



“冯如杯” 创意大赛论文

多功能环保可发电可调光纳米银钛玻璃

多功能环保可发电可调光纳米银钛玻璃

摘要

集众多功能于一身的玻璃将是未来的发展趋势。随着环境污染、空气污染日益严重，自然资源日益枯竭，人们对生存环境越来越重视，而在人们日常生活中扮演重要角色的窗户可以在此发挥重要的作用。因此，我们设计了可用于不同场合具有多种功能的玻璃。我们利用纳米银和纳米二氧化钛制成的薄膜镀在玻璃表面以达到净化空气、抗菌抑菌等目的；将透明太阳能电池薄膜贴在玻璃表面以利用太阳能发电来实现节约能源、绿色环保的目的；将布满微细光粒子的液晶薄膜夹在玻璃中间以实现可调节透光率的功能。根据不同的用途和需要我们设计了两款不同的玻璃以用做高层建筑的玻璃幕墙和家庭窗户，其中家庭窗户将具有可调节透光率的功能和中轴旋转的功能。

关键词：空气污染，玻璃，纳米银，纳米二氧化钛，透明太阳能电池

Abstract

Set many other functions in one glass will be the future trend of development. As environmental pollution, air pollution is serious, natural resource exhausting, people pay more and more attention to the environment for survival, and in People's Daily life that play important roles in the Windows can play an important role. We, therefore, can be used for different occasions the design has a variety of functions of glass. We make use of the silver nanoparticles and nano TiO_2 film plating made of glass surface in to achieve purify air, antimicrobial purpose; The transparent film for solar cells in glass surface to use solar power to achieve energy saving, green environmental protection purposes; Covered with tiny light particles of the liquid crystal film sandwiched between the glass interlayers to achieve the function to adjust the light transmittance. According to different purposes and we need to design two types of glass used in high-rise building glass curtain wall and family window, which will have adjustable domestic window light transmittance function and the function of the rotation axis.

Key words: Air pollution, glass, nanoAg, nano TiO_2 , transparent solar battery

目录

摘要.....	I
Abstract	II
一、引言.....	1
二、所用材料及其功能.....	1
2.1 纳米银钛薄膜（纳米银和纳米二氧化钛）	1
2.1.1 纳米银(NanoAg)	1
2.1.2 纳米二氧化钛(NanoTiO ₂)	2
2.1.3 纳米银钛薄膜功能	2
2.2 透明太阳能电池薄膜	4
2.3 可调光材料	4
三、作品核心创意.....	5
四、设计方案及其实施办法.....	5
4.1 多功能玻璃幕墙	5
4.2 家用窗户	6
4.2.1 家用高档可调光窗户	6
4.2.2 家用可推广窗户	7
五、可行性分析及预计技术难点.....	7
5.1 可行性分析	7
5.2 预计技术难点	8
六、应用前景.....	8
6.1 多功能玻璃幕墙应用前景	8
6.2 家用高档可调光窗户	8
6.3 家庭可推广窗户	9
参考文献.....	10
 表格 1 纳米银的抗菌性	 2
 图表 1 纳米银钛薄膜净化空气原理	 3
图表 2 银离子杀菌机制	3
图表 3 自动化覆膜生产线工艺流程	5
图表 4 多功能玻璃幕墙简易设计图	6
图表 5 家庭高档可调光玻璃简易设计图	6
图表 6 中轴旋转示意图	7
图表 7 家庭可推广玻璃简易设计图	7
图表 8 中轴旋转示意图	7

一、引言

随着技术的进步和人们生活水平的提高，人们对窗户玻璃的要求越来越高，具备多种功能、将众多功能集于一身的玻璃必将是未来的发展趋势，我们正式基于这样的理念进行设计。世界卫生组织警示我们：“环境污染触目惊心，危害健康。你可知室内环境污染日益严重，已经超过了任何一个正常身体所能承受的极限！”生存环境以及环保问题已引起政府的重视和社会各界的关注，越来越多的人崇尚科学健康的生活。作为玻璃主流市场的建筑物门窗玻璃尤其是高层建筑物幕墙玻璃，如果能让其能净化空气、杀菌消毒并且可以利用太阳能发电，这将具有巨大的应用价值和市场价值，也将有利于环境的改善和节约能源。我们查阅了大量相关资料后发现已经有了纳米银钛薄膜（净化空气、杀菌抑菌）和透明太阳能电池薄膜以及利用液晶调节透光率的玻璃，但没有发现将这些功能集于一身的多功能玻璃，这证明了我们创意的可行性和巨大的市场前景，我们要做的是怎样将众多功能集于一块玻璃上而使各功能不相互影响。我们根据不同的使用场合设计了两款不同的窗户以用于高层建筑的玻璃幕墙和家庭窗户上，其中家庭窗户将可以拥有可调光功能，但其成本会上升，考虑到可推广性可以去掉可调光功能形成高低搭配。

二、所用材料及其功能

2.1 纳米银钛薄膜（纳米银和纳米二氧化钛）

2.1.1 纳米银(NanoAg)

银(Ag)是贵金属。纳米银是利用纳米技术将纯度 99%以上的白银进行纳米化处理，使其活化，产生比普通银高出 200 倍以上的杀菌力，从而抑杀金黄色葡萄球菌、绿脓杆菌、真菌、霉菌等 40 多种致病菌。

(1)纳米银的结构

纳米银系材料是由数个或多个单质银原子或银系化合物分子，通过在介质中特定的反应形成的超细微粒，这些微粒具有单质银和银化合物所不具备的小尺寸、高活性、高表面积等特性。纳米银粒径很小，需要在电子显微镜下观察。对纳米颗粒而言，尺寸变小，其比表面积（表面积与体积之比）将显著增加，化学活性也更强。

纳米银的透视电子显微镜图像 纳米银尺寸分布的直方图

(2)纳米银的抗菌性能

中科院、医科院、军科院、北京大学等权威机构检测认为，纳米银微粉（清华源兴）对大肠杆菌、金黄色葡萄球菌、铜绿假单胞菌、白色念珠菌等数十种致病微生物都有强烈的抑制和杀灭作用，对引起性传播疾病的淋球菌、沙眼衣原体均有极强杀灭作用。

国际著名检测机构瑞士 SGS 实验室对纳米银（爱杰特）进行了抗菌试验，结果显示，40ppm 的纳米银，作用 2 分钟，对金黄色葡萄球菌、大肠杆菌、绿脓

杆菌的杀灭率在 99.9%以上。

(3)纳米银的抗菌性

广谱抗菌，对包括细菌、真菌、支原体在内的多种病原体都有很好的抑制或杀灭作用；对耐药菌具有同等杀灭力；抗菌作用不受环境 pH 值的影响；安全环保，无刺激性。见下表：

菌株名称	原 接 种 菌 量 (CFU/mL)	作用 2min 后菌量 (CFU/mL)	抑菌率(%)
金黄色葡萄球菌	6.5×10^6	5.5×10^3	>99.9
大肠杆菌	7.7×10^6	6.0×10^3	>99.9
绿脓杆菌	1.8×10^6	2.3×10^3	99.9

表格 1 纳米银的抗菌性

(4)纳米银的安全性

早在明代李时珍的《本草纲目》中就有“生银，味辛，寒，无毒”的记载。根据美国毒物与疾病登记处及美国公共卫生局委托一家公司所做的研究，至今还没有外用银引起毒性反应或影响各系统功能以及发育和遗传毒性的报道。美国 FDA 对纳米银（爱杰特的原料）进行了元素分析，证实它和食品一样安全；以 5000mg/kg 的纳米银经口给予小鼠，小鼠体重及全身指标无异常反应；人体皮肤接触试验的结果为阴性。

2.1.2 纳米二氧化钛(NanoTiO₂)

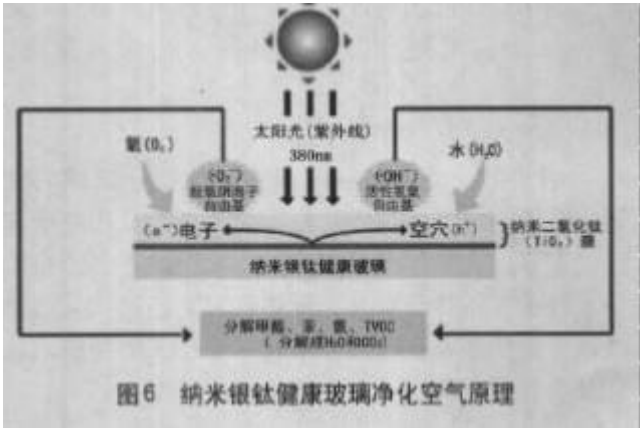
二氧化钛（TiO₂）具有三种晶型：锐钛矿型、金红石型、板钛矿型。锐钛矿型二氧化钛具有很多优越性，其特点是：不发生光腐蚀，耐酸碱性好，化学性质稳定，对生物无毒性，来源丰富，能隙较大，光生空穴的电位为 3.2eV，有很强的氧化性。是目前最理想的光催化材料。

纳米级（5-20nm）锐钛型二氧化钛，具有较大的光催化活性，在日光、自然光或紫外线照射下，生成化学活性超强的自由基分解污染物、降解有机物、抑杀细菌。

2.1.3 纳米银钛薄膜功能

1. 分解作用

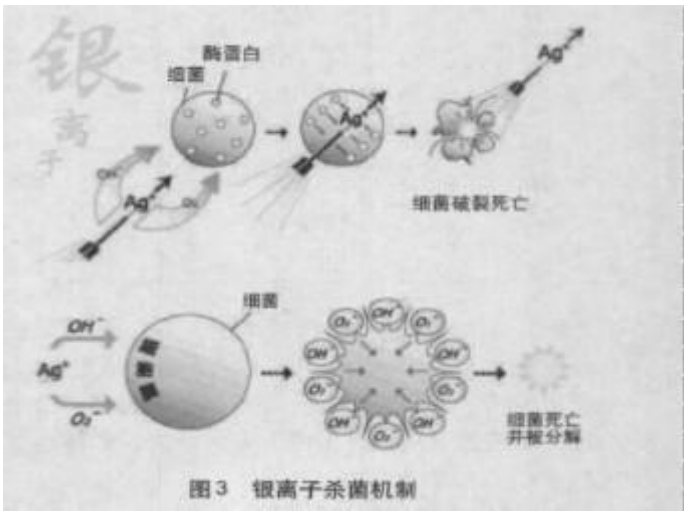
纳米银钛健康玻璃薄膜中纳米二氧化钛的电子结构为一满价电带和空的导电带，在大于其带隙能的光照条件下，吸收光能量之后，价电带中心电子就会被激发到导电带，形成电子（e⁻）和空穴（h⁺）对，在电场的作用下，电子与空穴分离，带负电的电子与氧结合产生负氧离子（O⁻），带正电空穴与水结合产生氢氧自由基（•OH），当有机物质（碳氢化合物）和部分无机物接触到纳米二氧化钛膜表面时，便会分别被负氧离子及氢氧自由基吸附和氧化分解，最终分解为二氧化碳和水（如有机污染物甲醛、苯、二甲苯、甲苯、细菌、病毒等，部分无机污染物氨、NO_x 等都被分解成 CO₂ 和 H₂O）。利用这种反应可有效分解室内的细菌、病毒、甲醛、苯、氨、TVOC 等有害物，达到净化空气，减少污染，改善工作和生活环境的目。见下图：



图表 1 纳米银钛薄膜净化空气原理

2. 抑菌作用

纳米银钛健康玻璃纳米二氧化钛薄膜的超氧化能力(氢氧自由基)，可以破坏病毒的细胞膜，使其细胞质流失死亡；凝固细菌的蛋白质，使其失去活性从而达到捕捉、杀灭空气中的浮游细菌。纳米二氧化钛薄膜中掺杂纳米银离子，提高了协同作用能力。纳米银离子与细菌接触反应后，造成微生物固有成分破坏或产生功能障碍。当微量的纳米银离子到达微生物细胞膜时，因后者带负电荷，依靠库仑引力，使两者牢固吸附，纳米银离子穿透细胞壁进入细胞内，并与巯基（-SH）反应，使蛋白质凝固，破坏细胞合成酶的活性，细胞丧失分裂增殖能力而死亡。纳米银离子还能破坏微生物电子传输系统、呼吸系统和物质传输系统。当菌体失去活性后，纳米银离子又会从菌体中游离出来，重复进行杀菌活动，因此其抗菌效果持久。在光的作用下，纳米银离子还能起到催化活性中心的作用，激活水和空气中的氧，产生羟基自由基（ $\cdot\text{OH}$ ）和活性氧离子（ O_2^- ），活性氧离子具有很强的氧化能力，能在短时间内破坏细菌的增殖能力而使细胞死亡，从而达到抗菌的目的。其能有效除去浮游于空气中的大肠杆菌、金黄色葡萄球菌、铜绿假单胞菌、肺炎克雷伯氏菌、鼠伤寒沙门氏菌、霉菌等细菌，抑制如肠病毒、流行感冒病毒、滤过性病毒等病原的传播。且对于引发 90% 的气喘、过敏性疾病的罪魁祸首——尘螨，可完全除去。在杀灭室内 650 种致病菌的同时还能分解由细菌尸体释放出的有害复合物。杀菌效果相当于 30000℃ 高温的杀菌速度。见下图：



图表 2 银离子杀菌机制

2.2 透明太阳能电池薄膜

根据我们所找的资料，有以下几种可应用的材料：

1.由南开大学与天津保税区投资公司、孙云教授课题组在滨海新区合作开发的“国家 863 铜铟硒太阳能薄膜电池中试基地”取得重大进展，这种能贴在大型建筑物玻璃幕墙上的薄膜太阳电池，被国际上称为下一时代非常有前途的新型节能环保薄膜太阳电池。南大等成功研制出的铜铟镓硒太阳电池具有生产成本低、污染小、不衰退、弱光性能好等显著特点，光电转换效率居各种薄膜太阳能电池之首，接近于晶体硅太阳电池，而成本是晶体硅电池的三分之一，被国际上称为下一时代非常有前途的新型薄膜太阳电池，是近几年研究开发的热点。

2.美国能源部布鲁克海文国家实验室和洛斯阿拉莫斯国家实验室的科学家们研发出了一种可吸收光线并将其大面积转化成为电能的新型透明薄膜。这种薄膜以半导体和富勒烯为原料，具有微蜂窝结构。相关研究发表在《材料化学》杂志上，论文称该技术可被用于开发透明的太阳能电池板，甚至还可以用这种材料制成可以发电的窗户。上述材料将碳原子呈足球状相连的富勒烯添加到共轭高分子 PPV（聚对苯亚乙烯）中。将其溶解于水等溶媒后再涂布在基板上，随着溶媒的蒸发，材料出现自组织现象，形成间距为 $4\sim 5\mu\text{m}$ 的蜂窝状构造的薄膜。相当于这个蜂窝状构造“内壁”的分子密度高的部分，光吸收率较高，导电性也较高。而占大部分面积的相当于蜂窝“孔”的部分，分子密度较低，光透过性较高。这样虽然整个薄膜是透明的，但却具有高导电性。

3.美国 RSi 公司的高科技企业发明了一种新的光电池发电透明玻璃窗。采用新技术改造过的窗口转换成光面板，每块玻璃相当于太阳能板，再配上发电窗帘，每个窗户可产生 80 到 250 瓦特的电。如果有可能我们可以将该种玻璃的透明光电池材料应用到我们设计的玻璃上。

4.2010 年 12 月 17 日，《纳米技术》(Nanotechnology) 期刊出版了一篇文章，分析如何把石墨烯作为电极应用于有机太阳能电池，作者是麻省理工学院的教授孔晶(Jing Kong)和弗拉基米尔·布劳韦(Vladimir Bulovi)，以及他们的两个学生和一个博士后。石墨烯是透明的，因此由石墨烯制成的电极能够应用于透明有机太阳能电池，不会阻挡任何射入的光线。此外，石墨烯像有机太阳能电池一样柔软。如果这种新型透明太阳能电池能研制成功也能应用于我们所设计的玻璃上。

2.3 可调光材料

这种材料是一种布满微细光粒子的液晶薄膜。当没有电负荷通过薄膜时，这些粒子就会散开并吸收光，使玻璃变暗。当加载电负荷时，这些粒子就会排列成行，让光通过。通过调整电压的高低，玻璃的透光率就可以控制和调节了。其设计的控制板既可由手动控制，也可由光电池来自动控制。这种薄膜材料可以夹在两层玻璃中间，经高温高压胶合后形成一体成型的夹层结构的可调光玻璃产品。但其成本很高，这决定了其应用领域多定位在高端市场。

三、作品核心创意

当今社会空气污染、能源危机日益加重，尤其是城市中心区域汽车尾气污染严重，人们比以往任何时候都更加渴望清新的空气、注重环保节能。当我们行走在城市中时我们发现玻璃随处可见，但其中的绝大多数玻璃功能单一，假如能将这些玻璃利用起来，让其能具备净化空气、抗菌抑菌、利用太阳能发电等多种功能，这将产生巨大的环境效益和经济效益，因此我们产生了设计一款具备多种功能，符合环保低碳理念的玻璃。

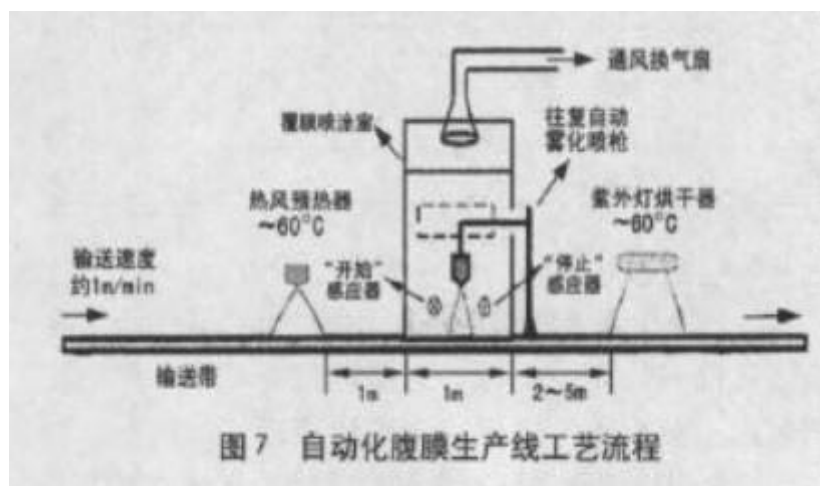
我们经过讨论和查阅相关资料，明确了我们的设计思路。我们准备将许多功能集于一块玻璃上，进行技术整合和集成。因为要保证玻璃的透光性，我们决定用功能薄膜材料来实现我们预想的功能，在查阅了大量相关资料文献后，我们找到了三种适用的薄膜材料，分别是纳米银钛薄膜、透明太阳能电池薄膜、具备可调节透光率的液晶薄膜，至此我们的核心创意思路已基本确立。

四、设计方案及其实施办法

4.1 多功能玻璃幕墙

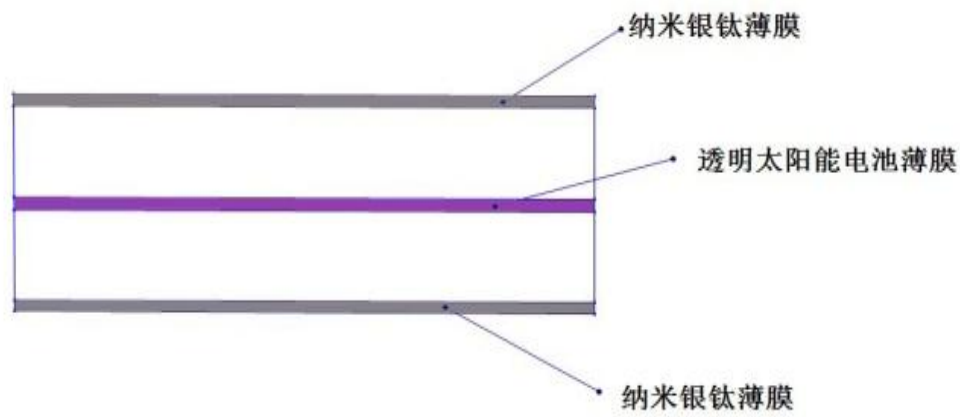
因为实现可调光功能的成本很高，而玻璃幕墙用量大，不宜成本过高，故不准备让其具备此功能。

我们计划用纳米银钛薄膜材料和透明太阳能电池薄膜材料设计制作玻璃幕墙的玻璃。因为室内外的空气都需要净化，而且室外汽车尾气污染严重、室内建筑材料释放有毒有害气体，所以我们计划将透明太阳能电池薄膜夹在玻璃中间，玻璃两边覆上纳米银钛薄膜，自动化覆膜生产线工艺流程如图：



图表 3 自动化覆膜生产线工艺流程

玻璃设计简易示意图如下：



图表 4 多功能玻璃幕墙简易设计图

此种玻璃用到高层建筑玻璃幕墙上不仅可以净化室内外的空气，而且还能有效利用太阳能进行发电，不仅可以吸收阳光还可以吸收室内灯光进行发电，节能环保，符合环保和低碳理念。如果一个 50 层的办公大楼自身耗电量的一半都由新型太阳能电池供应，每年将减少 2000 吨二氧化碳排放。

4.2 家用窗户

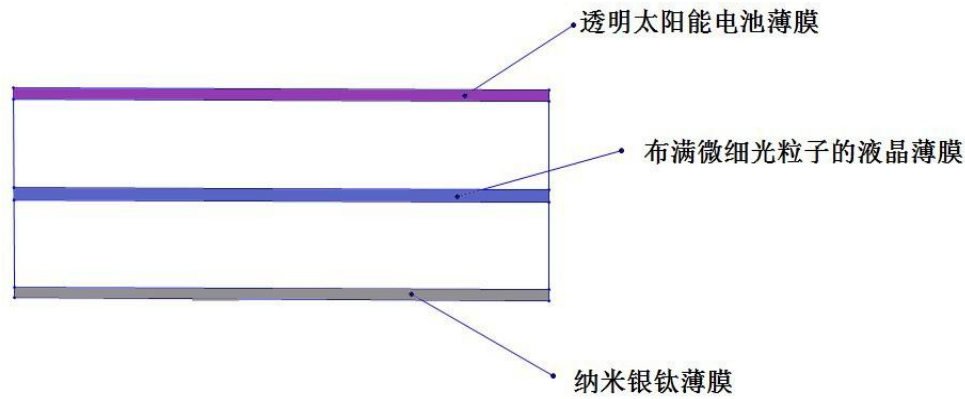
4.2.1 家用高档可调光窗户

此种窗户除了具有净化空气、抗菌抑菌的功能外还将具有可调光功能和中轴旋转的功能。

具体设计思路：将布满微细光粒子的液晶薄膜夹在两层玻璃中间，经高温高压胶合后形成一体成型的夹层结构，再将纳米银钛薄膜覆在面向室内的玻璃表面、透明太阳能电池薄膜覆在面向室外的玻璃表面。透明太阳能电池薄膜产生的电可以用于调节透光率，节约电能。

此种窗户不仅能净化分解室内家具、装修涂料等产生的和室外进入的有毒有害气体，也能调节透光率，还能利用太阳能发电，又具备中轴旋转功能有利于擦洗。集众多功能于一身，具有很强的实用价值和广阔的前景。但由于实现可调光功能成本过高，不具推广性。

玻璃设计简易示意图如下：



图表 5 家庭高档可调光玻璃简易设计图

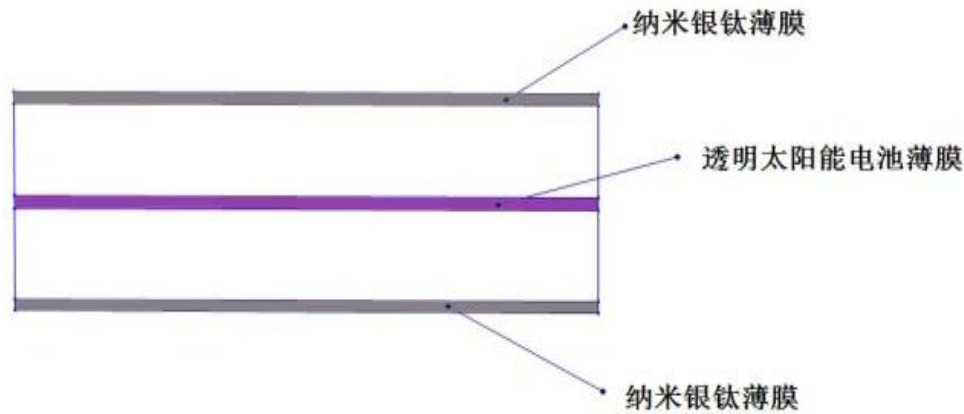
中轴旋转功能示意图如下：



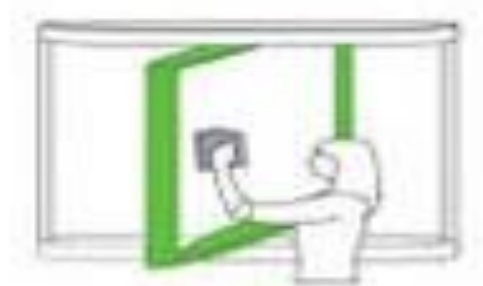
图表 6 中轴旋转示意图

4.2.2 家用可推广窗户

此种窗户将去掉家用高档可调光窗户的可调光功能，其他功能均相同。具体设计方案与玻璃幕墙的设计方案大体相同，增加了中轴旋转功能以利于擦洗。



图表 7 家庭可推广玻璃简易设计图



图表 8 中轴旋转示意图

此种窗户成本较低，具有很强的可推广性，市场前景巨大，功能众多，与前一种窗户形成高低搭配，也能净化分解室外的有毒有害气体和物质，又能发电，环保节能。

五、可行性分析及预计技术难点

5.1 可行性分析

目前，纳米银钛薄膜的制备工艺及覆膜工艺已经十分成熟，且成本相对较低，

易于实现, 该项技术已经应用在玻璃上, 用在我们设计的玻璃上, 在技术上应该具有很强的可行性。纳米银钛薄膜的纳米 TiO_2 膜层厚度为 0.3-0.5 微米, 在近紫外线和近红外波段具有较低的透过率, 而在可见区却又有非常高的透过率, 透过率可达到 75-80%, 这是门窗玻璃的最理想光谱。

透明太阳能电池薄膜在国内外均已实现, 而且成本并不高, 这种电池也可以采用塑料薄膜印刷方式制造, 因此其成本最终将会远远低于硅电池。这种薄膜已经应用在一些高层建筑的玻璃幕墙上, 因此用在我们设计的玻璃上是完全可行的。

可调光材料是布满微细光粒子的液晶薄膜, 其可以夹在玻璃中间以实现调光功能, 目前国内外已经有了这种电控调光玻璃, 在技术上是完全可以实现的。但其成本很高, 不具有普遍推广性。

虽然具有各个单独功能的玻璃均已存在, 但没有一种玻璃能具备所有以上的功能。然而未来玻璃的发展趋势必将是集众多功能于一身, 我们要做的正是如此。

5.2 预计技术难点

预计技术的难点在于怎样将众多功能集于一块玻璃上而使各个功能不相互影响或使影响降到最低, 但相信这不是不可克服的问题。随着技术的进步, 玻璃必将朝着功能多样化的方向发展。

我们的解决方案是将各功能薄膜材料覆在玻璃的不同位置, 使其物理分离, 避免直接接触而互相影响, 具体效果还有待实践的验证。

六、应用前景

随着技术的进步和人们生活水平的提高, 人们对窗户玻璃的要求越来越高, 具备多种功能、将众多功能集于一身的玻璃必将是未来的发展趋势, 我们所设计的正是基于这样一种理念。

6.1 多功能玻璃幕墙应用前景

我们所设计的玻璃幕墙具有净化空气、分解有毒有害物质、抗菌抑菌、利用太阳能发电等功能, 而且成本不高, 非常适用于现代城市中的高层建筑。一旦这种玻璃制作出来并应用于高层建筑的玻璃幕墙, 其产生巨大的环境效益和经济效益是非常可观的, 对改善城市内空气质量和室内空气质量非常有益, 又能消灭和抑制空气中的细菌, 有利于阻止疾病的发生与传播。符合低碳环保的理念。

6.2 家用高档可调光窗户

这种窗户不仅具有, 还能满足一部分人对可调节透光率的要求, 并能实现中轴旋转, 利于清洗。但由于实现可调光功能的成本过高, 导致其价格高昂, 不具有推广性, 只能定位在高端, 可以满足部分人群对可调光的特殊要求。一旦技术

进步使得可调光的成本降低，其市场潜力是巨大的。

6.3 家庭可推广窗户

此窗户在可调光窗户的基础上去掉了可调光的功能，具有净化空气、分解有毒有害物质、抗菌抑菌、利用太阳能发电等功能和中轴旋转利于擦洗的优点。此窗户成本较低，功能众多，具有很强的实用价值，推广性很强，市场潜力巨大，可以满足人们对健康的生活环境的要求。此种窗户不仅能净化分解室内家具、装修涂料等产生的和室外进入的有毒有害气体，也能净化分解室外的有毒有害气体和物质，还有效的利用太阳能发电，符合当今社会低碳环保的理念。

参考文献

- [1]黄德武 刘雯 《纳米银钛健康玻璃的研制与应用》 《中国建材》2005 年第 5 期 74-78 页
- [2]《材料化学》杂志
- [3]《纳米技术》杂志
- [4]孔彬彬, 郝鲁江, 于同立. 纳米抗菌材料抗菌作用及机理的研究进展[J]. 中国酿造. 2008(8): 1—3
- [5]肖新颜, 陈焕钦, 万彩霞. TiO₂ 光催化空气净化及抗菌材料的研究与应用[J]. 化学研究与应用, 2002(5): 15. 18
- [6]张文钰, 王广文. 纳米银抗菌材料研发现状[J]. 化工新型材料, 2003, (2): 55—58
- [7]于向阳, 程继健, 杜永娟. TiO₂ 光催化抗菌材料. 玻璃与搪瓷, 2000,28(4):42-47
- [8]徐美君. 太阳能光伏玻璃及其薄膜的开发与应用. 玻璃与搪瓷, 2011,39(3)
- [9]徐慢. 玻璃基太阳能电池薄膜材料的制备及其结构和性能研究
- [10]王慧娟. 柔性非晶硅薄膜太阳能电池关键制备技术研究