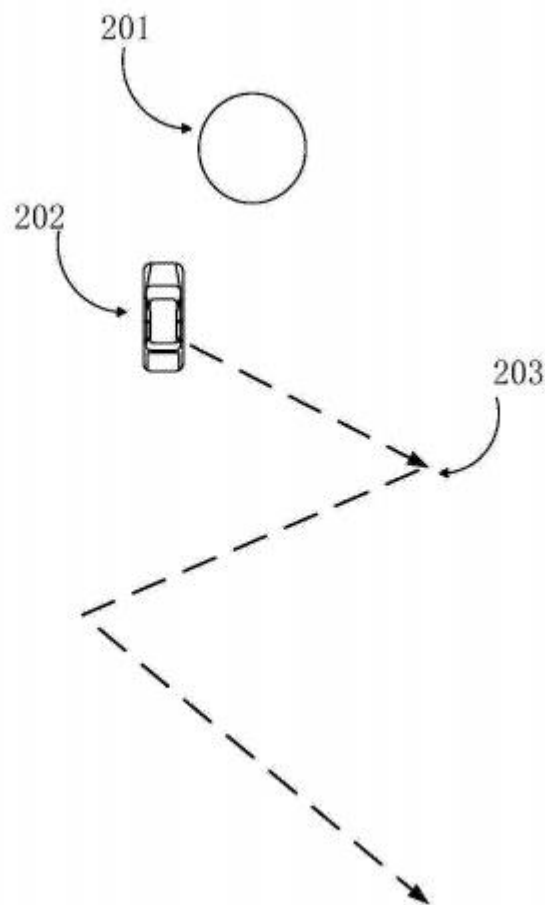


## 1. 标定板设计



如图所示, 标定板为圆形, 盘面贴反光膜, 至于圆盘的尺寸根据自己需求定。同时 ArUco 码要贴在圆盘正中央, 材料的话无所谓, 不过对于颜色选择个人建议圆盘表面反光膜是浅色或者白色的, 二维码是黑白色的即可。

## 2. 数据采集

- 激光雷达和相机与车体分别是刚性连接;
- 标定板圆盘由支架支撑, 使得板面垂直于地面;
- 找一块地面较为平整的场地摆放标定板, 车与标定板初始位置设定, 由点云中板子位置与相机中板子位置共同决定, 板子需要放在共视区域;
- 标定板摆在两种传感器共视区域, 且距离车正面最近处;
- 车倒着行驶, 车速保持在 1 至 5 码, 沿着“S”型轨迹倒车采集点云和相机数据;
- 一般情况下激光雷达和相机做了时间硬同步之后, 然后车速较低, 基本数据一致性够用;

## 3. 相机中标定板圆心的提取步骤

- 利用 OpenCV 中 ArUco 码提取库直接提取标定板的四个角点以及二维码内容比如编号 (网上方法很多, 可以搜索参考);
- 获得二维码四个角点后, 计算四个角点的中心坐标即可;

## 4. 激光雷达坐标系中标定圆心提取步骤

- 通过某种方式 (如手动框选) 给定在激光雷达空间下圆盘点云的 ROI 区域;
- 利用点云的反射强度对 ROI 区域内的非圆盘点进行过滤, 从而获得圆盘点云;
- 利用 RANSAC 的方法拟合圆盘平面, 获得平面方程和圆盘平面法向量;

- d) 利用圆盘的平面法向量，将获得的圆盘内点旋转到 XOY 平面上；
  - e) 调研 OpenCV 中函数 `cv::minEnclosingCircle()` 计算获得 2D 圆的圆心坐标，半径；
  - f) 然后利用原来的转换关系将 2D 圆的圆心坐标转换回原来的 3D 空间；
5. 利用 PNP 方法求解
- a) 标定相机内参，获得相机内参和畸变系数；
  - a) 将圆盘中心的 2D 像素坐标与 3D 点坐标对应上，构成 PNP 求解的数据源；
  - b) 利用 OpenCV 的 PNP 求解方法即可获得转换关系；