

量和单位丛书

15

王以铭 编

固体物理学的量和单位

量出版社

量和单位丛书(15)

固体物理学的量和单位

正以铭 编

计 量 出 版 社

1983·北京

量和单位丛书(第15)
固体物理学的量和单位

王以铭 编

计量出版社出版

(北京和平里11区7号)

北京计量印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

—*—

开本 $787 \times 1092 \frac{1}{32}$ 印张 7/8

字数 17 千字 印数 1—31 000

1983年11月第一版 1983年11月第一次印刷

统一书号 15210·282

定价 0.15 元

说 明

为了贯彻1981年7月14日经国务院批准的、由中国国际单位制推行委员会颁布的《中华人民共和国计量单位名称与符号方案(试行)》,“全国量和单位标准化技术委员会”提出了有关量和单位的15项国家标准(即GB3100, GB3101及GB3102.1—13),并已于1982年5月至7月先后经国家标准局批准发布(1983年7月1日起实施)。我们现在组织上述国家标准的起草人员编写了这套《量和单位丛书》,供各有关科学研究、文化教育、新闻出版、国防建设、国内外贸易、工农业生产、经济管理及政府机关人员使用参考。

对本丛书的意见,请寄北京市邮政2112信箱SI办公室。

中国国际单位制推行委员会办公室

1982年12月

AS81/13 2

目 录

一、引言.....	(1)
二、GB 3102.13—82 的制定过程	(1)
三、国际标准 ISO 31/13—1981 (E) 的概况.....	(5)
四、GB 3102.13—82 与 ISO 31/13 的比较	(8)
五、使用 GB3102.13—82 应该注意的问题	(10)
附 录.....	(16)
GB 3102.13—82 所列物理量的中、英、 俄、德、法、日文名称对照表	(16)

一、引言

国家标准 GB 3102.13—82《固体物理学的量和单位》业已发布,自 1983 年 7 月1日起实施.本国家标准是目前已经制定的有关量和单位的一系列国家标准中的一个.作为技术法规和基础性标准,其它国家标准或者部颁标准都必须贯彻这些标准.而且,根据国家出版局和中国国际单位制推行委员会的文件规定,今后出版物中也必须采纳这些国家标准.不仅如此,由于这些国家标准规定了各个科学技术领域的最重要、最基本的物理量和单位,科技工作者、教育工作者、企业管理人员等几乎每天都要遇到这些量和单位;几乎每本科技著作和教科书,每篇科技论文中都会出现这些量和单位.因此,国家标准的贯彻实施是与我们每个人都有关的一件事.由此可见,这一系列国家标准的制定和贯彻,不仅是国民经济发展和科学技术发展的需要,而且有助于人们学习科学技术,进行科学研究,开展技术工作,有利于节约时间,提高工作效率.

二、GB3102.13—82的制定过程

GB3102.13—82由全国量和单位标准化技术委员会第八分委员会提出.在制订过程中,曾经向全国 100 多个有关高等院校、研究机构的专家发出征求意见的专函,并在1981年 12月全国第 2 届半导体物理学术会议上散发本国家标准的草稿,征求意见.许多固体物理学的同行专家们对本国家标准的制定给以有力的支持,并提出了宝贵的意见,其中有些意

见已经反映在最后的定稿中。

在制定国家标准的过程中，遵循了以下几条主要原则：

(1) 贯彻经国务院批准由中国国际单位制推行委员会颁布的《中华人民共和国计量单位名称与符号方案(试行)》。该方案是以国际单位制为基础的。

(2) 在内容上，全面采用国际标准化组织(The International Organization for Standardization, 简称ISO)“量、单位、符号、换算系数和换算表技术委员会”提出的ISO31/13—1981(E)(第二版)《固体物理学的量和单位》(《Quantities and Units of Solid State Physics》)的内容。

国务院1977年颁发的《中华人民共和国计量管理条例(试行)》规定，“对国际上通用的标准和国外先进标准，要认真研究，积极采用”。

当今世界上，各国之间的经济合作、贸易往来、文化交流日益增多。科学技术没有国界。各国之间交换出版物，召开国际性学术会议，科技人员互访进行学术交流，已经成为科学技术发展的一个必不可少的条件。鉴于国际标准ISO31/13—1981(E)是由27个国家的ISO成员机构(包括在固体物理学领域领先的美国、苏联、英国、西德、法国)赞成的，而且我国也已经参加了国际标准化组织(ISO)，因此，我国的国家标准积极地采用了相应的国际标准。

(3) 与现行上级、同级有关标准协调一致。各项国家标准应该协调一致。本国家标准的制定，充分考虑了GB3100—82《国际单位制及其应用》，GB3101—82《量、单位和符号的一般原则》中的有关规定以及GB3102系列其它国家标准的内容。

在全国量和单位标准化技术委员会的诸分委员会中，负责制定本国家标准的第八分委员会成立和开展工作最晚。在

GB 3102 系列 13 项国家标准中,《固体物理学的量和单位》排在最后(与 ISO 31 系列国际标准的次序相同)。因此,其它国际标准已经包括的物理量,本国家标准不再列出;本国家标准量的定义中涉及的物理量术语,都以其它国家标准为准。

(4) 适当考虑我国现有的传统习惯。在本国家标准中,这条原则主要反应在“lattice”这个物理概念的中文名称或者“lattice”这个英文物理名词的中文译名上。固体物理学界的同行们都知道,“lattice”的中文名称历来有“点阵”和“晶格”两种,而且,关于哪一个名称在反映概念内容上更为贴切的问题,长期没有得到统一的或者公认的结论。双方都提出了值得考虑的理由。在“晶格”与“点阵”问题上的争鸣,给了我们一些有益的启示。

给一个科学概念以一个适当的、合乎科学的名称当然是一件有意义的事情。一个恰当的概念名词会使学习理解这个概念的人们得到词义上的提示,而且,当读到或听到这个词时,人们会“望词生意”,产生一些有益的联想或直观的形象。

我国科学家历来重视“正名”。有不少中文物理名词在词义的科学性上较之提出这些概念的科学家本国语言名词更加高明。在本系列国家标准所规定的量的名词中就不乏此例。

但是,由于科学概念的复杂性、深刻性和抽象性,用一个简单的名词来确切地反映概念的内容往往只有相对的意义。这里,极端的例子就是科学技术中大量存在的以发明者、发现者或创始者的名字命名的物理量。这些量的名称具有纪念有关科学家的意义,而在与概念的联系上可以说只是一些“代号”而已。

基于这种认识,标准选用“点阵”和“晶格”两个名称,并且在引言中特意声明它们是等价的,其意图是不想贸然否定它们之中的任何一个,目前也不推荐使用其中的哪一个。从某种意义上也许可以说,“点阵”和“晶格”这两个名称在描述“lattice”这个物理概念上具有互相补充的作用。同时并列这两个名称的作法希望能够得到同行们的认可。

另一处是本国家标准的13—29项中的5个量。在国际标准ISO31/13—1981(E)(英文版)的13—29项中,5个量的英文名称是“electron number density”等。我们认为,以“number density”(数密度)作为单位体积内粒子数的名称是科学的。目前国际上比较常见的相应名称是“concentration”(如C. Kittel:《Introduction to solid state physics》)和“density”(如N. W. Ashcroft and N. D. Mermin:《Solid state Physics》)。国内常用的中文名称是“浓度”(如谢希德和方俊鑫编《固体物理学》,苟清泉编《固体物理学简明教程》,方俊鑫和陆栋主编《固体物理学》)和“密度”(如黄昆编著《固体物理学》)。

浓度(concentration)在GB3102.8—82和ISO31/8—1982(E)中出现,具有与此不同的含意和单位,那是指混合物中某种成分的物质的量除以混合物的体积,单位是摩尔每立方米(mol/m^3)。密度(density)在GB3102.3—82和ISO31/3—1982(E)以及其它标准中出现,意为质量除以体积,单位为千克每立方米(kg/m^3)。但是,这个系列的国际标准对于“concentration”和“density”的使用,看来没有统一和严格的规定。例如,在ISO31/13—1982(E)中,13—13项是“spectral concentration of vibrational modes”(点阵振动模式的密度,晶格振动模式的密度),13—17项是“density

of states” (态密度)。这里, “concentration” 和 “density” 的使用大概主要还是根据习惯。因此, 我们在 13—29 项中, 对 5 个量的中文名称并列选用 “电子浓度, 电子数密度” 等。

三、国际标准 ISO 31/13—1981(E) 的概况

国际标准 ISO 31/13《固体物理学的量和单位》由国际标准化组织 ISO 的“量、单位、符号、换算系数和换算表技术委员会” ISO/TC12 提出, 第一版于 1974 年 9 月由 27 个成员国通过, 1975 年由 ISO 在瑞士发布; 第二版直接提交 ISO 大会, 于 1981 年在瑞士发布, 撤消并取代了第一版。第二版只对第一版作了不多几处的技术性修正。值得一提的是, 例如 13.2 项的单位 13—2 a “reciprocal metre” (“每米”), 在第二版中增加了同等地位的 “metre to the power minus one”。后一种表述可以与负二次方、负三次方……的表述一致。

ISO 31/13—1981(E) 共规定了 40 项 61 个物理量。根据国际标准的说明, 它给出了有关领域中最重要物理量。

也许会有人想, 固体物理学的量就这么几个吗? 考虑到固体物理学的广泛多样的学科分支, 丰富深刻的科学内容, 浩如烟海的文献资料, 该列入国际标准的物理量似乎远远不止这些。

我们经过研究, 认为这几十个量比较全面地概括了固体物理学的主要物理量。

首先, 物理量是用以定性地和定量地描述物理现象的概念。任一物理量可以定义为关于用以测量该物理量的两个实例之比 (一个纯数) 的操作的一个完全的规定 (其中一个实例可以理解为该量的单位)。因此, 不能以数值 (取定了单

位)表示的物理概念、现象不计在内。

其次,ISO 31/13—1981(E)排在有关各个科学技术领域中的量和单位的国际标准 ISO13系列的最末位。这意味着,一个固体物理学的量,如果同时也可以认为属于其它国际标准覆盖的学科范围,那么它就不再列入 ISO31/13。这类量的数量相当不少。

我们选取目前国际上最流行的固体物理学课本 C. Kittel 的“Introduction to Solid State Physics”作为例子,查一下最主要、最常见的量有哪些。这本书自1953年问世以来已经出了五版,特点是概括的固体物理学各分支领域相当广泛,但对每个领域的叙述比较简要。因此,以这本书中出现的物理量作为一种典型观点也许不无根据。

根据不完整的统计, C. Kittel 所著“Introduction to Solid State Physics”中涉及到的固体物理学的量,除去其它国际标准已经规定的以外,共约 57 个,其中大约 48 个属于由 ISO 31/13 规定的 61 个物理量,约 9 个物理量没有规定。这 9 个没有规定的物理量为: structural factor (结构因子), form factor (形式因子), absolute thermoelectr power (绝对温差电动势率), plasma frequency (等离子体频率), piezoelectric strain constant (压电应变常数), Curie constant (居里常数), mean field constant (平均场常数), Knight shift (奈特移动), density of dislocation (位错密度)。

从中应该可以看出,ISO 31/13 中规定的物理量的确是固体物理学中最重要、最常见的量。而且,事隔七年之后的第二版没有对第一版规定的量删去任何一个,也没有增加一个新的量,由此可见,本国际标准是相当稳定的。当然,每一位科技工作者都可以有自己的理解,根据各自的见解,也许已

列入的某一个量并不比某些未列入的量更重要多少，而某个未列入的量在重要性上并不比某些已列入的量稍逊。尽管如此，本国际标准看来仍能够为绝大多数科技工作者所接受。

与这些量一起给出的有符号和单位，它们都以表格的形式列出。大部分量都给出了定义，但是这些定义仅仅是为了识别、区分，未曾求其完备。

应当指出，本国际标准和其它有关标准的制定经历了一个过程。开始时，各个学科的国际性组织都试图对与本学科有关的物理量进行标准化。例如 International Union of Pure and Applied Physics, IUPAP (国际纯粹与应用物理联盟) 的 Symbols, Units and Nomenclature Commission, SUN (符号、单位与术语委员会) 曾经多次发表 “Symbols, Units and Nomenclature in Physics” (《物理学中的符号、单位与术语》)。International Union of Pure and Applied Chemistry, IUPAC (国际纯粹与应用化学联盟) 的 Commission I, 1 on Symbols, Terminology and Units, STU (符号、术语与单位委员会 I, 1) 曾经发表 “The IUPAC Manual of Symbols and Terminology for Physicochemical Quantities and Units” (《IUPAC 物理化学量与单位的符号与术语手册》)。International Electrotechnical Commission, IEC (国际电气技术委员会) 的技术委员会 IEC/TC 24 和 IEC/TC25, International Commission on Illumination, CIE (国际照明委员会) 等国际性组织也发表了与本学科领域有关的物理量名称、符号与单位标准化方案。在这些标准化方案中，当然有许多交迭，也有不少不一致甚至相互矛盾之处。后来各个国际组织协商并作出决议不再出版彼此冲突的建议方案。

正是在这样的历史背景上,国际标准化组织(ISO)的技术委员会 ISO/TC12 负责起草和发布 ISO31 系列的国际标准。整个 ISO31 构成涉及各个科学技术领域中的量和单位的全面出版物。在起草 ISO31 各个国际标准的过程中,技术委员会 ISO/TC12 与各有关国际联盟和委员会进行密切的磋商和咨询。标准的草案根据 ISO 所有成员国组织的意见进行修订,并需征得多数成员国的赞同才能发表。所以,这些国际标准具有很高的科学性、普适性和权威性。

四、GB3102.13—82与ISO31/13的比较

本国家标准(GB 3102.13—82)在内容上全面参照国际标准 ISO 31/13—1981(E),只在很少几处做了一些必要的更动和技术性修正。具体地说,有以下几点:

1. 项目的删减

国家标准删去了 ISO31/13—1981(E) 中 13—10.2 项“费密圆波数”和 13—10.3 项“德拜圆波数”两个量。这两个量在科学技术中很少出现。国内出版的固体物理学著作中也几乎都没有这两个物理量。因此,只取其 13—10.1 项“圆波数”就已经能够满足需要了。

2. 量的识别性定义的修改

制定国家标准时,力求在不失识别性定义的简明扼要的特点的前提下,尽可能使其更科学、更合理、更全面一些。

3. 量的符号的修改

将 ISO 31/13—1981(E) 的 13—29.1 项“电子浓度”的符号“ n, n_n, n_- ”改为“ n, n_N, n_p ”; 13—29.2 项“空穴浓度”的符号“ p, n_p, n_+ ”改为“ p, p_N, p_p ”。同时将这两项的

注解——“一般,下标 n 和 p 或者 $-$ 和 $+$ 用来分别表示电子和空穴”以及“ n_n 和 n_p 还分别用于 p - n 结的 n 型区和 p 型区中的电子数密度”——去掉,并加上如下的注解:“下标 N 和 P 分别表示 N 型和 P 型半导体”。

国际标准 ISO 31/13—1981(E) 中电子浓度的符号和空穴浓度的符号,以及有关它们的注解,似乎有欠妥之处。第一,同一个字母 n 同时用来既表示电子浓度,也表示空穴浓度,只是下标有所区别。考虑到电子浓度和空穴浓度经常同时出现,这样做很容易引起混淆,而且与现有的习惯用法不同。第二,按照符号规定, n_p 表示空穴浓度。但是,根据注解, n_p 还可以用来表示 p - n 结中 p 型区的电子浓度。这样的规定似乎不很合理,也不符合现有的习惯用法。然而,这种情况是完全可以避免的。本国家标准保留了 ISO 31/13 中电子浓度的符号 n ,但是与 ISO 31/13 不同,字母 n 只表示电子的浓度,不再同时表示空穴的浓度,空穴浓度统一用 p (可以加下标) 表示。下标 N 和 P 则分别表示半导体的导电类型。这样规定比较合理,也符合现有的习惯用法。

此外,国家标准在 13—1.1, 13—1.2, 13—2.1, 13—2.2, 13—6.1, 13—6.2, 13—13 等项中并列选用了两个中文名称(点阵和晶格); 13—29.1 至 29.5 项中也并列选用了两个中文名称(浓度和数密度)。针对这些情况,标准在量和单位表的前面特意做如下的申明:“考虑到不同学科已有的传统习惯,有些量并列选用两个中文名称,它们应是等价的”。这个申明的含意之一是,标准并不推荐使用二者之中的这一个或者那一个。两个名称中,“点阵”被放在“晶格”之前,“浓度”被放在“数密度”之前,这并不反映它们的“地位高低”或“得票多少”,这大致只是“按笔划为序”而已。

从目前国内出版的一些固体物理学著作来看,本国家

标准规定的 40 项 59 个量是固体物理学中最重要、最常见的物理量。以最近出版的方俊鑫、陆标主编的《固体物理学》为例，这部著作取材广泛且新，叙述详略兼备。根据对它所做的不完全统计，情况与前面对 C. Kittel 的 *Introduction to Solid State Physics* 所作的分析大致相似。在书中出现的固体物理学的量中，大约不到 50 个已经包括在本国际标准中，没有被包括的大约有接近 20 个物理量，比起 C. Kittel 的书来要多一些。这可能是因为这本书的篇幅较长、涉及面较广的原因。

五、使用 GB3102.13—82 应该注意的问题

根据国家标准总局国标发〔1982〕277 号文件，本国家标准与其它 14 项有关量和单位的国家标准，自 1983 年 7 月 1 日起实施。今后，其它国家标准或部颁标准、出版物等都必须贯彻这些标准。这里，我们特别呼吁在各高等院校、工厂、科研机构从事教学、科研的同志们，特别是固体物理学的同行们，在撰写著作、编写教材、发表论文时，使用的物理量的名称、单位、符号应注意与国家标准保持一致。

目前，固体物理学中比较流行的量的名称、符号、单位与本国家标准有出入的不算多。例如，标准中 13—2.2 项倒易点阵矢，倒格矢的符号“ G ”，往往也取为“ K ”。13—5 项关于 X 射线被晶体衍射的布喇格条件中的“反射级”，有时也称为“衍射级”。13—11 项关于点阵振动（晶格振动）的德拜模型中引入的截止（圆）频率“德拜（圆）频率 ω_D ”，在一些著作中没有给出专门名称，或者称为最大（圆）频率，符号也有用 ω_m 的。13—19 项关于金属热导率、电导率的“洛伦兹系数”，常常被称为“洛伦兹数”或者“洛伦兹

比”。13—25项“功函数”往往称为“脱出功”。

下面简要说明一下有关量、符号、单位的规定中几个需要注意的问题。

1. 关于量

在 ISO 31/0《关于量、单位和符号的基本原则》中提到,某些量的向量或张量特性一般不予涉及。本国家标准 13—30 项“有效质量”这个物理量,在基本意义上是一个二阶张量,但是它在某些场合应用时只是标量。本国家标准并未指明它的张量特性,也没有使用二阶张量符号。

量的名称中放在方括号内〔〕的字在不致产生混淆的场合可以省略。

正如前面已经提到的那样,表格中与物理量一起给出的定义只是为了便于识别。这意味着这些国家标准并没有为物理量规定“标准定义”,这些定义只是为了明确无误地识别各个量是描述什么现象的概念。有些物理量,由于它们是基本量,或者属于描述日常生活上的概念,没有同时给出定义。如本国家标准中的 13—8.1 项“粒子位置矢量”,13—8.2 项“离子平衡位置矢量”就可以看作这种情况。另一些物理量,如 13—16.1 项“声子平均自由程”,13—16.2 项“电子平均自由程”,13—21 项“物质 a 与 b 之间的温差电动势”,13—30 项“有效质量”和 13—37 项“超导体能隙参数”,也没有对它们给出定义(在 ISO 31/13 中也没有给出定义),而且它们并不是基本量或属于描述日常生活的概念。没有对它们同时给出定义的原因可以理解为由于应用比较广泛等原因而不宜给出很简明的定义。当然,这些物理量即使不给出定义也不致引起误认或混淆。

2. 关于符号

用于一个物理量的符号应该是国家标准中提出的符号。

物理量的符号用的是拉丁文或希腊文字母，而拉丁文字母表和希腊文字母表上大约只有 80 个左右可以分清大写和小写的字母。因此，不可能每个符号只代表唯一的一个物理量。当然，国际标准和国家标准对于符号的规定考虑了尽可能避免使一起出现的物理量的符号发生冲突，不过，这种符号上的冲突仍然不可能完全避免。而且，随着科学的发展，原来没有关系的几个量之间也可能会建立起新的联系，从而使这种冲突的场合增多。在少数可以预见有冲突的场合，国际标准和国家标准指出了解决的办法。例如，本国家标准 13—8.1 项“粒子位〔置〕矢〔量〕”的备注中指出，“为了区别电子和离子的位置矢量，分别使用小写和大写字母。”又如 13—10 项“〔圆〕波数”的备注中指出，“当需要区别 k 和玻耳兹曼常数时，后者可用 k_B 。当需要区别 k 和 q 时， q 应该用于声子和磁振子，而 k 应该用于电子、中子之类的粒子。”13—30 项“有效质量”的备注中指出，“ m_n^* 、 m_p^* 分别用于半导体中的电子和空穴。”13—35 项的备注中指出，“ T_c 一般地用于临界温度。在容易混淆的场合，可用 T_{cr} ”。在其它更多的几个量的符号发生冲突的场合，也可以根据同样的原则处理。有时可以用黑体字母和普通字母来避免冲突，有时可以用大写字母代替小写字母，或者用小写字母代替大写字母，只要不因此引起混淆即可。

关于符号的规定，有一点值得注意。根据国际标准 ISO 31/0《关于量、单位和符号的基本原则》中关于在印刷符号与数字方面的建议，量的符号不论是拉丁文或希腊文字母，都应该采用斜体（意大利式）印刷，而不采用正体（罗马式）印刷。虽然目前大部分有关的科技书籍都是这样印刷的，但是也有少数书籍对量的部分符号采用正体印刷，这是应该注意纠正的。