DOI：10.19789/j.1004-9398.2023.05.009
文献引用：王海，周文，史巍．化学机械抛光垫在集成电路制造中的专利技术分析[J]．首都师范大学学报（自然科学版），2023，44（5）：52-61.
WANG H，ZHOU W，SHI W. Analysis of patented technology of chemical mechanical polishing pad in integrated circuit manufacturing[J]. Journal of Capital Normal University（Natural Science Edition），2023，44（5）：52-61.

化学机械抛光垫在集成电路制造中的专利技术分析

王　海*，周　文，史　巍

（国家知识产权局专利局专利审查协作北京中心，北京　100160）

摘要：通过对美国罗门哈斯公司1997—2020年在抛光垫领域的专利申请进行分析，得到其全球专利申请量分布和申请趋势、专利转让情况、专利法律状态、专利布局区域、专利引用状况以及技术发展脉络等重要信息。确定了该公司从1909年至今在该领域中的研发历程和研发重点方向，为我国企业在该领域的发展和突破，以及在技术和区域方面的专利布局提供一定的参考，促进我国在化学机械抛光垫领域中的健康发展。

关键词：化学机械抛光；抛光垫；专利分析；技术路线
中图分类号：TN305.2　　**文献标识码**：A

Analysis of patented technology of chemical mechanical polishing pad in integrated circuit manufacturing

WANG Hai*，ZHOU Wen，SHI Wei

（Patent Examination Cooperation （Beijing） Center of the Patent Office，CNIPA，Beijing　100160）

Abstract：By analyzing the patent applications of American Rohm and Haas in the polishing pad field from 1997 to 2020，we can obtain important information such as the distribution and trend of its global patent applications，patent transfer situation，patent legal status，patent layout area，patent citation status，and technology development context. It has determined the technical route and focus in this field since 1909，providing certain reference for the development and breakthrough of Chinese enterprises in this field，as well as the patent layout in technical and regional aspects，and promoting the healthy development of China in the field of chemical mechanical polishing pad.

Keywords：chemical mechanical polishing；polishing pad；patent analysis；technical route
CLC：TN305.2　　**DC**：A

0　引　言

化学机械抛光是集成电路制作中一项重要工序，对集成电路产生重要影响。化学机械抛光技术在我国发展比较晚，发展缓慢，其核心技术一直掌握在国外公司手中，在我国属于卡脖子技术之一。

收稿日期：2022-08-11
* 通信作者：wanghai_1@cnipa.gov.cn

而该项技术属于芯片制造中比较基础的工序,对芯片产业起着重要的作用。

化学机械抛光是对晶元表面平坦化处理的重要手段,能够提高芯片的制造精度,芯片要求的精度越高就越需要对晶元进行多次抛光,如28 nm制程的芯片需要进行12次抛光处理,10 nm制程要进行多达30次的抛光,否则,无法达到制备高精度芯片的制程需要。此外,其对芯片的成品良率,有着重要的影响。目前,全球抛光垫市场,美国陶氏(主要是合并了罗门哈斯的业务)垄断了市场份额的79.0%,美国卡博特占据第2位,第3、4位分别被美国托马斯·韦斯特和日本富士纺占据,日本合成橡胶排名第5,上述5家企业借助其强大的技术储备以及先发优势,市场份额总量超过了90.0%,且美日企业长期垄断了抛光垫市场。我国涉及该领域的企业主要有鼎龙股份控股有限公司(湖北武汉)、宁波江丰电子材料有限公司和上海芯谦集成电路有限公司,其中鼎龙打破了国外的垄断,实现了进口产品的替代,能够实现抛光垫产品的全覆盖,近年来在国内市场占有率不断提高,到2021年,国内市场占有率约为15.0%。但是,由于我国这方面的知识储备不足,再加上研发起步较晚,在全球市场上还未能占有一席之地。

随着芯片产业的快速发展,抛光垫技术在芯片制造产业中的地位越来越重要,且我国有着广阔的市场需求。但是,我国在该领域技术相对滞后,急需对该技术进行突破。通过对国外知名公司的专利进行梳理,借鉴相关经验,是实现上述突破的途径之一。刘国瑞等[1]借助Questel公司的Qrbit专利数据库,对高分子聚合物抛光垫的相关专利进行了梳理和分析,主要从宏观角度和整体层面分析了中国内地在该领域的专利情况,为相关产业布局提供指导性建议;吴洪波[2]对化学机械研磨终点检测方面的专利进行了相关的综述,对研磨终点的确定方法和手段进行了相应的归纳和总结;曹威等[3]对化学机械抛光垫的研究进展进行了综述,从抛光垫的设计制造、磨损和修整等方面进行了相关的总结,指出在上述几方面存在的问题以及展望其发展前景;Ren等[4]研究了抛光垫的材料去除率和材料去除的分布,提出了新的材料去除模型;Uneda等[5]研究了柔性纤维调节器,通过捆绑细纤维来适当粗化焊盘表面,此外,还涉及使用聚醚醚酮(PEEK)制造的调节器,使用抛光垫磨合调节后,可立即实现稳定的去除率。上述文献主要从非专利文献方面进行了综述或研究,并未涉及专利方面的信息。

本文拟通过INCOPAT和德温特全球专利索引(derwent world patents index,DWPI)数据库,对罗门哈斯公司在抛光垫领域的专利进行检索,首先采用关键词和国际专利分类表(international patent classification,IPC)国际分类号相结合的方式获得总体文献,然后采用人工标引的方式确定相关的文献,再通过归类,对罗门哈斯的专利进行全面地、有重点地聚类分析,充分挖掘数据中存在的关键技术、专利布局和法律等信息,理清其技术发展的脉络,并确定部分重要的专利,其中重要的专利是综合考虑了其家族被引证频率、同族专利情况以及技术要点等筛选确定的。通过上述研究和总结,以期指导企业进行技术攻关,缓解当前芯片领域遇到的困境,且根据对专利的分析来避免专利侵权,并借助法律信息方面的分析来提高企业的竞争优势,为相关企业进行专利战略布局、积极推进技术开发和产业化提供一定的参考。

1　背景介绍

1909年,罗门哈斯公司成立于美国费城,至今已有110多年的历史,是美国最大的精细化工公司,为全球100多个国家及地区的客户提供优质的产品和服务;2009年,陶氏化学公司完成对罗门哈斯公司的收购,陶氏收购后,获得了化学机械抛光(chemical mechanical polishing,CMP)抛光垫技术和完整的专利布局,进一步巩固了陶氏公司抛光垫的市场份额;2015年,陶氏化学和杜邦宣布合并新公司将成为全球仅次于巴斯夫的第二大化工企业,杜邦可提供全系列的抛光垫和抛光液,与陶氏合并后,CMP抛光垫产品占全球市场份额的85.0%以上,30英寸抛光垫的市场占有率更高;2019年,陶氏杜邦拆分,拆分后CMP抛光垫业务划分在新杜邦的电子材料业务板块。

依托罗门哈斯公司在抛光垫领域的积累,结合杜邦、陶氏以及罗门哈斯自身的优势,尤其是在全球半导体行业兴起的大背景下,罗门哈斯公司在半导体芯片抛光和研磨领域中独树一帜,在抛光垫的制造和研发方面也取得了巨大进步,是目前拥有最多专利族的一家公司。不同的应用领域均有相关的专利布局,包括抛光垫的总体设计,沟槽的设计与制造,抛光垫材料的研发和制备,抛光垫的制作,抛光垫使用寿命以及性能的提高,研磨终点的检测方法,以及抛光垫窗口的设计和制备,抛光层与基

材层的粘贴等,不仅数量多,且核心专利授权数量多,引用和被引频次高,在世界范围内专利布局广泛,也从侧面反映出罗门哈斯十分注重技术的保护和布局,从多个角度和方向进行多方位保护。

2　专利申请的态势分析

2.1　抛光垫专利总量申请趋势

罗门哈斯全球抛光垫专利总量申请趋势如图1所示。1997—2020年,罗门哈斯全球抛光垫专利总量为266件,出现了2个明显的峰值,共分为4个阶段,分别是技术萌芽阶段,技术积累和发展阶段,技术成熟阶段及技术调整阶段。技术萌芽阶段(1997—2002年),共申请17件专利,主要涉及抛光垫的制造、设计及相关的条件进行初期的技术积累;技术积累和发展阶段(2003—2010年),共申请151件专利,在技术萌芽阶段的基础上,进一步对其工艺和设计进行改进和提高;技术成熟阶段(2011—2019年),共申请106件专利,主要对各项技术进行进一步的完善和改进;技术调整阶段(2020—至今),主要针对在专利布局上的不足进行相关调整,此时,由于前期的布局已经形成,商品化的抛光垫已经占领市场,因此,专利申请量显著下降。2003年专利申请量开始逐步提高,到2004和2005年达到申请量的高峰,申请量分别高达29和28件,占据了其整个申请量的20.0%。值的一提的是,自从2003年开始,罗门哈斯开始在中国进行专利布局,专利申请量达到了8件。2007—2010年进入技术的平缓期,在此期间,申请量维持在平均每年15件左右。这一时期,也是全球半导体芯片需求量猛增的时期。直到2011年,进入波谷,申请量仅为2件,随着其在本领域内地位的稳固以及技术的相对成熟,专利申请量逐年下降,到2020年关于抛光垫的申请量仅为2件。

2个波峰的申请量(2004—2005和2014—2015年),占据了总申请量的34.0%,后一个波峰持续的时间相对也较长,这与全球的经济形势以及对半导体芯片的需求密切相关。罗门哈斯在中国专利布局较多,2003—2019年,在中国的申请量总计为137件,占其专利申请总量的48.5%,几乎占了一半。在2012—2019年这一个波峰期间,在中国的申请量百分比相对于2003—2010年这一个波峰期间要大,这说明其十分注重在中国的专利布局,其布局的重点已经从国外转移到中国(文中所涉及的信息均未统计台湾省、香港和澳门特别行政区)。

2.2　专利分布的主要区域

罗门哈斯抛光垫专利申请的全球地域分布如图2所示。主要分布于日本、韩国、中国、美国、德国、法国以及欧洲地区。专利申请主要分布于亚太地区,占其申请总量的80.0%,主要是由于日本是全球半导体芯片的主要技术集中地,其涉及的领域广泛,数量众多,同时霓塔公司也与罗门哈斯公司合作较多;韩国的半导体产业发达,有三星企业和LG

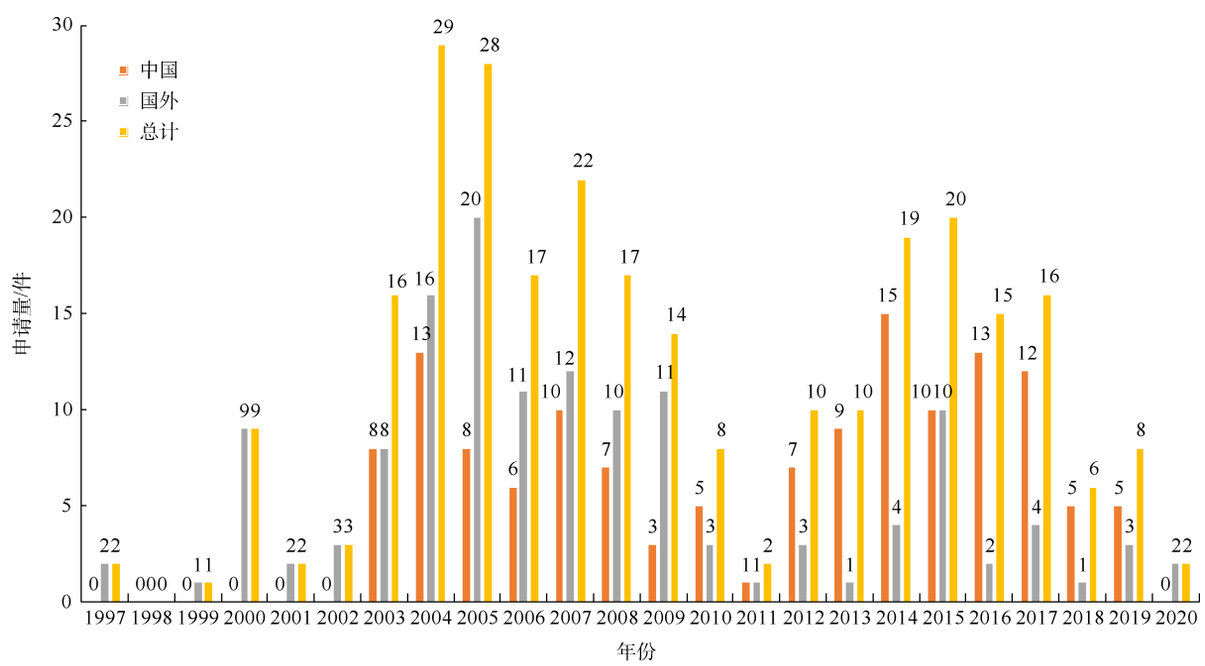
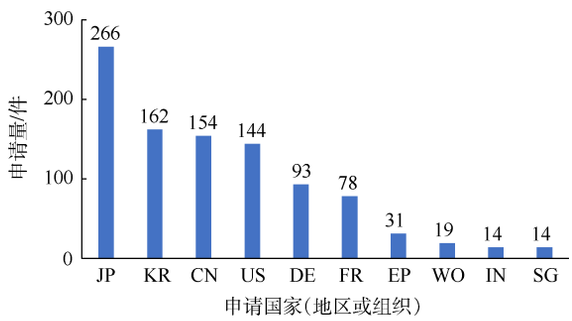


图1　罗门哈斯全球抛光垫专利总量申请趋势

公司,也是全球芯片的主要供应商;美国是半导体技术的发源地,其中硅谷更是半导体产业的集中地,在上述地区进行专利布局也是自然选择的结果。罗门哈斯注重在亚太地区进行相关专利布局,说明其十分重视亚太地区的相关市场,也说明亚太地区在全球半导体产业中的地位十分重要,是相关技术竞争激烈的地区,尤其是最近的10多年,中国经济崛起,成为世界经济的引擎,罗门哈斯逐步将专利布局的重心转移至中国。



注:JP为日本;KR为韩国;CN为中国;US为美国;DE为德国;FR为法国;EP为欧专局;WO为世界知识产权组织;IN为印度;SG为新加坡。

图2　罗门哈斯抛光垫专利申请的全球地域分布

2.3　部分重要专利

2.3.1　在中国部分重要专利

罗门哈斯在中国抛光垫领域中的部分重要专利如表1所示。有8篇专利提出了具有特殊结构的抛光垫,其中,涉及抛光垫上终点检测窗口的技术,如采用脂肪族聚异氰酸酯[6],含羟基材料和固化剂的反应形成;抛光垫上沟槽的设计和制造[10],如采用一定的数学公式为基础,按照一定的规律设计沟槽的布局,采用一定的工具和加工方法实现沟槽的制造;沟槽截面形状设计[11],以便实现与抛光液的紧密配合,达到提高抛光效率减少划痕的目的;抛光垫材料的结构[8],如添加特定的弹性粒子添加剂,达到研磨的目的,也是提高研磨效率、研磨精度、研磨平坦性和减少划痕的重要手段;制备具有封闭孔结构或者多个抛光纤丝层、多种沟槽的配合以及使沟槽与抛光液进行相互配合,以提高研磨的精度、提高研磨液的利用率,从而提高研磨效率,降低成本。

文献[4]和[9]中除了涉及其中的抛光垫的结构,还涉及窗口材料的组成,其中所述终点检测窗口包括窗口预聚物和窗口固化剂体系:窗口预聚物,其中所述窗口预聚物选自具有2.0%~6.5%的未反应的NCO基团的异氰酸酯封端的氨基甲酸酯预聚物,以及窗口固化剂体系。所述窗口固化剂体系包含:≥5.0%的双官能的固化剂,≥5.0%的窗口胺引发的多元醇固化剂,所述窗口胺引发的多元醇固化剂每个分子具有≥1个氮原子,并且每个分子平均具有≥3个羟基,以及25.0%~90.0%的窗口高分子量多元醇固化剂,所述窗口高分子量多元醇固化剂的数均分子量为2 000~100 000,并且每个分子平均具有3~10个羟基。CN102554765A中抛光垫包括具有抛光表面的抛光层和光稳性聚合物终点检测窗,该检测窗包括含有氨基部分的芳香聚胺与异氰酸酯封端,含有未反应-NCO部分的预聚多元醇进行聚氨酯反应的产物,以及包括≥1种UV吸收剂和受阻胺光稳定剂的光稳定剂成分,其中以<95.0%的氨基部分与未反应-NCO部分的化学计量比来提供芳香聚胺和异氰酸酯封端的预聚多元醇。其中光稳性聚合物终点检测窗在持续等轴拉伸载荷为1 kPa、60 ℃恒温、100 min时,测定具有≤0.2‰的依时应变,并且在380 nm的波长下对于1.3 mm的窗厚度具有≥15.0%的双光通量。

文献[9]和[13]中涉及一种形成抛光垫的步骤和方法,以及使用抛光垫研磨的方法和步骤,抛光垫具有多个不同走向和一定曲率的凹槽,通过控制该凹槽的曲率,并调节不同走向凹槽之间的夹角,能够实现更大的抛光垫与工件的接触面积和能更有效地除去抛光碎片的浆料流动模式,并减少或消除对重新织构化的需要。而且,还需要将刚性的坚硬结构(实现优良平面化效率)和较软的保形结构(实现低缺陷率)结合起来的CMP垫结构。CMP垫结构能在紧邻抛光表面的抛光层中提供高空隙体积,以促进浆料很好地到达抛光垫与工件的单个接触点,但是在远离抛光表面的抛光层中不呈现大空隙体积(这种空隙体积可能支持停滞浆料和抛光废物的积聚)。这些特征能在抛光垫和晶片之间提供更大的实际接触面积,并在抛光垫与晶片之间的流体动力区中提供比使用常规抛光垫所实现的更有利的浆料流动模式,并且提供自我更新结构,减少或消除对抛光垫修整的需要。而且,这些特征的作用方式能在长度规模上使抛光垫坚硬,这是优良的平面化效率所需的,同时又在更短的长度规模下使抛光垫柔顺,这是低缺陷率所需的。

2.3.2　国外重点专利

罗门哈斯在国外关于抛光垫领域中的部分重

表1 罗门哈斯在中国抛光垫领域中部分重要专利

公开号	被引证次数	家族被引证次数	指定国家和地区[a]	技术要点
CN1622289A[6]	17	120	DE,JP,KR,EP,CN,US	具有终点检测窗口的抛光垫,窗口是由脂肪族聚异氰酸酯、含羟基材料和固化剂的反应形成;透光率、终点检测的可靠度和测量精度得到提升
CN101239457A[7]	6	61	JP,KR,CN,US	聚合物基质中包含高弹性聚合物,来自丁二烯和丙烯酸酯单体聚合物;硬度和抗拉强度得到改善
CN101306517A[8]	3	30	JP,KR,CN,US	有封闭的单元孔结构
CN1541807A[9]	7	87	JP,KR,CN,US	抛光垫具有使基片平面化的抛光层,在抛光层中形成并从抛光层的外周边向内延伸的一或多个槽;在从抛光层外周边延伸大部分距离到抛光层中心的一区域中控制开槽的圆周百分率
CN101077570A[10]	5	73	DE,IN,JP,KR,CN,FR,US	具有粗糙结构,高撕裂强度抛光垫
CN101367202A[11]	8	50	SG,IN,JP,KR,EP,CN,US	抛光垫包含多个抛光纤丝层
CN1617308A[12]	4	31	DE,JP,KR,EP,CN,US	研磨层包含至少局部延伸到研磨区的多个凹槽,凹槽包括多个混合结构,用于致使置于凹槽的下部内的浆液与置于凹槽的上部内的浆液混合
CN101134292A[13]	3	28	DE,IN,JP,KR,CN,FR,US	至少1个第2凹槽与至少1个第1凹槽交叉至少2次,从而限定出至少1个具有4个弯曲侧面的四面形凸块
CN104942702A[14]	3	27	DE,JP,KR,CN,FR,US	窗口制剂具有高要求的抛光应用所需的耐久性,终点检测窗口是塞入性窗口
CN102554765A[15]	2	57	DE,JP,KR,CN,FR,US	使用具有波长<400 nm的光稳性聚合物终点检测窗,现基板抛光终点检测,聚合物终点检测窗抗降解,窗口不变形,具有抛耐久性
CN1660543A[16]	5	33	JP,KR,CN,US	用粘接剂层双层叠层在1个底垫的相对侧面,通过上粘接剂层连接1个抛光垫顶层到底垫

注:[a]被指定的国家越多,间接说明专利越重要,从被指定的国家和地区也能看出,该专利受保护的地域范围。

要专利列于表2。专利[17-19]和[22-23]主要涉及抛光垫的结构,如使用水基微球分散在聚合物中,提高抛光液的分散程度,从而提高研磨效率和平坦度[17];提高聚氨酯泡沫材料的密度和孔隙率的均一性,提高研磨效率[18];通过在抛光垫上设置贯通孔[19],提高对抛光液的分散程度,同时配合检测窗口的检测,提高检测效率;或者通过多层结构来避免研磨液对抛光垫的渗透作用,减少层间的剥离[22];还可以通过使用输水材料层[23],减少研磨液对抛光垫的渗透,减少层间剥离;文献[20]主要涉及对抛光垫所用聚氨酯材料性能的改进来实现抛光效率的提高;文献[21]主要涉及抛光垫沟槽的设计和使用,利用沟槽的结构特点来提高研磨液的利用率;文献[24]和[26]主要涉及抛光垫的制备工艺,前者涉及凹槽的形成方法,后者主要通过退火工艺的实现,克服现有技术中窗口容易凸起,从而导致不良的端点检测。

2.4 专利的转让情况分析

罗门哈斯的专利转让相对于东洋橡胶以及富士纺等其他公司所占比例较多,在282件专利中,通过个人转让获得17件,所占比例约为6.0%,其中经过3次转让的为3件,经过2次转让的为7件,经过1次转让的为7件。这17件专利中申请人都是个人,最后的专利权人是罗门哈斯。

2.5 在中国有效专利

在抛光垫领域,罗门哈斯在中国有效专利量共计110件,其中主要涉及材料结构和材料组成方面,占其总有效专利的71%。对于制备方法方面的专利所占比例相对较少,为20%,主要涉及激光技术对沟槽的构建、对检测窗口的加工和构建、整体抛光垫的制备和聚氨酯材料的制备等,对于一系列商品化的抛光垫而言,产品的品质稳定性很重要。因此,一旦找到合适的制备方法,将其相对固定下来就显得尤为重要,这样才能够生产品质均一的商品化抛光垫。

罗门哈斯在中国有效专利授权量与年份的关系如图3所示。与图1中的申请量大数据也是一致的,在2个申请量的高峰阶段,授权量相应也是最多的。由在中国专利授权量可知,罗门哈斯在该领域的技术领先性以及重要性。上述授权的专利数量也能够说明罗门哈斯研究的重点,也恰恰能够与其涉足的领域相匹配,因为专利申请的最终目的是为其抛光垫商品市场服务。目前,已经推出了多个系列的抛光垫,如IC系列、Suba系列、MH、Supreme、

表2　罗门哈斯在国外抛光垫领域中部分重要专利

公开号	被引证次数	家族被引证次数	指定国家和地区	技术要点
US20080188163A1[17]	11	13	US	水基抛光垫,分散着微球体的聚合物基质,其被施加到渗透性基材上;缺陷减少、抛光性能改进
US20080242755A1[18]	5	30	US	提高密度和孔隙率的均一性,解决普通聚氨酯研磨垫研磨晶元被研磨程度不同的缺陷
JP2006239833A[19]	13	13	JP	抛光垫设置凹部的未加工部分,在抛光垫的厚度方向上贯通的贯通孔的周边部分
JP2006344892A[20]	9	13	JP	待抛光物质边缘拐角不会被切除,可保持待抛光物质整个表面均匀;聚氨酯浸渍并硬化无纺布,具有90~100硬度,压缩性1.0%~2.5%,恢复因子50.0%~65.0%;获得小GBIR和小SFQR的良好均匀度
US20080182489A1[21]	9	21	IN,US	形成有多个垫凹槽的抛光层与载体(晶片)共用,载体包括具有凹槽的抛光环,增强载体环下方的抛光介质在载体环前缘上的输送
JP2009095945A[22]	19	19	JP	通过用作粘合剂层的双面胶带粘附,屏蔽研磨浆料,防止研磨浆料渗透到背面上的带中,防止抛光速率下降,并且还防止层剥离
JP2004311722A[23]	12	12	JP	在抛光层与基体层之间设置缓冲层,其采用含氟或硅材料包覆,防止抛光液的渗透破坏抛光垫
US20050275135A1[24]	13	50	JP,US	退火工艺,窗口与抛光垫分别进行初级退火,之后共同进行次级退火,克服现有技术中窗口容易凸起,从而导致不良的端点检测
US20060226567A1[25]	32	45	US	具有流体填充的未膨胀微球的聚合物基质,固化和加热聚合物基质和微球使微球膨胀,得抛光垫
US7234224B1[26]	33	42	JP,US	保持作为钻头直径的函数的平均速度,使用旋转钻头形成凹槽,由此可以更高速率形成凹槽,同时保持高凹槽质量和低缺陷率

注:GBIR表示背面基准的整体平坦度指标;SFQR表示表面基准的整体平坦度指标。

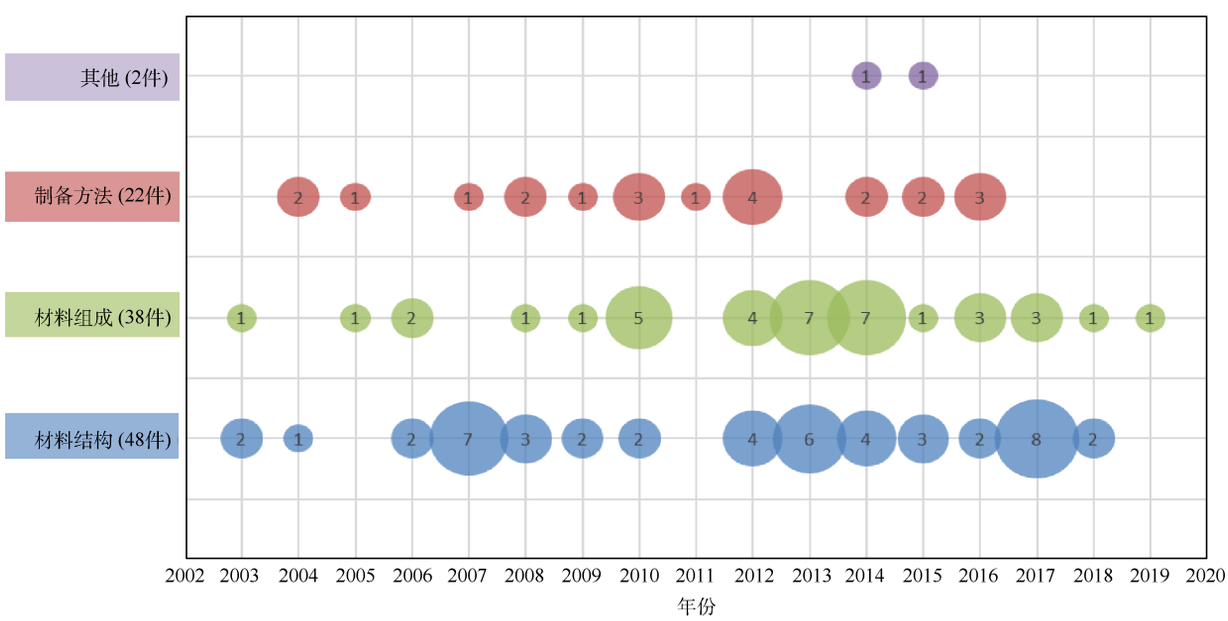


图3　罗门哈斯在中国有效专利授权量

WhiteX、POLITEX、DPC、NP、NALCO、Nanopure和Machplaner等,在抛光垫领域中其占有的市场份额达85%以上,基本处于垄断的地位。

2.6　技术方向分布

抛光垫技术方向数量分布如图4所示。在抛光垫领域中,研发重点在于抛光垫的结构方面,主要涉及抛光垫表面沟槽图案的布局和排布,如按照一定的数学公式计算得到的各种图案(圆环型、网格型、放射型、渐开线型、螺旋线型、复合型、仿生结构、其他各种曲线型,以及各种图案之间的组合),

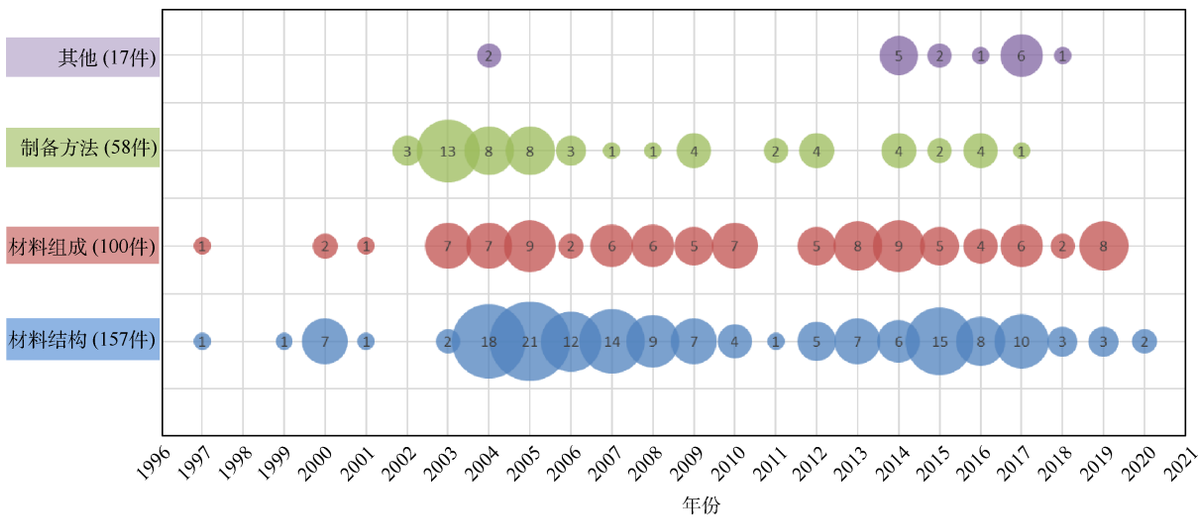


图4　抛光垫技术方向数量分布

沟槽的形状(横截面)涉及矩形、三角形、向半径方向倾斜的沟槽和梯形。上述结构的设置主要是与抛光液相互配合,利用其特殊的几何结构,调节抛光液在研磨垫上的停留时间,从而提高研磨效率,减少对晶元的损伤。同时,为了监测抛光垫的更换时机,制造了带有指示抛光垫更换的机制,利用直观可见的、对指示装置的磨损情况判断更换时机,或在磨损块材料中加入荧光指示剂,利用荧光检测来指示抛光垫的磨损情况,从而确定更换时机。与上述关注点相关的专利申请主要集中在2003—2009年,这一时期罗门哈斯也推出了自己商品化的抛光垫,如IC系列和VisionPad™系列,以及之后推出的一系列商品化的抛光垫。

2.7　罗门哈斯抛光垫技术特点

抛光垫结构和材料组成技术路线如图5和6所示。研究重点:抛光垫表面沟槽的布局和形状方面以及沟槽截面的设计;抛光垫材料的改性;抛光垫的加工以及沟槽加工方式的创新。对于抛光垫的结构,其发展的途径为:简单沟(凹)槽图案布局→复杂沟(凹)槽图案布局→抛光层微小凸起[27-28];单一沟(凹)槽截面→复杂沟(凹)槽截面;对于材料的种类,主要涉及聚氨酯材料,材料种类相对单一,形成方法相对单一。

3　分　析

2008年,罗门哈斯与IBM进行合作研发32和22 nm制程的先进CMP技术[29],这也与半导体的研磨抛光密切相关。同年,VisionPad平台家族又增添一款新品——VisionPad™ 5000 CMP研磨垫。这款研磨垫可用于65 nm以下存储及逻辑芯片的量产,能大大降低浅沟槽隔离工艺及层间绝缘应用的缺陷率。VisionPad™ 5000采用了CMP技术事业部专门设计的聚合材料,适用于各种市售研磨液,能显著降低研磨缺陷率。此外,孔隙尺寸及密度的优化设计也是此款新品的主要设计亮点[30]。

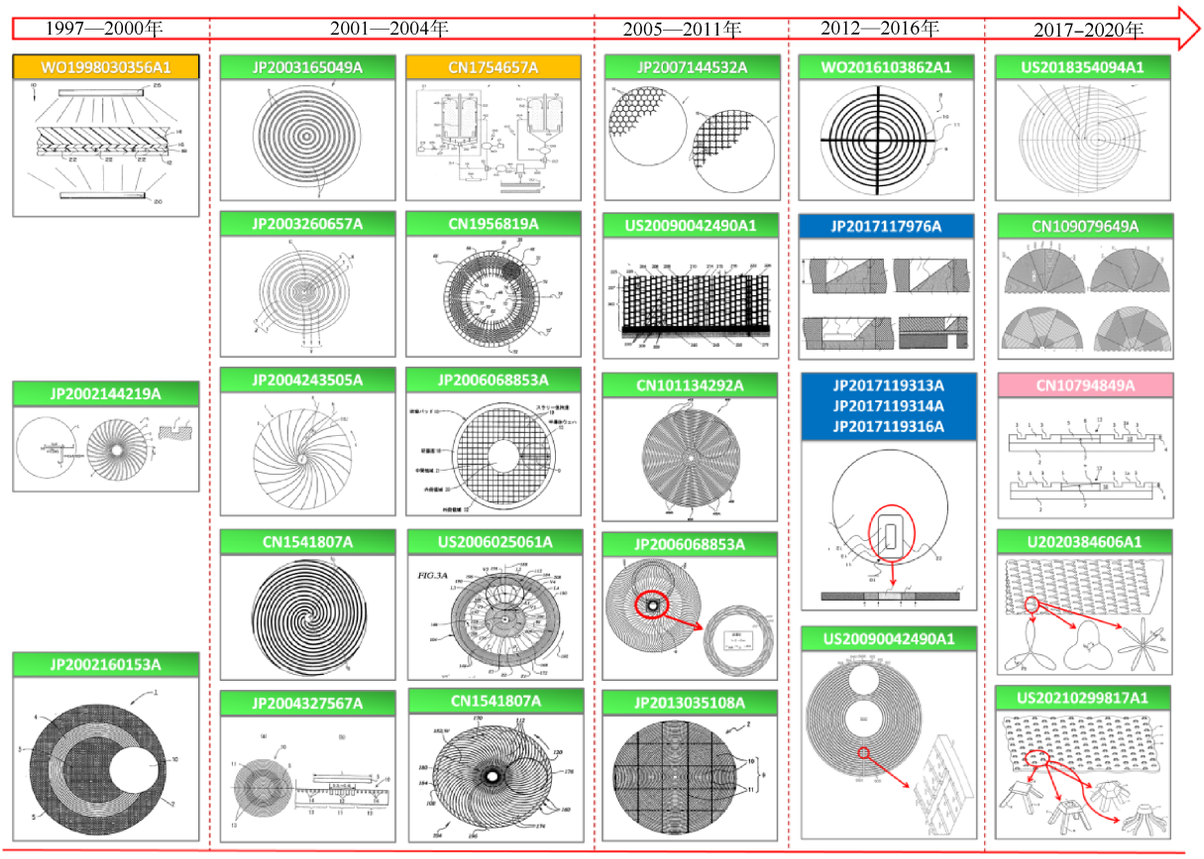
从罗门哈斯商品化的抛光垫,结合以上对罗门哈斯现有专利的集中分析,尤其是从技术路线图可知,罗门哈斯在该领域包括了抛光垫的总体设计,沟槽的设计与制造,抛光垫材料的研发和制备,抛光垫的制作,抛光垫使用寿命以及性能的提高,研磨终点的检测方法,以及抛光垫窗口的设计和制备,抛光层与基材层的粘贴等抛光垫的各个方面。但其主要的关注重点或技术研发方向为抛光垫的结构和抛光垫材料的组成方面。

3.1　特别注重抛光垫结构方面的研究以及专利布局

抛光垫的形状特征是整个抛光垫领域中特别重要的方面,决定了抛光液在抛光垫中的分布和抛光效率,因此,其也是研究人员的研究重点之一。

(1)抛光垫表面的沟槽图案以及布局。罗门哈斯涉及的沟槽图案和布局主要为各种几何形状,主要遵循一定的数学模型,如从抛光垫原点向四周延伸的放射线、圆环型、网格型、渐开线型、螺旋线型、复合型、仿生结构、复杂的线形、其他各种曲线型以及各种图案之间的组合,甚至在同一个抛光垫的不同区域采用不同形状的图案布局。

(2)抛光垫沟槽截面的形状。在初期,一般选择矩形,随着经验的不断积累和实际生产中遇到的问题,沟槽的截面也被设计成三角形、向半径方向



注:绿色和蓝色标识的文献涉及沟槽布局设计以及沟槽截面的改进;黄色和粉色标识的文献涉及抛光垫的制备工艺。

图 5　抛光垫结构技术路线

倾斜的沟槽、梯形和喇叭口形等。上述结构的设置主要是与抛光液相互配合,利用上述特殊的几何结构,调节抛光液在研磨垫上的停留时间,从而提高研磨效率,减少对晶元的损伤,还能降低成本。

(3)抛光垫窗口的设计和制造。罗门哈斯提出了使用激光对沟槽以及窗口孔的位置进行加工,采用有交叠区域的激光束,能够使沟槽精度提高;同样能够减少窗口位置的聚氨酯等高分子材料的缺陷,从而在进行光学监测抛光程度时减少光的散射,从而消除对监测结果的不利影响。

(4)对抛光垫各功能层的设计和制造。采用防渗层对窗口进行封闭,能够减少抛光液的渗透,同时能够防止层间剥离;使用粘结层,能够实现抛光垫方便地黏贴和除去,提高效率;使用有机硅氧烷包覆层,提高防水性;使用子垫层,提高综合性能。

(5)高分子材料的孔径和孔隙率的调解选择以及表面粗糙度。采用具有 2 个孔径分布的聚氨酯材料,优化抛光面的形态,适合抛光液保留;表面凹陷和凸起程度的调解和选择;高分子材料形成交联的三维结构孔洞,都有利于抛光液的合理分布。

最近,罗门哈斯又研制了一种具有突出结构的抛光垫,由原来的沟槽发展成具有一定几何结构和形状的凸起的抛光垫[27-28]。

3.2　对抛光垫材料性能的选择和改进

选择异氰酸酯和多元醇的合适比例以及芳族胺与异氰酸酯基团的比例,或使用改性的异氰酸酯(接枝有硅氧烷)单体,采用经过改进的固化剂,在聚氨酯材料中添加各种功能性添加剂,如亲水剂或亲水化合物、纤维、微粒子或可膨胀的微粒子和有机硅表面活性剂。

3.3　采用特殊的制备方法和加工方法

采用光刻的方法构件沟槽,实现在相对较软材料上构建沟槽,用激光技术构建沟槽或窗口孔位,提高沟槽的精度,减少光的散射,提高窗口的检测精度;采用特殊形状的钻头,使其在 X 和 Y 轴上产生不同的速度,提高凹槽质量降低缺陷率。

从罗门哈斯的专利转让情况可知,其始终关注抛光垫技术的相关专利信息,始终关注该领域相关技术的积累,积极获取相关专利的专利权,丰富自己的专利池,以便使其在该技术领域获得相对领先



注:绿色标识的文献涉及抛光垫的组成;黄色标识的文献涉及抛光垫以及沟槽的加工方法。

图6 抛光垫材料组成技术路线

其他公司的领先地位,同时,也可以避免发生相关的侵权风险,造成不必要的经济损失。

4 结束语

通过对罗门哈斯专利情况的分析,结合其商品化的抛光垫可知,在商品化的抛光垫中,实际采用的沟槽图案相对比较简单,所以实际上对于复杂沟槽的选择并不普遍,其原因可能是构件复杂沟槽使得其制造成本较高,相对于其对抛光效率的提高得不偿失。

对于抛光垫的材料结构和组成,就材料组成而言,目前罗门哈斯在材料上较为单一,几乎都是聚氨酯材料,该材料有其自身的优势和特点,也是目前业内的通常选择。通过对聚氨酯单体的不同配比的选择和调节,容易得到不同硬度、耐磨度和机械强度的聚氨酯抛光垫材料;由于聚氨酯的聚合单体都为液体材料,可根据所需的抛光垫沟槽图案和沟槽样式设计不同的模具,通过高分子领域已知的较成熟的成型方式,直接成型制备得到具有所需结构的抛光垫,很大程度上提高制造的效率和成本。

对于抛光垫的物理结构,如采用不同材料的复合层结构,利用不同层的不同性质来平衡抛光垫所需要的性能,并根据被抛光对象的不同性质以及抛光液的不同组成来满足实际生产的需要;研发一体化、集成化的抛光垫,如设计各种监测和检测窗口,提供更加方便的、可操作性程度高的抛光垫。以上即为罗门哈斯目前专利申请和专利布局的一般情况。然而对于我国的相关企业而言,仅仅跟随国外企业的脚步是远远不够的,还需要有所突破,避免被国外企业所制约。

对于技术积累而言,研发不同于现有技术,且效率高于现有技术中的沟槽图案布局有其必要性,可有助于构建自身的技术优势和布局优势。此外,对于各种功能层的研究也是专利布局和技术突破的方向,这也是相关领域企业能够或需要取得突破的方向;从研发和专利布局角度而言,开发新的材料有其必要性和紧迫性,也是在该领域中实现技术突破的一个方向;对于材料的组成而言,实现对聚氨酯以及其他高分子材料的改性也是实现技术突破的一个方向;对于加工方法,可采用激光等精度

较高的加工方式,并研发可靠度较高的研磨垫材料制备,实现工艺流程相对固定,以便能够提供品质稳定的产品和降低制造成本。

参 考 文 献

[1] 刘国瑞,刘玉岭,石瑛,等.集成电路制造业用高分子聚合物抛光垫专利分析[J].电镀与涂饰,2018,37(17):789-799.

[2] 吴洪波.化学机械研磨终点检测专利技术综述[J].电子制作,2016(7):85-87.

[3] 曹威,邓朝晖,李重阳,等.化学机械抛光垫的研究进展[J].表面技术,2022,51(7):27-41.

[4] REN L L, ZHANG F H, ZHAO S J, et al. Correlation between polishing pad's properties and material removal during full-aperture polishing[J]. International Journal of Applied Glass Science,2019,10(3):287-301.

[5] UNEDA M, TANAHASHI N, FUJITA T, et al. Flexible fiber conditioner for fine conditioning of polishing pad and its evaluation in chemical mechanical polishing: verification of SUS-FFC on soft urethane foam and proposal of PEEK-FFC [J]. International Journal of Automation Technology,2021,15(6):878-884.

[6] CMP罗门哈斯电子材料控股股份有限公司.具有高透光窗口的抛光垫 具高光透射窗之抛光垫:200410095038.8[P]. 2004-11-24.

[7] 罗门哈斯电子材料CMP控股股份有限公司.高弹体改性的化学机械抛光垫:200710300518.7[P]. 2007-12-20.

[8] 罗门哈斯电子材料CMP控股股份有限公司.化学机械抛光垫:200810005006.2[P]. 2008-01-28.

[9] 罗门哈斯电子材料CMP控股股份有限公司.具有优化的槽的抛光垫及使用方法:200410036675.8[P]. 2004-04-28.

[10] 罗门哈斯电子材料CMP控股股份有限公司.化学机械抛光垫:200710109253.2[P]. 2007-05-25.

[11] 罗门哈斯电子材料CMP控股股份有限公司.用于化学机械抛光的层叠的纤丝栅格:200810213218. X[P]. 2008-08-15.

[12] CMP罗门哈斯电子材料控股股份有限公司.带有用于提高浆液利用率的凹槽的研磨垫:200410092981.3[P]. 2004-11-12.

[13] 罗门哈斯电子材料CMP控股股份有限公司.具有重叠的固定面积螺旋凹槽的化学机械抛光垫:200710147219.4[P]. 2007-08-29.

[14] 罗门哈斯电子材料CMP控股股份有限公司.具有抛光层和窗口的化学机械抛光垫:201510144091.0[P]. 2015-03-30.

[15] 罗门哈斯电子材料CMP控股股份有限公司.具有光稳性聚合物终点检测窗的化学机械抛光垫及相应的抛光方法:201110393259.3,200410036675.8[P]. 2011-09-29.

[16] 罗门哈斯电子材料CMP控股股份有限公司.层状抛光垫的成形方法:200510052409.9[P]. 2005-02-25.

[17] ROHM & HAAS Electronic Materials CMP Holdings. Polishing pad for chemical mechanical planarization of substrates such as semiconductor wafer, comprises polymeric matrix dispersed with microspheres and formed from water-based polymer or its blends, applied on substrate:US20060504415A[P]. 2006-08-14.

[18] ROHM & HAAS Electronic Materials CMP Holdings. polyurethane polishing pad: US20040772054A [P]. 2004-02-03.

[19] (ROHM) NITTA HAAS INC. Polishing pad: JP2005060911A[P]. 2005-03-04.

[20] (ROHM) NITTA HAAS INC. Polishing pad: JP2005171082A[P]. 2005-06-10.

[21] (ROHM) NITTA HAAS INC. Polishing pad with grooves to reduce slurry consumption:US20070700490A[P]. 2007-01-31.

[22] ROHM & HAAS Electronic Materials CMP Holdings. Polishing pad with grooves to reduce slurry consumption:US20070700490A[P]. 2007-01-31.

[23] (ROHM) NITTA HAAS INC. Polishing pad and manufacturing method thereof: JP2003103304A [P]. 2003-04-07.

[24] ROHM & HAAS Electronic Materials CMP Holdings. Polishing pad with reduced stress window: US20040865121A[P]. 2004-06-10.

[25] ROHM & HAAS Electronic Materials CMP Holdings. Method for forming a porous polishing pad: US2006398265A[P]. 2006-06-04.

[26] ROHM & HAAS Electronic Materials CMP Holdings. Curved grooving of polishing pads: US20060592910A[P]. 2006-11-03.

[27] ROHM & HAAS Electronic Materials CMP Holdings. CMP polishing pad with lobed protruding structures: US2020384606A1[P]. 2019-06-07.

[28] ROHM & HAAS Electronic Materials CMP Holdings. CMP polishing pad with polishing elements on supports: 2021299817A1[P]. 2020-03-25.

[29] 马静.罗门哈斯电子材料宣布与IBM合作共同开发32纳米和22纳米制程的先进CMP技术[J].精细与专用化学品,2008(7):30.

[30] 涂闽.罗门哈斯推出专用新型VISIONPAD™产品[J].上海化工,2007,3(8):48.

(责任编辑:兰丽丽)