

透镜对喇曼激光器的影响

苑高强 贾选军 刘玉岩

(西安应用光学研究所, 西安 710100)

提要 报道了在同样气压等条件下,喇曼池的聚焦透镜对自调 Q 及BDN调 Q 甲烷喇曼激光器的影响。并对两者进行了比较。

关键词 聚焦透镜,自调 Q ,喇曼激光

1 引言

根据受激喇曼散射理论^[1],受激喇曼散射的产生要求泵浦激光有足够强的功率密度。通常人们采用透镜会聚的手段达到提高泵浦激光功率密度的目的。因此聚焦透镜就成为影响喇曼激光器特性的关键因素之一。关于聚焦透镜对外腔式喇曼激光器的影响,有人已做过研究^[2~4]。如在外腔式甲烷喇曼激光器中,聚焦透镜通过对泵浦激光在喇曼池中功率密度及相互作用体积的影响而影响着喇曼激光的输出能量(或效率),包括其平均值和起伏。对于内腔式BDN(双-二甲基氨二硫代二苯乙二酮-镍)调 Q 甲烷喇曼激光器,聚焦透镜不仅通过调整状态^[5]和会聚状态影响着喇曼激光的输出能量,而且还将直接影响着激光器的振荡阈值。这是因为在内腔式BDN调 Q 甲烷喇曼激光器中,聚焦透镜被置于腔内,所以聚焦透镜的材料吸收、加工误差及调整状态等都将会引起 $1.06\ \mu\text{m}$ 泵浦激光的附加损耗,按有关激光理论^[4],这势必影响该激光器的振荡阈值。因而有必要就聚焦透镜对内腔式BDN调 Q 甲烷喇曼激光器的影响进行研究。

此外,对于自调 Q 甲烷喇曼激光器(无调 Q 器件)^[7],进行聚焦透镜对其包括阈值和喇曼激光输出能量在内等特性影响的研究,有助于发展实用化自调 Q 甲烷喇曼激光器。自调 Q 甲烷喇曼激光器因其无需常规的调 Q 器件,因而对于降低成本或减小体积均是有益的。所以,我们在进行聚焦透镜对内腔式BDN调 Q 甲烷喇曼激光器影响的实验同时,就聚焦透镜对自调 Q 甲烷喇曼激光器的影响也做了实验研究。并对结果做了比较。

2 实验装置及结果分析

我们所用的实验装置如图1所示。图中 M_1 为 $1.06\ \mu\text{m}$ 全反镜, M_2 为 $1.06\ \mu\text{m}$ 增透/ $1.54\ \mu\text{m}$ 全反镜, L_1, L_2 为焦距为 f 的一对透镜, M_3 为 $1.06\ \mu\text{m}$ 全反 $1.54\ \mu\text{m}$ 输出镜,QC为BDN染料片,RC为内充高压甲烷气体的喇曼池, F 为滤光片,LEP-1A为能量计。其中 M_1M_3 构成 1.06

μm 谐振腔; M_2M_3 构成 $1.54 \mu\text{m}$ 谐振腔; L_1, L_2 既是 RC 的密封窗口又是泵浦激光的聚焦透镜, RC 的有效长度为 $2f$ 。如将 BDN 染料片置于激光腔中, 即为内腔式 BDN 调 Q 甲烷喇曼激光器 (以下称 BDN 调 Q 器件); 如将 BDN 染料片除去, 即为自调 Q 甲烷喇曼激光器 (以下称自调 Q 器件)。对于前者, 泵浦激光的调 Q 由 BDN 染料片完成, 甲烷只作为受激喇曼散射介质。对于后者, 甲烷在受激喇曼散射过程中既对泵浦激光调 Q 又是喇曼散射介质。

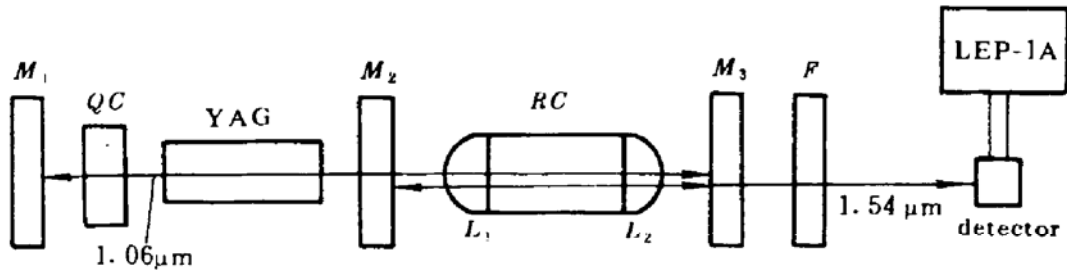


Fig. 1 Schematic diagram of the experimental apparatus

我们在已有的研究基础上^[5,7], 固定甲烷气压、BDN 染料片及输出膜片, 采用同样的喇曼池聚焦透镜密封工艺, 实验研究了聚焦透镜对自调 Q 器件和 BDN 调 Q 器件的振荡阈值及输出特性的影响。在利用 t 检验准则剔除可能的异常数据之后, 所得实验结果如下。

2.1 对阈值的影响

此处的阈值为氙灯输入能量 $E_i = CV^2/2$, 其中 C 为激光电源的放电电容量, V_i 为其阈值放电电压。聚焦透镜对自调 Q 器件及 BDN 调 Q 器件阈值的影响见图 2。此实验结果表明: 无论对自调 Q 器件或 BDN 调 Q 器件, 其阈值均随聚焦透镜的焦距而变化。在 $f = 40 \text{ mm}$ 处为最大值。对于 f 值大于或等于 40 mm 的情况, BDN 调 Q 器件的阈值大于自调 Q 器件的阈值。此现象可作如下解释: 如果将受激喇曼散射效应、BDN 染料与腔内其它损耗 (如腔内光学元件的吸收、散射、加工误差及调整误差等) 均视作 $1.06 \mu\text{m}$ 泵浦激光的腔内损耗^[8,9], 则与自调 Q 器件相比, BDN 染料增加了 BDN 调 Q 器件中 $1.06 \mu\text{m}$ 泵浦激光的腔内损耗。依有关激光理论^[7], 腔内损耗增加激光器振荡阈值必然增大。故 BDN 调 Q 器件的阈值会比自调 Q 器件的阈值高。但对于 $f = 30 \text{ mm}$ 的情况, 经多次实验证明: 自调 Q 器件的阈值高于 BDN 调 Q 器件的阈值。这可能是由于对于短焦距的聚焦透镜, 自调 Q 器件中 $1.06 \mu\text{m}$ 泵浦激光引起的弧光现象较为严重, 由此引起的 $1.06 \mu\text{m}$ 泵浦激光的腔内损耗大于 BDN 染料片引起的 $1.06 \mu\text{m}$ 泵浦激光的腔内损耗。故自调 Q 器件的阈值大于 BDN 调 Q 器件的阈值。实验发现 $f = 30 \text{ mm}$ 时, 在自调 Q 器件中由 $1.06 \mu\text{m}$ 泵浦激光产生了较为严重的弧光。

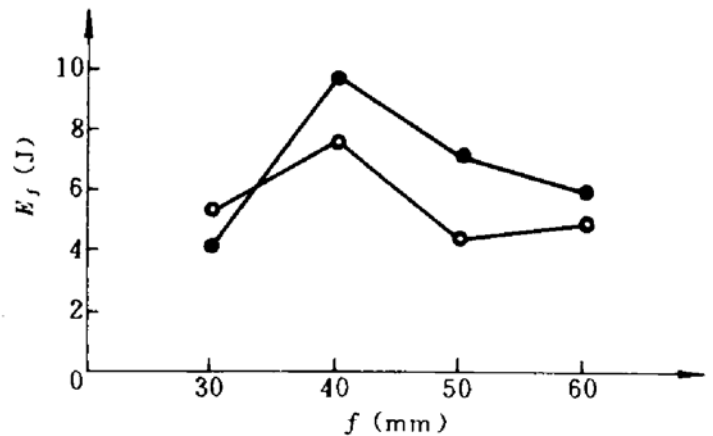


Fig. 2 Threshold of methane Raman laser versus focal lengths of lens x self-Q-switching, • BDN Q-switching

2.2 对平均输出能量的影响

聚焦透镜对自调 Q 器件及 BDN 调 Q 器件的 $1.54 \mu\text{m}$ 激光平均输出能量 (单脉冲) 的影响如图 3 所示。此处的 $1.54 \mu\text{m}$ 激光平均输出能量是在激光器输入能量为阈值 (阈值见图 2) 时

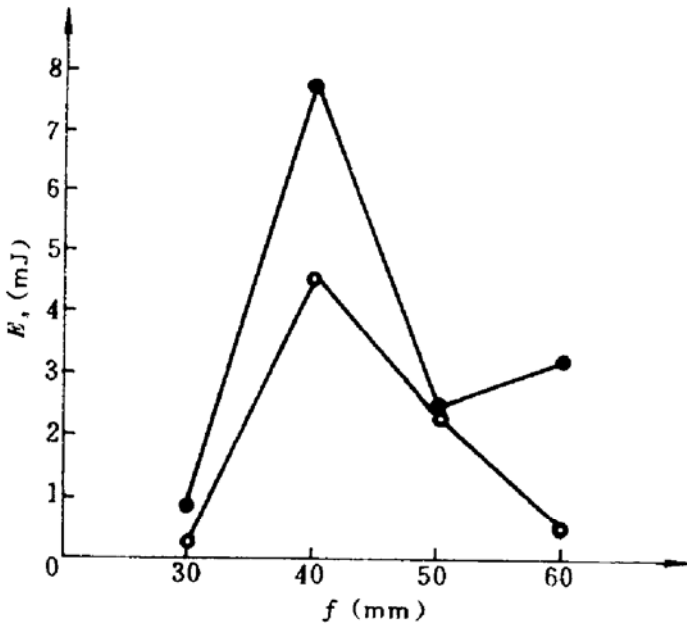


Fig. 3 Average output energy of 1.54 μm laser from methane Raman laser versus focal lengths of x self-Q-switching, \bullet BDN Q-switching

测得的。由此实验结果可知：聚焦透镜对自调Q器件的平均输出能量和BDN调Q器件的平均输出能量有类似的影响。即对于自调Q器件及BDN调Q器件，其1.54 μm 激光平均输出能量均随聚焦透镜焦距而变化。且当 $f = 40 \text{ mm}$ 时，两种甲烷喇曼激光器的平均输出能量都达到最大值，分别为4.6 mJ和7.7 mJ。此外，对于所有的 f 值，BDN调Q器件的1.54 μm 激光平均输出能量均大于自调Q器件的1.54 μm 激光平均输出能量。

2.3 对输出能量起伏的影响

与YAG等激光器不同，甲烷喇曼激光器的1.54 μm 激光输出能量，由于其它非线性效应（如弧光等）的存在而相对其平均值有较大起伏。有时这种较大的起伏会影响甲烷喇曼激光器的应用。因此有必要对这种起伏作一讨论。为

直观简单地说明问题，我们以1.54 μm 激光输出能量的相对起伏 b 表征甲烷喇曼激光器1.54 μm 激光输出能量的起伏。此处的相对起伏 b 为1.54 μm 激光输出能量的最大值与最小值之差与1.54 μm 激光平均输出能量之比。表1为聚焦透镜对自调Q器件及BDN调Q器件1.54 μm 激光输出能量起伏影响的实验结果。从表1可见，对于自调Q器件及BDN调Q器件，1.54 μm 激光输出能量的相对起伏 b 随聚焦透镜焦距而变化。当 $f = 40 \text{ mm}$ 时，相对起伏 b 最小，即1.54 μm 激光输出能量最稳定。当焦距等于或大于40 mm时，BDN调Q器件的相对起伏 b 小于自调Q器件的相对起伏 b 。亦即BDN调Q器件的1.54 μm 激光输出能量较自调Q器件的1.54 μm 激光输出能量稳定。但对于 $f = 30 \text{ mm}$ 的聚焦透镜，则反之。这可能是由于在自调Q器件中，由短焦距聚焦透镜引起的弧光现象比BDN调Q器件中的弧光现象严重所致。

Table 1 Focusing lenses' effects on output energies of 1.54 μm laser from methane Raman laser

Focul length f (mm)		30	40	50	60
Relative fluctuation b	self-Q-switching	1.3	1.1	2.6	1.2
	BDN Q-switching	2.5	0.3	0.7	0.6

3 结 论

通过实验和分析，就聚焦透镜对自调Q器件和BDN调Q器件的影响，我们可得如下有关结论：

- 3.1 除焦距较短的聚焦透镜外，聚焦透镜对自调Q器件和BDN调Q器件的影响相类似；
- 3.2 聚焦透镜对自调Q器件和BDN调Q器件的阈值均有影响，并存在最大值。对于较短焦距的聚焦透镜，自调Q器件的阈值大于BDN调Q器件的阈值；而对于较长焦距的聚焦透镜则反之；
- 3.3 聚焦透镜对自调Q器件和BDN调Q器件的1.54 μm 激光平均输出能量均有影响，并存

在最大值。此外,对所有聚焦透镜,BDN 调 Q 器件的平均输出能量大于自调 Q 的平均输出能量;

3.4 聚焦透镜对自调 Q 器件和 BDN 调 Q 器件 $1.54 \mu\text{m}$ 激光输出能量的起伏均有影响,并存在最小值。对于较短焦距的聚焦透镜,自调 Q 器件输出能量起伏小于 BDN 调 Q 器件输出能量起伏,而对于较长焦距的聚焦透镜,则反之;

3.5 此外,我们还用 $f = 20 \text{ mm}$ 及 $f = 80 \text{ mm}$ 的聚焦透镜作了自调 Q 甲烷喇曼激光器实验。对于 $f = 80 \text{ mm}$ 的聚焦透镜,能偶尔观测到极微弱的 $1.54 \mu\text{m}$ 激光输出。对于 $f = 20 \text{ mm}$ 的聚焦透镜,则未观察到任何激光输出。由此可知,焦距太长或太短的聚焦透镜均不适于自调 Q 甲烷喇曼激光器;

3.6 如果合理选择自调 Q 甲烷喇曼激光器各种参数(如甲烷气压、输出膜片和聚焦透镜等),采取措施进一步提高效率、抑制 $1.54 \mu\text{m}$ 激光输出能量起伏,发展实用化自调 Q 甲烷喇曼激光器是可能的。

参 考 文 献

- 1 郑顺璇. 激光喇曼光谱学, 上海:上海科学技术出版社, 1983, 165
- 2 J. G. Meadors *et al.*. Final Technical Report, 1977, AD-A042 391/3, 27p
- 3 袁一风等. 中国激光, 1986, 13(7): 428~431
- 4 张梓华等. 光学学报, 1991, 11(3): 235~241
- 5 苑高强等. 应用激光, 1992, 12(4): 428
- 6 周炳昆等. 激光原理, 北京:国防工业出版社, 1980, 84
- 7 Gaoqiang Yuan *et al.*. SPIE, 1992, 1979: 300~309
- 8 徐荣甫等, 激光器件与技术教程, 北京:北京工业学院出版社, 1986, 181
- 9 苑高强等, 应用光学, 1990, (1): 30~35

Effects of focusing lenses on methane Raman laser

Yan Gaoqiang Jia Xuanjun Liu Yuyan

(Xi'an Institute of Applied Optics, Xi'an 710100)

Effects caused by the focusing lenses in Raman cell on the methane Raman laser with self- Q -switching or BDN Q -switching are presented. The different results are compared.

Key words focusing lenses, self- Q -switching, Raman laser