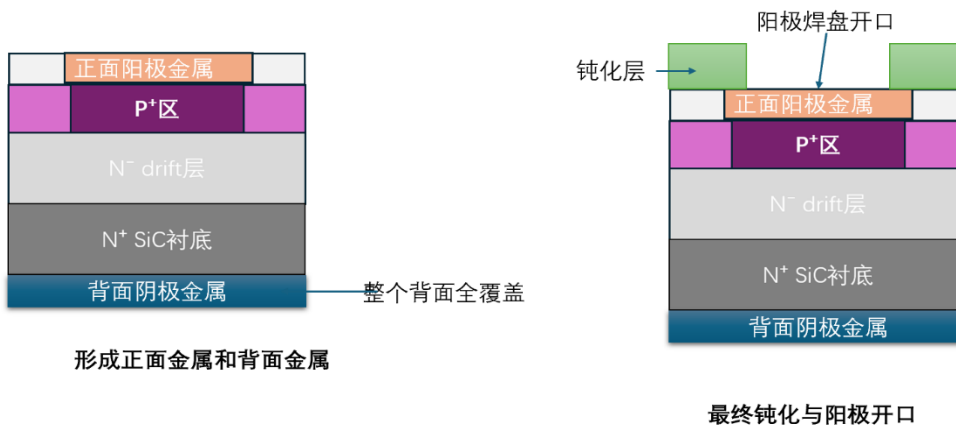
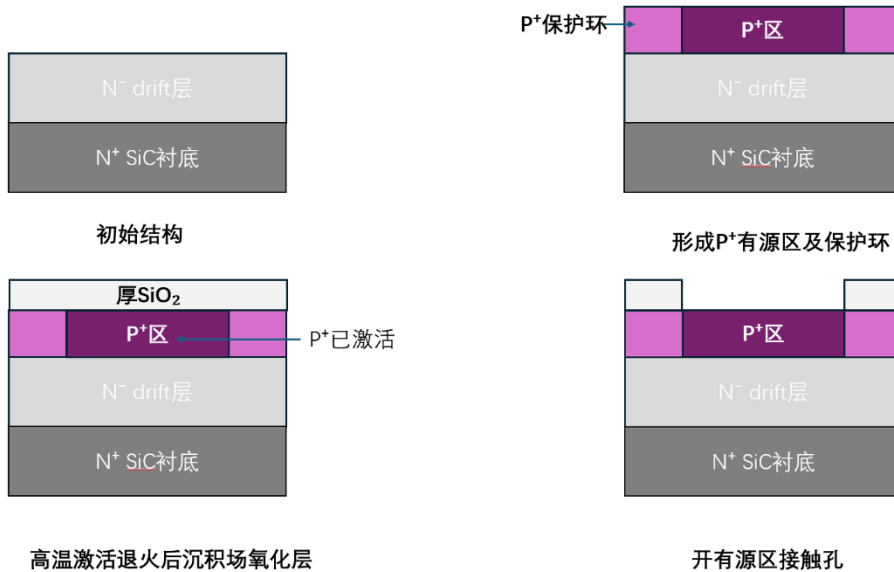


1. 保护环终端的器件流程图



因为是用 ppt 手搓的，有点粗糙，下面是文字说明

第 1 步：初始外延结构

文字阐释：展示器件的起点——在重掺杂 N⁺碳化硅衬底上，通过外延生长形成一层轻掺杂 N⁻漂移层。N⁺衬底提供低电阻导电路径，N⁻漂移层是器件承受反向偏压的主体区域。两层材料本体均为碳化硅，仅掺杂浓度不同。

第 2 步：离子注入形成 P⁺区

图中新增： N⁻漂移层内部浅表处的若干 P⁺掺杂区（中心有源区 P⁺ + 外围多道浮空保护环 P⁺）。

文字阐释：在 N^- 漂移层表面用 SiO_2 做掩膜，光刻开出中心有源区窗口和外围多个同心环形窗口，然后进行高温铝离子注入 ($\sim 500^\circ C$)。铝离子穿透 SiC 表面进入浅层，形成 P 型掺杂区。中心 P^+ 区是器件主结的组成部分 (如 JBS 二极管的 P^+ 网格)，外围多道环形 P^+ 区即为浮空场限环。因为 SiC 中杂质扩散极慢，离子注入是唯一可行的 P 型掺杂手段。注入完成后去除 SiO_2 掩膜，表面恢复平整。

第 3 步：高温激活退火 + 沉积场氧化层

图中新增：覆盖整个上表面的厚 SiO_2 场氧化层。

文字阐释：离子注入会使 SiC 晶格受损，且注入的铝原子处于间隙位，不具备电学活性。需在表面先制备碳帽保护层，然后在氩气氛围中进行超高温退火 ($\sim 1700^\circ C$)，使晶格恢复、铝原子进入替代位被电学激活。退火后去除碳帽。随后在整片表面用 PECVD 沉积一层厚 SiO_2 (约 $1\mu m$)，作为场氧化层和表面钝化层。该 SiO_2 覆盖所有 P^+ 区和 N^- 区，起隔离与保护作用。

第 4 步：刻蚀中心有源区接触窗口

图中新增：中心 SiO_2 被刻蚀出的窗口 (暴露出下方 SiC 表面)。

文字阐释：光刻定义中心有源区位置，用干法刻蚀将该区域上方的 SiO_2 完全去除，露出下方 SiC 表面 (包括 P^+ 区和 N^- 区)。该窗口即为肖特基接触区域。注意：外围所有浮空保护环上方的 SiO_2 必须完整保留，确保保护环在电学上保持浮空状态。这是浮空场限环结构的关键工艺步骤——只有不开孔的环才是真正浮空的。

第 5 步：正面肖特基金属 + 背面欧姆金属

图中新增：正面窗口内的肖特基金属 (阳极)，背面全表面的欧姆金属 (阴极)。

文字阐释：正面：在中心窗口内溅射钛或镍等功函数合适的金属，与暴露的 SiC 表面形成肖特基接触。金属可略延伸到周围 SiO_2 上增强可靠性，但保护环上方不与金属直接接触。金属经退火后形成稳定肖特基结，作为器件阳极。背面：先将 N^+ 衬底研磨减薄至约 $100\mu m$ ，然后在全背面溅射镍并高温退火，形成低电阻欧姆接触，作为器件阴极。至此器件形成完整的导电通路：阳极金属 \rightarrow 肖特基结 $\rightarrow N^-$ 漂移层 $\rightarrow N^+$ 衬底 \rightarrow 阴极金属。

第 6 步：最终钝化与阳极开口

图中新增：顶层最终钝化介质，仅留出阳极焊盘窗口。

文字阐释：在正面再覆盖一层聚酰亚胺或氮化硅作为最终钝化保护层，防止外界水汽、离子污染和机械划伤。在阳极金属上方光刻开出焊盘窗口，露出阳极金属以供后续引线键合。至此器件工艺全部完成，形成完整、可封装的管芯。

