

邓锡铭

研究论文集

COLLECTION OF THESES

1961-2000

上卷

中国科学院
中国工程物理研究院

高功率激光物理联合实验室

邓锡铭

研究论文集 COLLECTION OF THESES 1961-2000

上卷

中国科学院
中国工程物理研究院

高功率激光物理联合实验室

谨以此书纪念

中国高功率激光事业的开拓者
高功率激光物理联合实验室奠基人

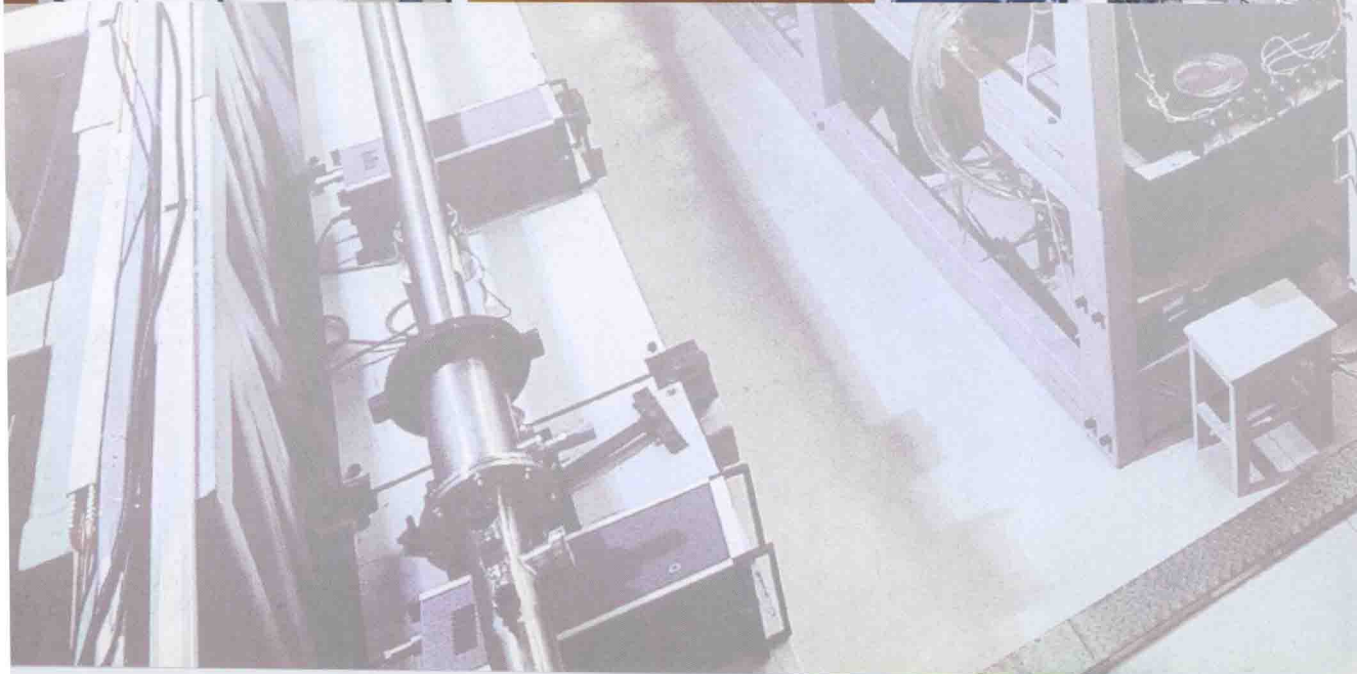
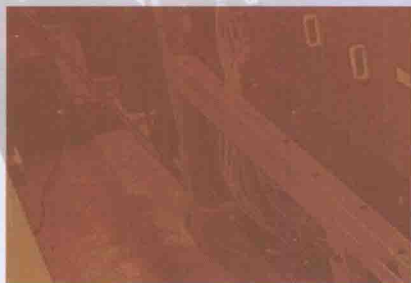
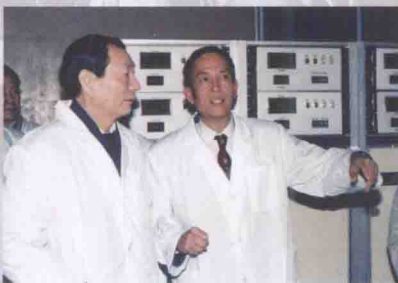
邓锡铭院士

高功率激光物理联合实验室



1	
2	3 4
5	6

1. 周光召院长(右二)来我所视察(右一邓锡铭院士)
2. 1989年在六路实验室接待日方代表团Nakatsuka一行
(左三邓锡铭院士, 左二林尊琪院士)
3. 接待美国利弗莫尔国家实验室来访的科学家
(右一邓锡铭院士, 左一王世绩院士, 左二范滇元院士)
4. 菲律宾总统拉莫斯来我所访问(右一邓锡铭院士, 右二徐至展院士)
5. 上海市市长朱镕基来我所视察
6. 人大常委会副委员长严济慈(右二)视察我所(右一邓锡铭院士)



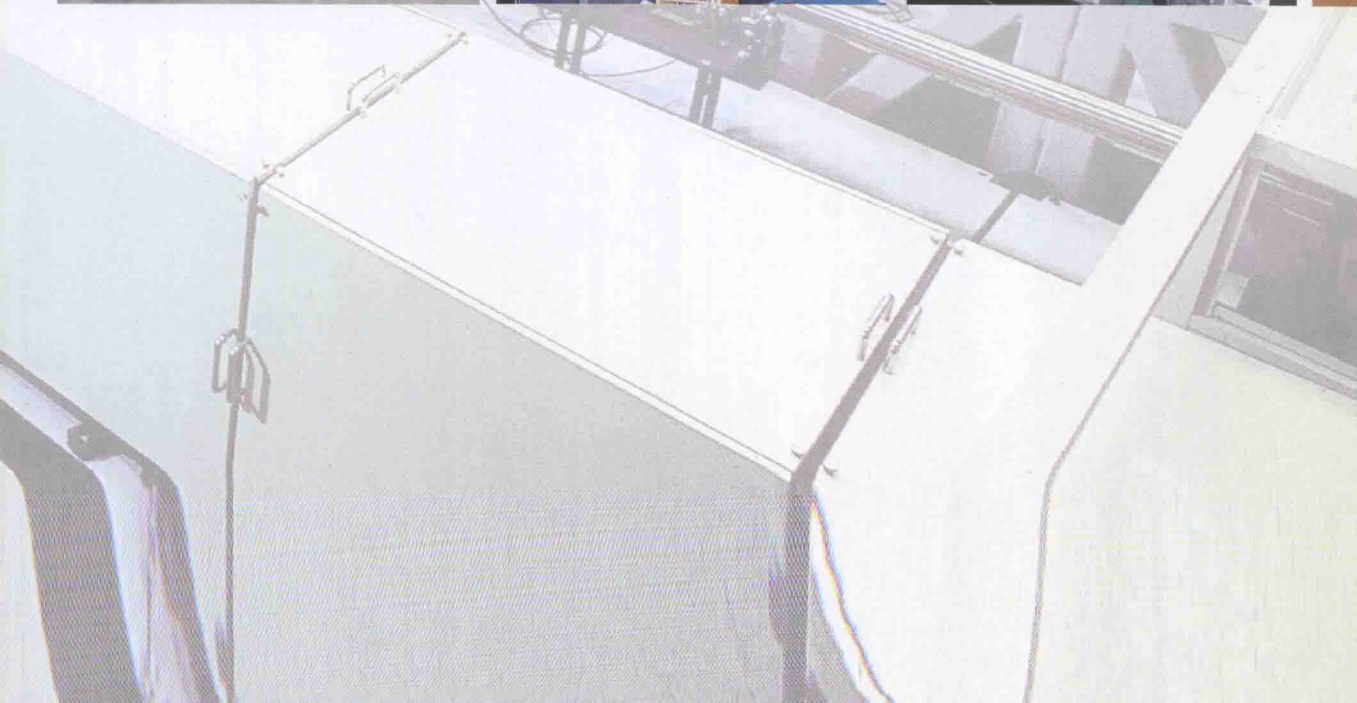


邓锡铭院士

Deng Ximing (1930-1997)

7. 诺贝尔奖获得者布隆伯格访问我所(左一邓锡铭院士, 左二王之江院士)
8. 上海市委书记芮杏文(右二), 上海市长江泽民(左一)
科技党委书记吴邦国(左二)视察我所(右一邓锡铭院士)
9. 中国科学院上海光机所科技成果展览(左一王之江院士, 左三邓锡铭院士,
右二所党委书记沈怡, 后排左一徐至展院士, 左三余文炎研究员)
10. 二届四次管委会(1994年5月 北京)
前排左二起: 杜祥琬、邓锡铭、王大珩、王淦昌、康力新、陶祖聪
后排左一贺贤土、左三顾掣、右二范滇元、右三王世绩、右五林尊琪
11. 全国人大常委会副委员长荣毅仁(右二)视察我所
(左一邓锡铭院士、左二范滇元院士)
12. 指导学生(左邓锡铭院士, 中张筑虹博士, 右朱健强博士)

	7
8	9
10	11 12



目 录

上 册

光学量子放大器	1
激光器	6
激光	14
回顾——纪念长春光机所建所三十周年	21
纪念激光器发明 30 周年	26
激光应用的回顾与展望	31
高功率激光研究二十年	34
激光核聚变国内外概况(上)	41
激光核聚变国内外概况(下)	48
激光与核聚变	54
高功率激光与激光核聚变	56
我国激光的早期发展(1960~1964)	59
高功率激光与“神光”装置	63
近代科技和信息化	69
对超临界振荡过程的若干分析	73
氦氖混合气体受激光发射器	77
负吸收介质法卜利-白洛干涉仪	79
利用 Fabry-Perot 干涉器改善受激光发射器的波型选择特性	82
锌原子串级非弹性碰撞截面	90
长间隔光学谐振腔波型之间的拍频	97
气体受激光发射器的波形分离	99
激光振荡的生成时间	101
扭镜对提高钕玻璃激光器性能的作用	103
激光束的运动方式对钕玻璃破坏阈值的影响	108
间断脉冲放大器	113
多台组合振荡器	119
大功率激光行波放大器的总体排布	123

在真空中电磁场的梯度矢势	124
在真空中电磁场的整体运动和内部运动	134
用于核聚变研究的大功率激光系统的发展	140
激光等离子体相互作用和靶压缩研究	141
电子的整体运动和内部运动	142
成象法测量空心玻璃微球壁厚	147
电磁场的梯度矢势与玻姆量子势	150
计算光束衍射传输的一种新方法	154
六束亚毫微秒高功率钕玻璃激光系统	159
傍轴光束传输的动力学分析	169
测量光学系统焦平面能量分布的一种方法	179
光束通过硬边光阑的内禀能量和衍射发散度	184
A long pulse width neodymium-doped glass rod laser amplifier with a moving input laser beam	187
Waist position of a paraxial light beam	192
Development of high-power laser system for laser-fusion research	198
Development of high-power laser system for laser-fusion research in the people's republic of china	202
激光辐照平面靶产生的二次谐波结构	211
用增加频带宽度的方法提高钕玻璃高功率激光器输出功率的建议	216
激光等离子体的共振吸收对二次谐波的时间分辨谱及时间积分谱的影响	217
用增加频带宽度的方法提高钕玻璃高功率激光器输出功率	218
傍轴光束截面的内能是一个不变量	223
用透镜阵精确测大口径激光束的波前曲率	229
扭动光束钕玻璃棒状激光放大器	233
遥控脉冲激光多普勒测速仪	236
Effect of resonant absorption of laser-induced plasma on temporal resolved spectrum and temporal integrated spectrum	239
Intrinsic angular momentum of the electromagnetic field	246
统一表述谐振腔共振条件的一个公式	264
激光陀螺拍频公式的修正	268
窄频带及宽频带激光束的传输特性	271
光束在缓变折射率介质中的传输	276
Correction to the beat frequency for laser gyroscopes	283
用透镜列阵实现大焦斑面的均匀照射	285
激光等离子体慢离子发射波形的双峰结构	289

The effect of bandwidth on the absorption of laser plasma	296
Uniform illumination of large targets using ma lens array	302
对撞脉冲锁模磷酸盐钽玻璃激光器	307
用透镜阵聚焦实现均匀辐照的计算机分析	308
光学共振反射器及其在激光技术中的应用	314
对撞脉冲锁模 Nd:YAG 激光器的若干运转特性	320
大曲率半径球形光学列阵成像质量的方和裴衍射分析	326
用于激光核聚变的可长时间单纵模稳定运转的 Nd:YAG 和 Nd:YLF 激光振荡器的研究	333
瞬态同步泵浦锁模若丹明染料激光的模拟分析及相应实验结果	340
激光平面靶 $3\omega_0/2$ 谐波空间精细结构的时间和光谱特性	347
激光等离子体 $3\omega_0/2$ 谐波的时间、空间分辨与密度轮廓分布	354
Resonance absorption initiated by self-focusing filamentation	361
Temporal and spectral features of the $(3/2)\omega_0$ spatial fine structure in laser irradiated planar targets	368
激光等离子体电子密度分布的测量	376
泵浦光偏振方向和溶剂粘滞性对同步泵浦锁模染料激光脉宽的影响	383
The space and time resolved structures of the $(3/2)\omega_0$ harmonic and density profile in laser plasmas	386
激光等离子体二次谐波时间分辨光谱的细结构	394
激光频带宽度对二次谐波时空分辨结构的影响	399
The influence of laser frequency bandwidth on the time and space resolved structures of the $2\omega_0$ harmonic generation	407
The fine structure of the $2\omega_0$ time resolved spectrum in laser plasmas	412
激光加热微管靶得到很高的粒子数反转	418
瞬态同步泵浦锁模腔长负失谐现象的观察	419
Fast-ion spectrum emitted from laser plasmas	422
三片光学共振反射器及其设计中的若干问题	430
激光等离子体的快离子发射谱	437

中 册

Evidence, From space resolved spectra, of $2\omega_0$ harmonic generation in laser irradiated plasma filaments	445
---	-----

The mechanism for the second harmonic generation in laser irradiated microtube targets	451
Dynamical behaviour of two-wave coupling in undoped GaAs on a picosecond time scale	455
A new target configuration producing an effective population inversion at energy levels of MgXI 1s3p and 1s4p	458
激光加热微管靶在软 X 射线波段观察很高的粒子数反转	465
机械转镜隔离器	472
MgXI 1s3p-1s4p 能级间平均高温及高密度条件下的粒子数反转	477
激光加热微管靶反激光方向二次谐波时空分辨结构	485
饱和吸收体腔内压缩瞬态同步泵浦锁模光脉冲	490
Finite beam width optics	495
High population inversion in the soft-x-ray band observed in a laserirradiated microtube	500
被动锁模涨落脉冲数和第二阈值研究	504
微管靶等离子体电子温度密度的空间分布	511
机械转镜隔离器的光束位置复原特性研究	515
磷玻璃宽带调 Q 激光器	520
激光加速器中电子能量增益的广义协变推导	526
实现激光核聚变的一种新方案	534
ABCD 定律的推广	535
利用非共线二次谐波的产生测量 ps 光脉冲的形状和宽度	543
电磁场的内禀角动量	548
超短腔染料激光器时间特性的研究	561
简并四波混频用于饱和吸收体的性能比较	564
一级放大的超短腔染料激光器	568
中皮秒二波耦合及其应用	571
宽频带掺钕硅玻璃调 Q 振荡器	576
GaAs 中瞬态二波耦合及其光的偏振——一种实现红外 ps 光开关的新途径	582
A generally covariant derivation of the energy gain of electrons in a laser accelerator	586
Thermal coupling of pulsed 0.53- μm laser radiation to aluminums in air	594
长短脉冲振荡器同步输出的研究	596
一种新的锁模技术	601
Gallium arsenide: A new material to accomplish passively mode-locked Nd:YAG laser	603

正反馈选模和调 Q 技术	606
Temporal reshaping of Q-switched pulse by using two-photon absorption	611
A novel mode-selecting and Q-switching technique	616
高功率激光聚集均匀照明靶面的验证	620
光电导控制激光器锁模、选频、调 Q 和同步	625
Near diffraction limit output and gain saturation of soft X-ray laser	631
Temporal shaping of single-longitudinal Q-switched pulses by means of two-photon absorption in an external cavity	635
HMO model of scalar field in medium and self-focusing	639
光在线性介质中的度规描述	644
HMO model of scalar field in vacuum	648
Colliding pulse mode-locked Nd:YLF laser with negative feedback control by GaAs photoconductive switch	651
复合折射棱镜的色散研究	655
无衍射发散光束的判据	660
Intrinsic angular momentum in HMO	662
Dynamic analysis of optical fluid in medium	668
LD 泵浦的 Nd:YAG 微片激光器实验研究	675
高能量、长锁模脉冲序列的 Nd:YLF 激光器研究	680
稳态锁模产生 4ps 激光脉冲	683
Nd:YLAf 激光器中以负反馈强迫的自锁模技术	687
HMO in geometrical optics	691
HMO in nonlinear optics	695
可变焦列阵柱面透镜均匀线聚焦系统	700
Relativistic aspects of HMO	706
HMO is study on diffraction-free beams	710
Serrated aperture and its applications in high power lasers	713
Using kinoform phase plates to generate uniform focal profiles	716
High energy and efficient SHG by using convex-antiresonant ring unstable resonator Nd:YAP pulsed laser	721
Stimulated brillouin scattering(SBS) excited with a phase-modulated pump laser	725
用消衍射方法改善透镜列阵的辐照均匀性	735
Differential geometrical methods in the study of optical transmission (scalar theory). I. Static transmission case	740
Differential geometrical methods in the study of optical transmission (scalar theory). II. Time-dependent transmission theory	747

Propagation and beam quality of flattened hermite-gauss beams	751
Fermat 原理及稳态光束传输的微分几何研究	757
非稳态光传输的微分几何描述	764
稳态光束传输的动力学分析	769
啁啾脉冲受激布里渊散射的理论研究	774
高功率宽频带激光的高效谐波转换及其新进展	781
半导体激光纵向泵浦的光学耦合系统设计	787
傍轴黎曼几何光学. I. 理论	793
傍轴黎曼几何光学. II. 应用基础	799
单纵模激光的再生放大	806
参加惯性约束聚变驱动器国际会议情况汇报	812
利用波纹光阑和空间滤波器改善光束近场分布	821
Nd:YLF 单纵模调 Q 激光器腔内脉冲稳幅的实验研究	825
调 Q 激光脉冲的腔内时间整形	828
Active SBS mirror applied to ICF driver	832

下 册

超高斯光束的上限阶数	843
光束截面角动量的轴向分量是守恒量	848
一种测量光束横向尺寸的新方法	853
用双折射晶体相位延迟法选纵模的理论分析和实验研究	858
光束截面的动量守恒及动量衍射发散度	867
LiNbO ₃ 电光偏转器的研究	872
光束截面的能量守恒及能量衍射发散度	876
LiNbO ₃ 电光偏转器的研究	881
对 Fermat 原理的一个推广	885
Propagation of flattened hermite-gauss beams around a thin lens	891
复杂激光脉冲波形的整形	897
超短脉冲在远场的时空特性	902
远场的薄色散介质对超短脉冲的影响	906
振幅分布对焦移的影响. I. 傍轴光束	910
非傍轴光束的光束质量因子. I. 定义	915
非傍轴光束的光束质量因子. II. 特性分析	921
傍轴黎曼几何光学. III. 光束传输的统计行为	926

傍轴黎曼几何光学. IV. 两种光束质量因子	933
傍轴黎曼几何光学. V. 傍轴光束的空间变换	938
横截面上光强的精确表述	944
三倍频激光束特性传输变换的近似模型	950
用快速电光偏转器对激光脉冲削波	954
电光偏转器的矩阵表示和应用	958
Evanescent waves and energy conservation	963
The light tracks in the optical fibers with two types of parabolic refractive indices	968
利用电光偏转器进行激光脉冲整形的两种扫描光路的比较	978
M^2 factor of nonparaxial vector beams	984
Investigation on coaxial Double-Pass main amplifier in high power laser fusion driver	990
利用波导调制器实现连续可调任意整形激光脉冲	1000
激光远场 CCD 诊断仪	1006
列阵均匀照明系统的优化设计	1013
LD 端面泵浦 Cr^{4+} :YAG 被动调 Q 的 Nd:YLF 激光器	1017
Propagation rule of pulsed light beams through first-order optical systems	1021
傍轴光束在自由空间中传输的几何行为研究	1027
傍轴光束在自由空间中传输的不变积分和统计行为方程	1034
固体激光器的稳模式热稳条件分析	1042
二极管侧面泵浦声光诱导单向运转的 Nd:YLF 环形腔激光器	1051
声光诱导单向运转的 Nd:Glass 环形腔激光器	1056
Invariant integral and statistical equations of paraxial light beam transmission in free space	1061
Laser pulsewidth compression by coherent wave mixing in silicon	1070
A new method for interpreting the effective radius of curvature; Two-dimensional case	1074
Geometrical study of paraxial light beam transmission in free space	1077
用单晶硅在 Nd:YAG 激光器中实现被动锁模	1085
Spatial parametric characterization of general polychromatic light beams	1088
Short pulse generation in a Nd:YAG laser by silicon	1199
新型 KTP 电光偏转器的设计和分析	1105
度规光学中的聚焦定理及其应用	1110
利用微带传输线获取连续可调任意整形电脉冲	1114

A novel feedback stable electro-optic Q-switching technique by use of a photoconductor	1119
利用 LiNbO_3 电光调制器实现宽频带激光输出	1120
真空中线性啁啾时空高斯脉冲传输特性的分析	1124
Corrections to the paraxial approximation of an arbitrary free-propagation beam ...	1128
Intense Nickel-like neodymium X-ray laser at 7.9nm with a Double-Curved-Slab target	1133
Power carried by scalar light beams	1137
A new type of reflector mount array	1142
Diode end-pumped additive pulse mode locked Nd:YLF laser	1150
多臂迈克耳逊干涉仪激光脉冲整形系统——I. 参数的设计	1159
傍轴黎曼几何光学应用——光束自聚焦	1164
Temporal pulse shaping of laser beams by optical-fiber stacker	1170
关于衍射与无衍射光束	1174
二极管端面泵浦的附加脉冲锁模的 Nd:YLF 激光器	1179
多阶强度非线性条件下的光束传输研究	1184
傍轴光束薄透镜传输的统计行为	1191
Laser diode array side-pumped acousto-optic induced unidirectional operation	
Q-switched Nd:YAG slab ring laser	1196
SG-II laser elementary research and precision SG-II Z program	1299
SG-II solid-state laser ICF system	1205
光束传输的 Schrödinger 形式理论研究	1211
A schrödinger formulation research for light beam propagation	1220
ICF 固体激光驱动器前级系统中的脉冲整形	1231
混合单元柱面透镜列阵特性及优化	1245
利用模拟退火法实现不等宽单元柱面透镜列阵(CLA)的理论设计	1250
高功率激光系统光束传输的基本算法和程序编码	1255
利用模拟退火法实现不等宽单元柱面透镜列阵(CLA)的理论设计	1265
Fundamental algorithm and computational codes for the light beam propagation	
in high power laser system	1270

光 学 量 子 放 大 器

鄧 錫 銘 王 之 江

随着整个科学技术的进步, 人类使用的光源也得到不断的革新, 从柴火、油灯、煤气灯、电灯、日光灯一直到正在研究中的利用场致发光原理做成的面光源。但从另外一个角度来看, 目前使用的光源还很落后。例如, 一只手电筒只能照射几百公尺, 一盏近代的防空探照灯的有效照射距离也只有二十来公里, 而从磁控管发射出来的微波辐射, 經几百公里以外的目标反射回来, 还能探测得到。固然, 光束遇到的散射与吸收比目前实际利用的微波波段大一些, 但光束照射不远的根本原因还在于現有的光源加上光具組所能获得的定向亮度过于微弱, 正是由于这个原因, 使目前光学技术的应用范围受到很大的局限。如果光能可以用一个机构来使它完全集中到一个方向上, 則对光学技术的发展具有极其重大的意义。最近, 初步找到了这样的机构, 即利用負温度工作物質的感应辐射效应来形成一个相干的光源。这种机构称为光量子放大器。

光量子放大器的出現, 給光学科学技术工作者开辟了一个无限廣闊的新天地。下面就它的工作原理, 实现的可能途径及其基本特性和应用前景作一个简单的介紹。

光量子放大器的工作原理

1. 物質的能量状态和能量轉換

物質即是处在一定能量状态的原子体系, 当它的能量状态改变时就吸收或放出能量。假使它所吸收或放出的是光能, 那么它就可作为光的接收器或光源。

在稳定状态下的原子体系处在低能态, 当它吸收热能、电能或光能后可跃迁到高能态, 它在高能态是不稳定的, 可自发地或因受激而跃迁(自发跃迁或感应跃迁)回低能态, 此时, 可由原子体系的能态(能級)性质来决定是否发光。自发跃迁所发出的光称自发辐射, 感应跃迁所发出的光称为感应辐射, 至于非辐射跃迁的结果則产生热振动。

既然物質能以种种形式存在, 它的能态也是极为多样的。以物質作为中介, 人們已經能够将种种能量轉換为光而形成种种光源, (例如热辐射源、气体放电光源、固体场致发光或电子束致发光等), 也能利用光所引起的种种物質状态的改变来作出种种接收器(如光阴极、光电导、光化学作用等)。它們基于应用光和物質作用的各种已知效应, 但对于控制原子体系, 使大量粒子同时处在同一高能态, 从而利用感应辐射和感应吸收, 以获得集中的效应的問題, 以往人們注意得較少。

物質辐射和吸收光子的几率可分为三部分, 即自发辐射、感应辐射和感应吸收, 后两部分的几率大小相等, 并与入射光强度成

正比。自发辐射几率与入射光强度无关，是物质能态本身的特性，因之当高能态粒子数少于低能态粒子数时，物质总表现为吸收现象。

2. 负温度和粒子数反转

在平衡状态下，高能态粒子数总是小于低能态粒子数。当原子体系中处在高能态的粒子数超过某一低能态的粒子数时，此体系就可称作处在负温度状态，或者说，这二能级之间实现了粒子数反转。具有这种粒子数反转的物质就产生各种前所未有的效应，研究光学量子放大器的中心问题就是寻找便于实现粒子数反转的原子体系(物质)和使粒子数反转的方法。

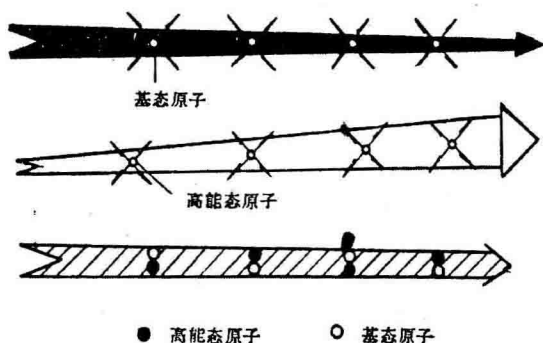


图 1

- 上：正温度物质。箭头由粗到细表示光通过物质后强度变小。
- 中：负温度物质。箭头由细到粗表示光通过物质后强度变大。
- 下：饱和状态的物质(∞ °高温下)。光经过时不减弱也不增强。

在光频或在红外波段获得并保持负温度状态的困难在于自发辐射系数和频率的三次方成正比，对应光频跃迁的高能态粒子很容易跃迁到低能态，亦即难以保持在高能态。原来已知的实验现象几乎都表明这一点，这也可能是光学上长期停留在只利用正温度物质的原因。但是，这种长久被忽视的可能性现在看来是很现实的，达到并保持负温度的

有效措施是存在的，其要点在于适当利用物质的亚稳态。

二能级间粒子数反转的负温度物质受特定频率的光照射时就表现为负吸收，就是说感应辐射使高能态粒子如雪崩一样将原储存的能量放出而跃迁到低能态，根据爱因斯坦-狄拉克的辐射理论，感应辐射不同于自发辐射的重要特点在于：感应辐射和激发光是同频率、同位相、同偏振的，因之当激发光是由一点所发出的相干光束时，则所得到的感应辐射仍是相干的，因而具有光学所决定的方向性。这一点对于高亮度光源是非常重要的，因为这种方向性使得单位面积立体角内可集中巨大的光能量，达到的功率是已往高温光源所不能企及的。这样就得到了高亮度单色光源或光放大器(象增强器)，它和一般光源不同，其频谱很窄，而且原则上可以是任何低频率，即由可见光到远红外线。负温度物质的适当机构也可以将低频率光变为高频率光(象转换器)，也可能组成所谓零噪音接收器或光子计数器。

3. 实现负温度状态的一些建议和结果

为实现负温度状态而提出的建议已很多，下面列举一些有代表性的方法。

首先，和微波中采用过的分子束技术一样，借不均匀电场或磁场将气体分子束分类，即可得到高能态分子束，所利用的分子旋转能级相应于远红外波段。这个方法的缺点是，常温下能获得的受激粒子密度不大。

采用电子束激发气体分子或原子(气体放电)时，在合适的条件下，各种激发原子由低能态跃迁到高能态的几率(包括电子和原子碰撞和二种不同原子间碰撞的激发几率)有可能大于高能态粒子跃迁到低能态的几率(包括非辐射的弛豫过程、自发辐射等

等), 于是也就能形成负温度。采用混合气体电离的方法, 已得到了负温度, 在可见光区域 (0.6 微米波长附近) 得到了透过率等于 10 (正温度的通常气体的透过率不能大于 1) 的负温度气体。最近, 用氮氦混合气体电离的方法实现了连续运转的定向光源 (1961 年 3 月), 其光束平行度在 1 分以内, 谱线宽度之窄远远小于已往的所有光源 (波长: $11530 \text{ \AA} \pm 1 \times 10^{-6} \text{ \AA}$)。上述方法主要是利用了氮的亚稳态能级 2^3S 。当采取适当的电离条件使大量氮原子激发到这个能级时, 由选择法则所决定, 它不能跃迁回基态, 将长时间停留在这高能级上, 但当它和氮的基态原子碰撞时, 由于氮的 $2S$ 能级和它很接近, 共振转移激发的结果, 就使氮跃迁到高能态而氮回到基态, 从而使氮 $2S$ 和 $2p$ 二能级间达到粒子数反转。

早在 1958 年就提出了光激发 (光泵) 的方案, 当时建议利用金属蒸气作为工作物质, 这方面尚未看到成功的实验报导, 但采用光激发荧光晶体而得到相干的定向单色强光源, 则已有数个成功的报导, 其结果之一是获得了近红外 (2.5 微米) 强光源 (1960 年 12 月)。这种机构所用的工作物质是一类荧光晶体 (如红宝石), 利用晶体场中过渡元素 (如铬) 或稀土元素 (如铈) 的离子的亚稳能级和非辐射跃迁的特性, 使光泵的方法得以实现。图 2 是红宝石中的三价铬离子能级简图。当以高亮度脉冲灯照射时, 基态铬离子吸收光而大量跃迁到能带 Y ; 但随即非辐射跃迁到亚稳能级, 这就使亚稳能级的粒子数大量增加, 而自发辐射跃迁回基态的几率是很小的 ($\sim 10^{-3}$ 秒), 从而就使铬离子的亚稳态和基态间形成负温状态。用红宝石得到的光量子放大器的最大瞬时功率达 10 千瓦,

平行度 20 分, 辐射波长是 $6943 \text{ \AA}$ 。

另外也有建议采用半导体的各种能态的, 如回旋共振能级 (光磁效应) 和半导体的杂质能级或它本身的能带, 所建议采取的产生负温度的方法则有脉冲电场和磁场等。在实验上也已观察到激发粒子的复合发光, 但由于半导体内的弛豫损失机构很多, 要得到一些有用的结果, 看来还有一定的困难。

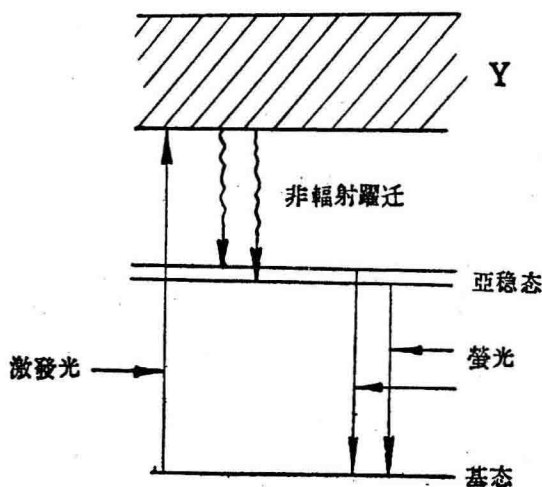


图 2 红宝石中铬离子能级简图

光学量子放大器的基本特性

现有光源加上光具组在特定方向单位立体角内得不到光能完全集中的根本原因是由于自发辐射, 靠自发辐射效应发射出来的都是一群“无组织”的光子, 并且在远红外波段, 自发辐射系数随着波长的增长而急剧地变小, 从而在这个波段内更得不到期望的发光强度。

光量子放大器是利用感应辐射效应来产生光能的, 处于受激状态的粒子受到感应而辐射出的光子与激发光子具有相同的频率、位相、偏振以及传播方向, 并且, 在较强光激发时的感应辐射的几率比自发辐射大许多个数量级, 愈靠近红外波段, 相差就愈悬殊。