

文章编号: 1001-4322(2002)02-0250-03

对“部分相干高斯光束的 M^2 因子及模系数” 一文的评论*

吕百达, 丁桂林, 蒲继雄

(四川大学 激光物理与激光化学研究所, 四川 成都 610064)

摘要: 指出了发表于《强激光与粒子束》刊2000年12卷6期由楚晓亮、张彬所写“部分相干高斯光束的 M^2 因子及模系数”(简称楚文)一文中的错误并作了物理分析。首先, 楚文没有什么新的结果, 因为同样的方法和同样的结果可在《Opt Lett》1998年23卷13期和《App1 Opt》1999年38卷25期中查到。再者, 在楚文中未对如何唯一确定束腰尺寸 v_0 和如何产生他们所提出与文献[2, 3](文献[3]发表于《IEEE J. Quant Electron》1999年35卷6期)不同的部分相干高斯光束作任何物理解释, 甚至连“设束腰尺寸 v_0 已知”的话也未提及, 因此从楚文会导致错误的结论。

关键词: 部分相干高斯光束; 物理分析; 实验产生

中图分类号: O43 **文献标识码:** A

我们认真研读了刊于《强激光与粒子束》2000年12卷6期的文章——楚晓亮、张彬:“部分相干高斯光束的 M^2 因子及模系数”(以下简称楚文)。该文的主要依据是楚文中参考文献[5, 6]。其中 Siegman 教授的论文(文献[6])中对一维厄米-高斯光束 M^2 因子的表达式(楚文(7)式)是被广泛引用的结果。Gori 教授等人的论文(文献[5])^[1]研究了当各模式不相关时, 用厄米-高斯模表示的部分相干光基于光强的模分解(或模展开)问题, 所得的结果可推广用于任意横平面上光强分布和模式传输规律已知的情况。Gori 论文的重要创新点是巧妙地利用 Fourier 变换将非正交归一系 G_n^2 变成正交归一系 Ψ_n , 由此推导出有物理意义、且可写为积分表示的模展开系数 c_n (8)式。这样, 从 $I(x)$ 和 v_0 便能求出 c_n (实际使用时还需选取适当的截断系数)。

楚文共分三节。其中第一节直接引用了 Gori 的公式(楚文(5)式)和 Siegman 的公式(楚文(7)式)。第二节中作者认为自己利用(5)式导出了部分相干高斯光束的模展开系数 c_n (10)式, 然后, 利用(7)式和(10)式推出了 M^2 因子(14)式。遗憾的是, (10)式只是一个数学结果, 而(14)式在物理上则是错误的。因此, 在第三节和摘要中基于(10)式和(14)式所得出的主要结论和相关的一些说法也是错误的。对此本文仅作如下扼要分析。

1. 首先让我们来比较一下 Gori^[1]和楚文工作的异同。Gori 工作是在部分相干光通过一个横平面上的光强分布 $I(x)$ 已知和作为展开式基底厄米-高斯光束的 v_0 (对应基模高斯光束束腰宽度)已知前提下, 求模展开系数。特别是对 v_0 为何能成为已知, 在文献[1]和与文献[1]密切相关另一文献中[2]对此作了令人信服的物理分析, 并且指出必须要有对部分相干光物理性质的“先验知识”才能使这一问题有唯一解。楚文的工作是已知部分相干高斯光束的光强分布(8)式求 c_n, λ_n, M^2 。由(8)式推出(10)式在数学上是正确的。但是, (1)楚文对“部分相干高斯光束”未给出明确的定义。在文中只能找到两处有关说明, 即“部分相干高斯光束的光强分布为……(8)式”;“强激光中常遇到的是具有高斯光强分布的部分相干光束”。然而, 仅有光强分布(8)式是不能完整描述部分相干高斯光束的, 例如可参考楚文密切相关的文献[2, 3], 其中, 文献[2]实际上是 Gori 文[1]的扩展和推广。在这些文献中详细研究了光强分布为高斯型的两类部分相干光的物理描述和模结构等相关问题。此外, 对仅由(8)式描述的部分相干高斯光束是在“强激光中常遇到的”这种说法, 作者既未给出引证, 也未举出在“在强激光中”如何构造出楚文所指部

* 收稿日期: 2001-01-27; 修订日期: 2001-12-20

作者简介: 吕百达(1943-), 男, 教授, 博导, 主要研究方向为强激光技术, 光束传输与控制。

分相干高斯光束的实例, 不免让人觉得实在是很理想化, 过于数学化了。(2) 在楚文中通篇找不到有关 v_0 是已知的说明, 更未对如何使 v_0 成为已知给出具体实验方案和物理分析。应当指出的是, 这正是文献 [1, 2] 和国际上“Intensity-based modal analysis”一系列论文与楚文的重要区别之一。显然, 在数学上由 (8) 式出发, 以厄米-高斯模为基底所作的展开式是任意的。换言之, 文中的 v_0 不可能由 (8) 式唯一确定。在非常数学化和理想化的楚文中, 将束腰宽度 v_0 与位相或部分相干的信息联系起来是牵强附会的。因此, 我们认为与文献 [2] 相比较, 楚文的 (10) 式只是一个数学结果。令人遗憾的是, (10) 式并不是一个新的结果。在文献 [2] “高斯光强分布”一节中, Gori 及其合作者采用傅里叶展开法从高斯分布光强式 (9) 出发, 推出了其傅里叶变换式 (10) 和模系数公式 (11) 式 (这些结果对光强分布为高斯型的部分相干光都是适用的), 分别对应于楚文的 (8)、(9) 和 (10) 式。文献 [2] 还指出, (11) 式可简写为 (14) 式, 这是众所周知的 1980 年为 Gori 和 1982 年为 Starikov 和 Wolf 早已得出的公式。换言之, 在对上述 (1), (2) 点作合理解释基础上, 并能构造出一个光强剖面为高斯分布的部分相干光, 它只不过是 Gori 等人已研究过的一个特例。

2 文献 [2] 中强调, 由 c_n 的知识便直接可得出 M^2 因子的公式。“We would like to stress that the knowledge of the coefficient c_n is tantamount to a complete characterization of partially coherent light In particular, any global beam parameter such as the M^2 factor can be evaluated if we start from the coefficient c_n ”^[2]。众所周知 (包括楚文作者们), 从 c_n 写出 M^2 因子公式数学上是直截了当的事。那么, 何以为新? 人们关心的不仅是数学结果, 而是结果在物理上的正确性。部分相干高斯光束的 M^2 因子由光束参数和相干性参数共同确定, 不可能仅由束腰面上的光强分布 (8) 式来确定 M^2 因子。例如, 对高斯-谢尔模型光束^[4], 除强度分布为高斯函数外还用复相干度描述其空间相干性, 或统一用交叉谱密度函数表征。高斯-谢尔模型光束也可以用厄米-高斯光束 (可取 v_0 为对应基模高斯光束束腰宽度, 它显然不是相干性参数) 为基底展开, 其 M^2 因子为

$$M^2 = [1 + (\frac{w_0}{\alpha_0})^2]^{1/2} = [1 + \frac{1}{\alpha^2}]^{1/2} \quad (1)$$

式中: α_0 为束腰面上 GSM 光束的相干长度, $\alpha = \alpha_0/w_0$ 称为总空间相干度 (global degree of spatial coherence)。虽然数学上可将 (1) 式与楚文 (14) 式的关系写出来, 或者说将 v_0 用 α_0 表示, 但这没有物理意义。有物理意义的是从实验上已测得部分相干光的 M^2 因子确定模系数。这一问题在各模式不相关和相关情况下均已解决^[5, 6], 并且已经不是 Gori 文中要研究的问题了, 因此也无法与楚文比较数学处理过程的简繁。因为楚文中 v_0 是不确定的, 利用 (5) 式推出的模系数 c_n 即 (10) 式只是一个数学结果。据此计算得出的表 1 和讨论是没有意义的, 由楚文中 (14) 式和表 1 必然得出对光强分布为 (8) 式的部分相干高斯光束的 M^2 因子是不确定的错误结论, 楚文中完全未讨论如文献 [2] 中指出的唯一性 (包括楚文所指“部分相干高斯光束”的实验产生方法) 问题。我们认为, 针对楚文论题, 这是必须讨论的, 否则, 实难看出楚文得出结果和所提出的“部分相干高斯光束”与文献 [2, 3] 有何不同。由此可知, 当未研究 v_0 如何确定, 甚至连 v_0 是已知或给定的都不交待时, (14) 式在物理上是错误的。

3 按发表论文的惯例, 作者必须在参考文献中引出与本文密切相关的论文, 并说明本文工作与这些文献的异同点, 特别是本文的“创新点”。楚文作者声称“本文紧跟部分相干光束研究的发展趋势”, 然而, 对 1998 年以来有关采用 Gori 方法在部分相干光模结构等相关研究中取得新进展的相关文献几乎未提及。

光束 (包括部分相干光束) 的描述、模结构、模分解和光束质量等是近年来在激光光束变换领域国际上十分感兴趣的研究论题。其中, 对光束分布为高斯型的部分相干光的研究也是有意义的。然而, 从上面简单的分析不难看出, 楚文得出的主要结论是错误的。事实上, 在缺乏对部分相干光物理性质的“先验知识”和确定 v_0 的方法之前, 是不可能仅由一个横平面上的光强分布 (8) 式唯一得出模系数的。对光强分布为高斯型的部分相干光的有关问题, 文献中已作了详尽的数学推导和物理分析, 楚文实质上并无什么新结果。

参考文献:

- [1] Gori F, Santarsiero M, Borghi R, et al Intensity-based modal analysis of partially coherent beam s with Hermite-Gaussian modes [J]. *Opt Lett*, 1998, **23**(13): 989—991.
- [2] Santarsiero M, Gori F, Borghi R, et al Evaluation of the modal structure of light beam s composed of incoherent mixtures of Hermite-Gaussian modes[J]. *Appl Opt*, 1999, **38**(25): 5272—5281.
- [3] Borghi R. Superposition scheme for J_0 -correlated partially coherent sources[J]. *IEEE J Quant Electron*, 1999, **35**(6): 849—856
- [4] 吕百达 强激光的传输与控制[M]. 北京: 国防工业出版社, 1999. 143—145. (L ÜB D. Propagation and Control of High-Power Lasers. Beijing: Press of Industry, 1999. 143—145)
- [5] L ÜB D, Zhang B, Cai B W, et al A simple method for estimating the number of effectively oscillating modes and weighting factor of mixed-mode laser beam s behaving like Gaussian Schell-model beam s[J]. *Opt Commun*, 1993, **101**: 49—52
- [6] L ÜB D, Zhang B. Mode expansion for Gaussian Schell-model beam s with partially correlated modes[J]. *J Opt Soc Am A*, 1999, **16**(10): 2453—2458

Comments on “ M^2 -factor and mode coefficients of partially coherent Gaussian beam s”

L ÜBai-da, D N G Gui-lin, PU Jì-xiǒng

(Institute of Laser Physics and Chemistry, Sichuan University, Chengdu 610064, China)

Abstract The Errors in the paper entitled “ M^2 -factor and mode coefficients of partially coherent Gaussian beam s” (X. Chu and B. Zhang) published in *High Power Laser & Particle Beam s* 12(6), (Nov.), 2000 (cited as Chu’s paper) are point out and analyzed physically. First, the new result could not be found in Chu’s paper, because the same method and same results were given in Ref [1] and [2] published in *Opt Lett*, 23(13) July, 1, 1998 (Gori F, Santarsiero M, Borghi R, and Guattari G), and *Appl Opt*, 38(25), Sept 1, 1999 (Santarsiero M, Gori F, Borghi R, and Guattari G), respectively. Moreover, in Chu’s paper any physical interpretation about the subjects “how to determine the waist size v_0 in a unique way” and “how to experimentally realize their partially coherent Gaussian beam s differing from Ref [2] and [3] (Borghi R. *IEEE J. Quant Electron*, 35(6), Jun 1999) could not be found. Never even a word “provided that the waist size v_0 is known” is mentioned. Therefore, it might result in the incorrect conclusion from Chu’s paper.

Key words: partially coherent Gaussian beam; physical analysis; experimental realization