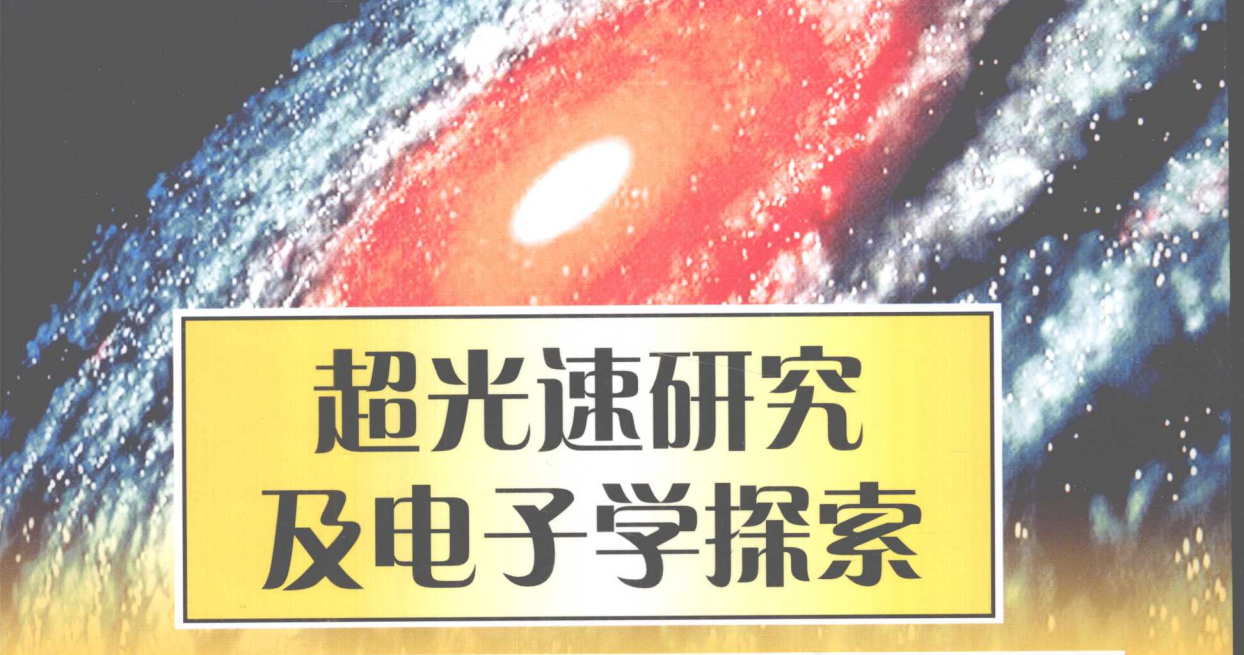




超光速研究 及电子学探索

Faster-than-Light Research and Electronics Study

黄志洵 著

HUANG Zhi-Xun



国防工业出版社

National Defense Industry Press

超光速研究及电子学探索

Faster-than-Light Research and Electronics Study

黄志洵 著

HUANG Zhi-Xun



国防工业出版社

· 北京 ·

图书在版编目(CIP)数据

超光速研究及电子学探索/黄志洵著. —北京:国防工业出版社, 2008.4

ISBN 978-7-118-05476-7

I. 超... II. 黄... III. 量子电子学 - 文集 IV. TN201 - 53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 181898 号

※

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100044)

北京奥鑫印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 710×960 1/16 印张 24¼ 字数 496 千字

2008 年 4 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—2500 册 定价 50.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店: (010)68428422

发行邮购: (010)68414474

发行传真: (010)68411535

发行业务: (010)68472764

序

我与黄志洵先生相识于 20 世纪 80 年代初。当时我在南京大学任教,刚从英国做访问学者回来;而他在中国计量科学研究院工作,是一位中级研究人员。其时国内正值粉碎“四人帮”后不久,百废待兴;而我们都正当青年的大好时光,满腔热情地要为正在拨乱反正的国家出力……那时,他读了我在科学出版社出的书《微波电路》;我则对他的一篇论文(《包含共轭阻抗的反射系数定义及应用》,计量学报 1 卷 1 期,1980)感兴趣。后来,在昆明的一个会议上我们相识了,彼此一见如故,记得还都参加了去石林的游览。这是双方友谊的开始。

那时,黄先生对功率波理论(power wave theory)感兴趣。他认为,相对于常用的电压波(行波)理论而言,功率波理论是一个发展,并不像有人(如英国的 D. Woods)所说的那样“与现实分离”。事实上,他一直关注着电磁波通过具有复数波特特性阻抗媒质时的几种情况,即导波模式、电离气体中的平面波、色散介质中的平面波;在这些情形下场阻抗都有可观的电抗分量。那一时期他对功率波和广义散射矩阵的研究,很下了些功夫;有关工作都写入了他的《截止波导理论导论》一书(中国计量出版社,1981 年初版,1991 年再版)。他的那本著作以广阔的视角研究讨论了消失模(evanescent modes),也叫消失波(evanescent waves),使消失波得到了深刻的理论诠释。该书于 1982 年被评为“1977—1981 年度全国优秀科技图书”之一。实际上,这些理论上的思考和研究,也为他后来做超光速问题的研究打下了基础。

我从 20 世纪 70 年代中期开始主要从事超导电子学的研究,在这方面也与黄先生有共同关注的东西。这是由于他曾参加中国计量科学院的“光频测量”课题组,负责设计相关的微波部件及筹划低温真空系统。他以很大热情投入工作,与中国科学院电工研究所合作研制成功了“全金属化 4.2K~1.3K 液氦杜瓦”。我记得,我曾满怀兴趣去该院看这个大约有一人高的杜瓦,并承蒙他详细介绍了为获得高指标而采取的各种措施……大家知道,在 1974 年由美国斯坦福(Stanford)大学完成的超导腔稳频振荡器(SCSO),短时频率稳定度是优于氢原子钟、更优于铯原子钟的。因此,在 1981 年—1982 年时期,他们制定的方案中采用 SCSO 也是对的。可惜,由于经费不足,难以为继,后来“光频测量”课题下马了。这大概也是黄先生后来调到高等学校(主要从事研究生教育)的一个重要原因。顺便说说,国际上直到 1999 年才提出了比使用 SCSO 更简便的光频测量方法,发明人 T. Hansch 因此获得了 2005 年度的诺贝尔(Nobel)物理学奖。

黄先生自 1985 年转入大学工作以来,不仅没有停止科学研究,反而更加努力了,

这可由他在国内外发表的许多学术论文看出来。虽然上述的功率波理论可以分析有源电路(例如微波晶体管放大器),但他后来在较长时期内却一直对某些无源的微波结构感兴趣——例如矩形结构(从矩形波导到 TEM Cell 和 GTEM Cell)、圆形结构(从各种圆波导到光纤)等。他用特征方程法对圆柱状导波系统作统一的研究;此外,关于内衬介质层的圆波导理论,他研究得很深入,对计量学(如一级截止波导衰减标准的设计)和雷达技术(如减小雷达散射截面(RCS)),都有指导意义;有关论文在美国发表。

1985 年,他的论文《波导截止现象的量子类比》发表(电子科学学刊,Vol. 7, No. 3)。文章尝试用量子隧道效应解释通常认为是宏观器件的波导,从而证明截止波导可在科学实验中当做势垒使用。有趣的是,他在构思此文时,曾向我了解超导 Josephson 结的伏安曲线;在这里,当电压 V 由零起增大时,在某值($V = 2\Delta/e$)会发生电流突变。黄先生认为,这情况与波导的相频特性曲线很相似,当频率 f 由零起增大时,在某值(截频 f_c)会发生相位常数突变。我很高兴我的介绍对他有启发。而到 1991 年—1993 年,欧洲科学家(G. Nimtz 等)用截止波导作为势垒做成了微波超光速实验(群速 $v_g = 4.7c$);这在方法和思想上与黄志洵先生 1985 年的论文是完全一致的。正是因为这件事,原电子工业部副部长、中国电子学会理事长孙俊人院士评论说:“中国科学家也是很聪明的!”而自 1997 年以来的 10 年间,黄志洵教授对超光速问题展开了广泛而系统的研究,一发而不可收,他出版了好几本书(论文集)。这不由得使我想起北京大学一位前辈的诗句:“沉沙无意却成洲”。这些文集是他大量科学工作的总结。

关于黄教授的这本新作,由于专业方向不同,我不作具体的评论。但有一点必须指出:科学研究(尤其是基础研究)是一个漫长、艰苦的过程,同时也是失败风险很大、需要反复纠错的过程。它需要知识的积累,也需要思考的多元化。在这两方面,黄先生做得都很好。他重视创新思维,尤为可贵。由于他的学识,也由于他孜孜以求的科学精神,一息尚存就探索不止、笔耕不辍的勤奋态度,他确实赢得了许多专家、学者、朋友的信任、支持和尊敬!他的论著和思想,当然尚有待时间的考验;他的精神,则如同初春绽放的新绿,给人希望、催人奋进。

吴培亨

中国科学院院士、南京大学教授、
南京大学超导电子学研究所所长

(Prof. P. H. Wu, Academician of the Chinese Academy of Sciences)

2007 年 4 月 10 日

前 言

有人问一位登山者：“您为什么要去登山？”登山者说：“因为山在那里。”这真是绝妙的回答。科学研究也像登山，位置越高则视野越广阔。大自然的丰富和深邃永远吸引着科学家，又怎么能不去探索和研究呢？！笔者认为，搞科学的人，要向后看，即重视知识的继承性；但是，更重要的却是向前看，即着眼于创新和未来的发展。要重视创造力的舒展和个人能量的新的释放。研究和探索的本身就给了科学家很大的快乐。思想者的年轻在于心态，他永远对新鲜事物好奇，永远保有学习进取的能力。

那么，笔者为何要做超光速研究呢？在1984年调到高等学校任教之前，笔者是中国计量科学院的研究人员，曾参加“光频测量”课题组，对光频测量与光速测量抱有浓厚兴趣。笔者早就注意到国外关于超光速初步研究的情况，阅读了G. Feinberg和G. Sudarshan等美国科学家的文章。笔者还发现，在量子力学(QM)那里并不像狭义相对论(SR)那样对速度提出限制。因此我有了更多的思考。1985年，我在《电子科学学刊》(*Journal of Electronics*)上发表一篇论文，题为《波导截止现象的量子类比》。文章指出，在微波完全不考虑粒子性是不妥的。实际上，可以用QM理论来研究和处理波导。QM理论表明：当粒子穿过位(势)垒时，垒内是消失波状态；而波导在截止频率以下工作时，也是消失波状态。笔者的论文用量子隧道效应来处理波导，得到的结果证明截止波导可以用在微波隧穿实验中作位(势)垒使用。笔者的这些论述比西方科学家早六七年。1992年，德国教授Günter Nimtz领导的课题组用此原理做了微波隧穿实验，首次获得群速超光速($v_g = 4.7c$)。消息传到我们国内，笔者感到震惊。遂于1996年暂停在电磁兼容学方面的工作，转而从事超光速研究，并迅速与G. Nimtz教授建立了联系。1996年10月，原中国电子学会理事长孙俊人院士在学会总部召开了一个座谈会，陈太一院士等十几位在京工作的专家、学者出席。会上，笔者作了情况介绍和主要发言，随后的讨论很热烈。这次小型会议拉开了我国科学家作超光速研究的序幕。

1997年，中国科学院电子学研究所邀请笔者来所作研究，为客座研究员，集中力量探索超光速问题。当时宋文森研究员是该所微波与电磁辐射开放研究实验室的主任，热情支持笔者的研究工作。后来，实验室主任由李芳研究员继任，她的支持仍然坚定。他们的态度由于所长阴和俊研究员(现任中国科学院副院长)的关注而得到加强。中国科学院的领导也曾对笔者的研究表示关注。例如，2000年夏(在王力军的超光速实验发表后)，在院领导的指示下院基础科学局写了报告，连同笔者的书(《超光速研究》，1999年出版)直送当时的朱镕基总理办公室。又如，2005年初中国科学院的一位副院长在视察电子学研究所时听取了阴所长的汇报，并调阅了当时笔者已出版的3本书。

自 2001 年以来,北京广播学院(2004 年更名为中国传媒大学)的领导也加大了对笔者的支持力度。校领导于 2002 年末召开会议,决定选派逯贵祯教授参加研究,以加强力量;并决定在我校进行适当的超光速实验。2003 年 6 月,由笔者、逯贵祯、研究生关键三人合著的英文论文“Superluminal and Negative Group Velocity in the Electromagnetic Wave Propagation”在 *Engineering Science* 上发表。文章的前半部分为理论研究——分析了产生超光速群速和负群速的条件,讨论了截止波导中消失波条件下的超光速群速和负群速。文章的后半部分报道了关于“超光速群速”的实验——这可能是国内的首例超光速实验。该实验采用同轴光子晶体(CPC)结构进行,获得了阻带中的超光速群速, $v_g = (1.5 \sim 2.4)c$ 。实验的原理是比较两路信号的到达时间。一路是基带信号,它在传输电缆中的传播速度是已知的;另一路是同一基带信号受调制后的已调波,它经过 CPC。如已知两种信号所经过的路程长度,用数字双踪示波器测出两路信号到达的时间差,就可算出 CPC 中信号速度。数据标示在一个频域图上,显示数据分布在 $v_g = (1.5 \sim 2.4)c$, 平均值 $1.95c$ 。虽然曾有一个实验结果 $4.5c$,该数据孤立被舍去。另外,实验中有一次似出现负群速,由于不能肯定,论文中未提及。

截止波导或 CPC 式带阻滤波器均属于无源系统,脉冲通过时会失真,信号变形就不能实现有用数据传输,故这类实验不能证明有用信息可以超光速传播。但我们的实验研究仍有一定意义,因为它在非光频的无线电波频率上证明了超光速群速存在,而且传送距离达到 75m,从而丰富了信号传播知识。而且,更快的脉冲传播总是引向改进信息的传送速度。实验技术也促进了对波包通过位(势)垒所需时间的研究。

2006 年笔者高兴地获悉,西安电子科技大学的周渭教授和博士生偶晓娟一起,用与我们相似的方法也成功地进行了群速超光速实验,通过 CPC 的群速最大值 $v_{g, \max} = 3.52c$ 。他们认为群速不是信号速度,故 $v_g > c$ 或 $v_g < c$ 均不违反 SR 和因果律;但所观察到的效应奇妙,值得作广泛、深入的研究。

要从事超光速研究,必须学习许多新的知识,思考许多新的问题。超光速研究的魅力在于,我们渴望掌握事物的终极真相。正如一位登山者一样,虽知前面的路艰苦漫长,仍然要坚定地走上征途。几年来我取得了微小的成绩,从 1998 年至 2007 年共发表有关论文 32 篇(其中较重要者 20 篇)。这些文章被收入到 3 本书之中(1999 年由科学出版社出版的《超光速研究——相对论、量子力学、电子学和信息理论的交汇点》;2002 年由国防工业出版社出版的《超光速研究新进展》;2004 年底由科学出版社出版的《超光速研究的理论与实验》)。不过,在这 3 本论文集里,讨论超光速问题的文章只占 40%,其余是电磁理论、微波理论及量子电子学方面的论文。

从 2003 年 9 月到 2004 年 12 月,笔者受邀协助宋健院士组织以“宇航科学前沿与光障问题”为主题的第 242 次香山科学会议,从而使笔者有了从近距离观察他的工作方法、聆听他的言论的机会。大家知道,宋健是著名的控制论专家、航天专家,又长期担任国家在科技和工程方面的领导人。丰富的人生经历,赋予他宽阔的视野和非凡的眼力。而最难得的是他对事物一贯不持保守的态度。例如 2003 年 11 月 7 日他在

小型科学家座谈会上说,在科学研究上要思想解放,鼓励原创,甚至开始时就可以有点标新立异。对国外的东西,好的还要跟;但我们提倡解放思想,出发点就可以与他们不同。我们的大学常把教材神圣化,不容反对;学生不提问题,这不好。科学研究不能太受权威思想的约束。当然,我们要很谨慎,要有充分的证明,要组织合理的实验。2004年4月8日,他在另一次小型科学家座谈会上说,关于 A. Einstein 文章中的“光障”,使人想起航空史上突破音障的情况。那是1947年10月14日,美国 F11 型战斗机一举突破声障,实现超声速飞行。而突破声障这件事极大地带动了航空科技的发展。当然,光波和声波是不同的。但对于目前的光障,情况似乎有点类似……他的讲话对我们既是启发也是很大的鼓舞。

宋健非常重视从实际出发,反对简单地从书本和概念出发。2003年11月7日他说,我们搞工程的人,有时不承认一个数学式过不去就是整个事情过不去。因为有时数学式上出现的困难并不代表真实的困难。2004年4月8日他说,我们是搞工程科学的,要前进,我们有我们的干法。要研究光障是否也可突破呢?工程科学是实验的科学,我们要做实验;但工程科学也有理论,要引起数学家注意。我们筹办香山科学会议主要目的不是批评相对论;而是心平气和、实事求是、客观地介绍情况,说明发现的矛盾和遇到的新问题。他又指出,从科学发展历史看,常常是生产实践和技术科学走在了前面,慢慢才归结到基础理论。例如:先广泛应用蒸汽机,后来才总结出热力学定律。又如,先有电和磁的广泛应用,后来才有 Maxwell 的理论。应当允许技术科学走在前面,从而为理论发展铺路。

笔者认为,宋健的话不仅表现出一种超前思维,而且既具体又务实,既不死守书本上的概念,又综合考虑社会的、科学的和技术的状况。由于笔者自己就是工科出身,所以笔者对宋健的讲话接受得很快。

为了调查研究,也为了确定会议的指导思想,宋院士在香山科学会议之前的一年内召开了3次小型的科学家座谈会,如此认真实属罕见。陈佳洱院士和王越院士参加了第3次小型座谈会,后来又和宋院士一起担任第242次香山科学会议的执行主席,共同主持了3天的会议。经反复讨论,把召开香山会议的宗旨确定为:“探讨21世纪宇航科学发展的前沿问题,以及由此涉及的物理世界深层次问题,为我国宇航科学界走向国际前沿、解放思想、寻求创新提供活跃学术思想,开展学术交流和研讨的机会。”而会议遵循的原则是:“学术平等,鼓励对原有理论提出质疑,提倡发表不同意见和提出非常规的思考,不一定要达成共识。”简而言之,第242次香山科学会议于2004年11月26日—28日在北京香山饭店举行,中心议题有两个:①宇航科学前沿与光的传播;②宇宙学与宇航。主题评述报告为“航天、宇航和光障”(宋健)。中心议题报告有5个:①宇航中时间的定义与测量机制和超光速运动(林金);②超光速研究的40年——回顾与展望(黄志洵);③暗能量(本质)、重力和时空(余燊);④万有引力速度,广义相对论之精密测量及其宇航应用(王力军);⑤强子物体内的超光速可能性和量子引力问题(V. Sabbata)。此外,有15位专家学者作了主题发言。会议代表共50人,内含院士9

人、来自国外的代表 3 人。

与会代表对这次会议感到振奋。例如,著名电磁理论专家宋文森研究员于 2005 年在学术刊物上撰文回忆说,该会议“是在科学发展的重要时刻探讨关键问题的一次重要会议,标志着中国科学家对重大科学问题的参与,具有历史里程碑的意义。”又如,以宋健院士和中国运载火箭技术研究院林金研究员等航天专家对超光速研究的介入,使笔者深受启发,促使笔者思考了许多问题,写出了新的文章。

2006 年 2 月,宋健为 R. L. Kuhn 的一本新书(《Closer to the Truth—Science, Meaning and Future》)写了序,题目是“科学探索无竟时”。其中说:“真正现代科学的出现才 400 年。人类还太年轻,自然科学的资历尚浅,阅历尚窄。有些科学理论,不论是经典的或现代的,仍可认为是急就章。不管现代科学显得多么伟大,科学大厦多么宏伟,它的基石是地球表面,我们的视野和接触范围仅是太阳系,仅是无限宇宙中的一个角落。现有的科学理论和定律带有相对性;即使是完美的理论、模型或定律都不可能是最后的真理,终极真理还在极远处。”这些话非常精辟,值得科学家们深思。

2007 年 3 月,宋健的新作《航天纵横——航天对基础科学的拉动》由高等教育出版社出版。此书内容丰富、大气磅礴,而且在第 4.5 节(“狭义相对论光障”)以及第 6.8 节(“进军太外”)中论述了超光速问题。他指出,飞出太阳系是人类的伟大理想,面临许多重大基础理论与技术问题。如今后能使飞船接近光速或(如果可能)超过光速,那么往返最近的恒星只需数年。Einstein 提出的“光障”现已成为宇航中的关键问题,但这仍是一种需要经由科学实验来验证的假说,狭义相对论的一些公式只在 $v < c$ 的范围内才有效。“光障”是否像当初的“声障”那样可以突破呢?人们拭目以待。

另外,宋健院士在书中阐述了两个极为重要的观点。首先,现在的航天技术,无论火箭推力或轨道计算与实验,均以 Newton 力学为基础。从 40 多年航天实践反过来检查狭义相对论的计算结果,就会发现即使远低于光速,自主导航的工程实践与相对论动力学的结果也会发生某些冲突。飞船上和火箭上用加速表自主测量中没有发现过惯性质量随惯性速度变化而变化。航天工作者不应匆忙地利用狭义相对论动力学公式去计算航天器动力学速度。实际上,为了排除地面测量中的不确定性,航天技术已开始放弃狭义相对论技术基础,即用电磁波双向时间间隔之半作为距离的定义,改由卫星和飞船上自主测量时间、位置、速度等运动参数并发回地面。其次,1992 年有一项重大科学成就,即 COBE 卫星对宇宙背景辐射温度起伏的测量。由于这个工作(以及其他观测),大多数天文学家和宇宙学家都倾向于宇宙是平坦的,至少在大尺度上是如此。这对未来的宇航是大喜讯。自从广义相对论问世以来,人们以为宇宙结构在引力场影响下是弯曲不平,甚至充满引力旋涡、引力峡谷,使飞船不能通过或陷入困境。现在看来情况并非如此……笔者认为,宋健充满感染力的精神(从实际出发以及与时俱进)以及其具体论述确实值得广大科学工作者学习!

※ ※ ※

以上谈了超光速研究的一些情况和背景。现在说明本书的具体安排。本书共收

入论文 28 篇,所涵盖的内容包括以下几个方面——超光速研究与现代物理学(10 篇);微波理论与技术(13 篇);电子测量技术(5 篇)。现对这些文章说明如下:

——全书的 3 个部分中,只有第一部分(超光速研究与现代物理学)的各文,大体上按照发表(或写作)时间的先后排序。实际上这些论文发表(或写作)于 2005 年春至 2007 年夏的两年间。它们是前沿科学动态的反映,也是笔者作为一名科学家思想演化的生动记录。10 篇文章的特点是,在吸收国内外成果的基础上,通过分析得出有特色的见解和结论,批评了教科书中的许多陈旧认识。这些文章的内容和叙述方式都突破了旧有的框架。

——自然科学的特点是可经实验证实或证伪。在本书的全部论文中,反映我们做实验的有 10 篇,超过 1/3。鉴于科学实验有持久性,收入本书的实验论文不拘泥于是否在近几年发表,而是包含了笔者于 20 世纪不同时期的研究工作。

——自然科学论文或者以科学实验作为立论基础,或用数理分析演绎归纳得出独特的结论。在本书中,依靠原创性的数学分析工作的文章有 8 篇,和独立完成实验的论文数合计,恰为总篇数的 64%。

——对于各篇论文的不同议题,在各文中均说明了其重要性或其科学技术意义,因而不在此介绍。可以肯定,许多议题是国内外科学技术专家感兴趣的课题,也反映了我们的大胆探索。

——从全书的字数所作的统计表明,与超光速问题有关的论文和其他电子学论文大约各占 50%。这就是说,本书主要突出超光速研究这一课题,同时也重视电子学方面的新发现和新创造。

最后,向所有关心、支持和帮助笔者进行研究的领导、老师和朋友们致谢。中国科学院院士吴培亨教授为本书写“序”;德国科隆大学(Universität Köln, Germany)教授 G. Nimtz 多次提供建议并赠送资料;曹盛林教授、耿天明教授、季灏先生、郝建宇先生曾多次与笔者作有益的讨论;董晋曦教授帮助笔者做了许多学术交流的工作;车晴教授、李鉴增教授、逯贵祯教授、刘剑波教授、杨文麟研究员、李瑛女士和笔者的博士研究生孙金海也给予协助。对这些帮助,笔者表示衷心的感谢!

黄志洵

2007 年 7 月 16 日于北京育新花园

目 录

超光速研究与现代物理学

Forty Years Research of Faster-than-Light—Review and Prospects	1
负折射率研究中的若干理论问题	15
论动体的质量与运动速度的关系	30
对粒子物理学中几个方程的讨论	47
物理光学的若干进展	60
地外文明探索与超光速研究	78
论电磁波传播中的负速度	92
超光速研究中的几个理论问题	108
引力传播速度研究及有关科学问题	126
光是什么	142

微波理论与技术

横电磁传输室和吉赫横电磁室特性阻抗的准静态分析与计算	155
美国 Narda8801 横电磁波传输室性能的测量	164
A New TEM Transmission Cell Using Exponential Curved Taper Transition	174
用于小型通信机测试的小型横电磁室和 GTEM 室	181
用介质片加载法在矩形波导内建立 TEM 场区	193
用介质片加载时矩形波导内的场分布	200
表面波波导理论的研究	209
消失模波导滤波器的设计理论与实验	227
包含共轭阻抗的反射系数定义及应用	242
功率波理论及广义散射矩阵	256
微波条件下空气的相对介电常数与折射率	271
微波辐射安全问题探讨	281
微波针灸仪的设计与针刺时微波功率从生物体内反射的测量	291

电子测量技术

用于电子测量仪器设计的 Wien 电桥理论	295
用石英晶体测量真空度的实验研究	303
用细金属丝测量湍流和气体压强	318
计算机辐射的研究	335
调频信号频偏测量的理论研究	350

附 录

I 科学家们对超光速研究的见解和对黄志洵研究工作的评价 (1999 年—2006 年)	361
II 一些常用的基本物理常数和物理量	372

Contents

The Faster-than-Light Research and the Modern Physics

Forty Years Research of Faster-than-Light—Review and Prospects	1
Several Theoretical Problems in Negative Refraction Index Research	15
On the Mass-Velocity Relation of Moving Bodies	30
Discussion on Several Equations of Particle Physics	47
Recent Advances in Physical Optics Research	60
Exploration for Extra-Terrestrial Intelligence and Research on Faster-than-Light	78
On a Few Problems Related to the Negative-Velocities of EM-waves Propagation	92
Several Theoretical Problems in Faster-than-Light Research	108
Discussion to the Study of Gravity Propagation Speed	126
What Is Light	142

The Microwave Theory and Techniques

The Quasi-static Analysis and Computation of the Characteristic Impedances on TEM Transmission Cell and Gigahertz TEM Cell	155
Study on the Specification Measurements of the Narda 8801 TEM Cell	164
A New TEM Transmission Cell Using Exponential Curved Taper Transition	174
Use the Small TEM Cell and GTEM Cell in Measuring the Broadcasting Pagers and the Mobile Phones	181
TEM Field Region in Rectangular Waveguides Filled with Dielectrics	193
The Field Distribution of a Rectangular Waveguide Partially Filled with Dielectric Slab	200
Study of Surface-Wave Guiding Structure	209
The Design Theory and Experiments of the Evanescent Mode Waveguide Filter	227
On the Reflection Coefficient Expressed in Terms of the Conjugate Impedances	242
The Power Wave Theory and the General Scattering Matrix	256
The Relative Dielectric Constant and Refraction Index of Air in Microwave Region	271

Study on the Safety Problems of Microwave Radiation	281
Design of Microwave Apparatus for Acupuncture Treatment and Measurements of Microwave Reflection Power from the Animal Medium	291

Electronic Measurement Technology

Study on the Theory of Wien-bridge Used in Measurement Instrument Design	295
Experimental Study on the Vacuum Measurements by a Quartz Crystal	303
Thin Metal Wire Methods of Measuring Turbulence and Pressure of Gases	318
Study on the Electronic Computer Radiation	335
Theory Investigation on the Frequency-Deviation Measurements of a Frequency Modulated Signal	350

Appendix

I Scientists make some objective appraisals of Prof. HUANG's work on the faster-than-light research(1999 – 2006)	361
II Some basic physical constants most in use	372

超光速研究与现代物理学

Forty Years Research of Faster-than-Light ——Review and Prospects

HUANG Zhi-Xun

(Communication University of China, Beijing 100024)

[Abstract] Since the early work of O. M. Bilanuik and B. C. Sudarshan in 1962 and G. Feinberg in 1967, the research work on the faster-than-light (superluminal) has been performed in the world, such as in USA, Europe and China. In this paper, the development stages of the study are presented, which include beginning stage, transitional stage and experimental stage.

Based on the Einstein's paper in 1905, the velocities greater than that of light had no possibility of existence. However, in the Einstein's papers of 1907 it was founded that the superluminal signal speed could not be refuted absolutely. In this paper, the studies on velocities are classified. The definition of General Information Speed is suggested, which will ease the discussion. After reviewing the researches of 1962–2004, it can be concluded that the faster-than-light is a realizable scientific statement.

[Key words] relativity; quantum mechanics; superluminal (faster-than-light); tachyons; negative velocity; information velocity; Proca's equations; gravity speed

1. Introduction

In 1676, Olaus Roemer(1644 – 1710), the Denmark astronomer, gave out the light speed $c = 214\,000\text{km/s}$ that was obtained from observing the movement of the Jupiter's satellite. The value of the light speed was about 30% less than the correct value, but it was the beginning of the history in measuring the light speed. In 1972, the research group of NBS, headed by K. M. Evenson^[1], declared that the measured light speed was $(299\,792\,456.2 \pm 1.1)\text{m/s}$ in their experiment, the light frequency was measured by using the complex technology in methane (CH_4) laser and the measured accuracy was 3.6×10^{-9} . In 1973, the light speed was specified as $299\,792\,458\text{ m/s}$ by BIPM. In 1975, the international CGPM confirmed this value of light speed. The 17th CGPM suggested that the $299\,792\,458\text{ m/s}$ should be the basis of the definition of "meter". After this time, the history

注：本文原载于 Engineering Sciences, 第3卷, 第1期, 2005年3月, 16~22。

of measuring the light speed for 300 years was ended. But it must be noticed that the above treatment was under the premise of constant light speed in vacuum.

By the people ordinary experiences the light speed at $3 \times 10^8 \text{m/s}$ is very fast, so the light wave propagates very fast. It takes 1.27s for light traveling from the moon to the earth and 8.3 min from the sun to the earth. However, from the view of astronomer, it seems that the light speed is not fast enough. For example, the light from remote stars will take billions years to the earth. The mankind has been continuing to investigate if there is the superluminal phenomenon. It is natural for people to have this thinking.

The term of faster-than-light(FTL)is also called the superluminal. Both“fast-light”and “slow-light”are used to describe that the light speed is faster than c or slower than c respectively. The term“tachyon”is used for the particles with a speed of faster-than-light. The apparent FTL and pseudo FTL on the some assumption is not physical reality real superluminal, which is not discussed in this paper.

2. The A. Einstein's light barrier?

In the Special Relativity (SR) theory the light speed in vacuum has a special position. It is assumed that the light speed in any inertial coordinates is unchanged. In the paper^[2] of 1905, Einstein assumed that light propatates in a constant speed c and the light speed is not dependent on the movement of the light source. In the same paper Einstein stated that it is impossible for the light speed of faster-than c . It can be concluded from the paper^[2] that the light speed is constant and cannot be surpassed.

Why did A. Einstein say the light speed c cannot be surpassed? From the Special Relativity theory, the lengh, mass and energy of the moving object can be represented as:

$$(l, m, E) = \left(l_0 \sqrt{1 - \beta^2}, \frac{m_0}{\sqrt{1 - \beta^2}}, \frac{m_0 c^2}{\sqrt{1 - \beta^2}} \right) \quad (1)$$

where l_0, m_0 is the rest length and the rest mass, and $\beta = v/c$ (v is the moving speed of the object). If $v \ll c$, the length l is decreased as v is increased and mass m and energy E is increased as v is increased. If $v = c$ ($\beta = 1$), it is deduced that the mass and energy of the moving object become infinite. So that Einstein declared that it is meaningless to discuss the light speed faster that c .

In 1907 Einstein^[3] published a paper and stated the signal speed could not surpass the light speed c , but he did not very confirmit, which now leaves a space for us to discuss the superluminal of the information speed.

3. The three phases in the study of the superluminal

In the early time, in 1903, before the Special Relativity theory appeared, the German

physicist, Arnold Sommerfeld (1868 – 1951) stated that the Maxwell equations could be used to describe the wave propagation with faster-than-light speed and in 1904 he discussed the properties of particle with faster-than-light speed in a book. He pointed out that in the range of $v > c$ the particle would lose the energy by accelerating and obtain the energy by decelerating, which was opposed to the classic situation. However, after the Special Relativity theory appeared in 1905, A. Sommerfeld modified his book. Since then he did not discuss the possibility of faster-than-light speed.

In a half of the century after 1910, there was no one to discuss the superluminal. The light barrier of A. Einstein becomes basic rules in physics. In the 60's of 20th century some papers were published to discuss the possibility of superluminal^[4-6]. The main points in these papers are with the assumption that the particle speed cannot be accelerated to the faster-than-light speed is still correct, but the method of accelerating particle to obtain the faster-than-light speed is not a unique method. The speed of photons and neutrinos is not obtained by an accelerating method. So it is possible that some particles have their inherent speed that is faster-than-light. Before 1974, some experiments were done in order to discover the tachyons in air-shower measurements, but any tachyons were not discovered. In 1974, a paper published declared the tachyon was founded in the extended atmosphere beam scattering experiment, but the fact was not agreed by the science world. So, in the first phase of the study for superluminal, no real progress was made in the researches.

In the early 20th century, A. Sommerfeld and L. Brillouin^[7] gave out a theoretic result of the electromagnetic wave study, and they predicted that the group speed of wavelet can surpass the light speed in vacuum. But there was no experimental support in that times. In 1970, G. Garrett and D. McCumber^[8] pointed out that the group velocity faster than the c and the negative group velocity could be obtained through the experiments. In 1982, C. Chu and S. Wong^[9] proved the above deduction by a pico-second laser pulse experiment. In the same year the experiment for testing EPR and Bell's inequality was done by A. Aspect^[10] successfully. It was proved that the non-locality in Quantum Mechanics (QM) exists and the theory of the reality of localities of Einstein may have some mistakes. Considering the above experiments the scientists began to think that the light speed c may not be the maximum speed in the nature. In this time the experiment of superluminal on the basis of QM is considered. In 1985, Huang^[11] stated the possibility existing the quantum tunnel effect in the waveguides, which is the microwave transmission lines. In 1991, the negative group velocity in waveguide was reported^[12]. The another articles on the subject of superluminal have been published. So the second phase of the study for superluminal should be during 1982 – 1991.

The third phase of the study for superluminal began in 1992. The main characteristics of the third phase are: The many experiments were done in the different laboratories of many