

松下固态锂电池专利技术分析报告（2004-2024）

1. 概述

松下在固态锂电池领域的专利布局呈现明显的阶段性特征。2015年前后为技术探索期，重点聚焦固态电解质材料体系开发（如钛酸锂镧、铈酸锂等）和基础电芯结构设计[1][2]。2018年后进入系统优化阶段，专利覆盖电极-电解质界面改性、多层堆叠工艺及柔性电池设计[8][13]。2020年以来，技术路线向卤化物电解质体系全面倾斜，并深化高能量密度电极材料集成与规模化制造工艺创新[22][40]。

2. 专利分布与技术演进

2.1 固态电解质

- 氧化物电解质**：早期以钛酸锂镧（LLTO）为主（2015）[1]，2018年后开发复合氧化物/硫化物双层结构以提升界面稳定性[11]。
- 卤化物电解质**：2020年成为核心方向，典型代表为 Li_3YX_6 （ $\text{X}=\text{Cl}, \text{Br}, \text{I}$ ）及其掺杂体系（如 Zr 、 Ta 、 Mg ）[24][36]，并通过氧掺杂优化表面离子传输[89]。

2.2 正极材料

采用钴酸锂（ LiCoO_2 ）晶面取向控制技术（2015）[1]，2016年引入钒氧化物包覆层改善界面兼容性[5]，2020年后探索高镍正极与卤化物电解质的协同保护[170]。

2.3 负极与界面

2018年提出锂金属沉积/溶解的孔洞填充机制[12]，2019年开发钛酸锂基复合材料与柔性粘结剂体系[17]，2022年后关注硅基负极与卤化物电解质的适配性[132]。

2.4 电池结构

2017年提出分区柔性设计[7]，2018年实现多层堆叠直接连接[10]，2020年优化电极层叠面积比以提升能量密度[20]。

3. 材料创新方向

材料类型	典型化学式	演进特征
固态电解质	$\text{Li}_{3-3\delta}\text{Y}_{1+\delta-a}\text{M}_a\text{Cl}_{6-x-y}\text{Br}_x\text{I}_y$ [37]	从单一卤素向多卤素掺杂发展，引入稀土/碱土金属调节晶格稳定性

正极包覆层	$\text{Li}_\alpha\text{Ti}_\beta\text{M}_\gamma\text{F}_\delta$ (M=Ca, Mg, Al) [115]	氟化物包覆层厚度从纳米级向亚微米级扩展
-------	---	---------------------

4. 技术路线特征

1. **电解质体系迭代**：氧化物→硫化物→卤化物复合体系，重点解决界面阻抗与电化学稳定性矛盾。
2. **结构设计创新**：从刚性层压转向柔性可弯曲结构，发展梯度孔隙率电极与自适应界面层。
3. **制造工艺突破**：2018年提出局部热处理界面融合技术[8]，2022年开发低温固态电解质浆料涂布工艺[134]。

5. 未来三年技术展望

- **材料体系**：开发 Li_3YbX_6 (X=Cl, Br) 新型电解质[154]，推进富锂锰基正极与卤化物电解质兼容性研究[194]。
- **结构创新**：三维微通道集流体设计（2024专利[225]），多尺度界面应力缓冲层技术。
- **制造技术**：基于AI的固态电解质薄膜沉积工艺优化，卷对卷连续化生产技术专利布局加速。

参考文献

[1] ALL-SOLID LITHIUM SECONDARY BATTERY (2015)

[2] ENTIRE SOLID LITHIUM SECONDARY BATTERY (2015)

[5] BATTERY AND POSITIVE ELECTRODE MATERIAL (2016)

[225] BATTERY (2024)

松下 2005-2024年固态锂电池专利分析-Part II

Panasonic固态锂电池专利技术分析报告 (2004-2024)

1. 概述

Panasonic在2004-2024年间围绕固态锂电池技术布局了系统化的专利组合，早期（2016年前）以基础材料探索为主，2016年后进入核心技术突破期，2020年起加速**全固态电池结构设计与材料复合创新**。专利数量自2016年起显著增长，2020年后年均占比超60%，技术成熟度逐步提升[1-2]。

2. 专利分布

关键组件技术进展

- **固态电解质**：2016年聚焦Li-Nb/Ta-O三元体系[1-2]，2020年后转向卤化物（Li-Y-Cl/Br）[19-25]，2024年开发多元素复合电解质[62-65]

- **正极材料**：锂钴氧化物（2017）→磷酸铁锂（2023）→金属氧氟化物（2023）^[38]
- **负极材料**：钛酸锂（2021）→锂金属沉积结构（2020）→高电位活性材料（2023）^[11]
- **粘结剂**：2020年起开发梯度粘结剂体系，实现柔性电池设计^[6,8]

3. 材料方向

核心材料演化路径

- 2016年： $\text{Li}_{(1-x)}\text{NbO}_3/\text{TaO}_3$ （三方铌铁矿结构）^[1-2]
- 2020年： Li-Y-Cl-Br-I 体系（卤化物超离子导体）^[19]
- 2022年： $\text{Li}_{3-3\delta}\text{Y}_{1+\delta-a}\text{M}_a\text{Cl}_{6-x-y}\text{Br}_x\text{I}_y$ （ $\text{M}=\text{Zr/Hf/Ti}$ ）^[22]
- 2024年： Li-Zr-Y-W-Cl/Br 多元素复合电解质^[74]

4. 技术路线

阶段特征

- **2016-2018年**：基础电解质材料开发，确立全固态电池架构
- **2020-2022年**：多层电解质界面优化，柔性电池结构创新^[6]
- **2023-2024年**：高能量密度电极-电解质复合体系，梯度化材料设计^[53]

5. 未来展望

- **材料体系**：持续优化 Li-Y-Cl-Br-I 卤化物体系，开发含氧卤化物^[66]
- **界面工程**：强化电极/电解质界面相容性（如2024年梯度电解质专利^[61]）
- **器件设计**：柔性-刚性复合结构电池量产技术开发
- **制造工艺**：基于热区域处理的层压工艺优化^[7]

参考文献

[1] Entire solid lithium secondary battery (2016)

[6] Battery (2018)

[7] All-solid-state battery manufacturing (2020)

[11] Lithium metal anode (2020)

[19] $\text{Li}_6\text{-3ZrY}_6$ electrolyte (2022)

[22] $\text{Li}_{3-3\delta}\text{-2aY}_{1+\delta-a}\text{MaCl}_{6-x-y}\text{Br}_x\text{I}_y$ (2022)

[38] Metal oxyfluoride cathode (2023)

[53] Porous electrolyte (2024)

[61] Gradient electrolyte (2024)

[62] Li-M-O-X electrolyte (2024)

[66] Li-Y-O-X electrolyte (2024)

[74] Li-Zr-Y-W-X electrolyte (2024)

松下 2005-2024年固态锂电池专利分析-Part III

Panasonic固态锂电池专利分析报告（2004-2024）

1. 概述

Panasonic在固态锂电池领域的专利布局始于2009年，早期聚焦于聚合物电解质膜结构设计（如^[1]）。2016年后技术重心转向全固态电池核心材料开发，2020年进入爆发期，专利数量显著增长，主要围绕卤化物固态电解质体系创新（如^[11]、^[18]）。时间趋势显示，其研发路径从基础结构优化逐步过渡到高离子电导率材料设计与界面工程。

2. 专利分布

2.1 正极

- **2016年**：提出钒氧化物覆盖层技术，优化正极活性材料与固态电解质界面相容性（^[2-3]）
- **2020年后**：引入卤化物固态电解质（Li-M-X体系）作为正极复合材料，提升锂离子传输效率（^[31]）

2.2 负极

- **2018年**：采用多孔集流体设计促进锂金属均匀沉积（^[8]）
- **2020年**：通过梯度孔隙率结构优化负极层机械稳定性（^[14]）

2.3 固态电解质

- **2019年**：开发Li-Y-Cl/Br基卤化物电解质（^[11]）
- **2020年**：通过元素掺杂（Mg/Ca/Zr等）优化晶体结构，提升离子电导率（^[18-20]）
- **2022年**：探索复合电解质层结构，结合高离子电导率与低杨氏模量材料（^[50]）

3. 材料方向

3.1 关键化学体系

- 卤化物电解质： $\text{Li}_{6-3z}\text{Y}_z\text{X}_6$ ($\text{X}=\text{Cl}/\text{Br}$, 2019) \rightarrow $\text{Li}_{3-3\delta}\text{Y}_{1+\delta-a}\text{M}_a\text{Cl}_{6-x-y}\text{Br}_x\text{I}_y$ ($\text{M}=\text{Mg}/\text{Ca}/\text{Zr}$ 等, 2020)
- 复合电解质：多孔二氧化硅负载离子液体 (2020, [16])
- 正极包覆材料：钒氧化物 (2016) \rightarrow 卤化物/硫化物混合包覆 (2022, [90])

4. 技术路线

- 第一阶段 (2009-2015)：基础结构设计，重点解决电解质膜机械强度与界面粘接问题 ([1])
- 第二阶段 (2016-2019)：全固态电池体系构建，开发正负极界面改性技术 ([5-7])
- 第三阶段 (2020-2024)：材料创新爆发期，突破卤化物电解质合成工艺，布局复合电解质层与高电压正极体系 ([120])

5. 未来展望

- 高电压正极材料：开发4.5V以上镍锰基正极与卤化物电解质的兼容技术 ([149])
- 复合电解质层：梯度化设计以同时抑制枝晶生长与界面副反应 ([63])
- 锂金属负极集成：通过三维集流体与软/硬电解质复合层提升循环稳定性 ([138])
- 系统级优化：模块化堆叠设计与低压力封装技术 ([125])

参考文献

- [1] EP2112705A1 (2009)
- [2-3] EP3076469A2/A3 (2016)
- [5-7] EP3358663A1 (2018)
- [8] EP3410516A1 (2018)
- [11] EP3496202A1 (2019)
- [14] EP3675263A2 (2020)
- [16] EP3706143A1 (2020)
- [18-20] EP3736820A1 (2020)
- [31] EP3736891A1 (2020)
- [50] EP3883035A1 (2021)
- [63] EP3905407A1 (2021)

[90] [EP4102594A1 \(2022\)](#)

[120] [EP4186864A1 \(2023\)](#)

[125] [EP4246612A1 \(2023\)](#)

[138] [EP4325615A1 \(2024\)](#)

[149] [EP4383362A1 \(2024\)](#)