

科学情报研究报告88(001)

内部资料
注意保存

广州市发展电子敏感技术调研报告

广州市科学技术情报研究所

华南工学院光电研究室

1988年3月

广州市发展电子敏感技术调研报告

曾宪富 华南工学院教授

梁锦敏 广州市科技情报所工程师

霍玉云 华南工学院副教授

郑承绪 广州市科技情报所工程师

孙玉兰 广州市科技情报所工程师

刘锦堃 华南工学院讲师

符史琚 华南工学院工程师

周 密 华南工学院硕士研究生

关锐铎 华南工学院硕士研究生

目 录

一、前言

二、国内外及广州市电子敏感技术发展的现状和趋势

三、广州市发展电子敏感技术的对策

四、广州市电子敏感技术发展重点的建议及其可行性研究与措施

(一) PTC热敏元件

(二) 热电传感器

(三) 光敏元件

(四) 力敏传感器

(五) 气敏元件

五、结束语

附一、全国电子传感器研制及生产的主要单位及其研制、生产品种

附二、参考文献

广州市发展电子敏感技术的调研报告

一、前 言

经济建设必须依靠科学技术，科学技术必须面向经济建设。现代科学技术是社会主义现代化建设的关键，是新的社会生产力中最活跃的、决定性的因素。要使广州逐步成为对当代先进科学技术具有吸收和内外辐射功能的中心城市，就要把技术改造和技术进步放在科技工作的首位，有选择地研究和开发新兴技术，以带动传统产业的技术产品向高层次转化。

电子敏感技术是一门新兴的、跨学科的边缘性科学技术，是信息社会的技术支柱之一。电子敏感元件是指能借助于电参量敏锐检测温度、电压、机械力、光通、磁通、湿度和气氛等状态的电子元件。它是一种利用功能材料的物理效应和化学、生物、物理化学反应原理制成的电子元件。由于它对有关物理量（或化学量）的敏感性和具有检测、计量、信息传递和自动控制等功能，所以也称为检测器、传感器和遥感器。

电子敏感技术在工农业生产、能源和资源开发、医疗、气象和灾害预测、交通运输、环保、自动控制检测、民用电器等方面有广

泛用途，也是信息技术、电子计算技术和实现智能化各种参数输入不可缺少的功能转换元件，是80年代深入社会生产和生活领域最有代表性的大量生产的商品，受到世界各国的普遍重视。电子敏感技术在我国社会主义建设中将越来越显示它的重要作用，是提高科学技术和生产技术水平及提高经济效益的有效手段。无疑，选定电子敏感技术作为广州市科学技术发展的重点项目将是明智的决策。

二、国内外及广州市电子敏感技术发展的现状和趋势

（一）国外发展电子敏感技术的情况

对电子敏感元件的发展，世界上各先进国家都给予高度的重视，如美国认为“70年代是大规模集成电路时代，80年代是传感器时代”。日本对今后十年重要技术作了书面调查，结果是：居首位的是敏感元件，第二位是大规模集成电路，第三位是复合材料，第四位是陶瓷，第五位是光导纤维、超小型电池等。敏感元件由于其潜在的社会需要而居于首位。日本科技厅用台尔菲（Delphi）法对廿一世纪以前的技术进行预测，作为1985—2000年大力加速研究开发的项目，包括粮食资源、矿物资源、生物科学、保健医疗、能源、海洋开发、水资源等都离不开敏感元件技术。又如被称为廿一世纪永久能源的核聚变炉，为了安全运转，必须检测等离子体对炉壁的腐蚀，还必须检测产生等离子体的强电流线圈的电磁强度，这都需要敏感元件技术。另外，敏感元件技术也将成为医疗领域中疾

病预防这一重要课题的关键技术。

顺便提一下，电子敏感技术是指将物理、化学和生物信息转换成电信号的方法。根据观察对象的信息特征和敏感材料的功能效应不同，电子敏感技术可分为直接变换和间接变换两大类。直接变换是指各种物理、化学和生物信息可由敏感元件直接变换成电信号，而间接变换是指输入的物理、化学和生物信息必须先变换成另一种信号，再藉适当的敏感元件变换成电信号。敏感材料是敏感元件的基本材料，是敏感技术通向应用和发展提高的根本保证。

根据日本电气计测器工业会调查分析，1971—1978年发表的日本专利申请中，有关半导体敏感元件（主要是固体元件）的发明共约3000件。所选的敏感元件种类有光、放射线、温度、湿度、气体、压力和磁等七种。（各种敏感元件所占的百分比是：光22.8%，磁22.2%，温度16.7%，气体17.4%，压力11.4%，湿度7.0%，放射线2.6%。）据统计，1973年以前，各种敏感元件中有关固体元件的发明较少。而1974年这类发明激增，1976年后略有停顿的趋势。从整体来看，所申请的固体敏感元件占压倒多数的有：钙、镓、铟、砷等金属互化物半导体元件和薄膜（光、温度、磁），及铁、铬、锡、锌、钛、铅、钴等金属氧化物类的陶瓷（温度、气体）的发明。有机化合物和高分子薄膜等的比较少。也有少量超量子干扰器件（SQID）和表面弹性波元件等的特殊敏感元件。

敏感材料种类繁多，性能各异，按电子结构和化学键可分金

属、陶瓷和聚合物三大类；按功能特性又分为半导体、介电体、导电体、铁磁体、铁弹体、磁弹体等几种；按形态则又可分块材、薄膜、纤维、多孔和复合等几种。目前半导体的应用最为普遍，介电体、铁磁体和导电体的应用逐渐增多，铁弹体和磁弹体也有广阔的应用前景。

（二）国外经济发达国家敏感元件生产和研制方面的主要趋势。

1. 物理敏感元件仍在敏感技术发展中占主导地位。其中热敏电阻使用较早，用途较广，产量较大。据报导，1980年全世界各种热敏电阻用途已逾百种，热敏元件的年产量达一亿件，热敏材料年产量已超过500吨，约占全部敏感材料总量的90%，光敏、磁敏、力敏和（电）压敏等次之，气敏、湿敏又次之。

2. 化学敏、生物敏和物理化学敏是新一代的敏感元件，目前仍处于研制阶段，可望80年代末或90年代初进入家用。虽然它们的机理比较复杂（主要是离子过程），大都是模拟式，难于对绝对量进行准确检测，研究和开发的难度较大，但今后在生物医学、环境保护、污染控制、食品加工等方面的发展前途极为广阔，被誉为“90年代的敏感元件”，各国纷纷加紧研究。

3. 敏感元件在应用领域方面，主要以工业生产过程的设备控制为主，信息处理、科技计测和防火、防爆次之。

4. 新型敏感元件的不断出现和敏感元件的集成化、多功能化

以及敏感技术的微处理化是敏感技术的一个重要发展趋向。

目前,敏感元件发展迅速,敏感元件的薄型化、微粒化和集成化得到很大的进展。如日本采用CVD(化学汽相沉积)和VED(真空蒸发沉积)技术制备的 SnO_2 等超微粒子氧化物(平均粒径约几十埃,比表面积 $2 \times 10^6 \text{cm}^2/\text{g}$)具有感度高、响应快、精度大、体积小、重量轻、能耗低等特点。制成了一些性能优异的光敏、气敏、湿敏和热敏等敏感元件。又如将光纤与适当功能元件相结合,可以制成光纤敏感元件,利用声光效应原理作成光纤声敏元件,便于检测水中超声波、深海作业、鱼群探测和反潜猎潜等。

另外,在分立敏感元件继续发展的同时,研制崭新一代的集成化的敏感元件,如利用高分子薄膜中电荷流动随接触气氛而异的特性,作成CFT(电荷流晶体管)可以用来测定各种还原气氛;根据 Si_3N_4 薄膜的漏电流随吸附离子变化的特性,可将ISFET(离子敏感场效应晶体管)作成PH计。随着集成化技术的进展,多功能、三维、多层混合集成的仿生敏感元件可望90年代获得成功。

5. 电子敏感材料主要发展方向是:半导体材料,功能陶瓷材料,功能金属,功能有机聚合物和功能非晶态材料等。

(三)国内及广州市电子敏感元件的发展情况

我国敏感元器件和传感器的研制和生产开始于50年代中期,正是世界敏感技术发展的幼年时期。至今我国传感器的研制和生产已初具规模,出现了一批研制、生产传感器的骨干工厂和研究所,形

成了一支传感器专业化的科技队伍。但由于种种原因，我国多数电子敏感元件产品性能指标仍停留在国外60年代或70年代初水平，少数产品接近70年代中、后期水平。一般来说生产水平落后国外15至20年。开发研究水平落后于国外10年左右。制造工艺技术更为落后，相当多的产品是靠手工操作生产，效率低，质量差。

与国外情况进行比较，目前国外不少电子敏感产品已进入专业化大生产阶段，年产量已达亿的规模。如日本，1980年热敏电阻器和压敏电阻器的年产量分别为1亿和3.3亿只，1985年热敏、压敏产值为177.26亿日元。美国热敏电阻器销售额逐年递增，1986年已达7800万美元。而国内热敏、压敏和可见光敏元件只能小批量生产，最高年产量也不过5000万只左右，而且质量不稳定。

据调查我国目前共有600多家单位在研究及生产2千多种敏感元件及传感器，仅有约20%的单位具有较强的技术力量，能较有成效地进行科研和生产活动。而从事研制、生产的敏感技术项目中有60%以上是力敏、机械及几何位置方面的敏感元件和传感器，从事热敏、压敏、磁敏、湿敏等物性型传感器的单位比例较少。

附录一中列出电子工业部敏感元器件专业情报网所提供的我国传感器研制及生产的主要单位及其研制、生产品种的情况。

广州市电子敏感元件的研制和生产水平和国内情况大致相同，总的来说比较薄弱，还有很多类别是空白，现在主要研制生产单位有华南工学院、电子工业部七所、广州机电研究所和广州陶瓷电器

厂等及部分高等院校和医疗器械单位。在全国占有一定地位的是热敏元件的开发，而其中又以PTC技术具有较强的优势，无论在科研、测试和生产都有一定的基础。但存在产品品种少，一致性差、合格率低、产品的可靠性不高和生产效率低等问题。其次，广州市的半导体制冷技术也有相当的优势。华南工学院半导体光电研究室已经掌握了碲—铋—锑—硒体系定向晶体半导体致冷材料制备技术，经鉴定，可以达到国外先进水平。除此之外，还有少量进行光敏、力敏、热电、气敏和医疗传感器的研究。广州市电子敏感元件的研究技术力量还不太强，而且研究力量十分分散，不利于产品的研制和开发。

（梁锦敏）

三、广州市发展电子敏感技术的对策

广州市作为我国重要的工业城市之一，也是沿海开放城市，对当代先进科学技术应具有吸收和内外辐射的功能。而作为80年代深入社会生产和生活领域最有代表性和大量生产的商品的电子敏感元件，对其发展应放到十分重要的位置上。发展电子敏感技术，填补某些敏感元件产品的空白，是目前广州市迫切的任务之一。

然而，电子敏感技术是一项难度较大的高科技项目，它需要较大的投资。同时，电子敏感技术也比较复杂，种类繁多，范围很广，涉及到从理论研究到设计制造、生产使用和市场投放及获得经

济效益的整个研制生产过程的各个方面。因此，从广州的实际出发，合理地选择出对广州科技发展有重要影响的电子敏感技术项目，并作出正确的对策是至关重要的。

关于如何确定广州市发展电子敏感技术的重点项目，我们认为应作以下的一些考虑：

（一）选择的项目应该是从广州市的科技、生产发展的特点和需要出发，项目开发后应能带动相应的一些行业的发展。避免重复开发一些其它省市已经发展得很成熟的产品，当然更不能把有限的投资平均使用于种类繁多的各个电子敏感技术项目。

（二）我们必须发展这样的传感器：它们必须是有前途和生命力的产品，同时它们在广州市是有一定的科研基础或者在全国占有一定的优势的项目。优先发展这些电子敏感元件将为广州建立电子敏感技术基地打下坚固的基础。

（三）开发的项目必须有可靠的可行性依据，它们必须是广州地区现有的科研、生产力量所能承担得起的项目。有些产品即使是技术上很先进，市场也很需要，应用前景也比较广阔，但如果开发难度太大，为目前国内条件难以解决，也只好稍为放后再开发。

（四）考虑的项目应以自主开发和引进国外先进技术、设备相结合为原则，密切注意国外敏感技术发展方向、策略和方法，以供我借鉴。并有目的地不断探测国际上有关的新技术、新产品、新动向及市场的情况。利用广州地区的有利条件，走引进、消化、开

发、创新的道路，加速和提高我市的敏感技术的研制开发水平，缩短与国际先进技术的差距，使电子敏感元件的品种不断发展，应用领域不断扩大，以适应社会生产和人民生活对电子敏感技术越来越迫切的要求。

（五）最后，我们选择的项目还应考虑到它们便于在我市的高等院校、研究单位、生产单位和应用单位建立有效的横向联合，也就是通过项目研制、中试、生产和使用的各个环节能把有关单位有机地联系在一起，它们既有共同的目标，又有明确的分工，又能够互相合作，形成开拓产品的协作网。这样既充分利用各自的优势，又较好地合理使用人力、物力和财力。这对发展技术难度较大的电子敏感技术是十分重要的。

按照上述的一些考虑，从广州科学技术发展战略出发，在改造传统产业的同时，有选择地开发新兴技术，以带动传统产业的技术和产品向高层次转化，特别是要为电子与信息技术、生物技术、节能技术和新材料技术的研究与开发打下基础，也为广州市的轻工、食品、电子、轻纺、医药以及第三产业等六大支柱的发展起到促进作用。为此，我们提出广州市应该有计划、有重点、有步骤、分层次地发展电子敏感技术。针对广州的特点和原有的基础，建议有步骤地开发五项电子敏感技术，即：

（一）PTC热敏元件

（二）热电传感器

(三) 光电传感器

(四) 力敏传感器

(五) 气敏元件

每一项敏感技术的可行性研究和措施将在下一章叙述。

根据各个项目的特点和广州现有的基础，在具体对策上把它们分成两大类，第一类是技术应用分开项目，这就是PTC热敏元件和热电传感器。这类项目在广州已较为成熟，经过一些技术上的提高和某些工艺手段的完善就可以实现大批生产。特别是PTC热敏元件（主要应用于电冰箱压缩机起动器、彩电消磁器和空调机发热器），广州地区对其开发已有较长的历史和有相当的基础，在全国也占有一定的优势，而主要的市场又在广东。可考虑通过引进部分技术和关键设备以建立全国第一条生产规模较大的PTC热敏元件生产线。同样，作为热电传感器应用的半导体致冷技术在广州也有开发的基础，潜在市场也十分广阔。这两项有希望发展成为具有广州特色的电子敏感元件，是应该优先重点发展的。

另一类是研究开发项目，这包括光电传感器，力敏传感器和气敏元件。这三项都是根据广州科技和生产发展的需要而提出来的。如这些项目所提出的红外光敏传感器、半导体压阻式传感器和TGS气敏传感器都是很有前途而且适合在广州开发的敏感元件。当然有些项目目前在广州进行科研或生产的条件还差些，但它们是值得投入力量加以开发的。

在每个项目的可行性报告或项目建议中都提出了近期开发产品，这些产品的研制和生产都有较好的经济效益。同时这些项目也不忽视高技术方面的研究，使得有可能发展新型的多功能的敏感元件。总之，我们只有抓好这几项拳头产品，才能以点带面，带动广州市整个电子敏感技术的发展，为广州市的技术和经济发展作出贡献。

关于如何开发这些项目的问题，在下一部分的可行性研究与措施里各个项目都提出了一些设想。但是总的来说，由于这些项目属于技术难度较大的高技术密度的科研项目，要组织各方面的科研力量共同攻关才能完成。应该充分发挥和利用各自的技术及设备的优势，分工合作，互相支持，不宜在同一产品上做重复研究，白白浪费人力、物力。我们建议：第一步通过科研项目的分工使有关科研单位根据自己的特长承担不同的任务，并使研制、中试、生产、使用各方面互相配合，组成科研单位、高等院校、生产工厂和使用部门的横向联合体。它们内部的协作关系可以用合同的形式固定下来。第二步，随着项目研制工作的开展，相互间的技术合作更趋密切，分工也比较明确，可以从结构上考虑建立联系紧密的科研、中试和生产的联合基地。第三步，在上述的基础上，较强的技术力量已经形成，并有了相当完备的试验手段，同时又有几项站得住脚的拳头产品，就可以考虑建立一个电子敏感技术研究所，以利于研制本地区 and 全国需要的高质量敏感元件和较高水平的新型电子敏感元

件。

(梁锦敏、周 密)

四、广州市电子敏感技术发展重点的建议 及其可行性研究与措施

以下我们提出广州电子敏感技术发展的五项重点项目的建议及其可行性研究和措施。

(一) PTC热敏元件

1. 概述

PTC材料和PTC热敏元件是电子敏感技术的重要组成部分。所谓PTC是 Positive Temperature Coefficient 的简称,是指具有正温度系数电阻变化的热敏元件。由于它具有特殊的优越性能,多年来一直为人们所重视。它的应用范围也越来越广。加之具有更加优越性能的新型PTC敏感元件不断出现,渗入到各个领域应用中。PTC敏感元件的研究方兴未艾,发展前景未可估量。它应作为我市重点发展的一项电子敏感元件。

2. PTC热敏元件国内外发展情况

按照固体热敏元件的使用而分类,有利用其热电效应的,有利用热释放效应的,也有利用半导体结特性的和利用导磁率变化的等。据统计其百分比是,电阻变化:负温度系数的40.8%,正温度系数的15%,热电16.7%,热释电11.1%,结特性9.5%,导磁率

变化4%，其它5.5%，可见有50%以上是利用电阻变化的敏感元件。

利用正温度系数电阻变化的热敏元件主体是：金属氧化物类或离子PTC热敏电阻，也有利用铂电阻变化的薄膜或厚膜元件和利用砷化镓正温度系数范围的元件。目前PTC材料通常使用 BaTiO_3 或 BaTiO_3 的固溶体半导体陶瓷材料。由于它具有随温度上升时材料的电阻率增大，并在铁电居里温度附近出现很大的正电阻温度系数。 BaTiO_3 中的一部分Ba如用Pb或Sr置换，可使材料的居里点 T_c 在相当广泛的温度范围内移动。其常温电阻率可达 $10 \sim 10^2 \Omega \cdot \text{cm}$ 以下，而在 T_c 以上，则电阻率发生4~6个数量级的大幅度变化。这种特殊性质被广泛地应用于电子工业、机械动力工业、家用电器工业等，引起各行各业的极大关注，特别是PTC热敏电阻具有其它元件所没有的特殊起动特性（即在加电压时电流随时间而减少的特性）和等温发热特性（即具有即使周围环境温度、所加电压、放热条件发生变化也保持一定温度的特性）。由于这些优越特性，十多年以来PTC热敏元件已广泛用于彩电的自动消磁装置、小功率单相马达起动器、电子线路中的热补偿装置、家用电器发热体、温度检测和温度控制等。

正由于PTC敏感元件的特殊性质，故自PW, Haayman在1951年发表了“掺杂稀土原素 BaTiO_3 的PTC特性”之后，各国竞相研究，使从理论到实际应用上都得到迅速发展，具有很高的商业价

值。目前国内外应用方面的情况如下:

60年代初期, 将PTC材料用于单相小马达的过热保护装置、晶体管电路温度补偿和改善继电器的工作状况, 还具体应用于电子脚炉, 电子长统靴中作为等温发热体等; 66年日本即确定了各公司大量生产PTC材料的决策, 开始大量生产彩色电视机自动消磁用PTC元件。67年着手研制大功率限流用PTC材料。70年代初出现了以PTC材料为热源的电子大口保温瓶, 汽车自动阻气门和电热驱蚊器用PTC器件等。72年日本的PTC元件产量及质量均居世界首位, 同时出现了以大型PTC元件作为可控热源的室内取暖机, 在此期间启动大容量马达用的PTC元件也研制成功。74年开始将蜂窝状PTC元件实际应用于温风取暖机和毛发干燥机。75年又出现了口琴状PTC发热器。PTC材料和器件应用越来越广, 特别是大量应用在家用电器工业上, 其产品很受国际市场的欢迎。

为扩大PTC材料的应用范围, 国外正在大量发掘新的非 BaTiO_3 系统的PTC材料, 如 V_2O_5 系统的大功率PTC材料, 高温工程用PTC材料, 低温工程用PTC材料, 厚膜和薄膜PTC材料和复合高分子PTC材料等。

目前国际PTC敏感元件市场竞争激烈, 每年生产大量优质价廉的PTC敏感元件。前面已提过, 日本1980年热敏电阻器的年产量就达1亿只, 1985年热敏、压敏的产值为177.26亿日元, 其中PTC产品产值1986年1月为7.46亿日元, 2月为8.84亿日元, 年递增率达