

LG固态锂电池专利技术分析报告（2005-2024）

1. 概述

LG化学在过去20年的固态锂电池专利布局呈现明显的阶段性技术迭代特征。2012-2014年聚焦凝胶聚合物电解质工艺优化（如EP2472645A2），2015年起转向固态电解质材料开发（如EP2899793A1），2020年后全面布局全固态电池结构设计（如EP4113691A1）。专利数量自2018年起显著增长，技术重心从混合电解质体系向无机固态电解质迁移。

2. 专利分布

关键组件技术演进：

- 正极**：高电压材料（4.3-5.0V）表面改性技术贯穿始终（如EP3041071A1），2021年后强化硫化物界面兼容性（如EP3896761A1）
- 负极**：硅基材料体积膨胀控制（2014年EP2782182A1）→锂金属多层保护结构（2017年EP3179539A1）→碳基复合材料（2020年EP3660957A2）
- 电解质**：凝胶聚合物体系（2014年集中申请）→硫化物/氧化物复合电解质（2018年EP3349289A1）→三维网络结构电解质膜（2021年EP3819975A1）
- 隔膜**：陶瓷涂层改性（2020年EP3678221A1）→固态电解质集成设计（2023年EP4138199A1）

3. 材料方向

核心材料体系呈现三大转型：

- 电解质材料**：从PEO基聚合物（2014年EP2713432A2）向硫化物（ $\text{Li}_{3x}\text{La}_{(2/3-x)}\text{TiO}_3$ ）和卤化物体系延伸，2021年后重点开发Br掺杂硫银锗矿型材料（如EP4307422A1）
- 界面工程**：氟化丙烯酸酯（2017年EP3203564A1）→离子液体复合（2020年EP3648227A1）→金属有机框架（2023年EP4462539A1）
- 电极材料**：高压 $\text{LiNi}_{0.5}\text{Mn}_{1.5}\text{O}_4$ 正极（2019年EP3582301A2）→锂金属-碳复合负极（2024年EP4447160A1）

4. 技术路线

LG的技术发展呈现三阶段特征：

- 第一阶段（2012-2014）**：凝胶电解质原位聚合技术，解决电解液分布均匀性问题（EP2790260A1）

- **第二阶段 (2015-2018)** : 半固态过渡技术, 开发多层电解质结构 (EP3285324A1) 和电缆式电池设计 (EP2631970A2)
- **第三阶段 (2019-2025)** : 全固态电池工程化, 重点突破硫化物电解质成型工艺 (EP4329003A1) 和电极-电解质界面优化 (EP4447181A1)

5. 未来展望

基于专利趋势, 未来三年技术突破将聚焦:

- **材料体系**: Br掺杂硫化物电解质量产技术 (EP4376149A1) 与锂金属负极界面稳定化方案 (EP4443587A1)
- **结构创新**: 三维网络电极-电解质一体化设计 (EP4462540A1) 和柔性封装技术 (EP3678247A1)
- **制造工艺**: 干法电极成型 (EP3751643A1) 与卷对卷固态电解质膜生产 (EP4366022A1)

LG 2005-2024年固态锂电池专利分析-Part II

LG固态锂电池专利技术分析报告 (2004-2024)

1. 概述

LG在固态锂电池领域的专利申请呈现明显的阶段性特征:

- **2014-2017年**: 聚焦凝胶聚合物电解质体系开发, 通过多层结构设计 (机械强度层+离子传导层) 解决传统液态电解液的安全性问题^[1]。
- **2018-2020年**: 向全固态电池过渡, 重点突破聚合物/硫化物复合电解质体系, 开发多孔三维电极结构以优化界面接触^[2]。
- **2021-2024年**: 深化全固态技术路线, 强化与学术界合作 (如加州大学、KAIST等), 在锂金属负极保护、硫化物电解质界面改性、干法电极工艺等领域形成密集布局^[3]。

2. 专利分布与技术演进

2.1 电解液与固态电解质

- **凝胶聚合物电解质**: 2014年突破多层结构设计 (专利20140106236), 2018年引入含氟聚醚提升高温稳定性
- **硫化物电解质**: 2019年开发无磷硫化物体系 (Li-Zn-S基), 2022年优化 $\text{Li}_{7-x-2y}\text{M}_y\text{PS}_{6-x}\text{Ha}_x$ 晶体结构, 离子电导率突破 10^{-3} S/cm
- **复合电解质**: 2020年后重点发展聚合物/陶瓷复合体系, 通过半互穿网络结构平衡机械强度与离子传导^[4]

2.2 正极材料

- **高电压材料**：2014年开发4.3-5.0V工作电压的LiMn基氧化物（[专利20140220451](#)）
- **表面改性**：2017年采用 $\text{Li}_w\text{Nb}_x\text{O}_y$ 包覆抑制界面副反应，2024年引入立方结构介电层提升硫化物兼容性

2.3 负极技术

- **硅基负极**：2015年开发聚合物-碳双层保护结构，2018年引入三维交联网络抑制体积膨胀
- **锂金属负极**：2020年后重点突破 Al_2O_3 /碳复合保护层、静电纺丝界面层等枝晶抑制技术

3. 关键材料演进

- **电解质材料**：从PEO基聚合物（2014）→ $\text{Li}_{3x}\text{La}_{(2/3-x)}\text{TiO}_3$ （2016）→ 硫化物（ $\text{Li}_7\text{P}_3\text{S}_{11}$ 等，2019）→ 卤化物复合体系（2024）
- **界面改性剂**：2018年引入氰基丙烯酸酯类单体，2022年开发含硫醇长链分子实现硫化物表面钝化

4. 技术路线特征

- **渐进式创新路径**：从凝胶聚合物过渡到全固态体系，保留液态电池制造工艺兼容性
- **界面工程核心**：开发电极-电解质界面键合技术（环氧开环反应、溶剂退火工艺等）
- **材料-工艺协同**：结合干法电极、冷等静压成型等新工艺提升硫化物体系加工性

5. 未来三年技术展望

- **硫化物电解质量产**：优化 $\text{Li}_7\text{P}_2\text{S}_8$ 等新型卤硫化物体系的大规模合成工艺
- **锂金属负极集成**：开发卷对卷锂箔表面处理设备，实现微米级保护层连续涂覆
- **制造工艺创新**：推进干法电极、固态电解质膜卷绕等无溶剂生产工艺落地

参考文献

1. 多层结构聚合物电解质专利（2014）
2. 全固态电池用聚合物电解质（2018）
3. 锂金属负极保护技术（2022）
4. 半互穿网络复合电解质（2021）

LG 2005-2024年固态锂电池专利分析-Part III

LG固态锂电池专利分析报告（2004-2024）

1. 概述

LG在2004至2024年间申请的固态锂电池专利显示其技术演进呈现明显的阶段性特征：

- **2016-2018年**：聚焦凝胶聚合物电解质优化，通过核壳结构电极（[专利1](#)）和梯度离子盐分布（[专利3](#)）提升界面稳定性。
- **2019-2021年**：转向全固态体系，开发多层电解质结构（[专利18](#)）并引入硫化物电解质（[专利31](#)）。
- **2022-2024年**：深化硫化物全固态电池研发（[专利66](#)），同时优化电极-电解质界面工程（[专利88](#)）。

2. 专利分布与技术进展

2.1 正极材料

- **高电压涂层**：2020年后专利（如[专利20](#)）提出 $\text{Li}_w\text{Nb}_x\text{O}_y$ 表面包覆层，抑制电解液副反应。
- **硫化物兼容性**：2023年专利（[专利68](#)）开发锂铌酸锂前驱体涂层，降低与硫化物电解质的界面阻抗。

2.2 负极与锂金属保护

- **硅基负极**：2019年专利（[专利14](#)）通过功能化单体键合金属离子抑制硅膨胀。
- **锂金属保护层**：2021年后专利（如[专利32](#)）采用双层（聚合物+碳基）结构抑制枝晶生长。

2.3 电解质体系

- **凝胶聚合物**：2016-2020年专利（如[专利5](#)）通过多官能度单体提升机械强度。
- **全固态电解质**：2020年后重点转向氧化物（ $\text{Li}_{3x}\text{La}_{(2/3-x)}\text{TiO}_3$ ，[专利10](#)）和硫化物体系（[专利31](#)）。

3. 材料方向与化学式演进

- **固态电解质**：从钛酸镧锂（LLTO，[专利10](#)）向硫磷基（ $\text{Li}_6\text{PS}_5\text{Cl}$ ，[专利111](#)）过渡。
- **聚合物改性**：2022年后专利（如[专利50](#)）引入全氟离子聚合物提升热稳定性。

4. 技术路线特征

- **界面工程主导**：通过梯度电解质层（[专利18](#)）和原位聚合（[专利2](#)）降低界面阻抗。
- **制造工艺创新**：2021年后专利（如[专利35](#)）开发静电纺丝/喷涂工艺实现电极-电解质一体化。

5. 未来展望（2025-2027）

- **硫化物电解质量产**：基于[专利66](#)、[68](#)的合作研发，预计将推动硫化物全固态电池商业化。
- **高能量密度设计**：通过多层电解质（[专利118](#)）和锂金属负极（[专利118](#)）结合，目标实现500 Wh/kg以上能量密度。
- **安全性强化**：[专利99](#)、[116](#)提出的枝晶抑制层技术可能成为下一代电池标配。