

APD 前置放大模块电路建模与仿真分析

王致远

(重庆邮电大学光电工程学院, 重庆 400065)

摘要: 采用 SACM-APD 电路模型以及对前置放大电路的分析, 建立了 APD 前置放大模块电路模型, 并对模型进行瞬态特性和交流特性仿真分析。模拟得到响应度约为 400kV/W; 信号沿上升下降时间为 6ns, -3dB 带宽约为 73MHz, 与研制的 APD 前置放大模块实际试验测试值相吻合。

关键词: SACM-APD 电路模型; 前置放大电路

Circuit modeling of APD preamplifier module and simulation analysis

WANG Zhi-yuan

(College of Optoelectronic Engineering, Chongqing University of Posts and Telecommunications, Chongqing 400065, China)

Abstract: By applying SACM-APD circuit model and analyzing the preamplifier circuit, it models the APD preamplifier module circuit and simulated the instantaneous and AC characteristics. Simulation responsibility is about 400KV/W; rising and descending time of signal edge is 6 ns, -3dB bandwidth is about 73MHz. The result is as same as the actual testing value of fabricated APD preamplifier module circuit.

Key words: SACM-APD circuit model; preamplifier circuit

0 引言

在激光测距、激光雷达系统以及光纤通信系统中, APD 前置放大模块因远程弱光信号检测能力好, 作为其关键器件, 得到广泛的关注^[1]。模块主要由雪崩光电二极管(APD)与前置放大电路组成。APD 在近于雪崩击穿电压偏置工作点工作, 接收光信号形成光生载流子并雪崩倍增, 形成放大的电信号作为前置放大电路的输入信号, 在经过固定的雪崩增益的前放电路后, 通过信号缓冲电路后输出。本文对 APD 前置放大模块电路模型进行讨论分析, 并利用 PSpice 对电路仿真, 仿真结果与实测值较好的吻合。

1 SACM-APD 电路模型

雪崩光电二极管(APD)由于内增益特性使得其在光纤通信、光纤传感等领域得到广泛应用, 而分离吸收电荷倍增结构(SACM)的 APD 比其他类型结构的 APD 具有在相同增益下低的偏置电压、低的噪声以及更高的带宽特性。这里我们采用 Abbas Zarifkar 研究的 SACM-APD 电路模型^[2], 假设倍增区完全耗

尽, 电场分别在倍增区、吸收区和电荷区保持恒定, 而在 n^+ , p^+ 区为零, 电路模型如图 1 所示。

$$R_1 = \frac{hv}{q(1-R)[1-\exp(-\alpha_p w_p)]} \quad (1)$$

$$R_2 = \frac{hv}{q(1-R)\exp[-(\alpha_p w_p + \alpha_m w_m + \alpha_c w_c)][1-\exp(-\alpha_i w_i)]} \quad (2)$$

$$R_3 = \frac{hv}{q(1-R)\exp[-(\alpha_p w_p + \alpha_m w_m)][1-\exp(-\alpha_c w_c)]} \quad (3)$$

$$R_4 = \frac{hv}{q(1-R)\exp(-\alpha_p w_p)[1-\exp(-\alpha_m w_m)]} \quad (4)$$

$$R_5 = \frac{hv}{q(1-R)\exp[-(\alpha_p w_p + \alpha_m w_m + \alpha_c w_c + \alpha_i w_i)][1-\exp(-\alpha_n w_n)]} \quad (5)$$

C_{no} 设为归一化常数

$$R_p = \tau_{pm}/C_{no}; R_n = \tau_{np}/C_{no}; R_i = \tau_{ni}/C_{no};$$

$$R_m = \tau_{pm}/C_{no}; R_c = \tau_{nc}/C_{no};$$

收稿日期: 2007-07-09

作者简介: 王致远(1980-), 男, 微电子与固体电子学专业硕士研究生, 研究方向为光电子器件。

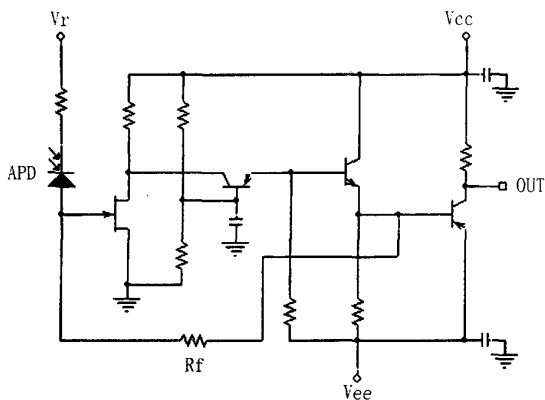


图2 前置放大电路原理图

3 仿真结果与试验测试比较

利用 PSpice 对 APD 前置放大模块模型进行仿真分析。其中 APD 采用上述讨论的 SACM-APD 电路模型,其物性参数值由附录给出。我们实际研制的模块输入级采用低噪声、宽带宽、高增益的 GaAs HMET,因此根据所使用 HMET 的 datasheet 提供的参数,在 PSpice 中对输入级电路模型进行编辑修改,其中关键参数为阈值电压 $V_p = 0.7V$,跨导系数 $\beta = 50 \times 10^{-3}$,沟道长度调制系数 $\lambda = 1.0 \times 10^{-4}$;模型中,NPN 型、PNP 型双极性晶体管模型由 PHILIPS 相应型号的产品提供。这里,对 APD 前置放大模块电路模型进行瞬态特性分析和交流特性分析。

在瞬态特性分析过程中,我们带入输入光脉冲信号 $P_{in} = 1mW$,信号周期为 $10kHz$,脉宽为 $100ns$,信号上升下降时间均为 $200ps$ 。在 DC 耦合输出,负载为 $R_L = 50\Omega$ 的情况下,仿真得到的输出信号波形如图 3 所示,输出电压幅度 V 约为 $400mV$,对应的响应度为 $400kV/W$;信号沿上升下降时间(10% ~ 90%)约为 $6ns$;实际研制的 APD 前置放大模块试验测试结果如图 4 所示,示波器上显示:DC50 Ω 输出信号电压幅度 V 为 $355mv$,信号沿上升时间为 $5.7ns$,下降时间 $7.8ns$,与仿真结果有很好的吻合。

在交流特性分析过程中,从图 5 可以看到仿真结果,电路模型的 $-3dB$ 带宽为 $73MHz$,这与我们研制设计 APD 前置放大模块指标 $50MHz$ 也较好的吻合。

4 结束语

采用 Abbas Zarifkar 研究的 SACM-APD 电路模型以及对前置放大电路的分析,建立了 APD 前置放大模块电路模型。对模型进行瞬态特性和交流特性仿真分析。模拟得到响应度约为 $400kV/W$;信号沿上升下降时间(10% ~ 90%)为 $6ns$, $-3dB$ 带宽约为

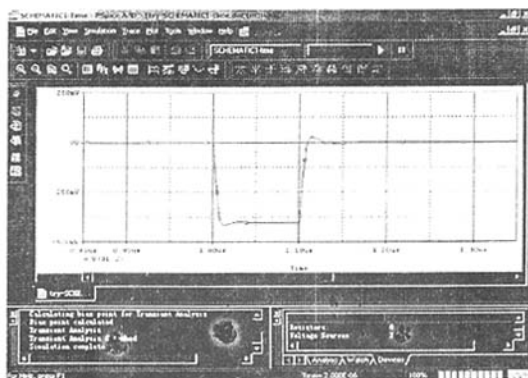


图3 PSpice 仿真瞬态特性

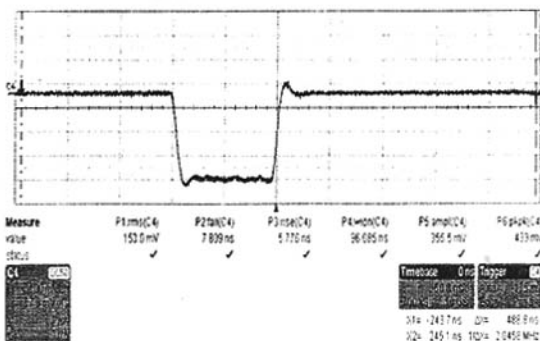


图4 示波器测试瞬态特性

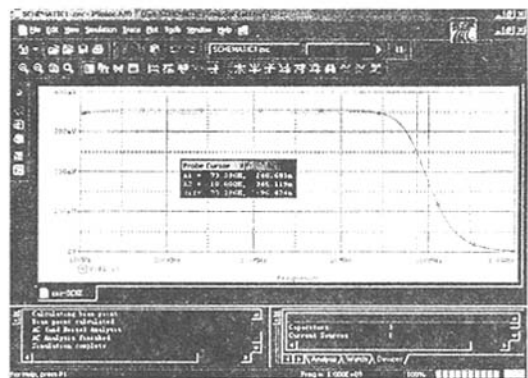


图5 PSpice 仿真交流特性

$73MHz$,这与我们研制的 APD 前置放大模块实际试验测试值相吻合。利用该模型对我们设计和优化 APD 前置放大模块有较大的意义。

参考文献:

- [1] 杨祥林. 光纤通信系统[M]. 北京:国防工业出版社,2000: 127-153.
- [2] Abbas Zarifkar, Mohammad Soroosh. Circuit modeling of separate absorption, charge and multiplication avalanche photodiode[J]. IEEE LFNM, Kharkiv, Ukraine, 2004.

责任编辑:张荣香

APD前置放大模块电路建模与仿真分析

作者: [王致远](#), [WANG Zhi-yuan](#)
作者单位: [重庆邮电大学光电工程学院, 重庆, 400065](#)
刊名: [信息技术](#)
英文刊名: [INFORMATION TECHNOLOGY](#)
年, 卷(期): 2007, (12)
引用次数: 1次

参考文献(2条)

1. [杨祥林](#) [光纤通信系统](#) 2000
2. [Abbas Zarifkar, Mohammad Soroosh](#) [Circuit modeling of separate absorption, charge and multiplication avalanche photodiode](#) 2004

相似文献(0条)

引证文献(1条)

1. [唐良树](#), [万钧力](#), [李艳琴](#) [雪崩管雪崩时最佳门脉冲的探讨](#)[期刊论文]-[科技经济市场](#) 2008(7)

本文链接: http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical_xxjs200712014.aspx

下载时间: 2010年2月27日