

中国发光学进展

《中国发光学进展》编委会

科学出版社

中国发光学进展

——祝贺徐叙瑛教授 70 寿辰

《中国发光学进展》编委会 编

科学出版社

1992

(京)新登字092号

内 容 简 介

在我国发光事业开创者和奠基人之一的徐叙瑒教授 70 寿辰之际,中国物理学会发光分科学会特邀请国内外许多著名发光学家撰写了《中国发光学进展》一书。书中主要介绍我国在发光学领域内的研究成果与进展。本书可供从事发光学研究的科学技术人员以及高等院校有关专业的师生阅读。

中 国 发 光 学 进 展

——祝贺徐叙瑒教授70寿辰

《中国发光学进展》编委会 编

责任编辑 许贻刚 钱开鲁

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街16号

邮政编码: 100707

江苏句容县排印厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经营

*

1992年8月第一版 开本: 787×1092 1/16

1992年8月第一次印刷 印张: 18 3/4

印数: 1—2000 字数: 431 000

ISBN 7-03-003344-2/O·605

定价: 19.80 元



中国科学院学部委员、长春物理研究所名誉所长、研究员徐叙珩



徐叙珩研究员在长春物理研究所皮秒实验室



名誉所长徐叙珩与出国进修归来的科技人员一起畅谈



徐叙珩与国际委员会(组织委员会)主席 McClare 教授合影

编委会名单

主 编 范希武

副主编 葛世潮

编 委 (以姓氏笔画为序)

方容川 罗 晞 谢玉钧

葛葆珪 虞家琪 熊光楠

编辑部主 任 罗 晞

副主任 谢玉钧

出版部主 任 葛葆珪(兼特约编辑)

徐叙琰教授的名字是和我国发光学科的开创和发展分不开的。除了他本人在发光学研究上的成就之外，他培育了我国发光学科的主要骨干，帮助建立了主要研究基地。我国发光学是学术交流活动开展得最活跃、最有成效的物理学分支之一；这更是和徐叙琰教授的努力分不开的。就我个人来说，也是由于他的努力，使我得以参与一些国内以至国际的发光学的学术交流活动，促进了一些理论研究。值此徐叙琰教授70寿辰之际，我热诚地表示祝贺，并对他几十年努力工作作出的贡献表示深切的敬意！

黄品 1992年4月1日

徐叔谔：

值此七十华诞之际，我谨
率地在此向您表示衷心祝贺
几十年来您为祖国和团结文苑事
业，培养了大批人才，为促进国
际交流，做出了卓越的贡献。您
的功绩将永远铭记在人们的心
中。我祝您健康长寿。

谢希法



一九九二年四月一日

徐叙璐教授学术造诣精湛、科研
成果丰硕，为我国发光学事业的奠
基和发展壮大作出了卓越的贡献。
欣闻徐叙璐教授欢度七十寿辰，
衷心祝愿他健康长寿，继续为
我国的科技事业作出更大贡献。

冯 端

1991年3月

前 言

1992年4月23日是中国科学院数学和物理学部委员、中国物理学会常务理事、中国物理学会发光分科学会理事长、《发光学报》主编、中国科学院长春物理研究所名誉所长及激发态物理开放实验室主任、天津理工学院材料物理研究所所长徐叙瑒教授70寿辰。

徐叙瑒教授是我国发光事业的开创者和奠基人之一。1945年8月,他毕业于西南联合大学物理系。毕业后,他受聘于北京大学物理系。1951年,被中国科学院选派到苏联列别杰夫物理研究所学习,在该所所长瓦维洛夫建立的发光研究室从事研究工作。1955年5月,他以优异成绩获苏联物理数学副博士学位,并于同年夏天回国。从那时起,他一直致力于发展我国的发光事业和培养我国的新一代发光学家。回国不久,他就和许少鸿、黄有莘教授在中国科学院物理研究所组建了我国第一个发光研究室。后来,又和黄有莘教授在中国科学技术大学物理系组建了我国第一个发光专业,培养大批发光学的专业人才。1965年9月,经中国科学院调整,成立了以发光学为主攻方向的中国科学院长春物理研究所。1980年,徐叙瑒教授和许少鸿、吴伯偕教授等共同创建了中国物理学会发光分科学会。从此,徐叙瑒教授一直担任发光分科学会的理事长。随着我国社会主义建设的迅猛进展,在以徐叙瑒教授为代表的老一辈发光学家的领导下,我国的发光学研究、技术和生产得到了蓬勃发展,专业队伍也日益壮大。在社会主义建设中,他对我国发光事业不仅作出了重要贡献,还将其研究水平推向国际前沿。1987年8月,中国物理学会发光分科学会在北京召开了第八届国际发光学会议,这次会议由徐叙瑒教授出任地区组织委员会主席和学术委员会主席。国际会议开得非常成功,与会学者包括国际上著名的发光学家普遍对我国发光学取得的进展表示赞赏。通过这次会议开创了我国发光学家与国际同行间的广泛交流和合作,从而进一步将我国发光学的学术水平推向国际前沿。

徐叙瑒教授在发光物理方面的研究集中在以下几个领域:固体导带中电子行为对发光的影响,特别是对动力学过程的影响;高电场激发下发光的研究,提出并验证了电场对复合过程的调制作用及碰撞离化的激发过程;从能量传递及过热发光的研究着手,利用能量分辨和时间分辨技术深入研究了发光现象中的激发态及其运动。他亲自组织领导了电致发光、红外探测及显示技术的研究和应用。他积极创导和开拓了发光学与其它学科交叉领域的研究和应用,例如:对光电子学的研究;对发光在农业和生命科学中应用的研究等。近年来,他致力于“第三代电致发光”的研究,有志于把这项研究参加到国际竞争的行列中去。

为了反映和记录徐叙瑒教授开创和发展我国发光事业的成就,在徐叙瑒教授70寿辰之际,我们作为他的学生,倡议和编辑了这本题为《中国发光学进展》的书。这一计划得到了科学出版社等单位的热情支持和帮助,国内外很多著名发光学家应邀为本书撰写了文章,本书编辑部和出版部的同志们为本书的出版付出了辛勤劳动,我们借此机会向为

本书出版作出贡献的有关单位和朋友们致以最衷心的感谢。我们期望本书的出版将有助于从事发光事业的科技工作者之间的交流和合作,有助于我国发光事业的兴旺发达。

我们热烈祝贺徐叙瑛教授 70 寿辰,并衷心祝愿我国发光事业的开创者和奠基人徐叙瑛教授健康长寿。

《中国发光学进展》编委会

1992 年 4 月

徐叙瑛教授年表

- 1922.4.23 出生于山东济南。
- 1928—1933 山东临沂孔子庙小学读书。
- 1934—1937 临沂中学初中部读书。
- 1937秋 临沂中学高中部读书。
- 1938春 开封高中借读(河南镇中),然后步行入鄂求学。
- 1938.5—1938.12 湖北郧阳国立山东中学读书,然后步行入川求学。
- 1939.1—1941.8 四川绵阳国立第六中学读书。
- 1941.10—1945.7 昆明国立西南联合大学物理系学习。
- 1945—1946.4 昆明海口光学厂任技术员。
- 1946.9—1950.7 北京沙滩北京大学物理系任助教。
- 1947.9—1950.7 北京大学物理系兼修研究生,开始拉曼光谱研究。
- 1948—1949 参加党的地下外围组织“文化工作者联盟”。
- 1949.7—1949.9 参加北京市高等学校党员训练班。
- 1950.3.31 参加中国共产党。
- 1950.8—1951.9 北京大学物理系讲师。
- 1951.10—1955.7 苏联科学院物理研究所攻读研究生,获数学、物理学副博士学位,开始了关于发光动力学及过热电子的研究。
- 1955.8—1966.1 中国科学院物理研究所任副研究员
- 1956.5 参加全国12年科学技术发展远景规划工作。
- 1956.10 任《中国科学》、《科学通报》编委。
- 1957.12—1958.3 按12年科学技术发展远景规划赴苏联考查并与苏联科学院列别杰夫发光研究室建立阴极射线发光方面的合作。
- 1961.7 开始电致发光的研究。
- 1962.2 参加中苏友好协会代表团访问苏联。
- 1962.8 任国家科学技术委员会物理组组员。
- 1963.5 当选为中国物理学会副秘书长。
- 1963.11 参加中国科学院物理研究所赴苏联考查代表团。
- 1964.4 参加国家机关党代表大会。
- 1964.6 组织了全国场致发光会议。
- 1964.11—1965.7 参加中国科学院四清工作队。
- 1965.10 参加中国科学院数理化代表团访问法国、捷克斯洛伐克、匈牙利、民主德国。
- 1966.1—1966.3 任中国科学院物理研究所研究员。
- 1966.4—1987.9 任中国科学院长春物理所研究员。
- 1970.1—1972.2 在吉林梨树县三合公社插队落户。
- 1977.6 任中国科学院物理代表团副团长,访问法国及联邦德国。

- 1978.7 带领中国发光代表团参加巴黎国际发光会议。
- 1978.10 任中国物理学会常务理事。
- 1978.11 任长春物理研究所所长。
- 1979.1 开始关于能量传递的研究。
- 1980.10 当选中国科学院数学、物理学部学部委员。
组织了第一届全国发光学术会议，成立了中国物理学会发光分科学会。当选为中国物理学会发光分科学会理事长。
任中国科学院长春分院副院长。
任中国科学院参加日本京都半导体国际会议代表团团长。
- 1981.1 带领中国科学院长春物理研究所代表团访英。
- 1981.3 当选吉林省科协常务理事。
- 1981.4 当选吉林省物理学会副理事长。
- 1981.6 任国务院学位委员会第一届学科评议组成员。
- 1981.8 带领中国科学院代表团参加西柏林国际发光会议。
- 1982.4 任《中国大百科全书》物理卷编委、固体物理编写组副主编。
- 1982.7 开始关于高激发密度、非线性及皮秒光谱的工作。
- 1983.2 当选吉林省机关党代会代表。
- 1983.12 当选吉林省劳动模范。
- 1983.7 开始生物发光的工作，特别是关于光合作用及癌症辨认的工作。
- 1984.8 任《发光快报》主编。
- 1984.8 任发光学国际组织委员会委员。
- 1984.11 任《中国科学》、《科学通报》编委。
- 1984.12 任《发光学报》主编(原名《发光与显示》)。
- 1985.1 任中国科技大学兼职教授。
- 1985.2 任国务院学位委员会第二届学科评议组成员。
- 1985.6 任中国科学院“离子束开放实验室”学术委员会委员。
- 1985.7 任中国科学院长春物理研究所名誉所长。
- 1985.10 任中国科学院“红外物理开放实验室”学术委员会委员。
- 1985.12 任冶金部东北工学院名誉教授。
- 1986.1 任《物理文摘》顾问。
- 1986.9 任国家自然科学基金委员会学科评议组成员。
- 1986.11 任吉林省科学技术协会副主席。
- 1987.4 获吉林省科协优秀论文一等奖。
- 1987.5 任第八届国际发光学术会议主席。主编会议文集。
- 1987.8 任天津理工学院材料物理研究所所长，研究员。
- 1987.9 当选天津市第11届人民代表大会代表。
- 1988.4 任中国科学院“激发态物理开放实验室”主任。
- 1989.9 天津市科学技术委员会颁给优秀科技工作者称号。
- 1990.5 任中国科学院“红外物理国家开放实验室”学术委员会委员。

- 1990.6 任中国科学院“离子束开放实验室”第二届学术委员会委员。
- 1990.9 任《功能材料》杂志顾问。
- 1990.10 被评为中国科学院优秀研究生导师。
- 1990.12 国家教委颁给从教 40 年以上的教师荣誉证书。

目 录

前 言	(iii)
徐叙瑗教授年表	(v)
激发态的研究	
——徐叙瑗教授学术成就简介(附“编著和发表的主要文章”) ·····熊光楠	(1)
PHONONS REPLICAS AND RAMAN LINES IN RUBY VERSUS PRESSURE·····B. Canny, J. C. Chervin, D. Curie	(19)
ENERGY TRANSFER BETWEEN EXCITONS AND THE 3d-ELECTRONS OF Mn^{2+} IN $Cd_{1-x}Mn_xTe$ ·····D. Leinen	(29)
近红外可调谐固体激光器激光离子 Cr^{4+} 的光谱研究 ·····贾惟义 严懋勋	(38)
ZnSe-ZnS 应变超晶格的激子型光学双稳 ·····范希武等	(48)
Ⅲ—V 族发光二极管特性与深能级·····胡恺生等	(58)
能量传递中 D-A 传递速率的分布及系统的转移函数 ·····黄世华等	(64)
同步辐射用于 BaF_2 发光机理的研究 ·····施朝淑	(72)
Eu^{3+} 的电荷迁移带及 Dy^{3+} 的黄/蓝发光强度比* ·····苏 铮等	(78)
晶场光谱的理论分析和研究* ·····夏上达	(87)
光子选通光谱烧孔的研究* ·····虞家琪等	(94)
间接带半导体材料中等电子杂质束缚激子发光声子边带的双成分模型·····张新夷等	(103)
发光物理学中快速和超快速过程的研究·····赵福潭	(108)
粉末直流电致发光(DCEL) ·····周连祥	(119)
等离子体化学气相沉积过程的发光·····方容川	(128)
粉末电致发光 ZnS 磷光体的微观结构 ·····郭常新	(138)
LB 薄膜在电致发光中的应用研究 ·····华玉林等	(144)
稀土三基色荧光粉的化学问题·····黄京根	(149)
2—5 μm Ⅲ—V 族半导体光电子材料的研究·····金亿鑫	(157)
凝聚态材料中 Ce^{3+} , Gd^{3+} , Tb^{3+} 和 Dy^{3+} 离子的发光特性及能量传递* ·····刘行仁	(166)
多色直流电致发光·····罗 晔	(176)
选择薄膜电致发光新材料的一种途径* ·····张志林等	(182)
交流粉末电致发光·····葛葆珪	(189)
低压阴极射线发光与彩色超大屏幕视频显示·····葛世潮	(198)
我国生物和化学发光研究的进展·····胡天喜	(207)
血清荧光法恶性肿瘤的诊断研究·····孟继武等	(216)
交流粉末塑料电致发光屏的研究及应用·····孟宪信	(222)
光通信用 GaAs/GaAlAs 双异质结发光两极管的研究·····潘慧珍	(228)
荧光灯用发光材料应用研究中的几个问题·····唐明道等	(233)

生物大分子的发光与激发能传递机理的研究.....唐树延(239)

CdS_xSe_{1-x} 玻璃波导光学双稳特性的研究徐 迈(249)

光波导及集成光学器件的研究.....于荣金(256)

半导体激光器锁相线阵及激光放大.....张月清(262)

稀土离子掺杂的Ⅲ-Ⅵ族化合物的电致发光钟国柱(266)

家蚕的激光荧光特征*周志康(277)

激发态的研究

——徐叙瑗教授学术成就简介

熊光楠

(天津理工学院材料物理研究所)

1992年4月23日是中国科学院学部委员、中国科学院长春物理研究所名誉所长、激发态物理开放实验室主任、天津理工学院材料物理研究所所长、中国发光学会理事长徐叙瑗教授的70华诞。徐先生热爱祖国、为人民服务的思想,严谨的学风,渊博的学识,胸怀开阔、高瞻远瞩、克己宁人、顾全大局的涵养,勤奋的工作态度,平易近人、严于律己、俭朴清廉、坚持原则的作风赢得广大科技工作者的尊敬,成为我们的榜样。

徐先生是我国发光学奠基人之一,是发光学界的学术带头人。他的工作范围很广,在一系列有重大深远影响的学术领域内,立下卓著功勋。现在仅以激发态行为的研究来归纳我对徐先生学术成就的管窥。

一、导带电子的区分

当发光晶体被外界激发后,激发产生的电子在晶格中运动。这些电子可以与离化了的发光中心复合发光,也可被俘获中心俘获。俘获电子又借助热振动或光照等一些原因,重新被释放到导带。这种复合俘获、释放、再复合俘获和再释放的过程可以多次进行,中途也有可能被猝灭。

很长时间以来,人们习惯于简单假定导带中电子的能量大小是无关紧要的,因为所有电子都快速弛豫到导带底,然后才被复合或被俘获。当时,国际上固体光学的权威之一莫特教授就持这一观点,认为导带电子是不可区分的。

50年代初,只有很少几篇论文论及热电子和光电子的复合和俘获截面的测量。这里所说的热电子是指由于晶格热振动等原因进入导带的低能电子以及由于其他原因进入导带的高能区,随后弛豫到导带底部的那些电子。光电子则是指由于光学激发进入导带的具有较高能量的电子。现在国际上把电子温度超过平衡温度的电子叫做过热电子(hot electron),光电子就是一种过热电子。

徐叙瑗设想,如果能够分别测得光电子以及热电子的复合截面与俘获截面之比,而且光电子的这项比值与热电子的这项比值有很大的差别,那就说明导带电子不是不可区分的,而且值得进行深入仔细的探索。这无疑是一个大胆设想,也是一个庞大的课题。

首先作一个大致估计。当电子接近离化的发光中心时,电子的动能在数值上大致等于电子在发光中心的库仑作用势,电子将被这个中心拘留,最终复合发光。取 πR^2 作为电子与离化的发光中心复合的有效截面,即:

$$\sigma_0 \sim \pi R^2, \quad (1)$$

其中 R 可以由下式决定,

$$e^2/\epsilon R = 3kT/2, \quad (2)$$

式中 ϵ , k , T 分别为介电常量、玻耳兹曼常量和绝对温度。

电子被俘获中心俘获的有效截面为 σ , 由于俘获中心的种类很多, 现只考虑中性俘获中心, 它不带多余的电荷, 因而只有当电子十分接近俘获中心时才能被俘获, 粗略地取

$$\sigma = \pi a^2, \quad (3)$$

其中, a 是晶格常数。

对于热电子, 在 ZnS 的 $\epsilon=8$ 的情况下, 可以大致估计出室温下 σ_0/σ 的比值

$$\sigma_0/\sigma \sim 10^2. \quad (4)$$

在实验上, 建立了两种测量 σ_0/σ 值的方法。一种是分析加热发光曲线, 选择只有两个可以明显分开的能级材料, 利用电子在这两个能级上的分布随温度的变化, 从而测得 σ_0/σ , 但这一方法不适用于光电子。第二种方法是分析光和随时间的衰减规律。这种方法不但可测定热电子的 σ_0/σ 值, 还可以测定光电子的 σ_0/σ 值。

后一种方法的思路是这样的, 发光样品被紫外光激发后, 有一部分电子将被俘获中心俘获, 如果俘获中心比较深, 温度又降低到不足以使电子因热振动而跃入导带的程度, 这时用红外光照射发光样品, 只有光电子进入导带。如果这些进入导带的电子不被重复俘获, 导带电子的衰减是单分子过程, 光和随红外光照射时间 t (即衰减时间) 的变化是指数关系, 如果不是指数关系, 就必定有重复俘获。因而观察衰减曲线与指数关系的偏离程度就可以判断电子被重复俘获的程度, 进而测算出 σ_0/σ 。

在实验中, 先用紫外光于室温下激发 $\text{ZnS}:\text{Cu}, \text{Co}$ 。停止激发后, 降到液氮温度, 然后用波长峰值在 $0.9 \mu\text{m}$ 的红外光照射, 测量红外照射下光和和照射时间的关系。对于发光强度高的样品, 可以直接测出衰减曲线。但是 $\text{ZnS}:\text{Cu}, \text{Co}$ 样品红外释光的发光强度低, 所幸其热电子与复合中心复合时发光强度高。光和的测量办法就由直接测红外光照射时的衰减曲线改为样品被红外光照射 t 秒, 停止光照后, 再用测量加热发光曲线的方法测定这一情况下的光和。加热发光曲线是指待测样品所处温度均匀上升时, 释出的磷光强度与温度间的关系曲线。曲线与温度轴之间所割面积, 表示红外光照射 t 秒后的样品内所剩余的光和。通过多次测量, 分别测得一系列的照射时间 $t_1, t_2, t_3, \dots, t_n$ 后的光和 $n_1, n_2, n_3, \dots, n_n$, 从而得出光和与红外光照射时间的关系, 将测得的数据代入根据速率方程推出的公式中, 计算出:

$$n_0 = \sigma_0 n_0 / \sigma v \sim 0.22. \quad (5)$$

进一步测定了 n_0/v 。 v 是俘获中心的密度, 可以由样品中的钴含量来估算。离化了的发光中心的数目, 可由总发光强度折算成光子数后乘上效率得出。从而, 由实验定出 $\text{ZnS}:\text{Cu}, \text{Co}$ 材料光电子的复合截面与俘获截面的比值:

$$\sigma_0/\sigma \sim 2. \quad (6)$$

用同样的办法也可以测定热电子的 σ_0^*/σ^* , 在这一测量中, 因为热电子与离化了的发光中心复合时, 发光强度大, 可以直接从衰减曲线上得出光和, 用这一办法测得的热电子的复合截面与俘获截面的比值: