 레이저 출력의 Xe 농도 의존성
(Short pulse XeF and XeCl laser output
as a function of Xe concentration)

이 주 의
의 부 인*

경희대 전자공학과
경희대 전자공학과

1. 序 論

希가스 할라이드(rare gas halide)계통의 레이저가 1975年 velazco 와 setser에 의해서 放射 스펙트럼이 觀測된 이후로 XeBr(282nm)[2]의 레이저 發振이 相對論的 電子빔에 依해서 확인되고 뒤이어 Ewing 와 Brau [3,4]에 依해서 XeF(354nm), XeCl(308nm), KrF(248nm)레이저가 發見되었다. 이와같은 波長들은 XeCl레이저의 경우 ArF 나 KrF 파장영역에서 보다 광학적 손실(optical damage)이 적고, XeF 레이저는 UV(354nm), 가시선(486nm)을 放射하므로 주목을 받고 있으며, 이들의 固有의 特徵은 慣性核融合, VLSI 설계, 光誘起化學및 마이크로 電子工學등의 應用可能 分野에서 研究가 활발하다. 이러한 레이저들의 펌핑 방법에는 여러가지가 있으나 本 研究에서 使用한 電子빔 勵起方式은 他方式에 比하여 매우 큰 勵起에너지를 大容積의 레이저 매질에 均一하고 效率높게 注入할 수 있어 大容積의 勵起에너지를 容易하게 發生시킬 수 있는 것이 主要한 理由이다.

本 研究室에서 發振이 확인된 ArF(193nm), KrF, XeCl, XeF 레이저들[5,6,7] 중에서 本 報告에는 XeCl, XeF레이저에 대한 레이저 出力, 도우너 濃度의 依存性및 Xe 濃度의 依存性에 대하여 一定한 단펄스 펌핑과 放射 斷面積에서 比較하기 위하여 實驗的인 報告를 한다.

2. 實驗裝置

本 報告에서 使用한 電子빔 發生裝置는 600KeV를 發生할 수 있는 多段式 Marx-generator를 使用 하였으며 Marx generator구조는 Gap switch를 中心으로 円筒構造를 이루며 펄스 파위는 Fig.1과 같은 準矩形波이다. 펄스의 rise time은 3-5ns, 펄스幅은 40 ns가 되어 레이저 出力을 얻는데 適合한 펄스 모드이다. 레이저 공진기는 電子빔의 放射속과 光속을 一直線上에 있게끔 構成한 증속형이므로 共振器의 全反射鏡은 電子빔 發生裝置의 陽極膜으로 鏡用하였다.

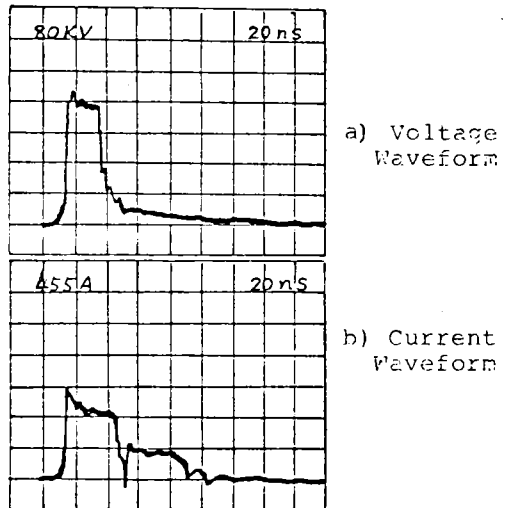


Fig. 1 Time history of the diode voltage incident beam current.

따라서 빔의 反射損失은 매우 크다. 陽極膜은 50 μm Ti foil, 陰極은 25 mm의 carbon graphite 이고, 共振器의 電子빔蓄積斷面積은 陽極膜에서 855.3 mm, 透過거리는 陽極膜에서 30 mm이다. 이때 電子패턴은 Nitto 사의 Rad color 필름(NO.381)으로 測定하고 에너지는 Carbon graphite를 基準으로 使用한 carolime-ter로 測定하여 電子빔蓄積 에너지를 換算하였다. 레이저 出力은 共振器의 出力窓 앞에 ZenTec ED-500을 設置하여 測定하였으므로 共振器의 外部鏡에 의한 增幅은 거의 없는 것으로 보았다. 레이저 媒質은 XeCl 레이저에서 Ar/Xe/HCl, XeF 레이저는 Ar/Xe/F₂/He을 각각 使用하였으며 Ar은 99%의 國產品이고, F₂ 가스는 F₂/He=5/95%의 混合 가스, HCl은 純度 99%의 Iwatani 사의 가스를 使用하였다. 共振器는 SUS-316으로 加工된 円筒 chamber 이므로 도우너(F₂, HCl) 가스에 의한 暗反応을 抑制하기 위하여 가스 混合前에 1일 程度 中진을 실시하였다. 이때 使用한 實驗裝置의 개략도는 Fig.2 이고, 實驗後 F₂, HCl 가스는 각각 soda lime trap, cold trap에서 中和시켜 대기중으로 배기하였다.

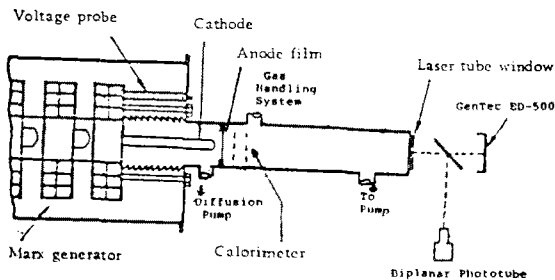


Fig. 2. Schematic diagram of experimental apparatus.

3. 結果 및 考察

먼저 가스 混合比를 一變的인 濃度에 固定시키고 全体壓力를 變化 시켰을 때 XeCl, XeF 각각 3.5atm 과 3atm 에서 最大 出力을 얻은 것이 Fig.3 이다. 여기에서 얻은 全壓力 3atm, 3.5atm에 壓力를 固定

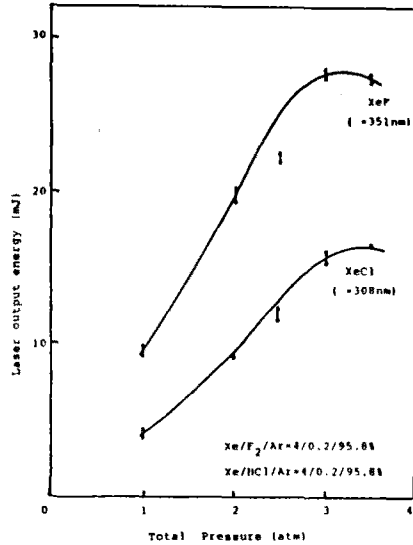


Fig. 3 Laser output energy as a function of total pressure.

시키고 Xe濃度를 變化시켰을 때 XeCl, XeF에서 각각 5%, 4%를 얻었다. Fig.4는 Xe 가스의 濃度에 依存하는 出力의 變化를 나타내었다. 이때 F₂ + He으로 희석된 He가스의 濃度는 Bethe의 近似式에 의한 stopping power計算時 Ar, Xe에 비해 매우 작으므로 무시했다. 3 atm 이상의 壓力에서 電子빔 에너지와 레이저 媒質과의 化學反應에 따른 순간적인 壓力의 增加로 陽極膜의 작은 破裂과 光學系의

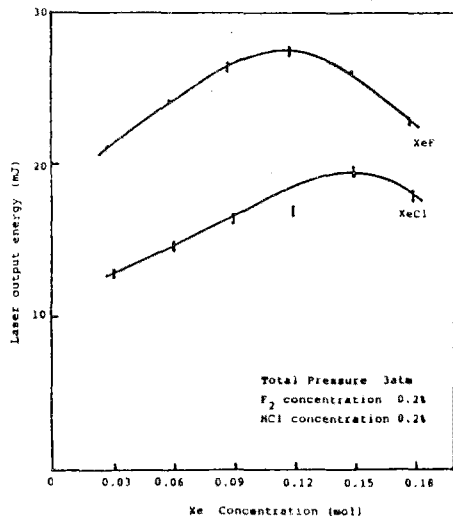


Fig. 4 Laser output energy as a function of Xe mole concentration.

損傷을 감안하여 3.5atm 以上の 圧力上昇은 하지 않았다. Fig.5 는 도우니 (F₂, HCl) 가스에 依存하는 出力의 變化를 表示하였으며 이때 最適化 된 XeCl, XeF 의 가스 混合比는 각각 HCl/Xe/Ar=0.2/5/94.8%, F₂/Xe/Ar=0.2/4/95.8% 로 固定되었다.

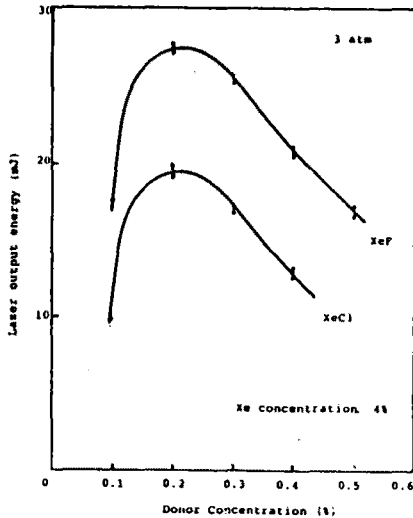


Fig.5 Laser output energy as a function of donor concentration.

4. 結論

短펄스 勵起 XeCl, XeF 레이저의 경우에 Fig.4, Fig. 5 에서 볼 수 있는 것처럼 XeCl 액사이머 레이저에서 Xe 가스, HCl 가스의 2체衝突(two body collision)의 quenching 反應 定數가 각각 $2.1 \times 10^{-12} \text{ cm}^3/\text{sec}$, $8.0 \times 10^{-12} \text{ cm}^3/\text{sec}$ [8] 이고 XeF 액사이머 레이저에서 Xe 가스, F₂ 가스의 2체 충돌에 의한 quenching 反應定數가 각각 $1.8 \times 10^{-11} \text{ cm}^3/\text{sec}$, $1.5 \times 10^{-10} \text{ cm}^3/\text{sec}$ [9] 이므로 도우니(F₂, HCl) 가스의 영향이 큰 것을 알 수 있고 또한 Xe 가스에 의한 영향도 있음을 確認할 수 있었다.

本 報告에서 確認된 Xe 가스의 濃度는 XeCl, XeF 각각 0.15 mol, 0.1445 mol로 精定되었다.

* 本 研究는 韓國科學 財團 83 年度 後 半期 研究課題 支援으로 施行되었음.

參考 文獻

- [1] J.E.Velazco and setter; IEEE J.Quantum Electron, QE-11,708 (1975)
- [2] S.K.Searles and G.A.Hart; Appl.phys.Lett., vol.27,243 (1975)
- [3] J.J.Ewing and C.A.Brau; Appl.phys.Lett., vol.27,350 (1975)
- [4] C.A.Brau and J.J.Ewig; Appl.phys.Lett., vol.27, 435 (1975)
- [5] 李 柱熙, 崔 富淵; 大韓 電氣學會 夏季 學術會議 論文集, 329 (1985.7)
- [6] 이 주의, 최 부연, 김 용; 한국 물리학회지, vol.3, NO.2, p183 (1985.10)
- [7] 이 주의, 최 부연, 류 한용; 제 1회 파동및 레이저 학술 발표회, p2-1 (1986.2)
- [8] F.Kannari, A.Suda, M.Obara, T.Fujioka; IEEE J.Quantum Electron, vol.QE-19, NO.2, 232 (1983)
- [9] Daniel W. Trainor, J.H. Jacob, and M.Rokni; J.Chem.phys., 72(6), 3646 (1980)