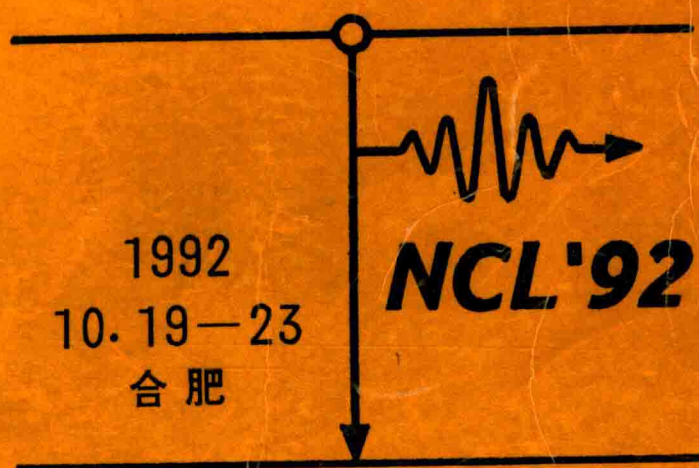


第六届全国发光学学术会议文集

发光学研究及应用

方容川 夏上达 编



中国科学技术大学出版社

第六届全国发光学学术会议文集 (1992.10.19-23,合肥)

发光学研究及应用

方容川 夏上达 编



中国科学技术大学出版社

(张合, 55-61.01.5001) 果文野会尔学学光发国全国大第

[皖]新登字 08 号

发光学研究及应用

方容川 夏上达 编

发光学研究及应用

方容川 夏上达 编

*

中国科学技术大学出版社出版发行

(安徽省合肥市金寨路 96 号, 230026)

中国科学技术大学印刷厂印刷

*

开本 787×1092/16 印张: 25 字数: 580 千

1992 年 10 月第 1 版 1992 年 10 月第 1 次印刷

印数: 1-500 册

ISBN7-312-00413-x/0·133 定价: 50.00 元

前 言

第六届全国发光学学术会议暨发光学会会员代表大会于 1992 年 10 月 19-23 日在合肥市举行,由中国科技大学物理系承办。

根据 1991 年 11 月在上海举行的发光学会第四届理事会第二次全体会议的决议,以及之后颁发的(91)发光会字 04 号文件的精神,中国物理学会发光分科学会主办的“全国第六届发光学学术会议暨发光学会第五届会员代表大会”,由中国科技大学在合肥市承办。从那时起,组建了会议组织委员会和程序委员会,开始了紧张的筹备工作。在全国发光界科技工作者的大力支持下,截止今年 6 月中旬,会议收到将近 200 篇稿件。7 月初,由程序委员会组织部分专家对稿件进行了审理,选出 150 篇论文作为分会报告,并主要根据学会的意见,讨论确定了 13 位大会邀请报告人。紧接着,会议编辑出版组昼夜不停地工作,对稿件进行了打印和编排,并得到中国科技大学出版社的有力支持,使得这些报告连同 19 篇摘要能够在短期内正式印刷出版为这本文集,对本次会议作出了很大的贡献。

本次会议得到杭州大学显示系统教研室,中国科学院长春物理所,中国物理学会发光分科学会,江苏省常熟增耀稀土荧光材料公司,冶金部有色金属研究总院,上海师范大学狮龙光电技术开发研究所,天津理工学院材料物理研究所,浙江省新技术应用研究所,上海科技大学发光与光电研究室,复旦大学材料科学研究所,中国科学院中国科技大学结构分析开放研究室,中国科技大学等单位在财政上的支持,他们的支持成为本次会议能够顺利召开的坚强后盾,这是特别值得感谢的。

这次会议从筹备到召开的每一步进程,都及时得到学会理事长和秘书长的关心和指导,得到全国发光界科研和生产单位的热情支持。中国科技大学物理系固体光学和材料教研室的师生全力地投入了会议的服务工作。在此,我们要感谢发光学会的正确指导和全国发光界的积极支持。感谢组织委员会、程序委员会的全体成员以及会议秘书,是他们勤奋和有效地工作,使得本次会议能够顺利进行。同时感谢中国科技大学出版社在出版文集上给予的支持。

方容川 夏上达

1992 年 9 月

组织委员会

主 席: 方容川

副主席: 郭常新

委员(以汉语拼音字母顺序为序):

卞祖和 戴仁崧 范成高 李毕友 李满园 楼立人 姜文娣

施朝淑 师云怀 吴伯僖 许少鸿 虞家琪 张纪法 张慰萍

秘 书: 张明杰

程序委员会

主 席: 徐叙瑭

副主席: 夏上达

委 员(以汉语拼音字母顺序为序):

范希武 葛葆珪 葛世潮 黄京根 黄美纯 胡天喜 刘锡田 苏勉曾

苏 锵 田 臻 吴光照 熊光楠 曾宪富 张新夷 张志林

秘 书: 尹 民

编辑出版组:

张纪法 李 鹏 王 健 崔景彪 尹 民

资助单位:

杭州大学显示系统研究室

中国科学院长春物理所

中国物理学会发光分科学会

江苏常熟增耀稀土荧光材料有限公司

冶金部有色金属研究总院

上海师范大学狮龙光电技术开发研究所

天津理工学院材料物理研究所

浙江省新技术应用研究所

上海科技大学发光与光电研究室

复旦大学材料科学研究所

中国科学院中国科技大学结构分析开放研究室

中国科技大学

目 录

A. 场致发光薄膜 (7)

A01 场致发光中的分层控制	徐叙琰 (1)
A02 TFEL 器件中预热层与热电子能量的影响	陈立春等 (6)
A03 TFEL 屏击穿电压的影响因素	王文静等 (8)
A04 TFEL 器件 ZnS:Sm ³⁺ 红色发光的研究	邓振波等 (10)
A05 ZnS:PrF 薄膜的电致发光	候延冰等 (12)
A06 ZnS:Er ³⁺ 薄膜 DCEL 器件界面特性研究	王小军等 (14)
A07 Eu 在薄膜 ZnS 基质中的发光特性	杨志平等 (16)

B. II、VI 和 III、V 族半导体发光物理 (11)

B01 宽带 II—VI 族超晶格光双稳的研究	范希武 (18)
B02 ZnSe 单晶薄膜和 ZnSe/ZnS MQW 荧光特性和激子动力学	赵福潭等 (21)
B03 Zn _{1-x} Cd _x Se—ZnSe 多量子阱的生长及光学性质	杨宝均等 (23)
B04 掺杂硫化镉多晶粉末材料的研究	姜志东等 (25)
B05 CdS 光学非线性中激发态的相互作用	熊光楠等 (27)
B06 CdS 中瞬态电流电压超线性	姜素云等 (29)
MB2 掺杂对 CdS 光灵敏度的影响	王颖纯等 (31)
B07 关于 ZnS 中 Te—Te 发光带的质疑	杨锡震等 (32)
B08 Ga _{1-x} Al _x As Raman 散射中的无序效应及多声子过程	张新夷 (34)
B09 用 MOCVD 方法生长 GaP 薄膜的特性	高 瑛等 (38)
B10 低激发功率密度下 GaAs _{1-x} P _x :N(x=0.88) 的 NNi 对发光	俞容文等 (40)
B11 电外延镓砷磷四元半导体的研究	曹宪富等 (42)
MB1 长波红外发射材料的探讨	闵代宜等 (45)
MB3 阴极射线辐照 GaP 发光特性的研究	苏锡安等 (45)
MB4 AlGaAs 掺 Sn 混晶低温光致发光	廖 波等 (46)
MB5 近红外 InGaAsP/InP 光电阴极	王存让等 (46)

C. 特殊形态的 Si 和 C 的发光 (13)

C01 多孔硅的发光研究	方容川 (47)
C02 硅基发光膜的制备与发光研究	李清山等 (51)
C03 多孔硅发光的激发强度和激发波长的依赖关系	李清山等 (53)
C04 多孔硅光吸收及能带隙研究	李清山等 (55)
C05 多孔硅发射光谱线型的计算	王冠中等 (57)
C06 多孔硅的发光寿命与量子限制效应	马玉蓉等 (59)
C07 多孔硅的喇曼散射和光致发光研究	张运生等 (61)
C08 在多孔硅形成过程中的氟和氢吸附	潘必才等 (63)
C09 大电流下非晶硅薄膜 LED 的发光	周亚训等 (66)
C10 非晶硅石英薄膜 LED 的瞬态发光	陈培力等 (68)
C11 Ge ₂ Si _{1-x} /Si 应变层超晶格微结构材料的研制与进展	刘锡田 (70)
C12 C ₆₀ 的光物理特性研究	孙润光等 (74)
C13 离子注入的 a-C:H ₂ F 薄膜的光致发光	李庆红等 (77)

D. 过渡金属离子激光晶体 (5)

D01 Cr:Mg ₂ SiO ₄ 晶体中 Cr ⁴⁺ 的光致发光特性	杨宝成等 (79)
D02 调谐激光晶体 Cr:ZnWO ₄ 光致发光特性的研究	陈 伟等 (81)
D03 双掺杂钨酸锌中 Mn ²⁺ 向 Cr ³⁺ 的能量传输	翟福东等 (83)

D04 $\text{BeAl}_2\text{O}_4:\text{Cr}$ 晶体的高压荧光特性	崔宏滨等 (86)
D05 压力对 $\text{YGG}:\text{Cr}$ 晶体发光的影响	尹 民等 (88)
E. 发光和光谱理论 (6)	
E01 过渡金属杂质与 ZnSe 配位环境与相互作用	黄美纯等 (90)
E02 钛宝石光谱及其残余吸收的 DV-X_α 研究	查访星等 (94)
E03 金刚石表面能带态密度的格林函数—从头自洽 DV-X_α 计算	夏上达等 (96)
E04 光跃迁的多声子过程的电流相关函数理论	潘海滨等 (101)
E05 氟玻璃中 Er^{3+} 离子不同温度下的多声子弛豫和黄昆因子	蒋雪茵等 (103)
✓ ME 半导体量子阱定域激子迁移和复合动力学	黄旭光等 (105)
E06 $\text{ZnS}:\text{Tm}$ 的跃迁性质及对其在 TFEL 中的碰撞几率的估算	张志林等 (106)
F. 卤钡稀土存储、闪烁体	
F01 无机和有机材料中光子选通光谱烧孔研究	虞家琪等 (108)
F02 有机光子选通光谱烧孔体系中的光致填孔	田明真等 (114)
F03 红外光激励下 $\text{BaFX}:\text{Eu}^{2+}$ ($\text{X} = \text{Cl}, \text{Br}$) 和 $\text{BaFCl}:\text{Pr}^{3+}$ 光激励发光 (PSL) 的时间分辨特性	苏勉增等 (116)
F04 温度对 $\text{BaKCl}_{1-x}\text{Br}_x:\text{Eu}^{2+}$ 体系和 $\text{Sr}_9\text{Ca}(\text{PO}_4)_6\text{Cl}_2:\text{Eu}^{2+}$ 发光性质的影响	赵 伟等 (119)
F05 $\text{BaFCl}:\text{Eu}$ 光激励发光过程中紫外光辐照与 X 光辐照的差异	王永生等 (123)
F06 $\text{BaFCl}:\text{Eu}$ 光激励发光过程中紫外光辐照的能量与 F/Cl 比的关系	王永生等 (125)
F07 X—光信息存储材料中的电子隧穿效应	董 翊等 (127)
F08 $\text{BaCl}_x\text{Br}_{2-x}:\text{Eu}^{2+}$ ($\text{X} = 0.8, 1.0, 1.2$) 的发光特性	谢志坚等 (129)
F09 $\text{BaF}_2:\text{Eu}^{2+}$ 的光谱特性	谢志坚等 (131)
✓ F10 $\text{BaBr}_2:\text{Eu}$ 制备条件的优化	陆肖璞等 (133)
F11 $\text{BaBr}_2:\text{Eu}^{+2}$ 的光激励发光及热释光特性	陆肖璞等 (135)
F12 $\text{Sr}_9\text{Ca}(\text{PO}_4)_6\text{Cl}_2:\text{Eu}$ 的热释发光	王彦吉等 (137)
F13 $\text{LiF}:\text{Mg}, \text{Cu}, \text{P}$ 热释光磷光体高剂量照射后的发光特性及其光吸收谱的研究	孙福印等 (139)
F14 $\text{BaClF}:\text{BaBrF}:\text{Eu}$ 体系在光激励发光中的协同效应及其在各方面的应用	吴茂均等 (141)
F15 三价铈离子在氟氯化钡中的发光特性	王清叶等 (144)
MF 稀土荧光粉 $\text{LaOBr}:\text{Tb}$, $\text{BaFCl}:\text{Eu}$ 和 $\text{BaFCl}:\text{Eu}$ 稀土增感屏	周 成等 (152)
F16 同步辐射在发光中应用的进展	施朝淑等 (146)
F17 UV—VUV 区固体闪烁体的研究	夏长泰等 (148)
✓ F18 BaF_2 晶体辐射损伤的研究	古佩新等 (150)
✓ F19 BaF_2 晶体中氧杂质对辐射损伤的影响	邓 杰等 (153)
F20 $\text{BaF}_2:\text{Dy}^{3+}$ 晶体的两个发射谱系列及其跃迁能级	董 翊等 (155)
G. 稀土离子的发光和光谱 (36)	
G01 Dy^{3+} 在一些钒酸盐中的发光	苏 锵 (157)
G02 $\text{ZnS}:\text{Eu}^{2+}$ 的微晶结构和光谱特征	郭常新等 (161)
G03 $\text{ZnS}:\text{Eu}$ 材料中 Eu^{2+} 发光中心的特性	杨志平等 (163)
G04 Eu^{2+} 的 $4f^6(f_7)5d$ 能态中的特征“阶梯状”光谱和宽谱带	刘行仁等 (165)
G05 二价铈在铝酸钡中的发光光谱	孙淑兰等 (167)
G06 $\text{SrB}_2\text{O}_6:\text{Eu}^{2+}$ 晶体的压致无序化与发光特性	刘维娜等 (169)
G07 高温高压下非晶玻璃 $\text{SrB}_4\text{O}_7:\text{Eu}^{2+}$ 的晶化及发光特性研究	刘宏建等 (171)
G08 碱土金属钨酸盐掺铈体系荧光粉合成和荧光光谱研究	李沅英等 (173)
G09 杂质对硼钒酸铈光致发光的影响	李 玫等 (176)
G10 MTiO_3 ($\text{M} = \text{Ba}, \text{Sr}, \text{Ca}, \text{Mg}$) 体系的合成和 Eu^{3+} 发光的研究	刘应亮等 (178)
G11 掺铈(III)的氟钨酸钡的发光特性	孙秉堂等 (180)

G12 低温下 $\text{Na}_5\text{Eu}(\text{WO}_4)_4$ 光谱和晶场参数的高压效应	崔宏滨等 (182)
G13 高压对 $\text{GdOCl}:\text{Eu}^{3+}$ 发射光谱和能级的影响	刘慎新等 (185)
G14 $\text{YOCl}:\text{Eu}$ 的高压发射谱	池元斌等 (187)
G15 $\text{Me}_2\text{Y}_2(\text{SiO}_4)_2\text{O}_2:\text{Eu}^{3+}, \text{Bi}^{3+}$ 的结构与发光性能 ($\text{Me} = \text{Mg}, \text{Ca}, \text{Sr}, \text{Zn}$)	李 彬等 (189)
G16 $\text{LiGd}_2(\text{SiO}_4)_2\text{O}_2:\text{Eu}^{3+}, \text{Bi}^{3+}$ 的合成与发光	李 彬等 (191)
G17 Eu^{3+} 和 Bi^{3+} 在 MgR_2SiO_6 中的发光 ($\text{R} = \text{La}, \text{Cd}, \text{Y}$)	李 彬等 (193)
G18 稀土焦磷酸盐的合成与发光	吕玉华等 (195)
G19 掺杂 Tb^{3+} 的 $\text{Ba}_2\text{WO}_3\text{F}_4$ 的合成及发光特性	杨水金等 (197)
G20 Tm^{3+} 在 KMgF_3 中的取代格位	夏长泰等 (199)
MG3 $\text{Mg}_2.25\text{Al}_{15}\text{O}_{27}:\text{Eu}^{3+}\text{Bi}^{3+}$ 红色荧光体	何喜庆等 (201)
MG2 铈离子发光研究	林远齐等 (201)
G21 掺铈(III)氟钨酸盐玻璃的电子和荧光光谱	张克立等 (202)
G22 Sm^{3+} 在 α 型正磷酸铈中的发光研究	衣立新等 (204)
G23 $\text{Ca}_2\text{La}_3(\text{BO}_3)_5$ 中 Sm^{3+} 的发光特性	彭爽安等 (206)
G24 镱铝和镱铈钨酸盐石榴石中 Pr^{3+} 的荧光光谱	刘行仁等 (209)
G25 镱铝钨酸盐石榴石中 Dy^{3+} 和 Tb^{3+} 的光致发光	田 军等 (211)
G26 $\text{LaOBr}:\text{Ce}$ 和 $\text{LaOBr}:\text{CeTb}$ 的发光特性研究	张慰萍等 (214)
G27 YAlO_3 中 $\text{Ce}^{3+} \rightarrow \text{Nd}^{3+}$ 的能量转移	邓德良等 (216)
G28 $\text{LaBO}_3:\text{Dy}^{3+}, \text{Er}^{3+}$ 中离子间的能量转移	于亚勤等 (219)
G29 $\text{InP}:\text{Yb}$ 中发光中心的光激发和能量传输	周必忠等 (221)
G30 苯甲酰三氟乙酞丙酮与镧铈钨配合物荧光光谱的研究	李沅英等 (223)
G31 甲基吡啶乙酞丙酮对稀土离子传能过程	雷衡毅等 (225)
G32 邻菲罗啉对 Tb^{3+} 水杨酸配合物荧光淬灭机理	曹海燕等 (228)
G33 苯甲酸-钪-镧二元固溶体的发光	连锡山等 (230)
G34 邻溴苯甲酸稀土配合物的发光	赵永亮等 (232)
G35 $\text{Eu}(\text{MBA})_3\text{phen}$ 配合物的时间分辨光谱	金林培等 (234)
MG1 稀土元素对硫氧化钨发光性能的影响	何新星等 (236)
G36 Sm^{3+} 苯多羧酸配合物的发光性质	孙长英等 (237)
MG4 协同发光效应及其机理探讨	胡继明等 (113)
MG5 $(\text{CaZn})_3\text{Y}_2(\text{PO}_4)_2:\text{Eu}^{3+}\text{Bi}^{3+}$ 荧光体的荧光光谱	王富芝等 (218)
H. 有机和生物发光 (11)	
H01 激光诱导有机聚合物膜的光致发光特性及其中的能量传递	金长清等 (239)
H02 两性性酞菁和油溶性卟啉混合 LB 膜的光物理过程的研究	刘纪祥等 (241)
H03 溶剂极性对以柔性链相连的卟啉-酞菁二元分子的分子内能量传递 和光致电子转移的影响	田宏健等 (244)
H04 光敏染料 J-聚集态时间分辨荧光光谱的研究	彭文基等 (247)
MH1 有机薄膜电致发光研究	彭俊彪等 (249)
H05 聚苯乙炔的光致发光过程	蔡志岗等 (250)
H06 有机薄膜电致发光机理与研究	刘祖刚等 (252)
H07 双草酸酯型化学冷光的研究	毛向辉等 (255)
H08 再生纤维荧光膜的发光和力学性能	蒋昌武等 (258)
MH2 蓝色荧光染料 9.10-二苯基蒽的合成	吴振国等 (76)
H09 萤火虫荧光素酶基因工程菌的构建及荧光素的纯化	王维光等 (260)
H10 胃蛋白酶消化菠菜叶绿体的磁致光谱影响及其作用机理研究	李庚新等 (262)
H11 人体肿瘤组织的发光	张镇西等 (264)

I. 测量和设备 (5)

- I01 时间相关单光子计数皮秒荧光测量 李勤庸等 (266)
- I02 InGaAsP 激光器脉冲调制 PS 光脉冲的产生与控制 衣茂斌等 (268)
- I03 以同步辐射为光源的光谱测量系统 施朝淑等 (270)
- I04 CR-3 型阴极射线发光测试系统中大面积扫描光栅单元的研制 谭宪洲等 (272)
- I05 实用简便的“ACEL”驱动源 葛香玉等 (274)

J. 平板、低压显示和灯用材料 (13)

- J01 交流粉末电致发光显示 葛葆珪 (276)
- J02 ZnS:Cu 交流电致发光粉末老化的研究 谢玉钧等 (280)
- J03 ZnS 型发光材料光老化的研究 唐明道等 (283)
- J04 助熔剂对 ACCEL 粉寿命的影响 孙煥英等 (285)
- J05 ZnS = Mn, Cu 电致发光及其在暗室照明中的应用 朱自熙等 (288)
- J06 Cu 和 Mn 激活的 ZnS 磷光体的发光 郭常新等 (290)
- J07 多色管用穿透式荧光材料研制及性能 赵绪义等 (292)
- J08 低压蓝粉 ZnS:Zn, Pb 的研制及性能 张东等 (295)
- J09 低压阴极射线发光的效率问题 金伟成等 (297)
- J10 有关提高低色温卤粉热稳定性的辐照稳定性的几个问题 刘雁等 (300)
- J11 焦磷酸铈:铜兰色荧光粉的合成及发光性能的研究 赵成久等 (303)
- J12 磷酸氢钙结晶形态及粒度分布的研究 何大伟等 (305)
- J13 有关 CaHPO_4 若干问题讨论 齐东涓等 (307)

K. 稀土三基色粉 (20)

- K01 光谱特性连续变化的蓝色发射荧光体的设计、制备及其对三基色混合粉 Ra 影响的计算模拟和研究 黄京根等 (309)
- K02 钼酸钡:铕(II)兰色磷光体的低共熔合成法 胡建国等 (312)
- K03 非化学计量荧光体 $\text{BaMg}_{1-m}\text{Al}_{10}\text{O}_{16+m}:\text{Eu}$ 和 $(\text{Ce}, \text{Tb})\text{Mg}_n\text{Al}_n\text{O}_{18+n}$ 的光谱性质 余兴海等 (314)
- MK 一种制备优质 XS(X = Ca, Sr)发光基质材料的优化工艺 贾炜等 (316)
- K04 $(\text{Sr}, \text{Ca}, \text{Ba}, \text{Eu})_{10}(\text{PO}_4)_6\text{Cl}_2 \cdot 0.25\text{B}_2\text{O}_3$ 发光材料的研究 吴琳俐等 (317)
- K05 $\text{CaS}:\text{Ce}$ 粉末发光材料 史其武等 (319)
- K06 具有不同体色和长余辉的 $\text{CaS}:\text{Eu}, \text{Ce}$ 红色荧光粉 毛向辉等 (321)
- K07 均匀粒径 Y_2O_3 和 $\text{Y}_2\text{O}_3:\text{Eu}$ 红粉的制备及特征 王惠琴等 (324)
- K08 $\text{Y}_2\text{O}_3:\text{Eu}^{3+}$ 超细粉及其发光特性 黄贡等 (327)
- K09 铕(III)激活的氧化钇红粉荧光性能的研究 余宪恩等 (328)
- K10 硼酸钡荧光粉的制备及其发光特性 陈恺等 (330)
- K11 Tb^{3+} 和 Eu^{3+} 共激活的硅酸钙镁铝的合成和发光 常天林等 (332)
- K12 新型稀土三基色绿粉的研究 廉世勋等 (336)
- K13 稀土硅酸盐荧光粉特性研究 陈纯等 (338)
- K14 Ce^{3+} 和 Tb^{3+} 共激活的磷酸铈绿色荧光粉的温度特性 王晓君等 (340)
- K15 $\text{YTbOF}_x\text{MgF}_2$ 及 $\text{YCeTbOF}_x\text{MgF}_2$ 材料的发光性能研究 许日兼等 (342)
- K16 $(\text{La}, \text{Ce}, \text{Tb})\text{PO}_4$ 荧光粉抗热猝灭性研究 周映雪等 (344)
- K17 $(\text{LaCe})\text{PO}_4 \cdot \text{BO}_3:\text{Tb}$ 中 BO_3^{3-} 对 Ce^{3+} 激发峰位置的影响 王向军等 (346)
- K18 真空紫外条件下三基色荧光粉的荧光性能的研究 余宪恩等 (348)
- K19 色度坐标的计算以及 $\text{Y}_2\text{O}_3\text{S}:\text{Eu}$ 发光色度的一些性质 张纪法等 (350)
- K20 高色温紧凑型荧光灯光通与显色指数的关系 关中素等 (352)

L. 发光应用和光电器材生产技术 (16)

- L01 电致发光在神经网络中的应用 林秀森等 (354)

ML3 交流电致发光彩画屏的研制	葛香玉等 (356)
L02 白色发光玻璃	张金朝等 (357)
L03 ^{147}Pm 永久发光粉制备及应用	刘造起等 (360)
L04 氙灯的研制	陈玉玺等 (362)
L05 白色和兰色 LED 节能指示灯	方志烈等 (365)
L06 半导体发光二极管(LED)光字牌	杨清河等 (367)
L07 一种高亮度大型笔段荧光显示管设计	阮世平等 (369)
ML2 兰宝石电弧管在气体放电光源中的开发应用详述	俞鹤庆等 (213)
✓ L08 温敏荧光粉在激波风洞图谱技术中的应用	张慰萍等 (371)
L09 交流电致发光大屏幕导游图的研制	葛香玉等 (373)
L10 着色粉	姚志中 (375)
L11 激光荧光光谱在薄层层析中的应用	周志康 (377)
ML1 人工光源在医疗中的应用	宾连弟 (366)
L12 掺铒光纤与标准光纤熔焊降低损耗的实验研究	潘 昆等 (379)
L13 GaAlAs LED 国产化生产技术	陈瑞良等 (381)
L14 0.94 μm GaAs:Si 同质结红外发光二极管的大批量生产技术	伍 峰等 (384)
L15 GaP LED 管芯表面机械损伤和化学损伤对外量子效率的影响	张松斌等 (386)
L16 亚洲“四小龙”半导体及其光电技术产业发展概况	林秀华等 (388)
ML4 GaP 材料加工损伤层	陈坚邦等 (100)

Z. 展示样品 (6)

Z01 展示样品	长春物理所
Z02 各种颜色光致发光粉以及印刷品, 浇注品, 压塑品等	长春市南关区净月发光材料厂
Z03 展示样品	江苏常熟增耀稀土荧光材料有限公司
Z04 光纤连接器, 光缆接续扩套	天津光纤信息技术联合开发公司
Z05 VFD 样品	绍兴电子管厂
Z06 引进英国设备生产的单 H, 双 H 三基色荧光灯	广东云浮县云浮船用电器厂

场致发光中的分层控制*

徐叙琰

(天津理工学院材料物理所 300191)

1. 引言

粉末场致发光(EL)的研究在 50 年代曾一度活跃,但由于其亮度有限、性能不稳而渐渐沉寂. 1974 年 Inoguchi 采用了双绝层夹心结构,避免了在电场下使用易迁移的 Cu^{2+} 离子,成功地做成了高亮度、长寿命的 TFEL 器件,使 EL 再次活跃起来. 如今,单色的 TFEL 640×400 点阵交叉屏已商业化. 进一步的发展还要求瞬时及全色,直至显象,作到壁挂电视的水平.

但是,要使 EL 做到全色显示,则在三基色中,它的蓝、绿颜色的发光亮度还须提高. 我们试图突破现状,进一步在提高亮度的基础上同时解决 TFEL 的彩色化问题.

关于发光的过程,除去电场可引起猝灭之外,它和光致发光中的机理基本相同. 所以,研究的重点是针对场致发光的激发过程. 在粉末场致发光中,1964 年我们已用光探针法证实了碰撞离化机理,在薄膜场致发光中,这个机理仍然是正确的. 这样,为提高场致发光的亮度,我们采用了扩大三个瓶颈过程的方法. 这三个瓶颈是:碰撞激发,离化倍增及初电子来源. 其中直接引起发光的是碰撞激发.

2. 理论

在场致发光中,电子是在晶体内加速,其能量被限制在导带内,而碰撞则起源于导带中电子及发光中心间的相互作用. 这样,碰撞截面必定与导带中的电子行为有关. 所以,首先要考虑能带的具体结构对碰撞的影响.

碰撞时,导带电子从高能态被散射到低能态(它们可以是同一导带或不同导带中的两个能态),而发光中心则从基态被激发到激发态,它们相应的能量变化要求符合能量守恒.

假设过热电子跃迁的终点在 Γ 点附近,它的态密度是 $\rho(E) = 4\pi V \left(\frac{2m_e}{h^2}\right)^{\frac{3}{2}} E^{\frac{1}{2}}$, 然后按照

跃迁速率的黄金规则可以算出碰撞激发的跃迁速率 $P = \frac{2\pi}{h} \rho(E) |\langle \Phi_i | V_i | \Phi_f \rangle|^2$, 从而得到微分碰撞激发截面^[1].

* 国家自然科学基金资助项目

$$\frac{d\sigma}{d\Omega} = \frac{48\pi^3 C^3 m_e^2 e^2 (E_i/E_u)^{1/2}}{n_r (\epsilon_{eff}/\epsilon_0)^2 \epsilon^2} \frac{1}{(E_e - E_r)^3} \times \left| \sum_{n,m} \alpha_l(K_n) \alpha_u^*(K_m) / |(k+K_n) - (k+K_m)| \right|^2 \frac{1}{\tau} \quad (1)$$

其中 n_r 为折射率, $(\epsilon_{eff}/\epsilon_0)$ 是有效场之比. 这一关系表示微分碰撞截面即依赖于电子经散射后的运动方向, 又依赖于电子在散射时的入射方向.

根据(1)式, 我们以 ZnS 为例, 作了数字计算, 先算在(1,1,0)入射方向上, 过热电子将中心从基态激发到 1.88eV, 2.1eV, 2.5eV, 2.75eV 激发态的碰撞截面, 由于在不同散射方向上, 它们的大小是同一量级, 总的碰撞截面:

$$\sigma = \frac{4\pi}{3} \left[\frac{d\sigma}{d\Omega}(1,0,0) + \frac{d\sigma}{d\Omega}(1,1,0) + \frac{d\sigma}{d\Omega}(1,1,1) \right]$$

结果如图 1(a), σ 随电子能量的增加, 经极大值, 在约 3.2eV 处下降到零.

然后, 计算了电子沿(1,0,0)方向入射, 又沿(1,0,0)方向散射的情形, 分别计算了相当于上述四种跃迁(1.88eV, 2.1eV, 2.5eV, 2.75eV)的微分碰撞截面. 从图 1(b)可以看出, 在 3.5eV 至 4.5eV 之间有一尖峰, 峰值可达 10^3Å^2 . 对不同能级间的上述四种跃迁, 微分截面随入射电子能量的变化十分相似. 但是它在其它散射方向上的数值都小得多.

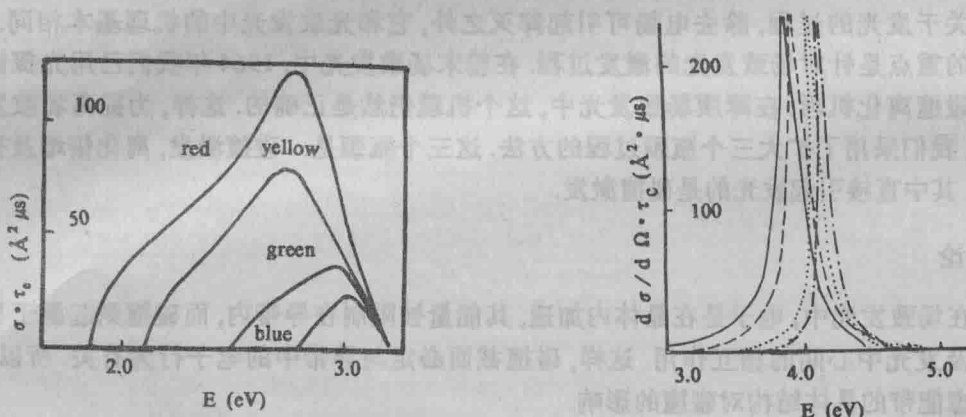


图 1. (a) 沿(1,1,0)入射时的 σ, τ

(b) 沿(1,0,0)入射及(1,0,0)散射的 $\frac{d\sigma}{d\Omega} \cdot \tau$

通过上述计算, 发光中心碰撞激发截面的特征可归纳为以下几点:

- (1) 它的大小随入射电子的运动方向有显著的各向异性.
- (2) 它的大小在低能范围内随入射电子能量增大而加大.
- (3) 它的大小和发光寿命成反比.
- (4) 激发不同能级所需电子能量的阈值随能级升高而增加.
- (5) 碰撞激发截面的大小正比于末态的密度.

3. 实验

根据以上分析, 要扩大碰撞激发截面, 首先要提高热电子的能量. 为此, 我们提出了三点思想: 1) 将加速电子及激发中心的过程分开; 2) 使用非发光层的半导体特性, 而不用它的

绝缘性; 3)用预热方法协助电子的加速. 按照这个思路, 我们设计了 $\text{SiO}/\text{SiO}_2/\text{发光层}/\text{SiO}_2/\text{SiO}$ 的结构, 在这种结构上我们分析了电子的加速区域, 碰撞离化倍增系数, 过热电子的能量分布, 截面和发光寿命的关系, 复合中心及分立中心的选择及初步应用这一结构的效果.

(1) 载流子的倍增区域

EL 是一高场过程, 场强高达 $10^6-10^7\text{V}/\text{cm}$, 足以达到碰撞离化雪崩. 自 1974 年 TFEL 研究开始以来, 碰撞离化虽被公认, 但无直接证明. W.E.Howard(1981)在 MISIM 结构中, 观察到 ZnS:Mn 的蓝紫发射, 他判断这是由于横跨带隙的碰撞离化及随后的倍增; G.O.Muller(1988)则以 $I-V$ 特性和负微分电导(滞后效应)作为倍增的证据. 在常用的 MISIM “夹心”结构中, 载流子加速和激发发光中心在同一层中进行, 给实验带来困难. 但在我们这种加速、激发分层的结构中, 我们制备了各膜层厚具有梯度的样品, 测量经电桥补偿后的传导电流 $D-V$ 特性, 直接得到了载流子碰撞离化倍增的证据, 并计算了碰撞离化系数 α .

倍增因子 M 定义为末电流 I 和初电流 I_0 之比 $M=I/I_0$,

$$M = \frac{1}{1 - \int_0^d \alpha dx} = \frac{I}{1 - \delta_{eff} \alpha(E_{max})} \quad (2)$$

并假定, 离化率

$$\alpha \propto e^{-b/E}$$

由(2)式可见, 倍增因子 M 依赖于有效倍增区 δ_{eff} 和电场强度 E . 为判断碰撞离化倍增产生在 SiO_2 或 ZnS 层, 我们分别改变了 ZnS 和 SiO_2 层厚, 并测量 $D-V$ 特性如图 2、图 3.

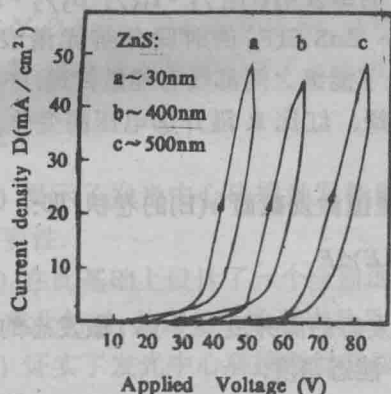


图 2. 变更 ZnS 层厚时的 $D-V$ 曲线

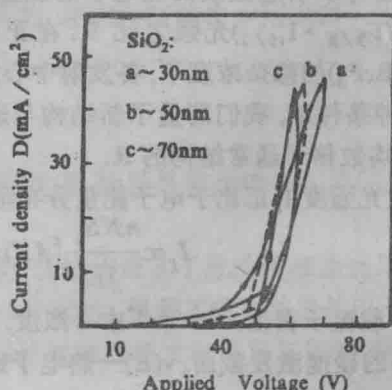


图 3. 变更 SiO_2 层厚时的 $D-V$ 曲线

图 3. a、b、c 中, SiO_2 从 30nm 依次递增 20nm, $D-V$ 陡度有明显增加, 由于 SiO_2 增加, δ_{eff} 也增加, 虽电场 E 略降, 但 $D-V$ 陡度仍然随 SiO_2 增厚而增加, 这说明在 SiO_2 层中有载流子倍增产生. 在图 2.a、b、c 中, ZnS 从 300nm 依次递增 100nm, $D-V$ 向高压端明显移动. 这说明 ZnS 的增厚使 SiO_2 中的电场有较大的下降, 外电压的加大使 SiO_2 中电场恢复到原有数值, 于是得到的 $D-V$ 曲线陡度没有明显变化. 即在这种新结构中, 载流子倍增的产生, 是在 SiO_2 层, 而不是在通常被认为的 ZnS 层中^[2].

(2) 倍增因子 M 及离化系数 α

由(2)式, $M=I/I_0$ 和 $D-V$ 特性, 结合 SiO_2 、 SiO_2 和 ZnS 各膜层厚度和介电常数 ϵ , 我们计算了碰撞离化系数 $\alpha_2=e^{-b/E}$, (图 4). 作为比较, 画出 P.Solomon 得到的在 SiO_2 单晶^[3]中的碰撞离化系数 α_1 ; 及 J.W.Allen 得到的 ZnS ^[4]碰撞离化系数 α_3 . 可见, 同是 SiO_2 , α_2 比 α_1 几乎大两个量级, α_2 比 TFEL 中最常用的 ZnS 的 α_3 大近 3 倍. 这表明这种新结构在扩大中间瓶颈——载流子碰撞离化倍增方面的优越性.

由(2)式, 用计算机直接拟合了碰撞离化参数 $b_2=4.4 \times 10^7(\text{V}/\text{cm})$, 而 $b_1=1.8 \times 10^8(\text{V}/\text{cm})$, $b_3=1.3 \times 10^7(\text{V}/\text{cm})$. Livingstone 和 Allen 指出离化参数与金刚石型半导体材料带隙有近似的线性关系. 如符合这关系, 则对应的能隙应在 5.8eV 处. 但 $\text{SiO}_2:E_g=8.5\text{eV}$, 这个差异的起因有两种可能:

a 预热载流子的作用. 在这种新型 TFEL 中, 载流子由 SiO 预热层引入. 载流子在进入 SiO_2 层时, 已被加速到一定的动能, 这对跨带隙的碰撞离化而言, 相当于 SiO_2 能隙变窄.

b 多晶能隙中杂质能带或非晶态 SiO_2 的带尾的离化. 即碰撞离化的不是跨越一般带隙的离化, 而是多晶 SiO_2 中处于禁带中的杂质能级或非晶 SiO_2 中的能带尾.

(3) 高能量的电子分布

为表征可以引起激发的热电子的能量, 选用 Er^{3+} 的绿发射($H_{11/2} \rightarrow I_{15/2} + S_{3/2} \rightarrow I_{15/2}$) 与红发射($F_{9/2} \rightarrow I_{15/2}$)光强之比 R . 在正弦波激发下 ZnS:ErF_3 的时间分辨光谱表明在 $0.3\text{mol}\%$ (ErF_3) 的掺杂浓度下, 各发射中心之间在及上下能级之间都没有能量传递.

在这种条件下, 我们测量了新结构与通常结构的绿、红比 R 随外加电压的变化, 新结构的 R 值均数倍于通常结构的 R .

EL 发光强度 I_i 正比于电子能量分布函数 $f(E)$ 与碰撞激发截面 $\sigma(E)$ 的卷积, 即:

$$I_i \propto \frac{nNS_i}{\tau_i} \int f(E)v(E)\sigma_i(E)g(E)dE \quad (3)$$

这里: n —载流子密度, N — Er^{3+} 中心浓度, S_i —第 i 激发态的简并度, τ_i —第 i 激发态的寿命, σ_i —第 i 态的碰撞激发截面, $v(E)$ —热电子速度, $g(E)$ —能态密度.

假定载流子浓度为 Boltzmann 分布, 即:

$$f(E) \propto e^{(-E/E_0)}$$

由实验可以得到 Er^{3+} 中各能级开始跃迁的光强 I_i 随外界电压的变化. 从文献找出激发态寿命 τ_i , 由式(2)可以计算分布函数 $f(E)g(E)$ 随外加电压的变化. 通过拟合, 计算了特征能量, 它的最大值是 $E_0=1.58\text{eV}$ ^[5]. 而通常结构中 $\text{ACEL}=0.3\text{eV}$, $\text{DCEL}=0.16\text{eV}$, 可见在新结构中得到了能量较高的过热电子. (图 5)

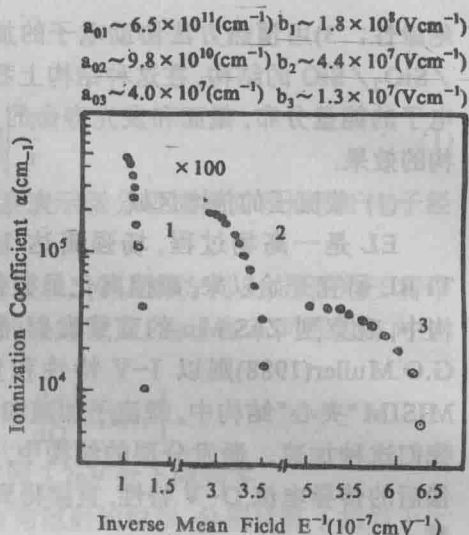


图 4. 离化系数 α 随平均电场倒数的变化

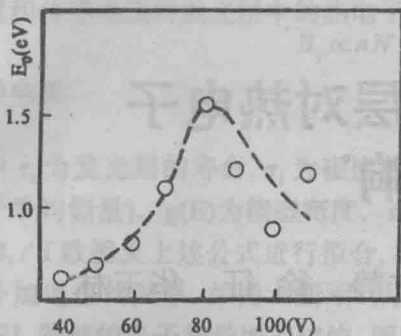


图 5. 过热电子的平均能量与外加电压的关系

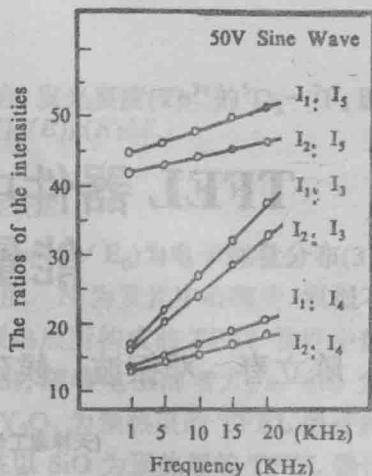


图 6. 频率增加时 Ce 及 Nd 发光强度的比值变化

(4) 激发态寿命与发光强度的关系

为验证上述特征(3), 我们在 ZnS 中共掺杂 $\text{CeF}_3 + \text{NdF}_3$, 为避免 Ce^{3+} 与 Nd^{3+} 间的能量传递, CeF_3 和 NdF_3 浓度均为 $10^{-4}\omega\text{t}\%$. Ce^{3+} 的发光: $I_1: 5d(^2D) \rightarrow 4f(^2F_{7/2})$, $I_2: 5d(^2D) \rightarrow 4f(^2F_{5/2})$, Nd^{3+} 的发光: $I_3: ^4G_{7/2} \rightarrow ^4I_{9/2}$, $I_4: ^4G_{5/2} \rightarrow ^4I_{9/2}$, $I_5: ^2H_{11/2} \rightarrow ^4I_{9/2}$. 测得 Nd^{3+} 的激发态寿命分别为: $\tau_3 = 3.2\mu\text{s}(I_3)$, $\tau_4 = 4.8\mu\text{s}(I_4)$, $\tau_5 = 4.2\mu\text{s}(I_5)$, Ce^{3+} 的 PL 寿命约在 30—100ns, 计算 Ce^{3+} 及 Nd^{3+} 的发射强度比随激发频率的变化, 得到, 激发频率增加时, 短寿命的发射优于长寿命的发射. (图 6)

(5) 蓝色 $\text{ZnS}:\text{Ce}^{3+}$ 和红色 $\text{Y}_2\text{O}_3\text{S}:\text{Eu}$

以上实验说明, 电子来自 SiO_2 , 并已在 SiO_2 层内获得高速度. 做为 EL 结构特性的交叉实验. 我们首次尝试了蓝色的发光 $\text{ZnS}:\text{CeF}_3$, 此材料在通常结构中没有 EL 发光或很弱, 但在这种新结构中得到了明亮的蓝色发光. 进一步我们使用了典型的红色 CL(阴极射线发光)磷光体 $\text{Y}_2\text{O}_3\text{S}:\text{Eu}$, 它在通常的 EL 结构中是不发光的, 在这种新结构中则得到了均匀的 Eu 红色辐射. 这从另一方面证实了上述结果的正确性.

4. 结论

(1) 揭示了发光中心碰撞激发截面的五个重要性质, 特别是截面的各向异性及电子能量的重要性.

(2) 在此基础上设计了一个全新的 TFEL 结构, 该结构证实了载流子在加速层 SiO_2 中的碰撞离化倍增, 其离化系数远比单晶 SiO_2 和 ZnS 中的大, 得到了较高能量的电子.

(3) 证实了发光中心碰撞激发截面随热电子能量增加而增大以及它与其能级寿命成反比的特性.

参 考 文 献

- [1] 徐叙瑛、雷刚、申猛燕, 自然科学进展, 1 (1991), 62.
- [2] 徐叙瑛、雷刚、徐征, 自然科学进展, 1992.
- [3] P.Solomon & N.Klein, Sol. St. Comm., 17 (1975), 1397.
- [4] T.D.Thompson & J.W.Allen, 私人通讯.
- [5] Lei Gang et al., Acta Polytechnica Scand. Appl Phys.Series, 170 (1990), 295.

TFEL 器件中预热层对热电子能量的影响*

陈立春 邓振波 候延斌 王文静 徐征 华玉林

(天津理工学院材料物理所 300191)

1. 引言

增大碰撞激发电子的能量是增强薄膜场致发光亮度和获得蓝色发光的途径之一. 徐叙珩等人利用 D-V 方法证明了, 电子在 SiO_2 中能够加速, 并获较高的能量. 利用该结构所做的器件比通常结构的器件具有较高的发光亮度. 邓振波等人研究比较了有无 SiO 预热层对器件发光亮度的影响, 证明 SiO 作预热层可获较高的电子能量和器件的发光亮度. 本文研究了三种不同预热层的作用. 证实了以 SiO 作预热层所作的器件可使电子获较高的能量.

2. 实验

实验中所采用的三种结构的 TFEL 器件分别是:

A: glass / ITO / SiO_2 / Y_2O_3 / SiO_2 / ZnS:TbF_3 / SiO_2 / Y_2O_3 / SiO_2 / Al

B: glass / ITO / SiO_2 / Ta_2O_5 / SiO_2 / ZnS:TbF_3 / SiO_2 / Ta_2O_5 / SiO_2 / Al

C: glass / ITO / SiO / SiO_2 / ZnS:TbF_3 / SiO_2 / SiO / Al

绝缘层和发光层均由电子束蒸发沉积的方法制备, 沉积速率由 LE-100 测厚仪监测. SiO 、 SiO_2 、 Ta_2O_5 、 Y_2O_3 和 ZnS:TbF_3 的厚度分别为 250 Å、160 Å、200 Å、200 Å 和 2500 Å.

电致发光光谱由 HITACHI-4010 测量, 用桥式电路及 Model 4400 Boxcar 测量传导电流, 利用计算机对测量结果进行拟合, 得到热电子能量.

3. 结果与讨论

预热层和加速层对传导电流和发光强度有较大的影响, 也就是激发发光中心的电子密度及能量与器件的构成关系甚大. 对三种预热层构成的 TFEL 器件, 随外加电压的增加, 发光强度指数上升, 在电压较高时饱和; 传导电流也随外加电压的增大而增大, 但它们的区别很大. 由 Y_2O_3 和 Ta_2O_5 为预热层所构成的 TFEL 器件的饱和电压较低, 最大亮度也较低, 但传导电流却较大; 而以 SiO 为预热层构成的器件情况恰好相反. 根据第三代场致发光理论, 碰撞激发发光中心的电子可在预热和加速层中得到加速. 在我们设计的三种结构的器件中, 加速层都是相同的, 但预热层不同. 分别是 SiO 、 Ta_2O_5 和 Y_2O_3 (在 Ta_2O_5 和 Y_2O_3 的外层的 SiO_2 是防潮和氧扩散的.) 预热层的不同会影响加速电子的最终能量. 我们利用发光

* 国家自然科学基金、国家863高技术基金及天津二十一世纪青年基金资助项目

强度和传导电流对发光层中的热电子能量进行拟合. 发光亮度(Tb^{3+} 的 $^5\text{D}_3-^7\text{F}_4$ 跃迁):

$$B_i \propto nN / \tau_i \int f(E) V(E) \sigma(E) g(E) dE$$

传导电流:

$$I \propto n \int V(E) g(E) dE$$

其中 τ_i 为发光层的寿命, σ_i 为碰撞截面、 $f(E) = \exp(-E / E_0)$ 为电子能量分布($3 / 2E_0$ 为热电子平均能量)、 $g(E)$ 为能态密度、 n 为载流子密度、 N 为发光中心密度. 根据不同电压下的 B_i / I 数据及上述公式进行拟合, 得到由不同预热层所构成的 TFEL 器件中热电子能量与外加电压的关系. 如图 1 所示. 从图中可以看出, 随着电压的增大, 以 SiO 为预热层的 TFEL 器件的电子能量增加较快; 而以 Ta_2O_5 和 Y_2O_3 为预热层的 TFEL 器件的电子能量基本不增加或增加很少. 根据上述分析得出电子在以 SiO 为预热层的 TFEL 器件中可以被加速到很高的能量, 电子碰撞激发发光中心的几率较大, 因而尽管传导电流小但亮度高. 而在 Ta_2O_5 和 Y_2O_3 为预热层的器件中却不能得以很好的加速.

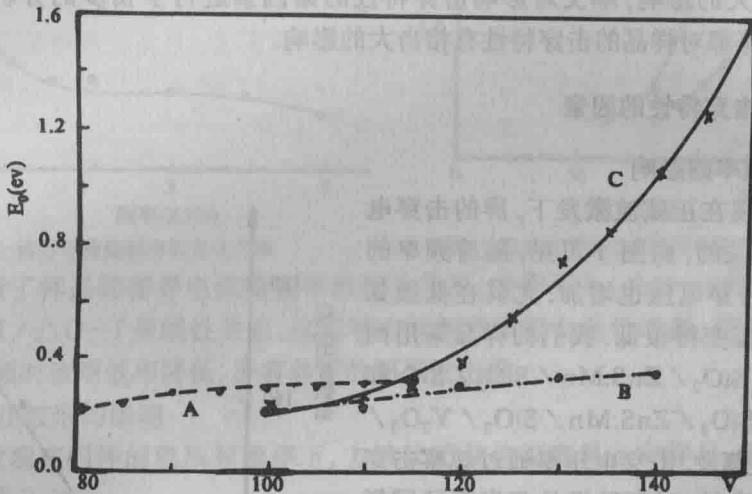


图 1. 三种绝缘层的 TFEL 器件中发光层电子能量与外加电压的关系(激发频率 5kHz)

A: glass / ITO / SiO_2 / Y_2O_3 / SiO_2 / ZnS:TbF_3 / SiO_2 / Y_2O_3 / SiO_2 / Al

B: glass / ITO / SiO_2 / Ta_2O_5 / SiO_2 / ZnS:TbF_3 / SiO_2 / Ta_2O_5 / SiO_2 / Al

C: glass / ITO / SiO / SiO_2 / ZnS:TbF_3 / SiO_2 / SiO / Al

4. 结论

研究了预热层构成对 TFEL 器件发光特性的影响, 通过比较可知利用 SiO 作预热层所做的器件可以得到较高能量的电子且亮度也较高.

参 考 文 献

[1] Xu Xurong et al., *J. Cryst. Growth*, 117 (1992), 935.

[2] Shen Menyan et al., *Sol. St. Comm.*, 8 (1989), 803.

[3] Xu Xurong et al., *J. Cryst. Growth*, 101 (1990), 1004.

[4] 高观志, 黄维, 固体中的电输运, 科技出版社, 1991.