Ⓟ-65

Study of Beam-Pumped Laser by TIT Heavy-Ion RFQ Linac

H. Tomizawa, T. Hattori, Y. Oguri, M. Okamura, M. Okada, K. Sasa, T. Katayose

Research Laboratory for Nuclear Reactors, Tokyo Institute of Technology
Meguro-ku,Tokyo,Japan

abstract

3.1-MeV $^4He^+$ beam from V.d.G. was used to pump a He-Ar gas Laser with a differential pumping system. In our experiments, Laser action of the 1.27μm line could not have been observed above the threshold of 33-W beam power input. One of the reasons is that the differential pumping system does not have the orifices aligned. For the experiments of Beam-Pumped Laser by using 0.88-MeV $^4He^+$ beam from TIT Heavy-Ion RFQ Linac, I designed a differential pumping system with the orifices which are able to be aligned easily.

高強度重イオンRFQ線形加速器によるビーム励起レーザの研究

1．はじめに

イオンビーム励起とは、ある媒質の反転分布を形成するのに、その媒質にイオンビームを照射して行う方法である。このイオンビーム励起によるレーザは、ドイツのA.Ulrich等のグループが核励起レーザに刺激されて、より短波長（紫外〜真空紫外）の発振を目的とした新レーザとして提案した。そして、彼等は１９８０年代に近赤外領域、１９９０年代に入り可視領域レーザの発振に成功している。

イオンビーム励起はより短波長のレーザの励起方法として適している。なぜなら、レーザ発振に必要な励起パワーはおよそ波長の４乗に反比例するからである。ゆえに、より短波長のレーザ発振をおこなうには、より多くのパワーを小さな領域に集中的に供給する必要がある。イオンビームを用いれば、このような小さな領域の集中的な励起が可能である。

これはイオンビームに次のような性質があるためである。

（1）イオンビームは物質中での直進性がよく、広がりが小さい。

（2）イオンビームの物質中での単位長さあたりのエネルギー損失($-dE/dx$)が、電子ビーム粒子やプロトンビームに比べて大きい。

（3）イオンビームは、四重極電磁石等の電子光学系を用いることにより直径2,3mm以下に収束させることができる。

2．本研究の目的

現在様々な方面においてより短波長のレーザが切望され、いろいろなレーザが提案されている。それらの内の一つであり、世界的にもまだあまり研究されていないイオンビーム励起レーザの基礎研究をおこなうことにした。

本研究の目的は、V.d.G.(Van de Graaff)加速器からの最大50μA,3.1MeV $^4He^+$ビームを用いて、He-Ar混合ガスの1.27μm (Ar I)のレーザ発振を予備実験おこなった後、RFQ線形加速器からの0.88-MeV $^4He^+$ビームを使用して、1.79μmのレーザ発振をおこなうことである。

3．本研究の内容

V.d.G.(Van de Graaff)加速器を用いた予備実験は

以下に示す通りである。

（1）実験装置の設計、製作

（2）He-Ar ターゲットからの自然放出光を分光測定し、反転分布形成を実証すること。

（3）レーザ発振テスト

（4）（3）において発振しなかった場合、その原因の究明と装置の改善を試みること。

本論文では以上の内容およびその結果、考察を報告する。

ところでレーザ発振はある条件（しきい値）をみたして初めて現れる現象である。ゆえに、レーザを開発している段階では、それが成功するまでそのレーザ開発の現状がわかりにくい。そこで、レーザ発振の可能性を検証する方法として、プラズマ分光による反転分布形成の実証測定を取り入れ、特にその研究を中心におこなった。

4．実験結果と考察

レーザ上準位からと下準位からとの放出光のスペクトル強度比を測定することにより He-Ar の ArI $1.21\mu m$, $1.27\mu m$ 遷移間で反転分布が形成されていることを実証した。これは、イオンビーム電流$25\mu A$（較正値$13\mu A$）のときで Ar 濃度が約１０％以下のとき実現した。また、イオンビーム電流の増加とともにレーザ上準位からと下準位との原子密度の比である $\{(n_{upper}/g_i)/(n_{lower}/g_i)\}$ も増加するという結果を得た。しかし、この予備実験の第一目的である He-Ar, $1.27\mu m$ レーザの発振は確認できなかった。

この原因として以下のものが挙げられる。

（1）光共振器の軸出しができていない、あるいは光共振器の損失を上回る利得が得られていないことにあると推測される。

（2）加速器ラインとガスセルとの圧力差を保つために、この２つの間の延長管を４段階に分割し、各段階を別々に排気している。この差動排気系は各境界のオリフィスを微動調節できるように、２組の凹型、凸型のワッシャーを間に挟んでM12 のナットでフランジに固定するようになっている。そのため、オリフィスはしっかりと固定できず、ビーム軸の軸出しは非常に難しい。その上、再現性がないので実験自体に発展性を持たすことができない。

5．実験装置の改善

4の（2）の点を改善するために、今まで使用してきた差動排気系を真鍮のブロックから一体物で新たに製作した。また、差動排気系の中におけるビームパワーの損失を低減することも考慮し、5分の１の長さ（ビーム軸方向）の１０ cm に短縮した。オリフィスの径は従来通りの変換可能なものにし、直径が 1.6mm, 2.0mm, 2.5mm, 3.0mm の４種類用意した。この差動排気系は次ページの図に示す通りである。

また、光共振器のミラーの反射率をより高いものにすることや、ガスセル内の酸素、一炭化炭素、窒素、及び、H_2O などのレーザ媒質を励起するためのエネルギー吸収してしまう不純ガスを除去するシステムの開発が必要であることなどが明らかになった。

参考文献

[1] R. J. De Young, W. E. Wells and G. H. Miley, and T. Verdeyen, "Direct nuclear pumping of a Ne-N2 laser", Appl. Phys. Lett. 28. (1976) 519.

[2] A. Ulrich, H. Bohn, P. Kienle and G. J. Perlow, "Heavy ion pumped He-Ar laser", Appl. Phys. Lett. 42 (1983) 782.

[3] D. E. Murnick and A. Ulrich, "HEAVY ION BEAM PUMPED LASERS", Nucl. Instr. and Meth. B9 (1985) 757.

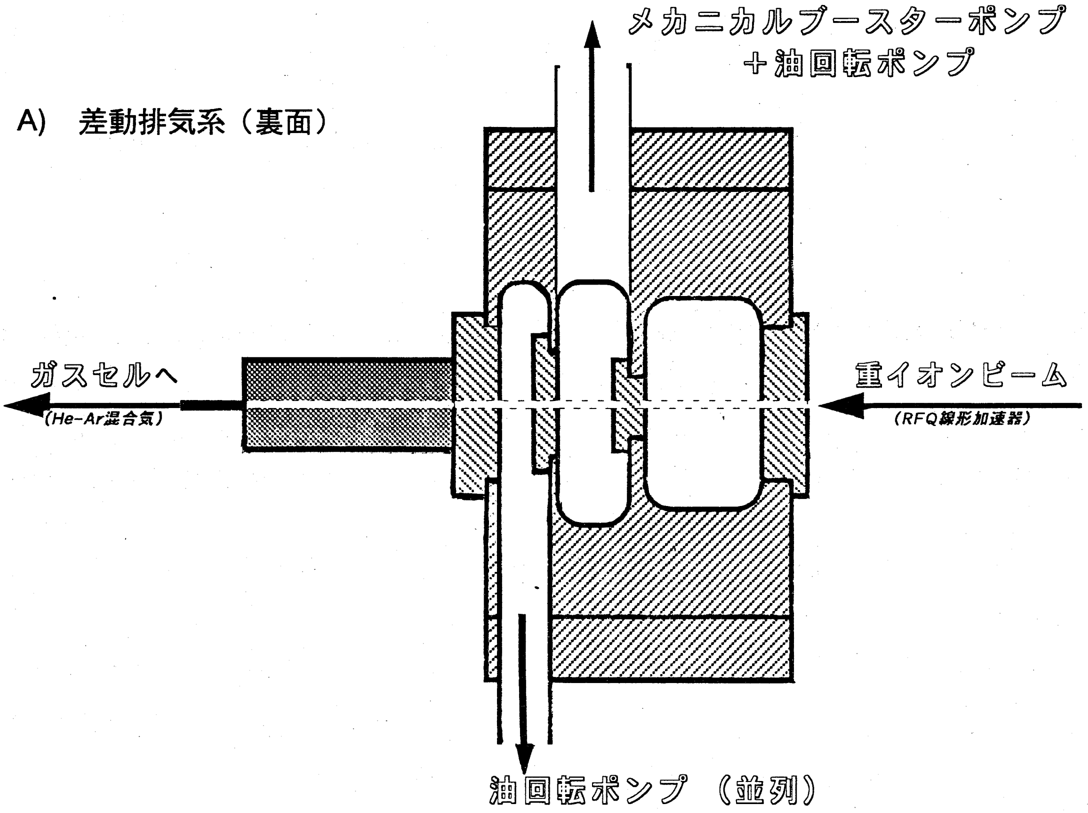
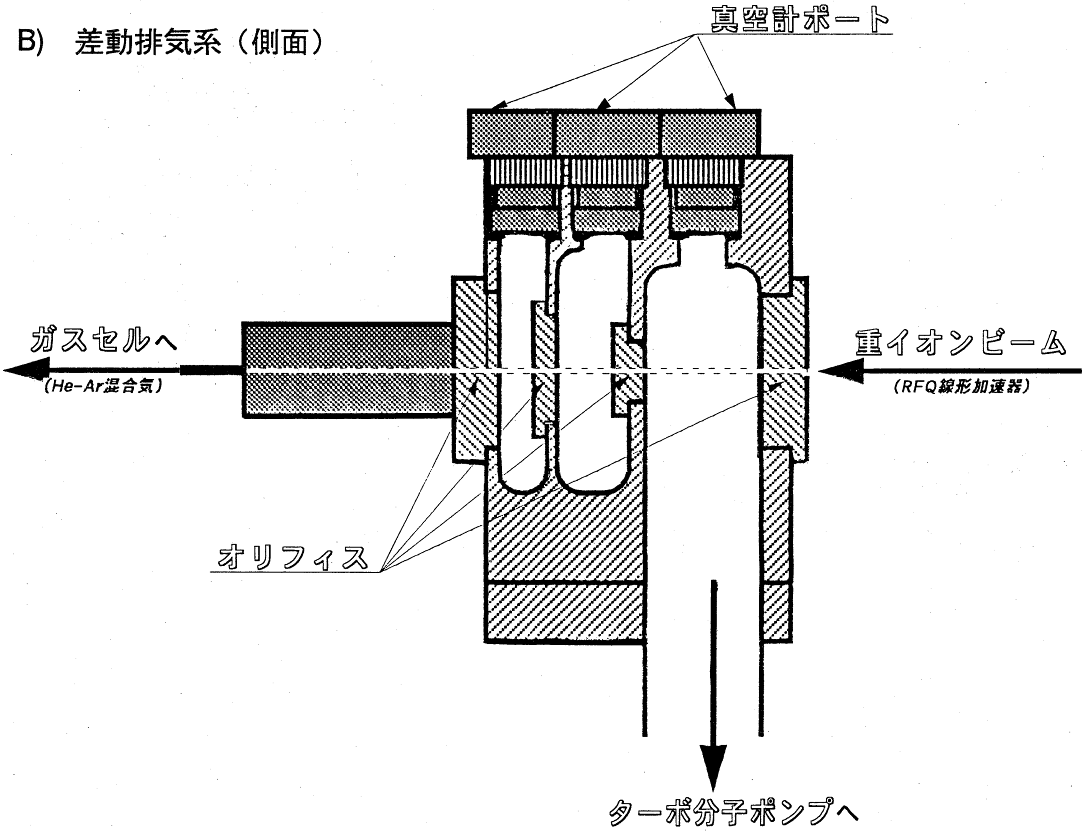
[4] A. Ulrich, J. W. Hammer and W. Biermayer, "Laser pumped by ion beams", Appl. Phys. 63 (1988) 2206.

[5] A. Ulrich, B.Busch, H. Eylers, W. Krötz, R. Miller, R. Pfaffenberger, G. Ribitzuki, J. Wieser and D. E. Murnick, "Lasers pumped by heavy - ion beams", Laser and Particle Beams 8 (1990) 659.

[6] A. Ulrich, J. Wieser, A. Brunnhuber and W. Krötz, "Heavy ion beam pumped visible Laser", High Energy Density in Matter Produced by Heavy Ion Beams, Annual Report 1992, GSI-93-17, ISSN 0171-4546 (1993) 17.

[7] 竹内幸一, "イオンビーム励起レーザの開発研究 東京工業大学修士論文 (1994)

A) 差動排気系（裏面）



B) 差動排気系（側面）