**四川省提名2018年国家科学技术奖励项目公示**

**科技进步奖**

**序号**

123-4009

**项目名称**

高强超薄浮法铝硅酸盐屏幕保护玻璃规模化生产成套技术与应用开发

**提名意见**

高强超薄铝硅酸盐屏幕保护玻璃是电子信息显示产业所需的关键基础材料，其研发过程需要多学科、多领域的高度复合集成，工艺技术复杂，生产难度极大，长期被国外公司垄断。该项目成功开发高强铝硅酸盐屏幕保护玻璃化学组成及配方、复合澄清剂、双热点熔化工艺及脉冲式水蒸汽浅层鼓泡技术、类等比拉薄成形技术、锡槽内玻璃带稳定控制技术、保护气体“透析技术”和锡污染控制等核心技术，形成了具有完全自主知识产权的高强超薄铝硅酸盐屏幕保护玻璃工业化制备核心技术及成套装备，在我国率先建成首条高强超薄铝硅酸盐屏幕保护玻璃生产线，稳定量产厚度0.3mm～1.1mm全系列产品，填补了我国高端触控屏保护玻璃的空白。项目的实施，成功实现国产化，打破了国外技术封锁与市场垄断，对推动我国玻璃行业结构调整、转型升级和技术进步具有重大意义，为国家电子信息产业安全做出了重要贡献。产品已实现批量出口，该技术成果所生产的产品还推广应用到光热发电用高强热反射板和高速交通用高强透明玻璃材料等领域，项目经济效益和社会效益十分显著。

提名该项目为国家科技进步奖二等奖。

**项目简介**

该项目属于无机非金属材料领域，涉及高强超薄铝硅酸盐玻璃制备成套技术及其在高端信息显示产品中的应用。

随着信息显示产业快速发展，电容式触控屏在轻薄电子显示产品中得到广泛应用，有效增大屏幕面积和信息内容，具有触控灵敏、操作便捷等优点。电容式触控屏为屏幕保护玻璃（俗称盖板玻璃）带来巨大的市场机遇，同时也对屏幕保护玻璃提出了更高要求，除了满足轻薄化和高外观质量要求外，还应具有耐冲击、抗划伤的特性。

我国生产的超薄钠钙玻璃不能满足高端触控屏产品要求，且国外对我国实施严密技术封锁和市场垄断。项目组敏锐地意识到碱铝硅酸盐屏幕保护玻璃在手机和平板电脑市场的发展前景。结合我国显示产业链关键上游材料被国外长期垄断，企业利润被掠夺，严重地影响信息产业健康、可持续发展的现状，项目组在2007年11月正式启动了该项目的研发工作。

碱铝硅酸屏幕保护玻璃因 Al2O3含量高，造成熔化澄清难、超薄成形难等一系列难题；国外公司在中国提前布局多项专利，设置了技术壁垒并提高进入门槛，加大了研发难度。项目立足于我国浮法技术基础，经过10年产学研协同攻关和生产实践，取得四方面创新成果：1、揭示了铝硅酸盐玻璃主要成份、结构以及配方矿物组成、粒度匹配等对理化性能影响的相关性与规律，发明满足触控屏要求并适应制备工艺的配方；2、通过配合料热分析和熔窑数值模拟，开发出“双热点 ”高效熔化及澄清技术与控制软件，获得优质玻璃液；3、发明了锡槽热端玻璃带稳定技术和锡槽保护气体与锡液净化装置，开发了“类等比”拉薄成形技术与控制软件，为制备高良品率的 0.3mm超薄玻璃提供了技术支撑；4、揭示了熔盐组成对高铝玻璃增强效果影响的相关性与规律，开发出高效低成本化学及具抗菌（抑菌）功效的强化技术（工艺），提高了下游用户的产品竞争力。

上述创新成果得到全部转化和产品应用，稳定量产厚度0.3mm～1.1mm高强超薄屏幕保护玻璃，推广应用在信息产业、光伏产业、新能源汽车、高速交通工具等领域。经第三方检测，强化后表面压应力、维氏硬度及可见光透射比等指标,均达到国际先进水平，产品通过国内外30余家下游用户认证，成功用于知名品牌手机、平板电脑的触控面板，为下游企业节汇近21.80亿美元，经济与社会效益显著。

项目获授权发明专利32项，实用新型专利56项，软件著作权3项，发表论文15篇，荣获2015年四川省科技进步奖一等奖。专家鉴定结论为“总体技术水平达到国际先进”。项目填补了电子信息显示产业链条关键上游材料的空白，提升了企业的核心竞争力，对电子信息产业的可持续发展做出了重要贡献。

 **客观评价**

**（一）国内外相关产品比较**

**1、项目生产的玻璃原片与国外同类产品比较**

国家建筑材料测试中心和国家建材产品质量监督检验中心（四川）对该项目厚度0.55mm的原片产品与国外产品相比，可见光透过率达到国际先进水平。

**2、硅酸盐建筑材料国家重点实验室实验报告**

采用四川旭虹光电科技有限公司与国外公司生产的铝硅酸盐触控屏保护玻璃原片，产品厚度为0.55mm，并采用各自产品的最佳化学强化工艺制度进行化学增强，**四川旭虹产品化学强化效果达到国际先进水平。**

**（二）科技成果鉴定结论**

2015年5月10日四川省科学技术厅组织了由**中国工程院院士周立伟和中国科学院院士欧阳钟灿等组成的专家组**，进行了项目成果鉴定。鉴定对项目的“双热点熔化工艺”、“脉冲式水蒸气浅层鼓泡方法”及“类等比拉薄技术”的创新成果给予充分肯定；认为项目实施填补国内空白，打破国外垄断，满足国内外市场需求，提升国际核心竞争力，取得了显著的经济效益和社会效益。

鉴定结论为：“**该项成果总体技术水平达到国际先进**”。

**（三）重要的科技奖励**

“**基于浮法玻璃工艺生产高强超薄屏幕保护玻璃成套技术及产业化**”项目荣获2015年度**四川省科技进步奖一等奖**。

**推广应用情况**

（1）整体技术在四川旭虹光电科技有限公司应用，建成我国首条触控屏保护玻璃原片生产线，打破国外技术壁垒和市场垄断，短短几年已跃居全球名列前茅的铝硅酸盐玻璃供应商。

（2）触控屏保护玻璃原片和配套化学强化（钢化）工艺技术，已在国内30余家公司得到应用。

（3）应用强化后屏幕保护玻璃可加工触控显示屏，以累计销售的玻璃原片数量（按目前主流手机触控屏尺寸，每平米可裁80片手机用保护玻璃，良率普遍为80%以上）估算可加工触控屏12亿片，按市场平均价每片8美金（约52元人民币）约合624亿元产值。

**主要知识产权证明目录**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 知识产权类别 | 知识产权具体名称 |  国家（地区） | 授权号 | 授权日期 | 证书编号 | 权利人 | 发明人 | 发明专利有效状态 |
| 发明 | 高强度铝硅酸盐玻璃及其化学钢化方法 | 中国 | ZL200810147442.3 | 2011.06.22 | 799284 | 北京工业大学、苏州新吴硝子科技有限公司 | 吴哲田英良沈雪红 | 有效 |
| 发明 | 一种PDP浮法玻璃窑炉玻璃液温度的调控方法及系统 | 中国 | ZL201010183689.8 | 2012.07.11 | 1001955 | 东旭集团有限公司 | 李青李兆廷陈发伟 | 有效 |
| 发明 | 一种锡槽热端玻璃带的稳定装置 | 中国 | ZL201010142211.0 | 2012.01.25 | 901058 | 东旭集团有限公司 | 李兆廷陈发伟 | 有效 |
| 软件著作权 | 熔窑“双热点”“精澄清”工艺控制系统 | 中国 | 2016SR303483 | 2016.10.08 | 1482100 | 四川旭虹光电科技有限公司 | 刘再进王耀君 | 有效 |
| 软件著作权 | 锡槽类等比拉薄工艺控制系统 | 中国 | 2016SR303852 | 2016.10.08 | 1482469 | 四川旭虹光电科技有限公司 | 张克俭王耀君 | 有效 |
| 发明 | [一种高铝高钠盖板玻璃](file:///D%3A%5C%5C%E6%8A%A5%E5%A5%96%5C%5C%E7%9B%96%E6%9D%BF%E7%8E%BB%E7%92%83%5C%5CDocuments%5C%5CWeChat%20Files%5C%5Cwxid_79o3ak6ia0or22%5C%5CFiles%5C%5C1%20%E4%B8%93%E5%88%A9%E6%96%87%E6%9C%AC%5C%5C%E5%8F%91%E6%98%8E%5C%5C063%20%20%E4%B8%80%E7%A7%8D%E9%AB%98%E9%93%9D%E9%AB%98%E9%92%A0%E7%9B%96%E6%9D%BF%E7%8E%BB%E7%92%83.pdf) | 中国 | ZL201410401193.1 | 2017.5.24 | 2494148 | 四川旭虹光电科技有限公司、东旭集团有限公司 | 宫汝华任书明刘再进陈芳芳 | 有效 |
| 发明 | 一种触摸屏盖板玻璃生产工艺中用的复合澄清剂 | 中国 | ZL201310378660.9 | 2016.07.06 | 2139538 | 东旭集团有限公司 | 李青高强闫冬成李俊锋张广涛刘文泰 | 有效 |
| 发明 | 一种解决玻璃板面在过渡辊产生硌伤的方法和装置 | 中国 | ZL201310225463.3 | 2015.08.05 | 1743165 | 四川旭虹光电科技有限公司 | 杨剑王卓卿郑朝晖田普强 | 有效 |
| 发明 | 一种能够加快硝酸钾熔液澄清与除杂的方法及添加剂 | 中国 | ZL 2015 1 0274961.6 | 2017.06.13 | 2516942 | 武汉理工大学 | 刘超李晨蕊 赵修建 韩建军 谢俊 吕在国 吕鑫 张金奎 蒋葵玲 | 有效 |
| 软件著作权 | 全流程产品质量自动控制系统 | 中国 | 2016SR303851 | 2016.10.08 | 1482468 | 四川旭虹光电科技有限公司 | 宫汝华王卓卿 | 有效 |

**主要完成人情况表**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 姓 名 | 任书明 | 排名 | 1 | 行政职务 | 技术总经理 | 技术职称 | 高级工程师 |
| 工作单位 | 东旭集团有限公司 | 完成单位 | 东旭集团有限公司 |
| 对本项目技术创造性贡献：项目总体总负责人，全面指导项目研发、工程实施、工艺攻关以及产品应用认证工作。在创新点一中的料方延伸开发方面提出应用MgO来促进玻璃弹性模量和离子交换效率提高；在创新点二中结合“双热点熔化工艺”的电助熔与全氧燃烧加热系统开发软件控制系统；在创新点三中参与“类等比拉薄技术”现场实施方案改进和完善，结合工艺过程和优化参数，指导控制软件开发。获授权发明专利1项，见主要知识产权清单目录第6。 |

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 姓 名 | 刘再进 | 排名 | 2 | 行政职务 | 总经理 | 技术职称 | 高级工程师 |
| 工作单位 | 四川旭虹光电科技有限公司 | 完成单位 | 四川旭虹光电科技有限公司 |
| 对本项目技术创造性贡献：项目核心成员，在创新点一中提出CaO对离子交换影响，建议限制其应用；创新点二中利用物理和数值模拟结果，设计和确定鼓泡位置、鼓泡点数量，开发相应的鼓泡和配套的控制装置。获得授权发明专利1项，软件著作权1项，见主要知识产权清单目录第4和第6。 |

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 姓 名 | 田英良 | 排名 | 3 | 行政职务 | 副所长 | 技术职称 | 教授 |
| 工作单位 | 北京工业大学  | 完成单位 | 北京工业大学 |
| 对本项目技术创造性贡献：项目核心成员，在创新点一中重点开展玻璃组成、结构、性能关系的系统开发工作，揭示了铝氧结构单元[AlOx]和化学强化作用与玻璃力学性能的相关性，协调氧铝硅比[O/(Al+Si)] 和铝碱比[Al2O3/(R2O+RO)]关系，利用B2O3改善玻璃化学稳定性，利用ZrO2改善表面硬度和抗划伤性，利用R2O、RO等金属氧化物提高玻璃助熔性、降低玻璃黏度；解决了玻璃理化性能与工艺性能之间的矛盾，发明了一种高强铝硅酸盐玻璃化学组成，并且具有较好的化学强化效果，进一步提升了抗冲击性能，对配方开发具有较大贡献。获授权发明专利1项，见主要知识产权清单目录第1。 |

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 姓 名 | 陈发伟 | 排名 | 4 | 行政职务 | 技术副总经理 | 技术职称 | 高级工程师 |
| 工作单位 | 东旭集团有限公司 | 完成单位 | 东旭集团有限公司 |
| 对本项目技术创造性贡献：项目核心成员，在创新点二中设计开发了“双热点熔化工艺”，有效地实现配合料的快速强制熔化，减少玻璃未熔物缺陷。提出将“脉冲式水蒸气浅层鼓泡澄清方法”，开发“玻璃液温度调控系统”，成功解决了铝硅酸盐玻璃液精澄清问题；在创新点三中协同提出“类等比拉薄技术”和开发锡槽内热端玻璃带稳定技术及装备。获授权发明专利3项，发表论文1篇，见主要知识产权清单目录第2、3。 |

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 姓 名 | 宫汝华 | 排名 | 5 | 行政职务 | 研发总监 | 技术职称 | 高级工程师 |
| 工作单位 | 四川旭虹光电科技有限公司 | 完成单位 | 四川旭虹光电科技有限公司 |
| 对本项目技术创造性贡献：项目重要成员，在创新点一中利用示差扫描量热分析（DSC）等手段系统研究原材料对配合料的热失重和吸热（量）/放热（量）参数，以及石英砂、氧化锆/锆英粉粒径和形态对配合料熔化特性影响。在创新点四中参与了全面质量控制方面的原料、配料、混合质量控制技术要求。获得授权发明专利1项，软件著作权1项，见主要知识产权清单目录第6和第10。 |

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 姓 名 | 王卓卿 | 排名 | 6 | 行政职务 | 副总经理 | 技术职称 | 技师 |
| 工作单位 | 四川旭虹光电科技有限公司 | 完成单位 | 四川旭虹光电科技有限公司 |
| 对本项目技术创造性贡献：项目重要成员，在创新点三中参与玻璃超薄成形工艺开发，开展玻璃拉薄过程中的受力分析，根据玻璃温度-黏度关系分析了拉边机成形温度设置，对“类等比拉薄技术”工艺参数进行现场调试和攻关，提出减少过度辊对玻璃板表面缺陷方法并进行革新，取得较好效果。获授权发明专利1项，软件著作权1项，见主要知识产权清单目录第8和第10。 |

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 姓 名 | 李俊锋 | 排名 | 7 | 行政职务 | 部长 | 技术职称 | 工程师 |
| 工作单位 | 东旭集团有限公司 | 完成单位 | 东旭集团有限公司 |
| 对本项目技术创造性贡献：项目重要成员，在创新点二中为解决铝硅酸盐玻璃澄清难问题，开发了一种满足触控屏碱铝硅酸玻璃的复合澄清剂，实现两种效果：一是增大从熔化热点至澄清热点排泡区，促进原料熔化过程的大气泡排出。开发出可拓宽排泡温度范围的梯级复合澄清剂（由NaCl、K2SO4、SnO组成），大气泡数量可降至≤0.1个/kg玻璃液；二是吸收玻璃液中残留微气泡，吸收区最佳温度范围为1480-1510℃，配合开发的温度精确调控系统及软件，将玻璃液温度快速降低到高效吸收区，微气泡（≤0.1mm）降至0.05个/kg玻璃液，获得了优质无气泡玻璃液。获授权发明专利1项，见主要知识产权清单目录第7。 |

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 姓 名 | 刘超 | 排名 | 8 | 行政职务 | — | 技术职称 | 研究员 |
| 工作单位 | 武汉理工大学  | 完成单位 | 武汉理工大学 |
| 对本项目技术创造性贡献：项目重要成员，在创新点四中负责化学强化用熔盐和助剂开发，发明了高效除杂、澄清技术，纯化时间比现有高纯度硝酸钾澄清时间缩短2/3，用时小于8小时，硝酸钾原材料成本降低50%。开发采用银离子交换技术赋予高铝屏幕保护玻璃优异的抗菌性能，开发出适合高铝玻璃高效化学强化的高温熔盐体系及其强化工艺，可使玻璃表面压应力达950 MPa以上，综合性能国际一流水平。获授权发明专利1项，见主要知识产权清单目录第9。 |

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 姓 名 | 王耀君 | 排名 | 9 | 行政职务 | 部长 | 技术职称 | 工程师 |
| 工作单位 | 四川旭虹光电科技有限公司 | 完成单位 | 四川旭虹光电科技有限公司 |
| 对本项目技术创造性贡献：项目重要成员，在创新点二中采用物理模拟与数值模拟相结合，研究窑炉温度分布与液流状态关系，为“双热点熔化工艺” 窑炉设计提供依据。在创新点三中开展了不同超薄成形方法的对比工作，为“类等比拉薄工艺”实现奠定基础。获得软件著作权2项，见主要知识产权清单目录第4、5。 |

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 姓 名 | 张克俭 | 排名 | 10 | 行政职务 | 部长 | 技术职称 | 工程师 |
| 工作单位 | 四川旭虹光电科技有限公司 | 完成单位 | 四川旭虹光电科技有限公司 |
| 对本项目技术创造性贡献：项目重要成员，在创新点三中参与“类等比拉薄技术”工艺现场攻关，分析拉薄工艺参数与板厚、板面精度的关系；协同提出了减少拉边机数量，控制玻璃板面均匀展开，防止拉边机之间的干扰的技术措施，优化的拉边机对数和拉边机工艺参数，在改进拉边机的基础上实现以少的拉边机达到高精度玻璃成形。获软件著作权1项，见主要知识产权清单目录第5。 |

**主要完成单位及创新推广贡献**

**第一完成单位：四川旭虹光电科技有限公司**

四川旭虹光电科技有限公司是本项目成果应用企业，负责项目成果实施、工艺技术和装备的延续创新、产品推广应用；创新开发了“双热点”高效熔化技术及澄清技术、装备与控制软件，解决了铝硅酸盐触控屏保护玻璃熔制难、澄清难问题；发明了锡槽热端玻璃带稳定技术、锡槽保护气体与锡液净化装置，解决了高品质玻璃带超薄成形工艺难题；开发了“类等比拉薄”技术与控制软件，实现了0.3mm厚度玻璃的稳定成形；开发了关键检测装置和全流程质量自动控制软件，实施了全流程自动化控制，建成了我国第一条年产780万平米的生产线。

建设了四川省企业技术中心，建立了触控屏保护玻璃产品及各项性能测试方法标准，通过了ISO9001、ISO1400、QHSAS18001质量、环境和职业健康安全管理体系认证，开发了玻璃化学强化工艺，获得国内外35家下游厂商认证，产品应用于LG、华为、小米等国内外几十家终端显示产品，成功实现了技术产业化、产业规模化、产品国际化的推广应用。

对创新点二、创新点三做出了重要贡献。

**第二完成单位：东旭集团有限公司**

东旭集团有限公司主要负责项目的核心技术的研发和应用推广，协同开发了力学性能与增强效果兼优的触控屏保护玻璃化学组成，奠定了自主知识产权基础；发明了配合料润湿剂，解决了不同细度原料偏析问题；通过熔窑数值和物理模拟试验，提出了“双热点”玻璃熔制工艺和发明了复合澄清剂，解决了玻璃熔化难、澄清难问题；揭示了羟基对玻璃液澄清和吸热提高温度的机理，提出了水蒸气浅层鼓泡技术；提出了“类等比拉薄”技术，奠定了高铝玻璃超薄成形工艺基础。

2012年东旭集团有限公司、绵阳科技城发展投资（集团）有限公司、四川长虹电器股份有限公司共同出资，成立四川旭虹光电科技有限公司并成功实现技术成果产业化。

对创新点一、创新点二和创新点三分别做出了重要贡献。

**第三完成单位：北京工业大学**

北京工业大学是项目第三完成单位，主要负责玻璃化学组成设计基础研究与配方开发，针对玻璃理化性能与制备工艺协调问题，探明了氧铝硅比[O/(Al+Si)]和铝碱比[Al2O3/(R2O+RO)]与弹性模量、表面张力和熔化温度之间关系，利用Al2O3提高弹性模量，ZrO2提升表面耐划伤性，发明了力学性能与化学增强兼优的触控屏保护玻璃化学组成，突破了国外玻璃化学组成知识产权壁垒；

研究石英砂原料形态、尺寸、分布等特性参数对熔解特性的影响作用规律，开发了满足浮法成形工艺要求的玻璃配方。在化学强化工艺方面，改善熔盐温度场均匀性，减少翘曲，提高生产效率，获取最佳化学强化工艺条件，为项目成果输出产品的推广应用提供技术支撑。

对创新点一做出了重要贡献。

**第四完成单位：武汉理工大学**

武汉理工大学是项目第四完成单位，主要负责超薄碱铝硅酸盐玻璃化学强化熔盐和助剂开发，针对国产工业级硝酸钾的生产工艺与杂质成份特性，创新发明无机纳米粉体，加速硝酸钾熔盐中杂质基团等的分解与挥发，使熔盐澄清时间缩短至8小时以内,消除了有害杂质离子对化学强化效果的影响，实现了工业级硝酸钾对高纯度硝酸钾的替代，使高铝玻璃化学强化原料成本降低50%以上。

开发采用银离子交换技术赋予高铝屏幕保护玻璃优异的抗菌性能，开发出适合高铝玻璃高效化学强化的高温熔盐体系及其强化工艺，可使玻璃表面压应力达950 MPa以上，综合性能国际一流水平。

对创新点四做出了重要贡献。

**完成人合作关系说明**

“高强超薄浮法铝硅酸盐屏幕保护玻璃规模化生产成套技术与应用开发”项目涉及4家单位、10位完成人。其中，刘再进、宫汝华、王卓卿、王耀君来自四川旭虹光电科技有限公司（简称旭虹）；任书明、陈发伟、李俊锋来自东旭集团有限公司（简称东旭）；田英良来自北京工业大学（简称北工大）；刘超来自武汉理工大学（简称武工大）。项目伊始完成人密切合作，历经应用基础与实验室研究、工艺设计、技术和设备研发、产业示范攻关、产品质量控制和产品应用开发等，建立如下合作关系：

（一）东旭和北工大在“新型电子玻璃材料”领域有长期密切合作关系。双方看准新型触控屏幕保护玻璃市场的发展前景，于2007年11月18日签署了“基于浮法工艺生产触控制屏显示玻璃”的立项文件。目标是实现高强度铝硅酸盐触控屏保护玻璃产业化。东旭负责提供研发经费和项目投资，北工大负责应用基础研究。

（二）在北工大应用基础研究与东旭设备设计工作基础上，2010年4月12日双方与旭虹合作进行产业转化开发。东旭任书明、陈发伟、李俊锋负责设备开发和生产线建设、北工大田英良负责料方和原料质量控制、旭虹刘再进、宫汝华、王卓卿、王耀君负责生产线设备调试和技术攻关。生产线试产到产品获多家下游用户认证期间，三家单位完成人，分别有发明专利和软件著作共同知识产权和论文。

（三）为了提升和改进北工大所提供的配方专利，东旭任书明与旭虹刘再进、宫汝华继续进行深化开发，取得新的配方专利：ZL201410401193.1[一种高铝高钠盖板玻璃](file:///D%3A%5C%5C%E6%8A%A5%E5%A5%96%5C%5C%E7%9B%96%E6%9D%BF%E7%8E%BB%E7%92%83%5C%5CDocuments%5C%5CWeChat%20Files%5C%5Cwxid_79o3ak6ia0or22%5C%5CFiles%5C%5C1%20%E4%B8%93%E5%88%A9%E6%96%87%E6%9C%AC%5C%5C%E5%8F%91%E6%98%8E%5C%5C063%20%20%E4%B8%80%E7%A7%8D%E9%AB%98%E9%93%9D%E9%AB%98%E9%92%A0%E7%9B%96%E6%9D%BF%E7%8E%BB%E7%92%83.pdf)。

（四）旭虹刘再进、王耀君、合作完成软件著作权：熔窑“双热点”“精澄清”工艺控制系统。

（五）旭虹张克俭、王耀君合作完成软件著作权：锡槽类等比拉薄工艺控制系统。

（六）旭虹宫汝华、王卓卿合作完成软件著作权：全流程产品质量自动控制系统。

（七）为提高产品的竞争力与市场占有率，旭虹在2014年9月5日与武工大签订合作协议，开展高强铝硅酸盐盖板玻璃化学强化技术研发。旭虹刘再进负责提供设备、资金和玻璃原片，武工大刘超负责实验室相关研发，包括相关仪器与研究人员。

（八）旭虹宫汝华与北工大田英良，持续推进高强铝硅酸盐盖板玻璃化学组成研究与产品延伸应用市场开发，共同发表论文：化学增强型超薄碱铝硅酸盐玻璃发展概况与展望。

（九）东旭陈发伟与武工大刘超共同开展高强铝硅酸盐盖板玻璃化学强化技术研究，共同发表论文：UV-Visible spectral conversion of silver ion exchanged aluminosilicate glasses