第二章对光场显微镜进行了设计与建模。根据光场显微成像的全光函数理论模型并结合对斑马鱼脑部神经活动功能性成像中对视场、景深与分辨率的要求，对光场显微镜结构以及核心器件参数进行设计，其中详细讨论了物镜、微透镜阵列、激发光源、探测器与视场、景深与分辨率之间的定量物理关系以及各器件之间的匹配要求。在对光场显微镜的结构以及核心参数设计之后，使用波动光学模型对该系统进行描述，并通过标量衍射理论计算系统的点扩散函数，给出其解析形式。随后通过建模仿真对不同三维位置处的点扩散函数进行计算，获得描述所设计的光场显微镜的测量矩阵，该测量矩阵在空间中的采样率高于微透镜阵列，是正向投影生成光场显微图像以及去卷积算法中三维重构的核心。

第三章中仿真了光场显微镜的成像，并对光场显微图像进行了处理，讨论了重构效果及分辨率。首先根据第二章中所计算的测量矩阵对所设计的三维物空间进行正向投影，通过将物空间信息与测量矩阵中相应位置的点扩散函数卷积来仿真实际物空间到探测器靶面的成像。使用基于全光函数模型的数字重聚焦算法，对所获得的光场成像进行重聚焦处理，展示了光场显微镜的重聚焦能力以及分辨率。随后，又使用基于理查德森-露西迭代的去卷积算法，对光场成像进行三维重构，通过对500nm的仿真荧光小球的成像，标定了所设计的光场显微镜的分辨率，并对分辨率的沿轴向分布不均匀性进行了讨论。进一步的，由于在实际光学系统中，宽场激发的区域通常大于测量矩阵所描述的范围，因此，对测量矩阵的完整性与去卷积效果进行了讨论，对比了不同情况下所获得的图像对比度。

第四章中仿真了神经元经过光场显微镜的成像，并对去卷积重构的结果进行了信号提取，在仿真中证明了光场显微镜具有实时神经活动的观测能力。考虑了光场显微成像中的背景与噪声特性，结合斑马鱼的实际神经元结构，以10微米直径的球表示神经元，并在其中加入随时间变化的神经活动信号，作为仿真的活动神经元；同时考虑到光场显微镜为计算成像，具有三维层析能力，其中的背景主要来自于测量矩阵所未能描述区域的神经元的信号，在仿真中对背景神经元进行了生成，此外增加了恒定的背景信号（包括神经元与荧光小球），并根据sCMOS中的噪声模型对正向投影所生成的光场显微图像进行噪声处理，以此来模拟实际的光场显微成像。通过去卷积算法逐帧进行三维重构，并通过非负矩阵分解的方法对神经元的活动信号进行提取，并展示了所提取的结果，在仿真中证明了光场显微镜具有实时神经活动的观测能力。