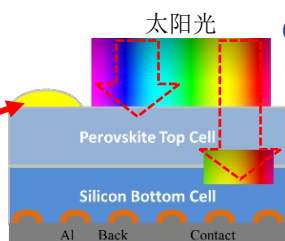
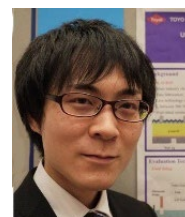


钙钛矿串联太阳能电池用 低温固化银浆



CTC 单元

东洋铝业株式会社
电子功能材料实验室组
铃木 绍太



光伏

2022年6月

面向钙钛矿太阳能电池的银浆（TPA 系列）（左侧）
钙钛矿串联单元结构示例（右侧）

【1. 序言】

钙钛矿太阳能电池近年来不断得到开发，在研究水平上已实现了接近当前主流的晶体硅太阳能电池的转换效率。作为即可通过薄膜获得较高转换效率又可低成本简单制造的太阳能电池，钙钛矿太阳能电池受到了广泛关注。此外，通过采用与晶体硅太阳能电池叠层的串联结构，有望实现转换效率达30%以上的太阳能电池，而这在单独结构中是很难达到的。如果能以低成本实现转换效率达30%以上的太阳能电池，将有望用于迄今难以实现的用途，如用于车载或在狭窄空间发电等，从而促进清洁能源的进一步普及。

虽然钙钛矿太阳能电池在研究层面已实现高效率化，但是面向实用化，仍存在大面积化及提高长期可靠性等课题。实现大面积化的课题之一是对所发电力进行集电的电极形成。在研究层面是通过金属蒸镀等工艺形成，需要研究适合量产化的简便、快速的工艺。

本公司正在开发一种面向钙钛矿太阳能电池的电极浆料，目的是通过通常用于晶体硅太阳能电池、适合量产的丝网印刷法来形成电极。

【2.】面向钙钛矿太阳能电池的导电浆料

钙钛矿太阳能电池的光入射侧是通过透明导电

膜（TCO）和网格金属电极进行集电的。因此，为避免遮挡入射光，就要求网格电极采用细线。同时，为降低电阻引起的损耗，也需要低线电阻与透明导电膜间的接触电阻很低。此外，在150°C以上的高温下，钙钛矿太阳能电池层会出现劣化。因此，需要在150°C以下的温度下固化并且接触电阻和网格电阻非常低的导电浆料。针对硅异质结（SHJ）太阳能电池，本公司已经开发出了在200°C左右的温度下固化并且对透明导电膜的接触电阻和细线电阻较低的低温固化导电浆料。基于上述技术，我们一直在通过改变热固化性树脂、添加剂、导电填料的材料及比率，推进可适用于钙钛矿太阳能电池的浆料开发工作。最终，我们开发出了能够细线印刷并且通过在120°C-150°C的低温区固化实现低接触电阻、低线电阻的浆料。

【3. 钙钛矿串联太阳能电池】

在钙钛矿串联太阳能电池的研究领域拥有世界最高效率记录的研究机构 Helmholtz-Zentrum Berlin（HZB），对面向钙钛矿太阳能电池开发的低温固化银浆，进行了面向量产工艺应用的评估（发表在 SiliconPV2022 上[1]）。

结构是以 SHJ 太阳能电池为底部单元，在其上形成钙钛矿太阳能电池（图 1）。通过适合量产的工艺

形成钙钛矿层和 TCO 膜，然后通过低温固化银浆的丝网印刷和 150°C-20 分钟的固化形成电极。由于 TCO 的晶体质因 TCO 形成时的氧/氢气流比而异，因此证实了接触电阻会发生变化（图 2），于是在适合丝网印刷用 Ag 浆的 TCO 膜上进行了串联单元制作。

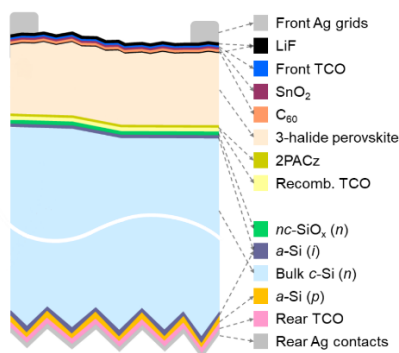


图 1. 钙钛矿串联太阳能电池结构[1]
(Front Ag 为本公司低温固化银浆)

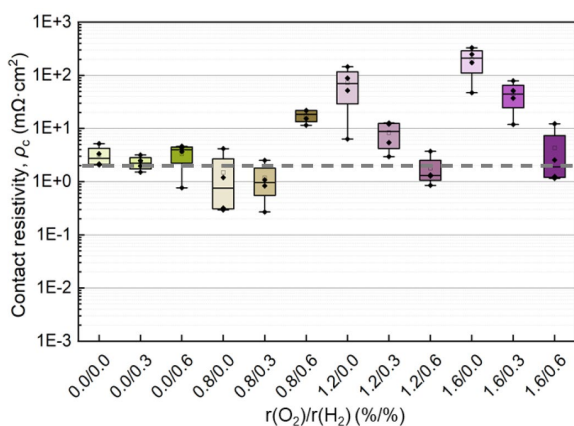


图 2. TCO 形成条件和与 Ag 电极的接触电阻值[1]

在适合量产的制造工艺试制的钙钛矿串联太阳能电池的转换效率经确认为 24.1%（图 3）。钙钛矿层和硅层的电流匹配同时得到确认（图 4），进一步优化研究表明，在量产工艺有可能实现转换效率超过 26%的串联太阳能电池。

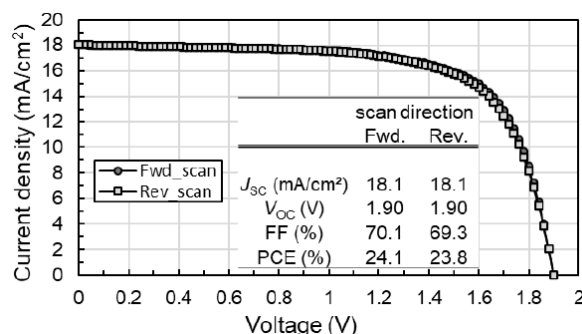


图 3. 串联单元的 J-V 特性[1]

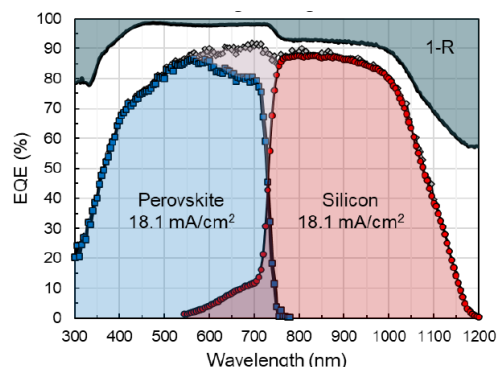


图 4. 串联单元的 EQE 和反射率测量结果[1]

【4. 结束语】

作为钙钛矿太阳能电池的表面电极，本公司开发出了一种低温固化银浆。今后，我们将进一步进行改良，并与我们已开发的金属涂层导电性填料（TOYAL TecFiller[®] TFM 系列）相结合，继续推进适用于工业工艺的电极材料开发工作，推动实现钙钛矿太阳能电池的实用化。

参考

[1] Zih-Wei Peng, et al., "Upscaling of Perovskite / c-Si Tandem Solar Cells by Using Industrial Adaptable Processes", presented at SiliconPV 2022.