证券研究报告

行业报告 | 行业专题研究

2022年05月23日

机械设备

Perc、TOPCon、HJT与IBC，各家电池片技术路线差异几何?

作者：

分析师 李鲁靖 SAC执业证书编号：S1110519050003

联系人 朱晔

联系人 张钰莹

行业评级：强于大市（维持评级）

上次评级：强于大市

请务必阅读正文之后的信息披露和免责申明

摘要

核心组合：先导智能、迈为股份、新莱应材、联赢激光、江苏神通、华测检测、高测股份、帝尔激光、春风动力、奕瑞科技、润邦股份、苏试试验。

重点组合：中联重科、锐科激光、欧科亿、华锐精密、国茂股份、杰克股份、弘亚数控、美亚光电、三一重工、中联重科。

本周专题：Perc、TOPCon、HJT与IBC，各家电池片技术路线差异几何?

1）PERC：PERC电池的工艺流程相对简单且设备成熟，近两年来，标配一些提效工艺，如激光SE、碱抛、光注入/电注入等。PERC技术以背面钝化层的沉积和激光开槽为主，后续在此基础上进行工艺改进优化时增加正面SE激光和光注入/电注入退火等工艺。

2）TOPCon：首先在电池背面制备一层1～2nm的隧穿氧化层，然后再沉积一层掺杂多晶硅，二者共同形成钝化接触结构，为硅片的背面提供良好的界面钝化。

3）HJT：以N型单晶硅(C-Si)为衬底光吸收区，经过制绒清洗后，其正面依次沉积厚度为5-10nm的本征非晶硅薄膜(i-a-Si: H)和掺杂的P型非晶硅(P-a-Si:H)，和硅衬底形成p-n异质结。硅片的背面又通过沉积厚度为5-10nm的i-a-Si:H和掺杂的N型非晶硅(n-a-Si:H)形成背表面场，双面沉积的透明导电氧化物薄膜(TCO)，最后通过丝网印刷在两侧的顶层形成金属基电极，即为异质结电池的典型结构。

4）IBC：将p+掺杂区域和n+掺杂区域均放置在电池背面（非受光面）的太阳能电池，ibc电池的受光面无任何金属电极遮挡，从而有效增加电池的短路电流，使电池的能量转化效率得到提高。

锂电设备：建议关注：先导智能、杭可科技、赢合科技、联赢激光、杰普特。

光伏设备：建议关注：迈为股份、帝尔激光、高测股份、晶盛机电、奥特维等。

摩托车两轮车：建议关注：春风动力。

风电&核电设备：建议关注：润邦股份、恒润股份、江苏神通、华荣股份、杰瑞股份。

半导体&IGBT：建议关注：新莱应材、至纯科技。

工控自动化：受益于外资品牌供应链短缺问题。**建议关注：汇川技术、禾川科技、埃斯顿、新时达、绿的谐波。**

风险提示：宏观环境与政策风险；行业竞争风险；电池片技术路径变化风险等。

注：华测检测为机械与环保共公用团队联合覆盖；锐科激光为机械与电子团队联合覆盖；美亚光电为机械与医药团队联合覆盖春风动力为机械与汽车团队联合覆盖

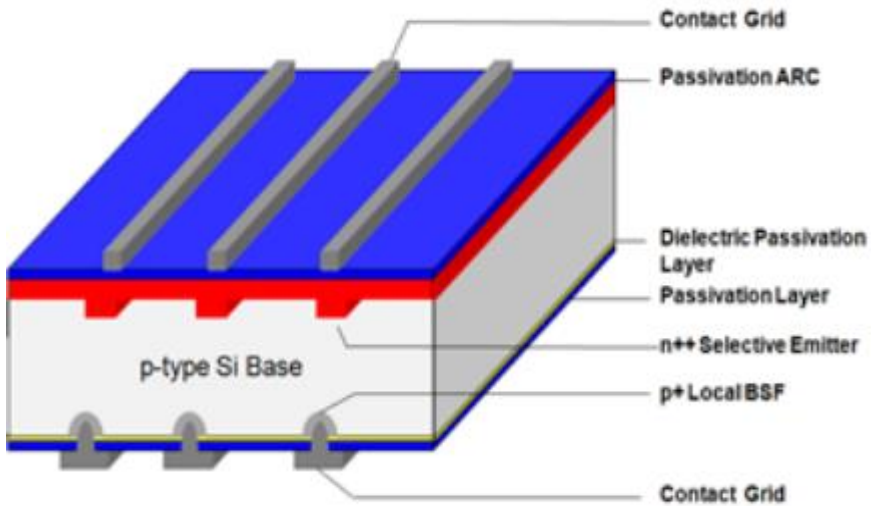
1
Perc电池：
量产十年，2021年市占率高达91.2%

1.1 Perc电池综述

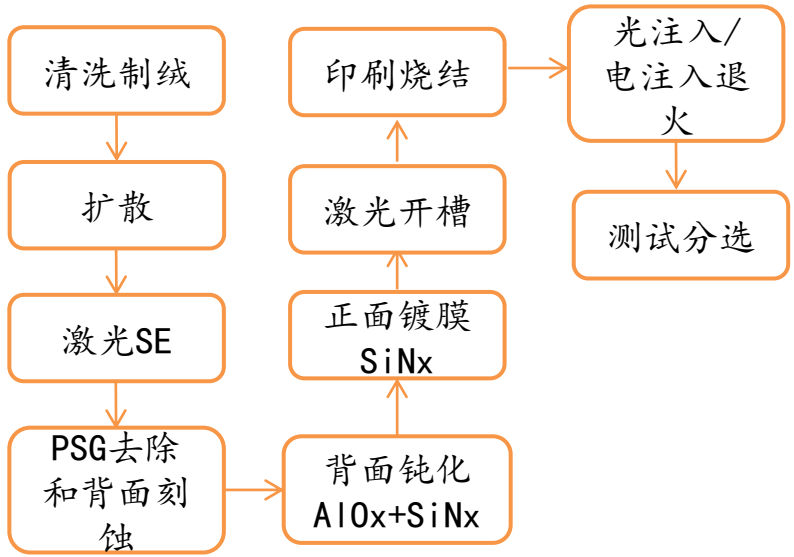
- PERC电池是从早期的BSF电池升级而来，并且得到行业的广泛应用，其电池结构在BSF结构的基础上，增加背面钝化层，降低少数载流子，提升电池转换效率。

- PERC电池的工艺流程相对简单且设备成熟，近两年来，标配一些提效工艺，如激光SE、碱抛、光注入/电注入等。PERC技术以背面钝化层的沉积和激光开槽为主，后续在此基础上进行工艺改进优化时增加正面SE激光和光注入/电注入退火等工艺。

图：perc电池结构图



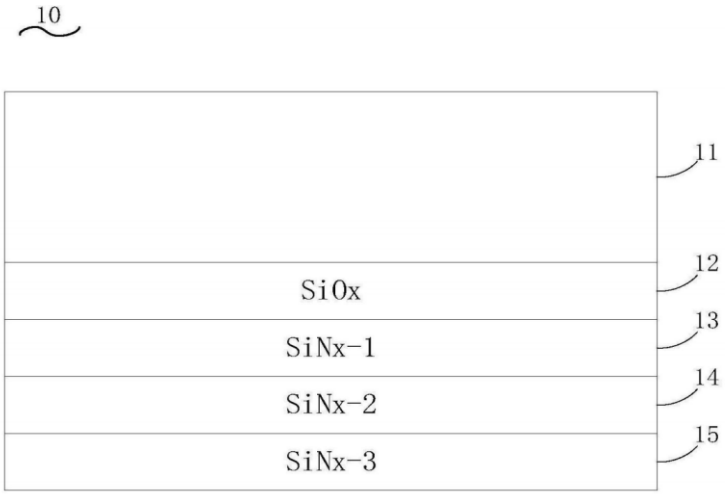
图：perc电池工艺流程图



1.2.1 Perc电池：爱旭股份

- 下图图例，
  - ✓ 11-硅基底，
  - ✓ 12-氧化硅层，
  - ✓ 13-第一氮化硅层，
  - ✓ 14-第二氮化硅层，
  - ✓ 15-第三氮化硅层。
- **优势：**对比氧化铝ALD沉积法，反应速率更快；无需退火。

图：爱旭股份Perc电池结构图



图：爱旭股份Perc电池工艺流程图

（选择性发射极）

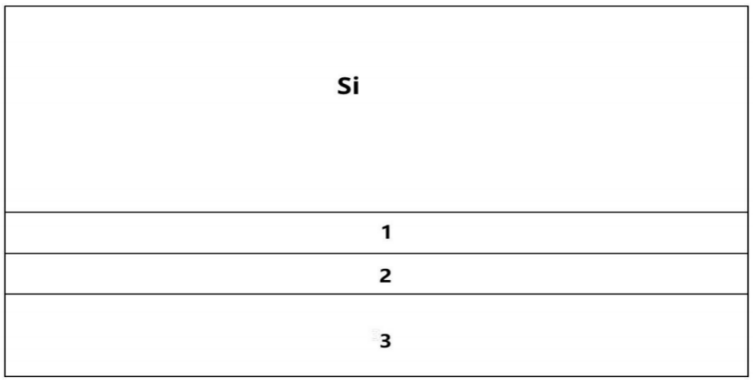
PECVD内部 通入硅烷+笑气 沉积氧化硅层(12)
沉积氮化硅层（钝化）
* PECVD内部 通入氨气+硅烷 沉积第一氮化硅层(第一钝化层)
* PECVD内部 通入氨气+硅烷 沉积第二氮化硅层(第二钝化层)
* PECVD内部 通入氨气+硅烷 沉积第三氮化硅层(第三钝化层)

1.2.2 Perc电池：阿特斯

- 下图图例，
- ✓ Si-硅基底，
- ✓ 1-氧化铝薄膜，
- ✓ 2-氮化硅薄膜，
- ✓ 3-氮氧化硅薄膜。

图：阿特斯Perc电池工艺流程图

图：阿特斯份Perc电池结构图



数据来源：国家知识产权局，天风证券研究所（注：阿斯特《一种同时提高双面PERC背面及正面效率的背膜结构及其制备方法和应用》，申请时间为 2020.10 ）

1.2.3 Perc电池：通威股份

图：通威股份Perc电池工艺流程图

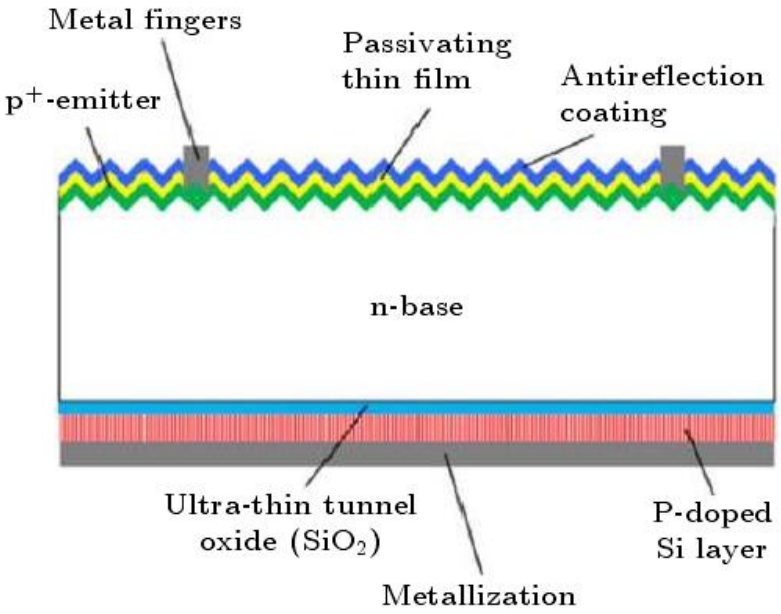
数据来源：国家知识产权局，天风证券研究所（注：通威股份《一种PERC电池片的制作工艺》，申请时间为 2021.12 ）

2
TOPCon：产业化进程加速

2.1 TOPCon电池综述

- **隧穿氧化层钝化接触太阳能电池（Tunnel Oxide Passivated Contact solar cell, TOPcon），**高质量的超薄氧化硅和重掺杂多晶硅的叠层结构，对全背表面实现了高效钝化，同时载流子选择性地被收集，具有制备工艺简单、使用 N 型硅片无光致衰减问题和与传统高温烧结技术相兼容等优点。

图：TOPCon电池示意图



图：TOPCon电池掺杂层制备方法

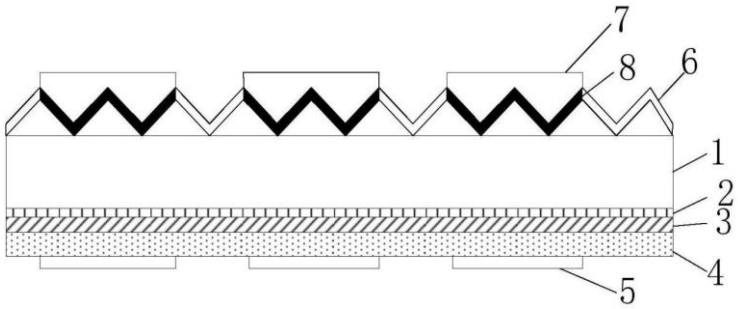
方法	优点	缺点
LPCVD	产量高，可以直接制备n型的多晶硅层	会产生绕镀，效率相对较低
PECVD	可以进行单面制备，效率高	产量低，对设备要求高，且对环境有污染
溅射法	无污染，操作简单且安全	均匀性相对较差，退火温度想对较高

数据来源：任程超等《基于隧穿氧化物钝化接触的高效晶体硅太阳电池的研究现状与展望》，天风证券研究所

2.2.1 TOPCon电池：隆基股份

- **下图图例，**
- ✓ 1-硅基底
- ✓ 2-隧穿氧化硅层
- ✓ 3-多晶硅层（掺杂前），磷掺杂多晶硅（掺杂后）
- ✓ 4-第一层钝化层SiO
- ✓ 5-背面电极 银电极
- ✓ 6-第二层钝化层 AlO Si_3N_4
- ✓ 7-正面电极 铝电极
- ✓ 8-P+层

图：隆基股份TOPCon电池示意图



图：隆基股份TOPCon电池工艺流程图

硅片

硅基底

正面制绒

去除PSG

LPCVD内
沉积隧穿氧化硅层（2）
沉级本征多晶硅层（3-掺杂前）

本征多晶硅层-磷掺杂-磷掺杂多晶硅层（3）

正面沉积：正面钝化处理：沉积氧化铝 氮化硅层-第二层钝化层（6）

背面沉积：背面钝化处理：沉积氮化硅-第一层钝化层（4）

正面电极区域激光处理（打开第二钝化层）

正面印刷铝浆-烧结-正面电极（7）

接触面形成铝硅合金P+层（8）导电+钝化作用

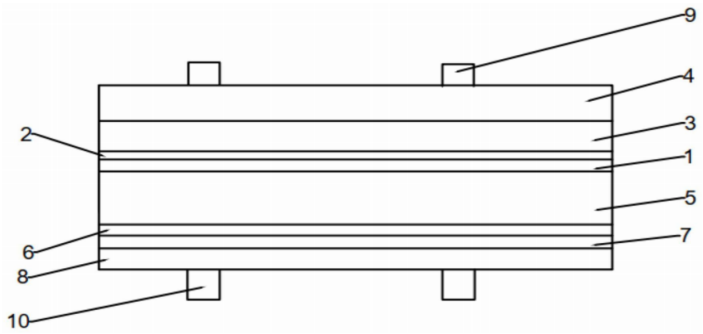
背面印刷银浆-烧结-背面电极（5）

数据来源：国家知识产权局，天风证券研究所（注：隆基股份《太阳能电池及其制备方法》，申请时间为 2021.12；隆基股份《N型TOPCon及其制备方法》，申请时间为2021.11）

2.2.2 TOPCon电池：天合光能

- **下图图例，**
- ✓ 1-第一钝化层
- ✓ 2-第二钝化层
- ✓ 3-第三钝化层
- ✓ 4-第四钝化层、
- ✓ 5-硅基底
- ✓ 6-隧穿氧化硅层
- ✓ 7-多晶硅层
- ✓ 8-氮化硅膜
- ✓ 9-正面印刷银层（背面电极）
- ✓ 10-背面印刷银层（背面电极）

图：天合光能TOPCon电池示意图



图：天合光能TOPCon电池工艺流程图

硅片

正面制绒

去除正面PSG刻蚀

硅基底(5)

沉积隧穿氧化硅层（6）和多晶硅层（7）

正面沉积

* 沉积第一钝化层(1)——CVD沉积法沉积氧化铝层；
* 沉积第二钝化层(2)——CVD沉积法 氧化硅、碳化硅或氮氧化硅层重任意一层或至少两种叠层；
* 沉积第三钝化层(3)——氮化硅层；
* 沉积第四钝化层(4)——CVD沉积法 氧化硅、碳化硅或轻氧化硅层重任意一层或至少两种叠层；

背面沉积氮化硅（8）

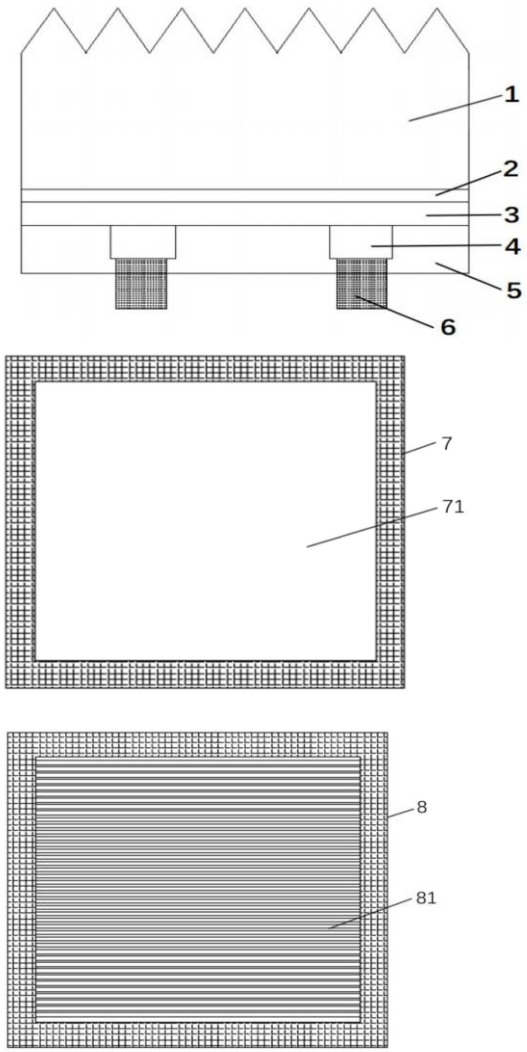
正面印刷烧结（9）

背面印刷烧结（10）

数据来源：国家知识产权局，天风证券研究所（注：天合光能《一种TOPCon电池的叠层钝化结构和TOPCon电池》，申请时间为2021.09）

2.2.3 TOPCon电池：中来股份

图：中来股份TOPCon电池示意图



图：中来股份TOPCon电池工艺流程图

硅片

硅基底

清洗制绒

沉积隧穿氧化层（2）

臭氧氧化法/硝酸氧化法/臭氧水氧化法/热氧化法/PECVD原位氧化法

中间空心第一载板（7，石墨板/碳纤维）覆盖-PVD法沉积第一本征非晶硅层（3）

图案化镂空第二载板（8，石墨板/碳纤维）覆盖-PVD法沉积第二本征非晶硅层（4）

退火

非晶硅层（3、4）转化为磷扩散多晶硅层

沉积钝化层（5）

氮化硅、氮氧化硅和氧化铝中一种或多种膜层组合

背面印刷银/铝浆

烧结形成电极（6）

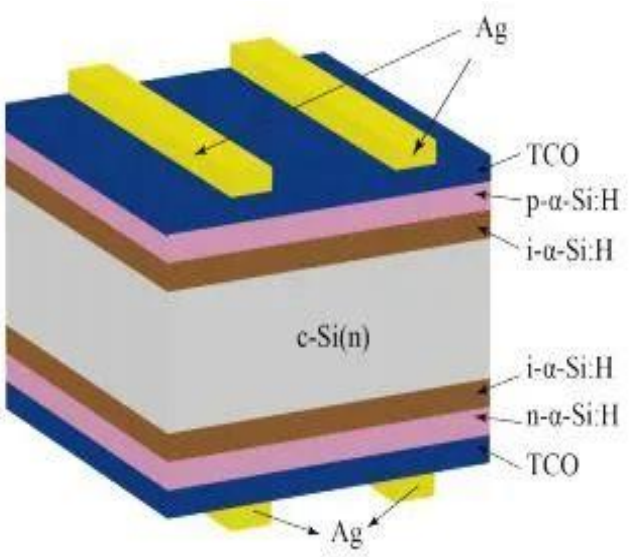
数据来源：国家知识产权局，天风证券研究所（注：中来股份《一种钝化接触结构的制备方法及应用方法》，申请时间为2021.12；中来股份《N-TOPCon太阳能电池、组件、系统及电池中制备双面氧化硅的方法、设备》，申请时间为2021.03）

3
HJT：钝化接触技术的掌上明珠

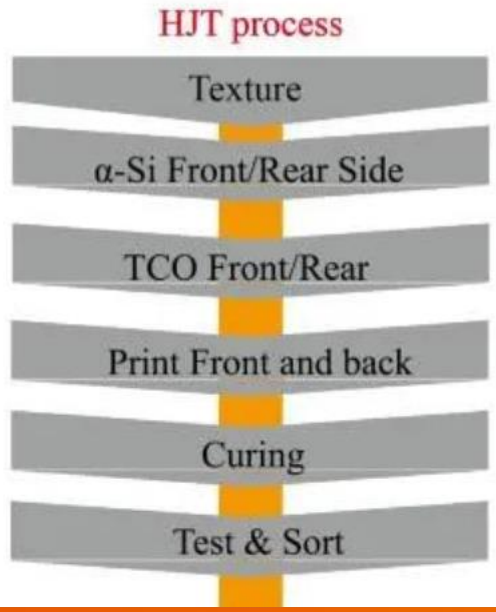
3.1 HJT电池综述

- 异质结 HJT (Hereto- junction with Intrinsic Thin-layer)电池，以N型单晶硅(C-Si)为衬底光吸收区，经过制绒清洗后，其正面依次沉积厚度为5-10nm的本征非晶硅薄膜(i-a-Si: H)和掺杂的P型非晶硅(P-a-Si:H)，和硅衬底形成p-n异质结。
- 硅片的背面又通过沉积厚度为5-10nm的i-a-Si:H和掺杂的N型非晶硅(n-a-Si:H)形成背表面场，双面沉积的透明导电氧化物薄膜(TCO)不仅可以减少收集电流时的串联电阻，还能起到像晶硅电池上氮化硅层那样的减反作用。最后通过丝网印刷在两侧的顶层形成金属基电极，即为异质结电池的典型结构。

图：HJT电池示意图



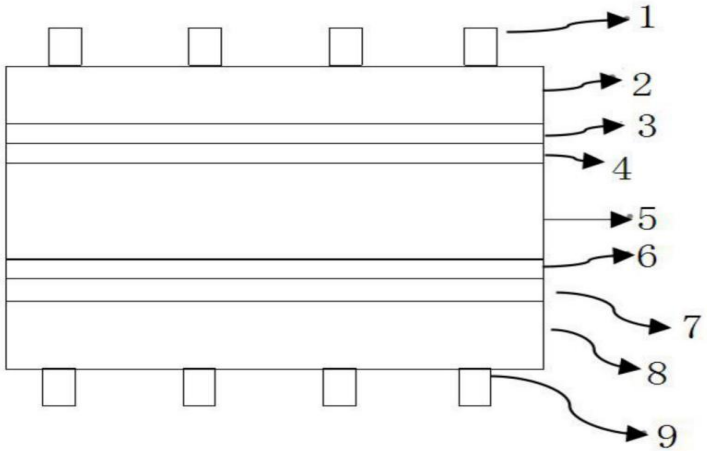
图：HJT电池制备流程图



3.2 HJT电池：隆基股份

- **下图图例，**
  - ✓ 1-第一金属电极，银
  - ✓ 2-第一透明导电层（TCO膜）
  - ✓ 3-n型非晶硅层（掺磷）
  - ✓ 4-第一本征非晶硅层
  - ✓ 5-硅基底层
  - ✓ 6-二氧化硅层(6’第二本征非晶硅层)
  - ✓ 7-p型微晶硅层（掺硼）
  - ✓ 8-第二透明导电层（TCO膜）
  - ✓ 9-第二金属电极，银

图：隆基乐叶HJT电池示意图



图：隆基股份HJT电池工艺流程图

硅片

清洗制绒

硅基底（5）

沉积二氧化硅层（6）

二氧化硅表面沉积非晶硅层（6’）（待晶化）

非晶硅层沉积金属薄膜-退火-将非晶硅层（6’）转化为微晶硅层（7）

酸性洗液清洗金属残留

硅基底正面沉积本征非晶硅层（4）

沉积非晶硅层（3）

沉积第一透明导电层（2）和第二透明导电层（8）

丝网印刷

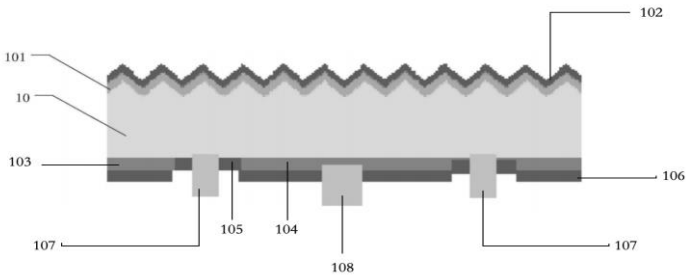
沉积第一电极（1）和第二电极（9）

（不同于烧结，是低温工艺）

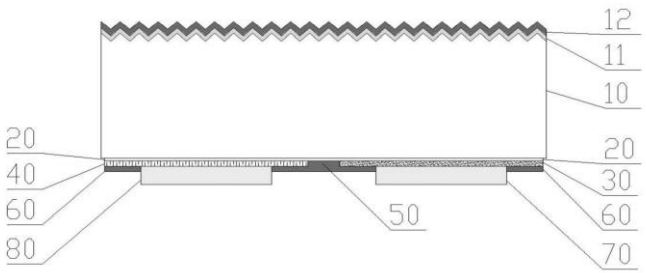
4
IBC：有望成为赛道黑马

4.1 IBC：普乐新能源/苏州腾晖

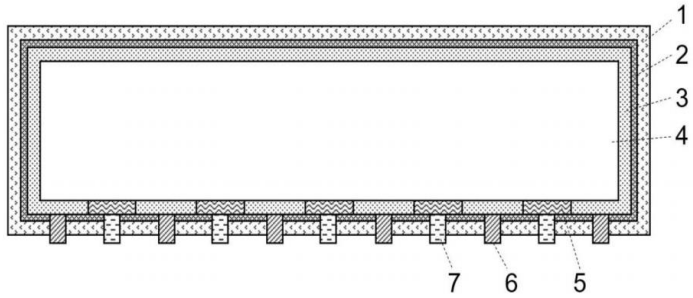
图：IBC电池示意图



图：普乐新能源IBC电池示意图



图：苏州腾晖IBC电池示意图



- 以左图为例，10-硅基底，101-正面前场，102-钝化层，103-多晶硅薄膜，104-多晶硅薄膜，105-硅基底，106-钝化层，107-铝电极（“背面”电极），108银电极（“正面”电极）。

图：IBC电池工艺流程图

硅片

硅基底（10）

清洗制绒

生成正面前场

背面沉积隧穿氧化硅层和多晶硅薄膜（103）

多晶硅薄膜-磷掺杂-N型多晶硅薄膜

激光刻蚀-去除部分多晶硅薄膜，露出P型硅基底（105及右侧同区域）

去除正面BSG

退火

*离子注入进行磷掺杂需要退火，如果是通过磷扩散工艺实现，则不进行本操作

正面钝化处理（102）

背面钝化处理（106）

激光刻蚀

去除硅基底(105部分区域及右侧同位置)的钝化层

丝网印刷

在硅基底(105部分区域及右侧同位置)上印刷铝浆（即“背面电极”，107），在多晶硅薄膜（104）上印刷银浆（即所“正面电极”，108）

共烧形成电极（烧结）

数据来源：国家知识产权局，天风证券研究所（注：苏州腾晖《一种P型IBC电池的制备方法》；普乐新能源《一种IBC晶硅太阳能电池及其制备方法》）

4.2 IBC：隆基股份HPBC

隆基股份HPBC电池示意图

图1：

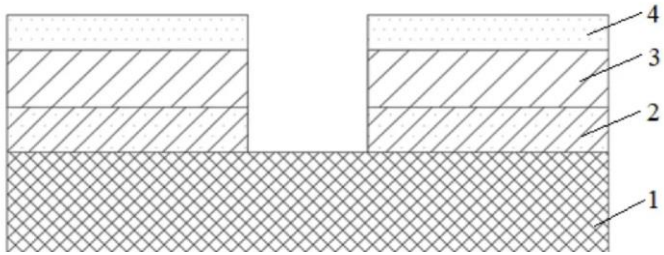


图2

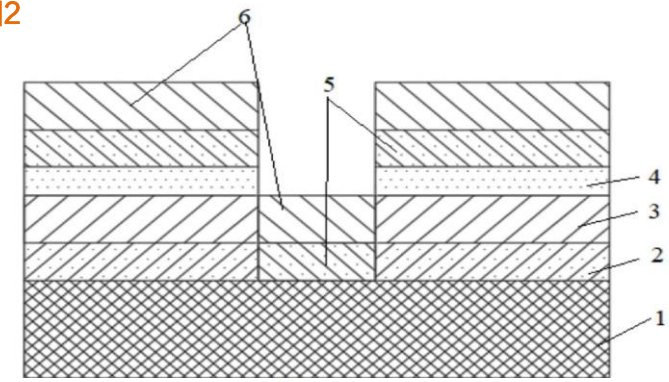
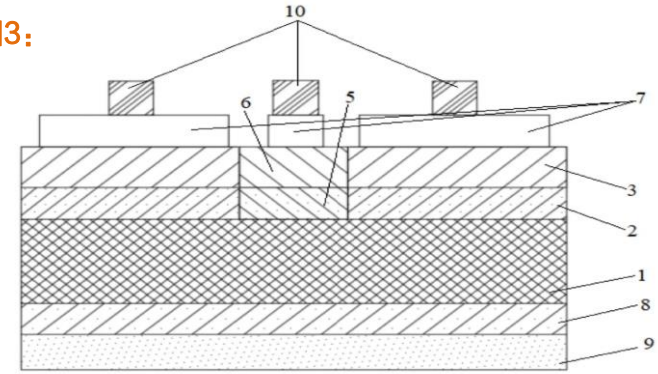


图3：



- 以左图为例，1-硅基底，2-第一钝化层，3-第一传输层，4-掩膜，5-第二钝化层，6-第二传输层，7-透明导电薄膜，8-第三钝化层，9-减反射层，10-背面电极。

图：隆基股份HPBC电池工艺流程图

硅片

硅基底（1）

清洗制绒

沉积第一钝化层（2，氧化硅层）和第一传输层（3，非晶硅层）

掩膜 —— 呈叉指状排列-刻蚀，如图1

沉积第二钝化层（5，氧化硅层）和第二传输层（6，非晶硅层）

移除掩膜及上层沉积层 —— 如图2

沉积透明导电薄膜（7）

沉积第三钝化层（8）

制备减反射层（9）

丝网印刷-制备背面电极（10） —— 丝网印刷/掩膜蒸镀/电镀法银/铜电极　如图3

数据来源：国家知识产权局，天风证券研究所（注：隆基股份《一种太阳能电池的制备方法以及太阳能电池》，申请时间：2021.11）

4.3 IBC：中来股份TBC

中来股份TBC电池示意图

图1：

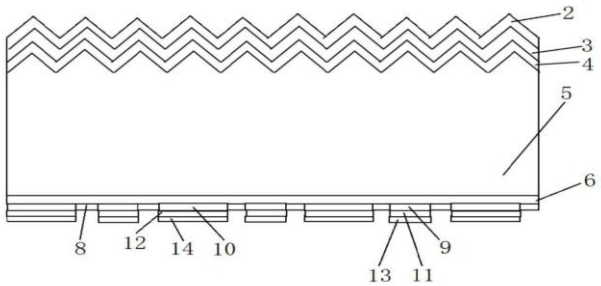


图2

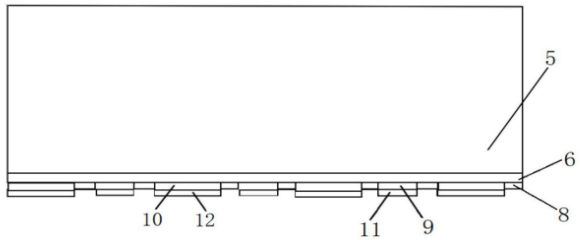
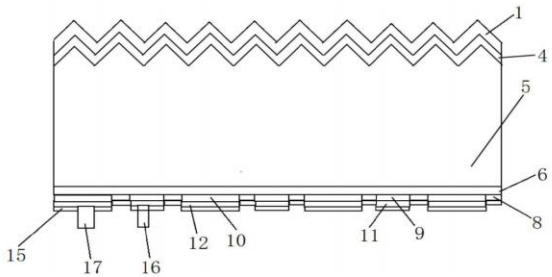


图3：



- 以左图为例，2-掩膜，3-PSG膜，4-n+前场，5-硅基底，6-电介质钝化层-氧化铝、氧化硅和氧化铬一种或多种组合，8-多晶硅层，9-第一多晶硅掺杂层，10-第二多晶硅掺杂层，11-第三多晶硅掺杂层，12-第四多晶硅掺杂层

图：中来股份TBC电池工艺流程图

硅片

硅基底（5）

清洗制绒

离子注入 —— 生成n+前场（4）

生成正面PSG膜（3）

沉积正面掩膜（2） —— CVD/APCVD/热氧化

背面沉积隧穿氧化电介质层（6）

沉积本征非晶硅层-丝网印刷法-选择性掺杂

多晶硅层（8）

掺杂n+ —— 第一多晶硅掺杂层(9)；第三多晶硅掺杂层(11)；背面PSG膜(13)

掺杂p+ —— 第二多晶硅掺杂层(10)；第四多晶硅掺杂层(12)；背面BSG膜(14)

去除掩膜（2）

去除PSG膜（3、13）、BSG膜（14） —— 如图2

正面钝化-ALD/CVD/PVD沉积-N+前场钝化处理（1）

背面钝化（15）-ALD/CVD/PVD沉积

第三多晶硅掺杂层-银浆印刷-烧结-第一电极（16）

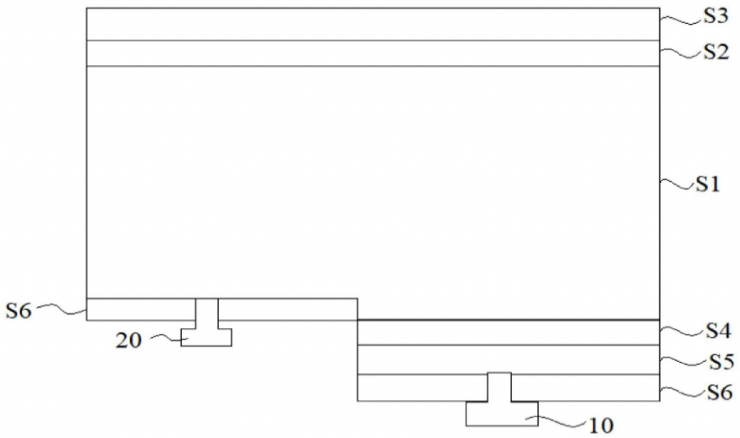
第四多晶硅掺杂层-银铝浆印刷-第二金属电极（17） —— 如图3

数据来源：国家知识产权局，天风证券研究所（注：中来股份《一种极性相异的钝化接触结构及电池、组件和系统》，申请时间：2021.04）

4.4 IBC：爱旭股份TBC

- 以下图为例，
- ✓ 10-N型电极；20-P型电极；
- ✓ S1-硅基底；
- ✓ S2-浮动结FFE；
- ✓ S3-沉积第一钝化膜；
- ✓ S5-非晶硅层；
- ✓ S6-沉积第二钝化膜。

图：爱旭股份TBC电池示意图



图：中来股份TBC电池工艺流程图

硅片

硅基底（S1）

清洗制绒

双面同时沉积隧穿氧化层、非晶硅层

双面同时磷扩

正面-重度磷扩散-非晶硅层阻挡-形成优异性能的浮动结FFE（S2）
背面磷扩散-非晶硅层S5转化为N型多晶硅层 背面形成PSG-无需掩膜

激光消融法刻蚀-叉指状，露出P型硅基底

去除正面PSG

去除背面PSG

去除正面隧穿氧化层、非晶硅层

沉积第一钝化膜S3

沉积第二钝化膜S6

激光开槽-刻蚀-P区形成第一开槽

丝网印刷与烧结-第一开槽铝浆印刷-形成P型电极20

N区不开槽-银浆料烧穿N区S6，接触S5形成N型电极10

数据来源：国家知识产权局，天风证券研究所（爱旭股份《一种太阳能电池掩膜制备方法、太阳能电池及制备工艺》，申请时间：2021.11；爱旭股份《一种双面背接触太阳能电池及其背面结构》，申请时间：2021.10）

风险提示

风险提示：

1）宏观环境与政策风险：基建和地产投资大幅下滑等；

2）行业竞争风险：电池片行业竞争激烈；

3）电池片技术路径变化风险：HJT、TOPCon、IBC等电池路线迭代较快等

分析师声明

本报告署名分析师在此声明：我们具有中国证券业协会授予的证券投资咨询执业资格或相当的专业胜任能力，本报告所表述的所有观点均准确地反映了我们对标的证券和发行人的个人看法。我们所得报酬的任何部分不曾与，不与，也将不会与本报告中的具体投资建议或观点有直接或间接联系。

一般声明

除非另有规定，本报告中的所有材料版权均属天风证券股份有限公司（已获中国证监会许可的证券投资咨询业务资格）及其附属机构（以下统称“天风证券”）。未经天风证券事先书面授权，不得以任何方式修改、发送或者复制本报告及其所包含的材料、内容。所有本报告中使用的商标、服务标识及标记均为天风证券的商标、服务标识及标记。

本报告是机密的，仅供我们的客户使用，天风证券不因收件人收到本报告而视其为天风证券的客户。本报告中的信息均来源于我们认为可靠的已公开资料，但天风证券对这些信息的准确性及完整性不作任何保证。本报告中的信息、意见等均仅供客户参考，不构成所述证券买卖的出价或征价邀请或要约。该等信息、意见并未考虑到获取本报告人员的具体投资目的、财务状况以及特定需求，在任何时候均不构成对任何人的个人推荐。客户应当对本报告中的信息和意见进行独立评估，并应同时考量各自的投资目的、财务状况和特定需求，必要时就法律、商业、财务、税收等方面咨询专家的意见。对依据或者使用本报告所造成的一切后果，天风证券及/或其关联人员均不承担任何法律责任。

本报告所载的意见、评估及预测仅为本报告出具日的观点和判断。该等意见、评估及预测无需通知即可随时更改。过往的表现亦不应作为日后表现的预示和担保。在不同时期，天风证券可能会发出与本报告所载意见、评估及预测不一致的研究报告。

天风证券的销售人员、交易人员以及其他专业人士可能会依据不同假设和标准、采用不同的分析方法而口头或书面发表与本报告意见及建议不一致的市场评论和/或交易观点。天风证券没有将此意见及建议向报告所有接收者进行更新的义务。天风证券的资产管理部门、自营部门以及其他投资业务部门可能独立做出与本报告中的意见或建议不一致的投资决策。

特别声明

在法律许可的情况下，天风证券可能会持有本报告中提及公司所发行的证券并进行交易，也可能为这些公司提供或争取提供投资银行、财务顾问和金融产品等各种金融服务。因此，投资者应当考虑到天风证券及/或其相关人员可能存在影响本报告观点客观性的潜在利益冲突，投资者请勿将本报告视为投资或其他决定的唯一参考依据。

投资评级声明

类别	说明	评级	体系
股票投资评级	自报告日后的6个月内，相对同期沪深300指数的涨跌幅	买入	预期股价相对收益20%以上
		增持	预期股价相对收益10%-20%
		持有	预期股价相对收益-10%-10%
		卖出	预期股价相对收益-10%以下
行业投资评级	自报告日后的6个月内，相对同期沪深300指数的涨跌幅	强于大市	预期行业指数涨幅5%以上
		中性	预期行业指数涨幅-5%-5%
		弱于大市	预期行业指数涨幅-5%以下

THANKS