

前后表面间光学多次反射对光伏红外探测器性能的影响

姜嘉定

(山东大学光学系)

张文彬

(苏州大学物理系)

经过光伏红外探测器前表面入射的光子流进入器件以后, 在器件的前后表面间可能发生多次光学反射。这种现象对器件的探测率的影响是一个令人感兴趣的问题。过去的文献对此问题尚未进行过定量讨论。我们对此问题作了解析分析, 同时还考虑了 PN 结的空间电荷区的作用, 采用了耗尽近似。

我们选择的器件为 P/N 系统, 光子流由 P 型区表面入射; P 型区和 N 型区都是均匀掺杂的, 它们形成陡变结。在器件的内部, 光子流按 Bouger-Lambert 定律衰减。非相干辐射在器件的前后表面之间多次反射, 将所产生的全部光束进行叠加, 求得了器件中光强随深度变化的表达式。此光强可以分解为两部分, 分别来源于前后两个表面, 它们都含有一个代表多次反射增强效应的因子。由此式进一步求得了器件中光生电子-空穴对的产生率随深度变化的表达式。再加上适当的边界条件, 求解稳态连续性方程, 求得了电中性 P 型区、耗尽层和电中性 N 型区对结电流的贡献。最后, 求得了短路光电流、量子效率和探测率的解析表达式。在这些表达式中, 包含了下列光学、电学和几何参量: 器件材料的光吸收系数, 前后表面的反射率, P 型区和 N 型区的掺杂水平, 电子和空穴的迁移率和寿命, 前后表面的复合速度, 器件的结深和厚度, 以及外加的偏置电压。由此可知, 这些公式同器件的制造和使用中的一些具体问题有联系, 因此有一定的实际意义。与光强表达式类似, 这些公式也都可以分解为分别与前后表面有关的两部分。如果忽略掉后表面的反射, 这些公式就得到了简化, 如 P372 给出的结果。

我们以 77K InSb 红外光伏探测器为例, 在背景噪声为主的条件下, 用我们的表达式进行了计算。部分结果表明: 随着外加的反向偏置电压的增加, 器件的探测率略有提高。当器件很薄时, 随着器件厚度的增加, 探测率将迅速地提高, 达到一个极大值; 此时, 器件的后表面反射率越大, 探测率也越大。当器件的厚度增加到相当数值之后, 探测率将稳定在一个相当高的水平; 此时, 器件的后表面反射率对探测率的影响可以忽略。实际上, 器件的厚度只需选取在一个适当的范围内, 没有必要取得过厚, 也无需精确地控制。