

PET 核心部件专利分析及产学研发展建议

邓贞宙^{1,2}, 何珊珊^{2,3}, 陈安庆^{1,2}, 刘珍良^{1,2}, 李岸一^{1,2}, 邓玉姗^{1,2}

1. 南昌大学信息工程学院, 南昌 330000

2. 南昌大学PET实验室, 南昌 330000

3. 南昌大学法学院, 南昌 330000

摘要 正电子发射断层成像(PET)作为一种前沿的疾病检测技术,在神经系统疾病、癌症和心脑血管疾病等医学领域发挥着重要作用,产生了巨大经济价值。围绕PET的3大核心部件,以专利分析为切入点,对比国内外PET专利申请现状,发现中国PET核心部件存在专利申请人结构不协调、东西部研究水平存在差异、科研水平比较不足等一系列问题,PET产业结构改革势在必行。从产学研角度,对政府、社会、企业、高校和科研院所各个主体提出了若干改革措施。

关键词 正电子发射断层成像;专利;产学研;知识产权

正电子发射断层成像(positron emission tomography, PET)是一种非侵入式造影方法,可在生物体细胞水平上无创、定量、动态地评估生物体内各个器官的代谢水平、生化反应和功能活动,从而能够在许多疾病引起结构改变和症状变得明显之前,探测到相关的生化变化^[1-3]。因此,PET设备在肿瘤等重大疾病的机理研究、新药研制、神经生物学乃至生命科学前沿研究的认知与发展等领域体现出不可

可替代的巨大应用价值。

相较于欧美等发达国家,中国当前对PET的研究较少,技术发展不够成熟。PET设备的良好性能取决于其所应用的晶体、光电器件和快电子学,目前关于PET的研究多是阐述其技术层面的原理、先进性和研究进展。本研究以专利分析为主要方法,着眼于PET三大核心部件,剖析中国PET及医疗器械产业发展和技术储备的问题与困境,并依据产

收稿日期:2019-09-23;修回日期:2020-04-27

基金项目:澳门青年学者计划项目(AM201921);国家科技重大专项(20193ABC03A040);江西省创新创业高层次人才“千人计划”创新人才长期项目(S2018LQCQ0554);中国博士后科学基金特别项目(2016T90691);国家自然科学基金项目(61501197)

作者简介:邓贞宙,教授,研究方向为PET探测器、闪烁脉冲信号处理,电子信箱:zzdeng@email.ncu.edu.cn;何珊珊(共同第一作者),研究方向为知识产权,电子信箱:5302117013@email.ncu.edu.cn

引用格式:邓贞宙,何珊珊,陈安庆,等.PET核心部件专利分析及产学研发展建议[J].科技导报,2020,38(24):129-137;doi:10.3981/j.issn.1000-7857.2020.24.014

学研协同发展的客观规律,提出改革建议。

PET及其三大零部件方面的专利信息主要来自中国专利检索及分析系统和欧洲专利局。本研究的专利检索方法均根据专利数据库的检索语法来实施,在title、abstract、claims中进行关键词搜索并锁定相应的IPC(international patent classification),从不同申请趋势、司法管辖区、申请人等多个方面筛选数据并对比分析。检索日期截至2020年4月20日,由于专利申请与公开间最长有30个月的迟滞期,所以查出的近3年的专利申请与实际的应用尚有一定差距,但可以看到大致趋势。

1 PET核心部件的专利申请概况

1.1 PET三大零部件专利总体申请趋势

1.1.1 闪烁晶体

PET探测器所应用的闪烁晶体主要有3类——碘化钠(铊激活)(NaI(Tl))晶体、锗酸铋(BGO)晶体、掺铈硅酸镨/掺铈硅酸钪镨(LSO/LYSO)晶体。NaI(Tl)晶体密度为 3.67 g/cm^3 ,对 γ 射线探测效率高,能够同光电倍增管较好匹配,但由于自身有一定弊端,其工作性能受温度影响大,NaI(Tl)晶体已经被性能更为优越的晶体所淘汰,当前很少的PET系统会使用该种晶体。BGO晶体的密度大约是NaI(Tl)晶体的2倍(密度 $\rho=7.13\text{ g/cm}^3$),对511 keV的 γ 光的辐射长度为1.10 cm,阻止本领更大,对 γ 射线和X射线的探测效率更高^[4]。相较于NaI(Tl)同光电倍增管的匹配度来说,BGO晶体在性能上更为出色,早已取代了NaI(Tl)晶体,目前BGO晶体在PET系统上的应用较为成熟。LSO/LYSO晶体光输出为BGO晶体的4~5倍。衰减时间快,约为38 ns,可以减少死时间,提高时间分辨率,提高有效计数率,减少数据采集时间^[4]。LSO/LYSO晶体同光电倍增管也具有良好的匹配度,由于其性能较NaI(Tl)晶体与BGO晶体具有一定优势,所以正在逐步取代BGO晶体的地位。

从中国3种晶体专利申请趋势(图1)的对比可以看出,1985年至今,三者的整体申请态势呈上升趋势,但国内NaI(Tl)晶体专利的申请数量较少,年

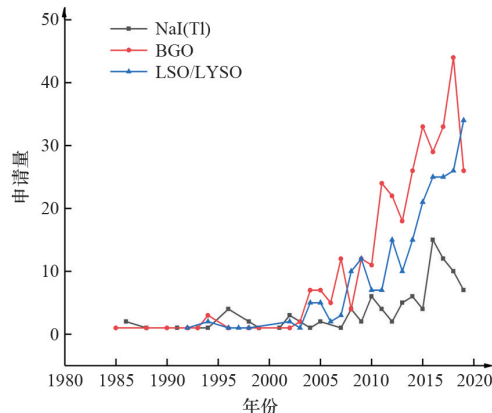


图1 中国3种晶体的专利申请趋势

申请量约是另外2种晶体的1/2,意味着NaI(Tl)的需求在市场上并不高,在PET系统中应用价值已没有另外2种晶体高,正在逐步退出市场。在20世纪80年代,严东生团队采用多坩埚下降法生长出了大尺寸BGO晶体,工艺简单且质地精良,所以中国BGO晶体专利申请量在80年代有所起色,虽年申请量增幅不大,但产品品质已经领先于当时的其他国家。20世纪80年代中期以后,中国生产的BGO晶体遥遥领先于和中国竞争的欧美国家,几乎独占当时的国际市场^[5],此后中国关于BGO晶体的研究也位于世界前列,总体申请量保持正增长态势。LSO/LYSO晶体方面的专利申请自20世纪90年代初起步,2005年以前未取得较大进步,总体数量较少。2004年,Qin等^[6]着手研究,后用提拉法生长出LYSO晶体,促进了LSO/LYSO晶体的研究。2005年以后进入快速增长阶段,当前中国生产的LSO/LYSO晶体在质量和大小上均不亚于其他国家。LSO/LYSO晶体凭借优于BGO晶体的性能有望在未来取代BGO晶体,但因为LSO/LYSO晶体的造价略高,对其在PET系统上的应用仍有一定阻碍。

1.1.2 光电器件

光电倍增管(photomultiplier tube, PMT)是现行商用PET系统应用的主流光电探测器,从图2可以看出近20年中国受理的PMT专利申请增幅较为稳定,逐年攀升,总体申请数量较大。从图3可得出硅光电倍增管(silicon photomultiplier, SiPM)专利申请量一直呈上升趋势,在20世纪90年代以前^[7],



图2 近20年中国PMT专利申请趋势

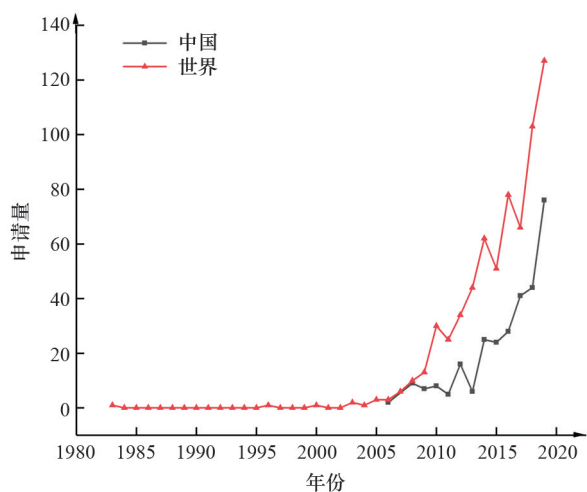


图3 中外SiPM专利申请趋势

SiPM的专利数量还相对较少。随着SiPM技术的逐渐成熟, SiPM的专利数量有了明显增长。中国SiPM专利是全世界SiPM专利的重要组成部分。SiPM凭借其体积小、不需要高压驱动的优点在逐步取代PMT,正一步步在核医学成像领域得到应用^[8]。而SiPM在医学成像、工业检测等领域的广泛应用促使其技术不断迭代,在迭代过程中产生了大量的相关技术。

1.1.3 快电子学组件

在支撑PET系统数据提取与分析的问题上,快电子学起到了至关重要的作用。快电子学电路具有很快的响应时间,其主要工作是为快速提取信号中的信息,需要高速读取电路,以确保信号的完整

性,其后再将信号数字化,以方便进行接下来的信号处理。高速信号在器件之间传播存在信号衰减和时间不确定的问题^[9],因此时间提取也是快电子学的重要研究课题。以下从读出电路、数字化和时间提取3个方面研究快电子学的专利申请趋势。

如图4所示,世界范围内PET快电子学方面的专利总体申请量较少。1980—2000年增量很少,有几年处于停滞阶段;20世纪90年代末,专利申请量开始小步幅加速发展;2010年以后,专利申请量增速加快,翻开了PET快电子学研究的新篇章。中国在PET快电子学方面的研究与世界相比起步较晚,专利申请量约在2010年起步,随着国际上PET快电子学研究的加深和发展,中国开始逐步有了新的探索。

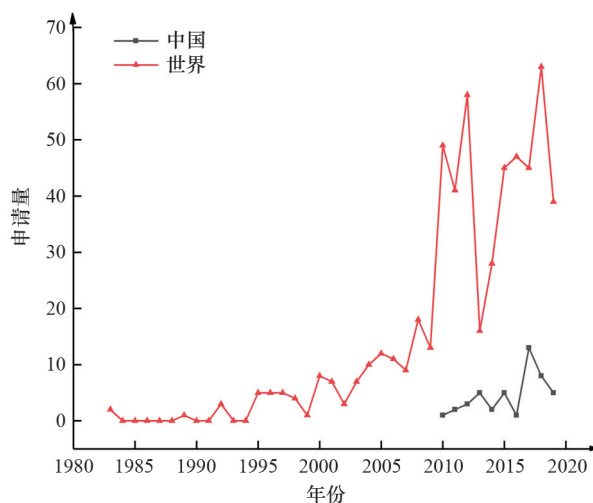


图4 中外PET快电子学专利申请趋势

对PET快电子学中的读出电路、数字化和时间提取三者的专利申请趋势分别进行剖析(图5),可以发现PET数字化和读出电路的研究均在20世纪90年代起步,时间提取在20世纪80年代初有少量专利申请量,此后至20世纪90年代末几乎处于沉寂阶段。20世纪90年代末至2010年,三者的专利申请数量相差不大且速度较慢,都处在研究初期;以2010年为分界点,三者的发展状况开始产生一定差距。数字化和时间提取方面的专利申请量在2010年后也有小步幅提升,但是总体申请量仍然

很少,申请量增速也一直波动不定,数字化的发展态势整体上与时间提取相似。读出电路申请量在2010年以前波动上升,增速不定,2010—2013年增速有一定下跌,2013年以后总体增速又恢复了上升趋势,整体较为稳定。

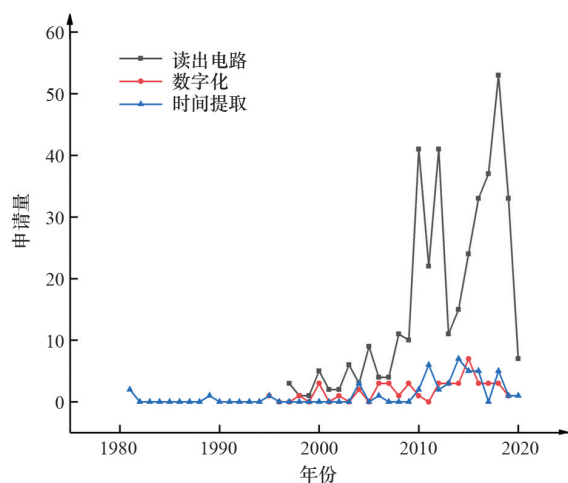


图5 世界PET快电子学各分支专利申请趋势

1.2 PET三大零部件专利申请地域分析

1.2.1 闪烁晶体

根据图6可以看出NaI(Tl)晶体、BGO晶体、LSO/LYSO晶体三者的申请地主要集中在东部省市,小部分为中部城市,其共同主要集中地为北京市、江苏省、上海市。NaI(Tl)晶体、BGO晶体和LSO/LYSO晶体三者均在北京的申请量最多。造成

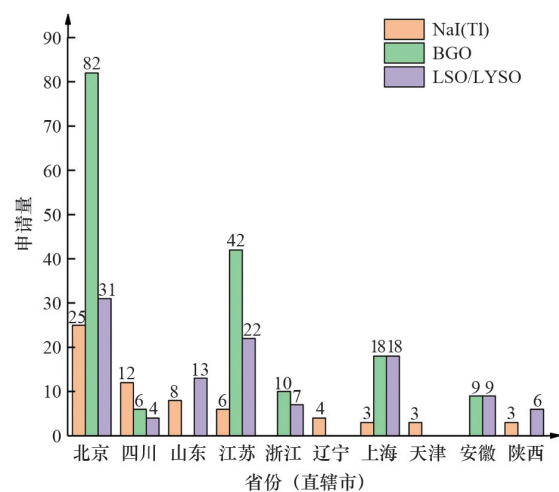


图6 近年中国各省市3种晶体专利申请数

上述分布状况的原因,一方面,高校和科研院所是这3种晶体在国内的主要专利申请人,而上述省市往往聚集着有影响力且处在科研创新前沿的高校和科研院所;另一方面,这些省市的经济状况较为发达,相较于中西部地区有更多的科研资源、创新人才和政策优势,生产、研究PET系统的相关企业更愿意集聚在这些地区。

1.2.2 光电器件

对于光电器件,经济较为发达和科研能力强的地区占据着专利申请量的前列,如PMT和SiPM申请量前2名的省市都为江苏省、北京市(图7)。此外,各省市PMT专利申请量远高于SiPM专利,这是由于PMT是现行商业PET系统主要使用的光电倍增管,市场应用广泛,研究基础较优,相关技术更为成熟。现代意义的SiPM在20世纪80年代才研制成功,中国SiPM专利起步也较晚,仍处在发展状态,技术尚未成熟。

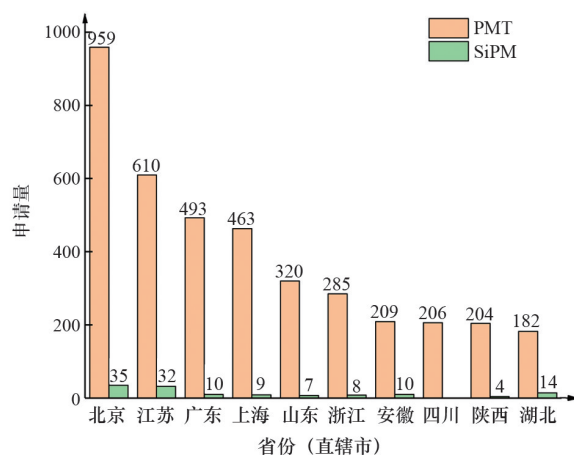


图7 近年中国各省市2种光电器件的专利申请数

1.2.3 快电子学组件

在世界PET快电子学专利申请上,各受理局的专利呈现出断层式分布(表1)。美国作为第1梯队,拥有>200件专利;中国(大陆)、日本、世界知识产权组织(WIPO)、欧洲专利局作为第2梯队,拥有专利40~120件;韩国、西班牙、加拿大和澳大利亚作为第3梯队,仅拥有<20件的专利,3个梯队间的专利申请量悬殊较大。在医疗器械行业领域,美国

近些年来一直处于行业支配地位^[10],拥有雄厚的研发基础和先进的科研实力,在PET快电子学研究方

面美国走在世界前沿。中国正在逐步缩小与美国的差距,但在质量和创新上仍有很大的追赶空间。

表1 世界PET快电子学组件专利申请区域分布

受理局	美国	中国	日本	WIPO	欧洲专利局	韩国	西班牙	加拿大	澳大利亚
申请量	208	114	78	72	47	18	9	8	6

1.3 PET三大零部件专利主要申请人分析

1.3.1 闪烁晶体

NaI(Tl)晶体、BGO晶体和LSO/LYSO晶体这三者专利申请人中,很大一部分由高校或研究所构成,三者排名前10的专利申请人依申请量排序:NaI(Tl)晶体分别为中国原子能科学研究院、成都新核泰科科技有限公司、山东省科学院海洋仪器仪表研究所、成都理工大学、中国辐射防护研究院、丹东东方测控技术有限公司、北京逸东机电技术开发有限公司、清华大学、核工业北京化工冶金研究院和平生医疗科技(昆山)有限公司;BGO晶体分别为清华大学、国家电网公司、南京航空航天大学、无锡通透光电科技有限公司、上海新漫传感技术研究发展有限公司、皇家飞利浦有限公司、光越科技有限公司、三峡大学、北京航天时代光电科技有限公司和美国西门子医疗解决公司;LSO/LYSO晶体分别为皇家飞利浦电子股份有限公司、皇家飞利浦有限公司、清华大学、中国科学院高能物理研究所、济南大学、无锡通透光电科技有限公司、西安电子科技大学、华中科技大学、通用电气公司和中国科学院物理研究所。其中,NaI(Tl)晶体专利排名前10的申请人中有6家为高校或科研院所,企业占比较少,申请人结构不甚合理;BGO晶体国内专利申请人中有2家为外资企业,LSO/LYSO晶体国内专利排名前10的申请人中有3家外资企业,且占据了申请人前2的位置。就企业申请人分析,3种晶体专利排名前10申请人的很大一部分都由外资或中外合资企业占据,这说明上述外资企业对3种专利在中国进行海外布局,将其专利受保护的地域进行扩展。除了上述外资或中外合资的企业,排名靠前的申请人很多都为高校或科研院所,中国的本土企业在相关专利的申请上仍处弱势。这表明中国3种

晶体的专利申请人结构不合理,本土企业没有发挥应有的作用。

1.3.2 光电器件

国内PMT专利排名前10的申请人分别为中国科学院上海光学精密机械研究所、清华大学、浙江大学、济南大学、中国科学院高能物理研究所、LG电子株式会社、山东省科学院海洋仪器仪表研究所、哈尔滨工业大学、天津大学和中国科学院西安光学精密机械研究所,这10名申请人除外资企业外,均为高校或者研究所,国内企业无一上榜,而欧美国家的主要申请人则为企业。与欧美国家相比,中国申请人结构极不协调,中国高校或研究所申请的专利通常是为了应付职务晋升,转化率不高;若企业成为该专利申请的主体,因其需要营利,能够有效促进专利进一步投入产出。

而中国受理的SiPM专利排名前10的申请人则呈现出个人、企业、高校等更为复杂的申请人结构,这10名申请人依据申请量从高到低依次为皇家飞利浦电子股份有限公司、皇家飞利浦有限公司、无锡通透光电科技有限公司、中国科学院高能物理研究所、魏海清、苏州瑞派宁科技有限公司、左慈斌、清华大学、明峰医疗系统股份有限公司和华中科技大学。但仅较PMT的申请人结构来说,6家企业申请人中有4家是本土企业,本土企业在SiPM专利申请上能够发挥出一定作用。其中北京师范大学在此专利上虽未排进申请人前10的位置,但该大学是中国SiPM探测器的起源地,该校的韩德俊课题组利用衬底体电阻作为淬灭电阻,研制出光敏面积为 $0.12\text{ mm}\times 0.12\text{ mm}$ 的SiPM单管及阵列,填充因子为41%,在430~480 nm的可见光范围内的光子探测效率为25.4%^[11],工艺精良,符合市场的需求。该实验室虽以科研目的为起始动力,但现在

已经实现了SiPM的产业化开发。无独有偶,排名第6的苏州瑞派宁科技有限公司与部分国内研究PET技术的实验室之间也多有合作,实验室在后为其提供技术研究,公司在前将技术转化为产品进行销售。所以,中国受理的SiPM专利申请人结构虽与发达国家以企业为主的申请人结构不同,申请量也远远少于PMT,但单较PMT专利申请人结构来说,SiPM的专利开发与市场联系相对更为紧密。

1.3.3 快电子学组件

从世界PET快电子学专利申请人排名来看(表2),中国2家公司——上海联影科技有限公司和苏州瑞派宁科技有限公司实力强盛,已跻身世界前列。其中,苏州瑞派宁科技有限公司实力卓越,不仅占据国内该专利申请人排名的重要位置,在世界排名中也十分靠前,排名第3。

将PET快电子学组件中的读出电路、数字化、时间提取三大分支对比来看(表2),都存在以个人身份跻身排名前10的专利申请人的现象,这一现象在时间提取的专利申请上更为明显。PET读出电路和PET数字化排名前10的专利申请人有2位是个人申请人,PET时间提取的10位申请人中有1/2是个人申请人。根据前述专利申请趋势,两者的专利申请量很少,增速也十分缓慢,说明其技术尚未成熟^[12-13],整体的科研水平尚在初级阶段,仍然需要大量的理论研究做支撑^[14],所以不符合多由企业构成的成熟的申请人结构也不足为奇。PET快电子学组件整体的专利申请量较少,其整体的前10申请人结构也不是完全由企业构成,未来该方面的专利申请还有很大发展空间。

表2 世界PET快电子学组件及其三大分支专利申请人排名

PET快电子学组件		PET数字化		PET读出电路		PET时间提取	
申请人	数量	申请人	数量	申请人	数量	申请人	数量
Toshiba Corp.	41	苏州瑞派宁有限公司	16	Koninklijke Philips N.V.	24	Toshiba Corp.	12
Koninklijke Philips N. V.	30	Toshiba Corp.	15	Koninkl Philips Electronics N. V.	14	Koninklijke Philips N. V.	2
Gen Electric	18	Koninklijke Philips N. V.	10	Gen Electric	14	Burr Kent C	2
苏州瑞派宁有限公司	22	北京全域医疗技术有限公司	2	Philips Intellectual Property	12	Gagnon Daniel	2
Koninkl Philips Electronics N. V.	19	Consejo Superior Investigation	2	Frach Thomas	11	Gen Electric	2
Philips Intellectual Property	14	Gen Electronic	2	Hitachi Ltd.	10	Kagaku Gijiyutsuchiy - ouHoushiy	2
Frach Thomas	11	Koninkl Philips Electronics N. V.	2	Toshiba Corp.	8	Kogyo Gijutsuin	2
Hitachi Ltd.	10	Philips Intellectual Property	2	Samsung Electronics Co. Ltd.	7	Siemens Medical Solutions	2
Samsung Electronics Co. Ltd.	7	爱克发医疗器械有限公司	2	Prescher Gordian	6	Xia LLC.	2
上海联影有限公司	6	Bachmann Peter Klaus	1	上海联影有限公司	6	Desco Menendez Manuel	1

2 PET产业产学研发展思路

从PET核心部件的专利分析可以看出其在专利申请人、专利质量、专利转化率和地域发展平衡性等方面存在一系列问题,从产学研理论出发,PET产业的发展离不开学校、科研院所、医疗企业三方的研究合作与资源交流,同时政府也应发挥一定的辅助作用。

2.1 搭建东西部沟通平台,提升西部PET产学研水平

如前所述,国内PET相关专利的地域分布,因西部的科教资源匮乏且经济欠发达,PET技术水平相对薄弱,绝大多数专利都由东部地区申请。为提升中国PET技术整体的产学研水平,政府应采取缩小东西部差距,提供PET技术的沟通平台,实现学与学、产与产、产与学的互通,即促进东西部学校间、企业间、学校与企业间的交流。此沟通平台以PET为核心但不限于PET技术,在促进PET产业发展的同时,也能够提升其他产业的产学研水平,带动西部的经济与科教实力,改善西部医疗水平,缩小东西部差距。

此举从宏观上看,促进国家整体发展平衡的效益远大于学校、科研院所和企业的收益,因此国家和政府需提供一定的政策倾斜,使得学校、科研院所和企业能从中获益,从而激发其参与该项目的积极性。针对企业,凡参与实施PET项目,主动吸纳西部学生和企业人员进入本企业,并为其提供学习和培训机会的东部企业,均可享受一定的税收优惠,或者政府为其颁发一定的荣誉性奖励,帮助其提升企业形象。对于学校,可在全国高校或科研院所间发起相应计划,例如PET技术人才培养计划,作为高校或研究所在招生时提升自己影响力和竞争力的砝码。

2.2 实现PET企业专利申请主体地位,协调专利申请人结构

PET企业最了解医疗市场的变动与发展趋势,在专利发明上,PET企业最关心的是一项专利能带来多大的市场价值;而高校和科研院所因其特殊的身份则多是以科研教学为目的,往往容易忽视经济

效益。当前中国PET核心部件方面的专利申请主体主要是科研单位或企业与科研单位并行的状态,如前所述,国内PMT专利申请人绝大多数都是高校或者研究所,这不利于最大程度地实现专利的经济价值^[5]。为解决PET部分专利申请人结构不协调的问题,高校和科研院所应将其所有的PET专利合理转让给医疗器械企业,企业针对该专利发明的特性,结合市场所需,促进其走向市场,提高转化率。促使PET专利转让需要以下2点支撑。

1) 提高医疗器械领域的知识产权意识。一方面,大多科研人员仅通过专利实现职务晋升^[6],这导致中国PET核心部件专利的转化率低,高校或研究所需增强将专利转让给或许可企业使用的意识,让PET专利技术能够为市场所用;另一方面,企业通过产学研合作主动向高校或科研院所购买PET专利技术的意识较差,需在政府加大宣传的同时,企业自觉加强知识产权意识,才能提升PET专利转化率,使得专利申请人结构更为协调。

2) 完善专利技术转让立法。产学研体系运作的基础在于技术转让,企业同科研院所或高校在面临转让PET技术时需要签订技术转让合同。但中国的专利技术转让立法并不完备,企业在购买技术时往往陷入无法可依的境地^[7],事后往往容易产生权利纠纷,不利于维护技术转让的安全性,导致中国PET系统相当一部分专利并没有从高校和科研院所转让给企业。国家应尽快完善相关立法,为PET技术转让提供法律依据,促进产学研发展。

2.3 促进PET专利技术转让,扩大专利地域覆盖面

在搜索中国PET相关专利的申请人时,排名在前的有很大比例由外资企业构成,这说明一部分手握PET相关专利的外国企业不仅在其注册地或登记地申请专利,也积极在中国再次申请同族专利,扩大其专利受保护的地域,同时也控制住中国在该领域的PET产业市场。

应当将中国所掌握的PET专利也在市场广阔的其他国家或地区进行申请,但高校或科研院所掌握的PET专利大多出于科研目的,让这两者去国外申请专利无法获得直接的经济效益,相对企业来说缺乏一定的积极性。国家应出台相应的引导政策,

促使高校和科研院所向企业转让其所掌握的PET专利,再由企业根据市场指引,在别的国家或地区再次注册该专利,积极拓宽市场。同时也可以促进PET企业走出去,改善当前中国医疗器械产业多为小微企业的现状,提升医疗器械行业整体的经济效益,打破当前欧美企业始终占据医疗器械行业垄断地位的僵局。

3 结论

医学影像装备在人类疾病诊断中发挥了巨大作用,PET是医学影像设发展的重要方向之一。但从PET的三大核心部件的专利分析来剖析,该领域尚存申请人结构不协调、东西部研究水平存有差异、科研水平较不足等问题。目前中国对PET等高端医疗器械的需求迫切且经济总量较大,中国也正着力打造具有自主知识产权的PET产业,若能补足PET技术发展及技术转让的不足,未来PET产业将是医疗器械中极具潜力的领域。

参考文献(References)

- [1] 谢庆国, 夏荣生, 李娜, 等. PET时间分辨率和能量分辨率互换性探讨[J]. 计算机工程与应用, 2007, 43(14): 110-111.
- [2] Deng Z Z, Xie Q G, Duan Z W. PET image reconstruction from finite linogram via Direct Fourier and Logarithmic Barrier Method[C]//Nuclear Science Symposium and Medical Imaging Conference (NSS/MIC). Piscataway, NJ: IEEE, 2011: 4106-4109.
- [3] Pan W C, Wu H D, Luo J J, et al. Cs₂AgBiBr₆ single-crystal X-ray detectors with a low detection limit[J]. Nature Photonics, 2017, 11(11): 726-732.
- [4] 范亚明, 王天泉, 李英桐, 等. PET探测器晶体研发现状[J]. 核电子学与探测技术, 2018, 38(4): 533-539.
- [5] 任国浩. 无机闪烁晶体在我国的发展史[J]. 人工晶体学报, 2019, 48(8): 1373-1385.
- [6] Qin L S, Li H Y, Lu S, et al. Growth and characteristics of LYSO (Lu_{2(1-x-y)}Y_{2x}SiO₃: Ce_y) scintillation crystals[J]. Journal of Crystal Growth, 2005, 281(2/3/4): 518-524.
- [7] Buzhan P, Dolgoshein B, Ilyin A, et al. An advanced study of silicon photomultiplier[J]. ICFA Instrum Bull, 2001, 23(1): 21-28.
- [8] 孙莉丹. 新时期光电子器件及其技术发展史研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2015.
- [9] Deng Z Z, Xie Q G. Quadratic programming time pickoff method for multivoltage threshold digitizer in PET[J]. IEEE Transactions on Nuclear Science, 2015, 62(3): 805-813.
- [10] 张婷, 陈娟, 池慧, 等. 基于专利分析的医疗器械领域技术竞争态势研究[J]. 中国医疗设备, 2019, 34(5): 107-113.
- [11] 谢肇恒, 周坤, 李素莹, 等. 用于核医学成像的硅光电倍增管光电探测器的研究进展[J]. 中国医疗设备, 2016, 31(9): 73-79.
- [12] Deng Z Z, Xie Q G, Duan Z W, et al. Scintillation event energy measurement via a pulse model based iterative deconvolution method[J]. Physics in Medicine & Biology, 2013, 58(21): 7815-7827.
- [13] Deng Z Z, Liu Y Q, Wu Z T, et al. Maximum likelihood solution of arrival time for the event pulse modeled by filtered inhomogeneous poisson process in PET detectors [J]. Journal of Nuclear Medicine, 2015, 56(suppl 3): 1842.
- [14] Wang Q, Deng Z Z. Elliptic solitons in (1+2)-dimensional anisotropic nonlocal nonlinear fractional schrodinger equation[J]. IEEE Photonics Journal, 2019, 11(4): 106-110.
- [15] 胡一茹. 浅谈医疗器械科技创新能力的提升路径——以专利分析为视角[J]. 科技中国, 2019, 258(3): 76-80.
- [16] 杨超, 郑雪倩. 关于医疗行业专利权的思考[J]. 中国卫生人才, 2018, 244(8): 43-46.
- [17] 李娜. 产学研用深度融合的机遇与实现路径[J]. 中国成人教育, 2019, 461(4): 22-24.

Patent analysis of PET core components and development of enterprises, universities and research institutions

DENG Zhenzhou^{1,2}, HE Shanshan^{2,3}, CHEN Anqing^{1,2}, LIU Zhenliang^{1,2}, LI Anyi^{1,2}, DENG Yushan^{1,2}

1. Information Engineering School, Nanchang University, Nanchang 330000, China
2. PET Laboratory, Nanchang University, Nanchang 330000, China
3. Law School, Nanchang University, Nanchang 330000, China

Abstract The positron emission tomography (PET), as a cutting-edge disease detection technology, plays an important role in the medical detection fields such as for the nervous system diseases, the cancer and the cardiovascular and cerebrovascular diseases, with a great economic value. This paper concerns three core components of the PET, as is different from the mainstream direction of the PET technology analysis. With the patent analysis as the starting point, comparing the status quo of the PET patent applications at home and abroad, it is found that the patent core applicants in China have uncoordinated structures, with differences in the research levels between the east and the west, and relatively insufficient research levels. A structural reform of the PET industry is proposed, with several reform measures for the government, the society, the enterprises, the universities and the research institutes.

Keywords positron emission tomography; patent; industry-academia-research; intellectual property rights ●



(责任编辑 王志敏)