M. 萨晋 III
〔美〕M. O. 斯考莱著
W. E. 兰姆

激光物理学

科学出版社

激 光 物 理 学

M. 萨 晋 III
〔美〕M. O. 斯考莱 著
W. E. 兰 姆

杨顺华 彭 放 译

科 学 出 版 社

1 9 8 2

内 容 简 介

本书论述电磁辐射与物质的相互作用问题，并着重处理激光系统．前一部分讨论激光的半经典理论，并应用于气体激光器、环型激光器、塞曼激光器理论，还讨论了相干脉冲传播现象．后一部分论述激光的全量子理论和光子统计学．一些数学细节和补充材料则放在附录中叙述．本书介绍兰姆学派的激光理论，具有相当高的学术水平和价值．可供光学、激光物理、激光技术等方面的科研人员和高等院校有关系科师生阅读参考．

本书第四、五、八、九、十章由彭放译，其余章节由杨顺华译．

M. Sargent III　M. O. Scully　W. E. Lamb

LASER PHYSICS

Addison-Wesley 1974

激 光 物 理 学

M. 萨 晋 III

〔美〕M. O. 斯考莱　著

W. E. 兰　姆

杨顺华　彭　放　译

责任编辑　陈菊华

科学出版社出版

北京朝阳门内大街137号

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行　各地新华书店经售

*

1982年11月第一版　开本：787×1092　1/32

1982年11月第一次印刷　印张：16 3/4

印数：0001—6,000　字数：374,000

统一书号：13031·2029

本社书号：2768·13—3

定价：2.60 元

原　序

本书论述辐射与物质的相互作用，并对激光给予特殊注意．假定读者具有半年的一般本科物理课程量子力学导论预备知识．本书内容可以用两学期讲授；或者将本书前半部(第一章至第十三章)用作一学期的课程，这一部分已略去电磁场的量子力学内容．每一章都附有习题，它们对正文起说明的作用，并给出有用的(有时是新的)结果．

现有的激光介质本质上是量子力学性质的，因此最容易用量子力学理论进行研究．遵循这条思路理解激光，可以活跃人们对于量子力学本身的理解．实际上，本书内容构成一种独立的，可供第二学期和第三学期选用的量子力学教材．

本书的编写形式更适宜于用作参考书，特别是关于激光物理的基本概念部分．对于某些细致的推广，特别是在习题内，我们都留有余地，但为了清楚起见，我们有意地牺牲了普遍性．对于较简单理论的理解，可以使人们能够研究原始文献中所提出的更普遍的推广，或者自己去处理新问题．

除第十九章和第二十章外，本书论述的激光理论偏向于兰姆学派的理论；而 W.H. 路易塞尔编著的«辐射的量子统计性质»(Quantum Statistical Properties of Radiation, John Wiley, New York, 1973)一书*，则论述了贝尔电话实验室研究小组与此并行的工作；H. 哈根的著作«激光理论»(载于 Encyclopedia of Physics, Vol. XXV/2c, S. Flügge, ed., Springer-Verlag, Berlin, 1970)以及«激光手册» A3**，则

---

* 本书中译本由科学出版社出版．——译者注

** 中译本为第一分册，第三章．——译者注

对斯图嘉特学派的工作给出了一个极好的综述.

与本书的编写要旨相一致，我们没有试图都引用原始文献，而是向读者推荐评述文章和书籍，它们对读者进一步学习可能更有用处. 即使在这个范围内，我们也没有提供所有可能的参考资料；A. E. Siegman 所列的激光书籍表(*Appl. Opt.*, **18**, A38, 1971) 已包括 135 种书目，它比本书早发表三年.

本书前十三章采用辐射与物质相互作用的半经典理论. 在这理论里，假定原子遵守量子力学规律，而场由经典的麦克斯韦方程组支配. 从第十四章至第二十章，场和原子两者都用量子力学处理. 更具体地讲，第一章和第二章表述基本的量子力学预备知识. 第三章讨论经典的和量子的电偶极矩以及它们与电场的相互作用. 第四章追述历史上由惠更斯至范·德·波耳所发现的若干与激光现象类似的现象. 第五章将理论应用于第一个微波激射器，并引入有关激光器的重要概念，如腔的 Q 值，饱和增益，腔调谐等. 第六章复习对第十四章至第二十章特别有用的量子力学表述(狄拉克符号，薛定谔表象、相互作用表象和海森堡表象). 第七章引进密度矩阵，在以后各章里，密度矩阵的应用将对问题的分析和教学带来相当大的益处.

第八章至第十一章发展了激光器理论，涉及单模和多模电磁场，均匀展宽的和多普勒展宽的介质，以及双镜和环形腔. 用二能级系统近似表示原子，而场取为标量场. 第十二章取消了这些限制，并考虑了外加直流磁场. 第十三章依据半经典理论处理脉冲传播，自感生透明及光子回波现象.

第十四章表述辐射的量子理论，其形式适用于处理激光. 证明了电磁场是由简谐振子组成，它们服从简单的量子化规则. 作为一个重要的例子，讨论了外斯科夫-维格纳自发发射

理论，在一个相关的附录中讨论了超辐射现象．第十五章阐明相干态，这种态最近似于经典电磁场．这种态不仅在量子理论和经典理论间建立起一座桥梁，而且还为激光量子理论提供了一种有启发性的理论形式．第十六章应用约化密度算符定义了系统-库问题，对于所有涉及一个感兴趣的系统与具有多个自由度的环境相互作用的物理情况，这个问题都具有基本意义．第十七章应用第十四章至第十六章所发展的技术，从完全量子力学观点处理激光器，并在适当极限下给出半经典理论，提供关于光子统计、激光线宽以及激光的噪声建立的信息．第十八章讨论应用于激光问题的测量理论．第十九章从布朗运动观点重新讨论系统-库问题，它是以量子力学的海森堡表象为基础的．第二十章应用这个方法处理激光．这两章是根据 Lax 的工作编写的，只是为了教学目的而作了一些修改．第二十一章给出了关于激光物理的一个概观，把它与一般所谓“量子光学”领域中的其它课题（包括约瑟夫森辐射）联系起来．就此而论，本书中所发展的理论方法在激光问题上的应用是极有效的，而且这些方法还具有一般性，所以常可应用于另一些领域．我们希望读者从这本书不仅能加深他们对激光的了解，同时也能对一般的多体系物理现象获得更深刻的理解．

激光理论的符号

a	湮灭算符(玻色子)	(14.11)
a^+	产生算符(玻色子)	(14.12)
a	作为下角标,表示一个二能级原子的高能级	(2.14)
a', a''	能级 a 的磁量子数	(第十二章)
a_0	玻尔半径(0.53 Å)	(1.27)
a_s	模 s (玻色子)的湮灭算符	(14.41)
$a_\mu(t)$	普遍的海森堡表象算符	(19.52)
$\{a\}$	量子算符 a_1, …, a_μ, …的集合(它们不一定是湮灭算符)	(19.52)
$\|a\rangle$	能级 a 的能量本征态	(6.46)
A	爱因斯坦 A 系数	(2.38)
$\mathbf{A}$	矢势	(2.7)
$A(t)$	缓变湮灭算符[$a(t)=A(t)\exp(i\Omega t)$]	(19.33)
$A_\mu(t)$	a_μ 的缓变算符[$a_\mu(t)=A_\mu(t)\exp(i\Omega_\mu t)$]	(19.58)
$\mathscr{A}$	激光量子理论中的线性增益常数	(17.13)
$\mathscr{A}_b$	活性介质线性吸收常数	(17.58)
$\mathscr{A}_c$	激光量子理论中的复线性增益系数	(20.49)
b	作为下角标,表示一个二能级原子的低能级	(2.14)
$b_k(t)$	模 k 的湮灭算符	(19.24)
$\|b\rangle$	二能级中低能级的能量本征态	(6.46)
B	爱因斯坦 B 系数	(2.38)
$\mathbf{B}$	磁场	(8.2)
$\mathscr{B}$	激光量子理论中最低阶饱和系数	(17.14)
$\mathscr{B}_c$	$\mathscr{B}$ 的复饱和系数	(20.50)
$\boldsymbol{\mathscr{B}}$	有效磁场	(7.77)
c	光速(2.99793×10^8m/sec)	

$c_a(t)$	高能级 a 的几率幅(薛定谔表象)	(6.71)
$c_b(t)$	低能级 b 的几率幅(薛定谔表象)	(6.72)
$c_n(t)$	能级 n 的几率幅(薛定谔表象)	(6.67)
$C_a(t)$, $C_b(t)$, $C_n(t)$	同上，相互作用表象，$C_x=c_x\exp(i\omega_x t)$，$x=a,b,n$	(2.14), (1.13)
$C_{a,n}(t)$	原子在高能态，场含有 n 个光子的几率幅(相互作用表象)	(14.68)
$c_{n_1,n_2,\cdots,n_r,\cdots}\equiv c_{\{n_r\}}$	多模场的几率幅；模1含有 n_1 个光子，模 r 含有 n_r 个光子	(14.48)
$C_n(t)$	极化强度的余弦(同相)分量	(8.61)
$\mathscr{C}_{an}(t)$	原子在高能态，一个 n 光子激光场，其它为真空的几率幅(相互作用表象)	(I.18)
c. c.	“复数共轭”的简写	
d	锁模方程中的常数项	(9.58)
$\mathbf{D}$	麦克斯韦方程的位移矢量	(8.2)
D_{vv}	布朗运动的扩散系数	(19.6)
$D(\phi)$	激光量子理论中的位相扩散系数	(20.74)
$D(\alpha)$	相干态的位移算符	(15.61)
$D(z, v, t)$	二能级系统的布居差	(10.58)
D_μ	算符 A_μ 的漂移系数	(19.60)
$\langle D_{\mu\nu}\rangle$	算符 A_μ 和 A_ν 的扩散系数	(19.63)
$\mathscr{D}_x(\Delta\omega)$	复分母 $=1/(\gamma_x+i\Delta\omega)$	(9.6)
$\mathscr{D}_n$	诸复分母之和	(E.12)
$\mathfrak{D}(\Omega)$	自由辐射场态密度	(14.101)
e	电子电荷 $\approx -1.9\times10^{-19}$C	
e^n	$(e)^n$, $n=$ 整数	
$\hat{e}_1$, $\hat{e}_2$, $\hat{e}_3$	抽象笛卡尔坐标系中的单位矢量，用于密度矩阵的图形表示	(7.70)
E_0	标量电场振幅	(2.13)
$E(z, t)$	平面波电场	(8.8)
$\mathbf{E}(\mathbf{R}, t)$	电场矢量	(2.6)

$E_n(t)$	$E(z, t)$的缓变傅氏振幅	(8.8)
$\mathscr{E}(z, t)$	脉冲传播中的复电场包络	(13.1)
$\mathscr{E}(t)$	电场 $E(t)$ 的正频部分	(16.36)
$\mathscr{E}$	“每个光子”的电场	(14.17)
$\bar{E}$	无量纲电场振幅$=\sqrt{I}$	(E.11)
$f(x)$	x 的任意函数	
$f(t)$	湮灭算符 $a(t)$的迅变噪声算符	(19.32)
$F(t)$	$A(t)$的缓变噪声算符, $F(t)=f(t)\exp(i\Omega t)$	(19.34)
$F_\mu(t)$	$A_\mu(t)$的缓变噪声算符	(19.60)
$F_v(t)$	作用在布朗运动粒子上的经典随机力	(19.2)
F_1	激光系数中的一阶因子	(表8.1, 10.1)
F_3	激光系数中的三阶因子	(表8.1, 10.1)
$\mathscr{F}[f(x)]$	$f(x)$的傅氏变换式	(15.48)
$\mathfrak{F}$	强信号理论中连分式的实部	(E.32)
g	辐射的量子理论中的耦合常数	(14.60)
$g(\omega)$	相应于频率ω的耦合常数	(14.101)
g_s	场的第 s 个模的耦合常数	(14.88)
g_a	二能级原子高能级的朗德 g 因子	(12.18)
g_b	二能级原子低能级的朗德 g 因子	(12.18)
g_e	电子 g 因子	(1.37)
g_{ij}	$(i, j=\pm)$电导矩阵矩阵元	(12.7)
G	电导矩阵(环型激光器和塞曼激光器理论)	(12.7)
$G(x, x_0, t)$	格林函数	(H.17)
$G^{(n)}(x_1, \cdots, x_{2n})$	n 阶关联函数	(15.59)
h	普朗克常数$=6.6256\times10^{-34}$joule-sec	
$\hbar$	$h/2\pi=1.027\times10^{-34}$joule-sec	(1.6)
$\mathbf{H}$	磁场	(1.34)
H	磁场 $\mathbf{H}$ 的量值	(1.34)
H_y	磁场的 y 分量	(14.7)
$H_n(\xi)$	厄米多项式	(1.22)

$\mathscr{H}$	总哈密顿算符	(2.1)
$\mathscr{H}_0$	未微扰的哈密顿算符	(2.1)
$\mathscr{H}_C$	经典能量	(1.24)
i	$\sqrt{-1}$	
I_n	第 n 个模式的无量纲强度 $=\frac{1}{2}(\wp E_n/\hbar)^2(\gamma_a\gamma_b)^{-1}$	(8.45)
$\mathscr{I}$	矩阵的恒等算符	(6.13)
$\mathrm{Im}(\mathscr{P})$	$\mathscr{P}$ 的虚部	
$I(z,\ t)$	脉冲传播中的强度包络函数	(13.28)
$\mathscr{I}(z,\ t)$	部份能量积分	(13.32)
$\mathbf{J}$	麦克斯韦方程中的电流密度	(8.2)
$J_n(\Gamma)$	n 阶贝塞尔函数	(9.101)
$J_a,\ J_b$	高能级和低能级的角动量	(图 12.2)
k_B	玻耳兹曼常数$=1.38054\times10^{-23}\mathrm{J}/°\mathrm{K}$	
K	波数$\approx K_n$（当诸 K_n 之间的差别关系不大时）	(3.38)
K_n	电场的第 n 个模式的波数	(8.5)
Ku	$=K\times u$，多普勒展宽常数	(10.2)
$l,\ l_c,\ l_s$	锁模参量	(9.59), (9.54)
$l_x,\ l_y,\ l_z$	微波激射腔 $x,\ y,\ z$ 方向长度	(5.23)
L	激光器中镜面间距离	(图 8.2(a))
$\mathbf{L}$	轨道角动量矢量	(6.41)以后
L_z	轨道角动量 $\mathbf{L}$ 的 z 分量	(6.41)以后
$\mathscr{L}_x(\omega-\nu)$	无量纲洛伦兹函数$=\gamma_x^2/[\gamma_x^2+(\omega-\nu)^2]$（$x$ 可以空着）	(8.36)
m	粒子质量	(1.8)
M	辐射场振子质量常数	(14.6)
$M(z,\ v,\ t)$	强信号激光理论中的布居和	(10.59)
M_n	朗之万过程中的 n 阶矩	(19.8)
$\|n\rangle$	能量本征态，其本征值为 $\hbar\omega_n$，（一般是光子数态）	(6.28)

$\langle n(t)\rangle$	平均光子数	(16.31)
n_a	高能级中原子数(爱因斯坦理论)	(2.38)
n_b	低能级中原子数(爱因斯坦理论)	(2.38)
$\bar{n}_{ss}$	激光场中稳态平均光子数	(17.33)
$\|n_1 n_2 \cdots n_s\rangle \equiv \|\{n_s\}\rangle$	多模场本征态	(14.46)
N	多模激光工作中的模数 [或 $N(z, t)$, 见下]	(9.4 节)
N	朗之万理论中的原子数	(20.10)
$\bar{N}$	平均粒子布居反转密度	(8.42)
N_{2l}	布居反转密度的第 $2l$ 个分量	(9.16)
$N(z, t)$	粒子布居反转密度	(8.39)
N_a, N_b	高能态和低能态中的原子数	(20.39)
$\mathfrak{N}$	相对激发度	(8.54)
$\mathscr{N}_{nm}$, $\mathscr{N}_{nm'}$	激光量子理论中的数值因子	(17.15)
$\mathscr{N}$	布居反转算符	(20.45)
$\mathscr{N}$	归一化常数	(8.22)
$\mathfrak{N}$	指标数值之集,其对应的场振幅不为零	(9.72)
$\mathcal{O}$	任意量子力学算符	(1.4)
P_n	n 个光子的几率	(15.13)
$\mathbf{p}$	粒子动量	(1.7)
$\mathbf{P}$	麦克斯韦方程中的极化强度矢量	(8.2)
$P(z, t)$	介质的标量极化强度	(8.9)
$P(\alpha)$, $P(\alpha, t)$	密度算符的对角相干态表示	(15.2)
$P(x, t)$	粒子在时刻 t 位于 x 的几率密度	(16.66)
$P(x, y)$, $P(r, \theta)$	二维几率密度	(16.119), (16.86)
P_α	至态 $\|\alpha\rangle$ 的跃迁几率	(2.31)
P_s	受激发射的几率	(2.50)
P_ψ	在一混合态中态矢 $\|\psi\rangle$ 的几率	(7.17)
$\mathscr{P}_n(t)$	模 n 的缓变复极化强度	(8.9)
$\mathscr{P}(z, t)$	脉冲传播中的缓变复极化强度	(13.2)
$\mathfrak{P}$	能级 a 和 b 之间的电偶极矩阵元(取为实数)	(2.16)

$\mathfrak{P}_{a'b'}$	能级 a', b' 间的电偶极矩阵元	(12.23)
q	位置坐标	(14.6)
q_n	粒子布居差 $D(z, v, t)$及正交系数 $S(z, v, t)$的傅里叶系数	(10.60)
Q	腔品质因数	(5.19)
Q_n	第 n 模式的腔品质因数	(8.10)
Q_x, Q_y	电场 x 和 y 偏振的 Q	(12.16)
r	极坐标系的径向坐标	(图 1.4)
$\mathbf{r}$	极坐标系的位置矢量	(图 1.4)
r_a, r_b	至态$\|a\rangle$、$\|b\rangle$的激发速率	(16.1)
r_n	原子傅氏系数的复值比(q_n/q_{n-1})	(E.14)
r_0	经典电子半径$\approx 2.8\times10^{-15}$m	(3.22)
R	速率常数	(8.35)
$\mathbf{R}$	密度矩阵图形表示中的矢量	(7.70)
R_1, R_2, R_3	抽象笛卡尔空间中 $\mathbf{R}$ 的分量	(7.66), (7.67)
$R_{nl}(r)$	相伴拉盖尔多项式	(1.26)
R_s	饱和参量$=1/(\gamma_a^{-1}+\gamma_b^{-1})$	(8.38)
$\mathscr{R}_a$, $\mathscr{R}_b$	库的量子理论中单模速率系数	(16.25), (16.22)
$R(\alpha^*, \beta)$	密度算符的相干态表示	(15.36)
Re$\{\mathscr{P}\}$	复量 $\mathscr{P}$ 的实部	
s_n	三阶复极化强度积分 T_{lw} 中的常数	(D.6)
S	相似变换(塞曼理论)	(12.14)
$S_n(t)$	第 n 模极化强度的正交分量	(8.60)
$S(z, v, t)$	极化强度的正交分量(强信号理论)	(10.56)
$\mathscr{S}$	稳定化因子(激光理论)	(8.57)
t, t', t'', t''', t_1, t_2, t_0, t_n	不同的时间	
T	绝对温度(K)	(16.1)
T_1	原子系统的能级寿命 $\left[=\frac{1}{2}(\gamma_a^{-1}+\gamma_b^{-1})\right]$	(13.26)
T_2	原子偶极子的解相时间($=1/\gamma$)	(13.26)

T_2^*	原子偶极子的非均匀解相时间	(13.56)
T_{lw}	三阶复极化强度积分	(D.7)
$\mathscr{T}(z)$	通过位于 z 处的 x-y 平面的总能量（脉冲传播）	(13.35)
u	气体中的平均原子速度	(10.2)
$u_a(\mathbf{r})$, $u_b(\mathbf{r})$	高能级和低能级的能量本征函数	(2.14)
$u_n(x)$, $u_n(\mathbf{r})$	相应于本征值 $\hbar\omega_n$ 的能量本征函数	(1.10)
$U_n(z)$	腔的第 n 个模函数(具有波数 K_n)	(8.8)
$\mathscr{U}(\omega)$	能量分布，例如黑体辐射	(2.31)
v	气体激光器(以及布朗运动)中速度的 z 分量	(10.2)
V	腔的体积	(5.20)
$V(r)$	原子势能	(2.7)
$\mathscr{V}(t)$	原子-场相互作用能(通常是电偶极子相互作用)	(2.1)
$W(v)$	无量纲速度分布(通常是麦克斯韦分布)	(10.2)
$W(\omega)$	非均匀展宽谱线的无量纲频率分布	(10.2)
$\widetilde{W}(T)$	$W(\omega)$的傅氏变换式	(13.25)
x, y, z	笛卡尔坐标 x, y, z	(图 1.4)
$\hat{x}$, $\hat{y}$, $\hat{z}$	笛卡尔轴 x, y, z 的单位矢量	(图 1.4)
$X(t)$	缓变复位移$[X(t)=\mathrm{Re}X(t)\exp(i\omega t)]$	(3.29)
$Y_{lm}(\theta, \phi)$	球谐函数	(1.26)
$Z(v)$	等离子体色散函数	(10.29)
$\mathfrak{Z}$	指标数值之集，其对应的场振辐为零	(9.72)
α	相干态$\|\alpha\rangle$的无量纲复场振幅，湮灭算符的本征值，$a\|\alpha\rangle=\alpha\|\alpha\rangle$	(15.12)
α	脉冲传播中的能量增益系数	(13.30)
α	作为下角标，指二能级原子的 a 能级或 b 能级	(8.20)
α	经典持续振子的净增益系数	(4.1)
α'	增益参量	(13.18)
$\|\alpha\rangle$	相干态	(15.12)
α_n	第 n 个激光模的净增益系数	(8.50)

β	作为下角标，指二能级原子的 a 能级或 b 能级	(14.90)
β'	经典自持振子的自饱和系数	(4.1)
$\|\beta\rangle$	辅助相干态	(15.35)
β_n	第 n 个激光模的自饱和系数	(8.50)
γ	原子偶极子衰变常数$(=1/T_2=\gamma_{ab}+\gamma_{ph})$	(7.48)
$\gamma_a,\ \gamma_b$	高能级和低能级衰变常数	(2.46), (2.47)
γ_{ab}	$\frac{1}{2}(\gamma_a+\gamma_b)$，自发辐射及非弹性碰撞对原子偶极子衰变的贡献	(7.37)
γ_{ph}	弹性碰撞对偶极子衰变的贡献	(7.43)
Γ	调制深度	(9.104)
Γ	布朗运动中的阻尼常数	(19.2)
$\delta(x-x')$	一维狄拉克 δ 函数	
$\delta(\alpha-\alpha_0)$	二维狄拉克 δ 函数	
$\delta(\mathbf{r}-\mathbf{r}')$	三维狄拉克 δ 函数	
δ_{ij}	克朗内克 δ 函数 $=\begin{Bmatrix}1 & i=j\\ 0 & i\neq j\end{Bmatrix}$	
$\delta\omega$	小频移	(7.40)
δt	小时间区间	
Δ	模间拍频$(=\nu_n-\nu_{n-1})$	(9.79)
$\overline{\Delta\nu}$	低频拍频	(9.61)
Δt	时间区间	(19.8)
ε	介质的介电常数	(13.3)
ε_n	离开稳定强度 I_n 的小位移	(9.73)
ε_0	真空的介电常数 $=(4\pi c^2)^{-1}10^7$ $\simeq 8.85\times10^{-12}\mathrm{F/m}$	(8.2)
$\hat{\varepsilon}_+,\ \hat{\varepsilon}_-$	圆偏振电场的复单位矢量	(12.1)
$\|\zeta\rangle,\ \|\xi\rangle$	量子力学空间中的任意矢量	(6.16)
η	折射系数	(8.18)
θ	极坐标系中的极角	(图 1.4)
θ_{nm}	实交叉饱和系数(模 E_m 在 E_n 上的)	(9.71)
$\theta(z)$	在位置 z 处脉冲包络下的面积	(13.40)

$\vartheta(z, t)$	脉冲包络下的部分面积(至时刻 t)	(13.53)以后
$\vartheta_{n\mu\rho\sigma}$	三阶普遍复饱和系数	(9.18)
Θ	多模稳定性矩阵	(9.41)
$\varkappa$	放大器理论中的损耗常数	(13.3)
λ	光的波长	
λ_n	模 n 的波长($=2\pi/K_n$)	
λ_a, λ_b	每秒单位体积中激发至高能级和低能级的原子数	(8.25)
Λ_a, Λ_b	高能态和低能态的激发算符	(20.7)
μ	拉比反转的功率展宽频率	(2.61)
μ	作为下角标,标志场的振幅和位相: $E_\mu(t)$, $\phi_\mu(t)$	(9.18)
μ	磁偶极矩	(1.37)
μ_B	玻尔磁子$=9.27\times10^{-24}$J/°K	(1.37)
μ_n	拉比反转中的本征值	(2.58)
μ_0	真空的磁导率$=4\pi\times10^{-7}$H/m	(8.2)
ν	激光(光学)振荡频率,单位: 弧度/秒,不是 Hz (圆频率)	(8.10)
ν_n	模 n 的激光频率	(8.8)
ν_M	调制频率	(9.84)
ν_0	平均频率$=\frac{1}{2}(\nu_+ + \nu_-)$	(表 12.1)
$\nu_\pm$	塞曼激光器中±圆偏振频率或环型激光器中右行和左行行波频率	(11.2), (12.1)
ξ	简谐振子的无量纲坐标$=(m\omega/\hbar)^{1/2}x$	(1.22)
π	3.14159265358979···	
ρ, $\rho(t)$	密度矩阵或算符	(7.5), (7.17)
ρ	激光理论中的模式角标;例如 $E_\rho(t)$	(9.18)
$\rho(z, t)$	激光介质的粒子布居矩阵	(8.23)
$\rho(z, v, t)$	速度的 z 分量为 v 的运动系集的粒子布居矩阵	(10.6)

$\rho_{\alpha\alpha}(z, t)$	$\alpha=a, b$; 第 α 能级中的原子数	(8.23)
$\rho_{ab}(z, t)$	粒子布居矩阵元,与复极化强度成比例	(8.29)
$\rho(\alpha, z_0, t_0, v, t)$	在时刻 $t=t_0$ 激发至能级 $\alpha=a$ 或 b,其速度的 z 分量为 v,在时刻 t 处于位置 z 的原子的纯态密度矩阵	(10.4)
$\rho_{nm}(t)$	密度矩阵 $\rho(t)$ 的粒子数表象表示	(7.19)
$\rho_A(t)$, $\rho_B(t)$	系统和库的约化密度算符	(16.87), (16.88)
$\rho_c(t)$	系统-库密度算符的关联部分	(16.91)
σ	自旋反转算符$=\frac{1}{2}(\sigma_x-i\sigma_y)$	(1.41)
σ	作为角标,标志场振幅和位相,例如 $E_\sigma(t)$	(9.18)
$\overleftrightarrow{\sigma}$	麦克斯韦方程中的电导张量	(12.3)
σ	麦克斯韦方程中的标量电导率	(8.2)
$\boldsymbol{\sigma}$	泡利自旋矢量	(1.38)
σ_x, σ_y, σ_z	泡利自旋矢量的诸分量	(1.38)
$\sigma_a(t)$, $\sigma_b(t)$	高能态和低能态的投影算符	(20.11)
$\sigma_a^i(t)$	第 i 原子的投影算符	(20.1)
$\sigma_{k,k}$	约瑟夫森辐射理论中的密度矩阵	(21.21)
σ_n	激光模 $E_n(t)$ 的线性模式牵引	(8.52)
$\Sigma(t)$	朗之万理论中的缓变自旋反转算符	(20.12)
τ, τ', τ'', τ'''	时间区间	(10.47)
τ_{nm}	激光理论中模式交叉推斥系数	(9.22)
τ_c	随机函数的关联时间	(19.5)以后
τ_p	脉冲时宽	(13.26)
τ_s	双曲正割时间参量	(13.46)
υ	复频率,例如$=\gamma+i(\omega-\nu)$	(10.36)
υ_{lw}	复频率	(表 D.2)
ϕ	极坐标系中的方位角	(图 1.4)
$\phi_n(x)$	厄米-高斯函数,简谐振子的本征函数	(1.22)
$\phi_n(t)$	第 n 激光模的缓变位相	(8.8)
χ_n	第 n 模式的复电极化系数	(8.13)

$\chi(z, T, t)$	脉冲传播中的复电极化系数	(13.21)
$\psi(\mathbf{r}, t)$	薛定谔波函数	(1.1), (6.41)
$\vert\psi(t)\rangle$	态矢	(6.26)
$\Psi_{n\mu\rho\sigma}$	三阶相对相角	(9.15)
Ψ	相对相角	(9.44)
Ψ_1, Ψ_2	Ψ 的稳态值	(9.62), (9.63)
Ψ_0	一个相对相角值	(9.60)
ω	激光介质中原子谱线中心频率$=\omega_a-\omega_b$	(2.19)
ω_0	原子谱线中心频率	(13.56)
ω_n	一个未微扰哈密顿算符的本征频率	(1.9)
ω_a, ω_b	高能级与低能级的本征频率	(2.14)
ω_{nm}	频率差$=\omega_n-\omega_m$	
$\omega_{a'b'}$	$=\omega_{a'}-\omega_{b'}$	(图 12.2)
Ω	单模辐射的频率	(14.6)
Ω_n	第 n 模式的频率(无源腔或自由空间)	(8.5)