

$$\langle \gamma_2 \rangle = -\frac{1}{2} \left(\frac{eE_0 L a_w}{2mc^2 \gamma} \right)^2 \cdot \frac{2L(\Delta\omega) a_w}{\sqrt{2}\omega_0 x_0 \gamma^2} \cdot \frac{d}{d\eta} \left(\frac{\sin\eta}{\eta} \right)^2 \quad (34)$$

最后,将(34)式代入(30)式,可得磁场与 z 轴无关摆荡器自由电子激光的增益:

$$G = \frac{e^2 a_w^3 (\Delta\omega) L^3 n_e}{4\sqrt{2} mc^2 \omega_0 x_0 \gamma^4} \frac{d}{d\eta} \left(\frac{\sin\eta}{\eta} \right)^2 \quad (35)$$

由此可见,增益与相互作用长度有关。上式表明,在完全谐振时,即当 $\Delta\omega = 0$ 时,在任何时刻都没有增益。

四、结 论

在磁场与 z 轴无关摆荡器自由电子激光中,自发辐射与受激辐射也存在相应的关系。我们还看到,诱发能量离散 $\langle (\gamma_f - \gamma_0)^2 \rangle$ 比平均能量损失 $\langle \gamma_f - \gamma_0 \rangle$ 大得多。平均能量损失 $\langle \gamma_2 \rangle$ 正比于光功率增益,而平均能量离散 $\langle \gamma_1^2 \rangle$ 则正比于自发辐射。

从以上的分析和计算中,我们发现一个重要因子 $\sin\eta/\eta$, 它有重要的物理意义。这个因子把磁场与 z 轴无关摆荡器自由电子激光的受激辐射和自发辐射联系起来,这从物理上是容易理解的。由于自由电子的受激辐射是以自发辐射为基础的,因此,当非相干的自发辐射转化为相干的受激辐射时,必然保持着自发辐射的某些特性。

在磁场与 z 轴无关摆荡器自由电子激光中,在谐振条件下,即 $\Delta\omega = 0$, 电子与波将无净能量交换,即没有增益。这个结论与普通自由电子激光是相符合的。

参 考 文 献

- 1 Madey J M J. J A P, 1971;42(5):1906~1913
- 2 祝家清. 自由电子激光引论. 武汉:湖北教育出版社,1994;240
- 3 Pinhas S. IEEE J Q E, 1990;QE-26(8):1332~1334
- 4 Pinhas S. IEEE J Q E, 1992;QE-28(11):2567~2572
- 5 Madey J M J. Nuovo Cimento, 1979;50B(1):64~68
- 6 Deacon D A G, Robinson K E, Madey J M J *et al.* Opt Commun, 1982;40(5):373~378
- 7 Marshall J C. Free electron laser. New York: Macmillan Publishing Company, 2.1~2.2



作者简介:祝家清(附照片),男,1939年4月出生。副教授。现从事自由电子激光研究及教学工作。

文双春,男,1969年8月出生。研究生。现从事教学和研究工作。

收稿日期:1994-10-25

·产品简讯·

在线光纤传感器

励磁便携式测试仪用来识别在线的和未用的光纤。加拿大魁北克省 Vanire 的 Exfo 电光工程公司生产的 LED-100 型万能在线光纤传感器既可显示纤芯功率电平,又可显示光纤中光的方向。可靠的大弯曲度方法避免了光纤损伤或线路不通。光纤头可适用于 250mm 有涂层的光纤,900mm 密封的阻尼光纤,或者 3mm 有护套的试验跨接线,或连接电缆。250mm 的测试也能用 12-光纤带状电缆。可进行绝对功率测量,分辨率 $\pm 2\text{dBm}$, 相对功率测量分辨率为 0.1dB。

张贤义,巩马理 供稿