

Laser excimère à faisceaux lasers multiples et de haute brillance

V. Kermène, P.J. Devilder, M. Vampouille, C. Froehly,
B. Colombeau et A. Catherinot

Institut de Recherche en Communications Optiques et Microondes, Laboratoire de Matériaux Céramiques et Traitements de Surfaces, UMR 6615 du CNRS, 123 avenue Albert Thomas, 87060 Limoges cedex, France

Résumé : Des efforts importants ont été réalisés ces dernières années dans le développement de sources UV émettant des faisceaux à la fois énergétiques et de faible divergence. Nous présentons l'adaptation d'un laser commercial UV en un résonateur multi bras, instable confocale, émettant simultanément plusieurs faisceaux. Chacun des faisceaux de ce laser conserve une divergence minimale et une énergie importante. Expérimentalement, nous avons élaboré un laser à 4 bras, chacun délivrant un faisceau de faible divergence avec une luminance proche de 10^{15} W/cm².sr.

I. INTRODUCTION

Nous rapportons une étude sur une configuration originale de laser à excimère émettant plusieurs faisceaux identiques de haute énergie et de faible divergence (haute luminance).

Les lasers de puissance en général et les lasers à excimère en particulier sont connus pour la mauvaise qualité spatiale de leur faisceaux. Des applications comme le traitement de surface, l'illumination d'échantillons ou encore le perçage grâce à différents systèmes optiques (masques précédés ou non d'un homogénéiseur) s'accommodent sans dommage de ces faisceaux fortement multi-modaux qui peuvent fournir un éclairage homogène intégré dans le temps. Notre travail s'est plus particulièrement intéressé à d'autres applications (micro-usinage or perçage sans projection de masques) nécessitant des faisceaux lasers ayant un faible nombre de modes spatiaux et une faible divergence proche de la limitation imposée par les lois de la diffraction (faisceau de haute luminance).

II. CAVITE INSTABLE ET FAISCEAU DE HAUTE LUMINANCE

Plusieurs études [1-3] ont montré que les cavités télescopiques instables (ou cavité à forte perte) sont bien adaptées pour fournir des faisceaux de haute énergie avec des angles de divergence faible tout en utilisant au mieux de grands volumes de gain. Aussi, nous avons choisi ce type de cavité. Le point important provient du très grand rapport existant entre le rayon de courbure du miroir de fond de cavité avec celui du miroir de 'sortie', identique au rapport entre leurs diamètres respectifs ($R_{cv}/R_{cx}=\phi_{cv}/\phi_{cx}=10$) [4]. La très petite taille du miroir de 'sortie' est ainsi capable de sélectionner efficacement un mode quasi unimodal ayant une divergence minimale. Le faisceau de sortie est de forme annulaire avec un très petit trou en son centre dont la taille est directement liée à celle du miroir convexe de 'sortie'. Le champ lointain peut être décrit par une fonction de Bessel du premier ordre. Peu d'énergie est perdue dans les anneaux du faisceau à cause de la faible taille du miroir convexe ($\phi_{cx}=2\text{mm}$) par rapport au faisceau de sortie ($\phi_{cv}=20\text{mm}$). Nous obtenons ainsi une luminance de $3,9 \cdot 10^{15}$ W/cm².sr (avec $L=P/S\Omega$; P : puissance émise = 110mJ/40ns; S surface = $\phi_{cv}^2 = 4\text{cm}^2$; Ω angle solide d'émission $\approx \pi \cdot \alpha^2 = \pi \cdot (0,75 \cdot 10^{-5} \text{ rad})^2$; α 1/2 angle d'émission) qui est à comparer à celle de $6,6 \cdot 10^{11}$ W/cm².sr, délivrée par la même cavité équipée de 2 miroirs plans.

III. CAVITE INSTABLE ET FAISCEAUX MULTIPLES

Afin d'étendre le champ d'applications de ce type de laser, nous avons modifié la configuration précédente en réalisant une cavité à 4 bras. Nous avons gardé le miroir de fond de cavité et ajouté 3 miroirs convexes supplémentaires dans le même plan transversal que le premier petit miroir (figures 1 & 2). La distance entre ces 4

miroirs hors-axe détermine l'écart angulaire entre les 4 faisceaux émis. Expérimentalement, nous avons observé que les propriétés des faisceaux émis sont les mêmes que précédemment, avec notamment une divergence minimale (figure 3).

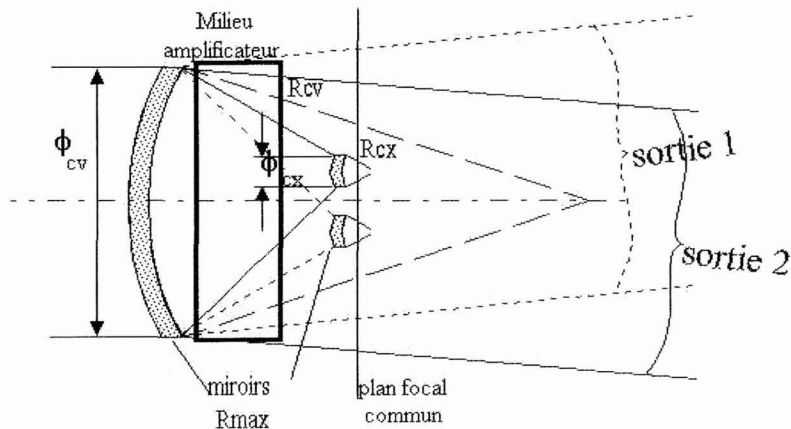


Figure 1 : Montage expérimental du laser à faisceaux multiples

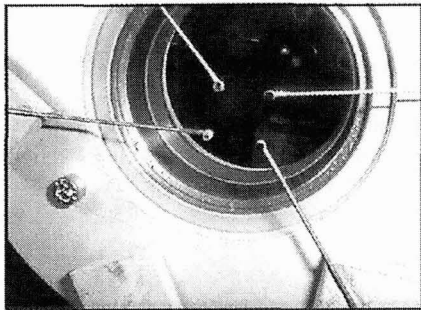


Figure 2 : Les 4 miroirs convexes ($\phi_{cv}=2$ mm)

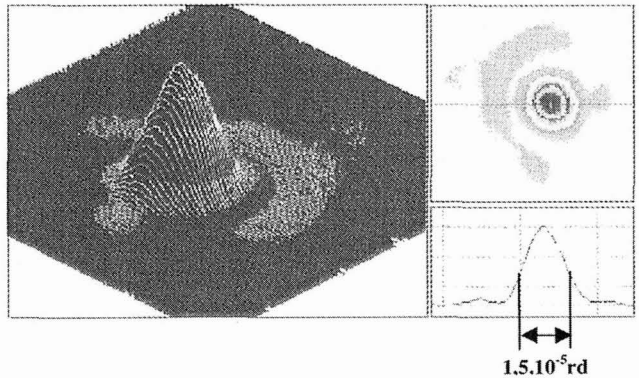


Figure 3 : Profil d'intensité du spectre d'ondes planes d'un des 4 faisceaux émis (divergence minimale)

IV. CONCLUSION

Expérimentalement nous avons montré que la configuration laser à multi bras permet de fournir simultanément plusieurs faisceaux de haute luminance sans apport de composants optiques complexes. Ce type de cavité peut notamment trouver des applications industrielles telles que les opérations de perçage en parallèle.

Remerciements

Nous remercions l'ANVAR et la société SOPRA pour leur contribution à cette étude.

Références

1. R. Pini et al, Optics Comm. **81** (1991), p138.
2. S. Bollanti et al, Optics Comm. **132** (1996), p565.
3. R. M. Hofstra et al, Optics Comm. **144** (1997), p43.
4. P. Coutance et al, IEEE j. Quantum Electron. **31**, 10 (1995), p1747.