

激光探测器的微波偏置的研究

张舒仁 曾立鹏

(长春光学精密机械学院, 长春)

摘要: 本文通过对激光探测器微波偏置的研究, 提出了实用的偏置方法, 并给出了实验结果。

Study of laser detector microwave bias

Zhang Shuren, Zeng Lipeng

(Changchun Institute of Optics and Fine Mechanics)

Abstract: Through study of laser detector microwave bias, the useful method of microwave bias is given. And the experimental results are given.

一、引言

微波用于光电探测器中是近几十年内才有报导。通常是把微波偏压加在光电导型的器件上, 使得探测器的噪声大为降低, 并有内增益, 使灵敏度提高几个数量级, 更重要的是增益带宽积增大。

微波偏压会使耦合变为电容式, 这样消除或减小欧姆接触噪声, 使总噪声降低很多。光电器件与宽带低输入阻抗放大器配接, 加上微波造成的内增益, 会使增益带宽积有很大提高。这种技术, 可望用于光通信、激光测距机、光雷达等具有低探测门限的宽带接收系统中。

据报导, 微波偏置多用于体效应光电导材料。本文所述实验研究是把微波电压和直流电压相迭加, 加在PN结光电二极管或雪崩光电二极管上。从实验效果来看, 虽然远没有达到文献中对光电导的结果那么理想, 但是, 可以看出微波偏置具有改善结型器件光电探测能力。

二、微波偏置原理

为了使载流子从产生到复合的寿命时间内, 利用微波场能量, 多次往复碰撞电离产生更

多的载流子，产生内增益，为此，必须使微波激励频率 f_0 大于载流子寿命 τ_0 表现出的频率，即 $f_0 > f_p = 1/2\pi\tau_0$ 。为了使载流子在逸出表面之前就受微波场返转多次，微波激励频率要大于载流子渡越时间 τ_d 所表现出的频率 f_r ，即 $f_0 > f_r = 1/2\pi\tau_d$ 。为了避免极性载流子不致屏蔽体内电场，微波激励频率还必须大于介质弛豫时间 τ_d 所表现出的频率 f_d ，即 $f_0 > f_d = 1/2\pi\tau_d$ 。增加微波激励功率，消除自由载流子屏蔽效应是有作用的。

根据定义，电流内增益 $G_0 = \tau_0/\tau_d$ ，在直流偏置情况下，多数载流子寿命 τ_0 小于载流子的渡越时间 τ_d ，所以 G_0 小于1。在寿命时间 τ_0 内，载流子受微波激励往复多次，可使 G_0 大于1，并且可以增加微波场强来减小渡越时间 τ_d 是有效的。

光电流增益带宽积与微波电场对储于腔内的微波能量的平方根之比以及半导体中的饱和漂移速度有关。可以推导出：

$$G_0 \cdot f_p = \frac{\tau_0}{\tau_d} \cdot \frac{1}{2\pi\tau_0} = \frac{1}{2\pi\tau_d} = f_d \leq f_0 \quad (1)$$

由(1)式可以看出， f_0 越大增益带宽积越大。还知道载流子寿命 τ_0 越大，增益 G_0 越大，带宽 f_p 就小。增加 f_0 ，在 G_0 一定时，带宽 f_p 就可以增加。微波偏置的光电流增益为^[1]，

$$G = \frac{1}{2\sqrt{2}} \left(\frac{R_g}{R_L} \right)^{1/2} \frac{\tau_0(\mu_n + \mu_p)E}{L} \left(1 - \frac{\mu_a E}{\pi f_0} \right) \quad (2)$$

式中， μ_n 、 μ_p 分别是电子和空穴迁移率； E 是电场； L 是体长度； μ_a 是双极分子迁移率。

从(2)式中看出对于高电源内阻 R_g 配置低输入阻抗 R_L 的前置放大器，能获得较高的增益；增加激励频率 f_0 有利于提高增益。

三、微波偏置电路

本实验为了与原半导体激光测距机相联接，各部分电路要做得体积小而紧凑。超高振荡源采用单管振荡器，管子型号是2G711。振荡频率 $f_0 = 150\text{MHz}$ ，输出电压为3V。振荡电路如图1所示。晶体管静态偏置电流 $I_q = 1.75\text{mA}$ 。

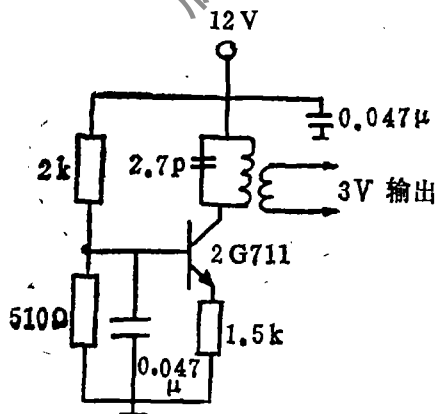


图1 超高频振荡电路

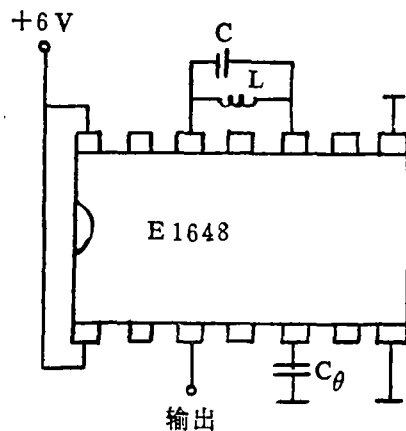


图2 E1648集成振荡器

单独实验电路的振荡电路也可以用E1648集成电路，电路构成如图2所示。

微波偏置实验是在半导体激光测距机上进行的。作为使用的光电探测器件雪崩光电二极管，当工作直流偏置电压靠近雪崩电压点，就会产生微等离子体造成高幅尖峰噪声。这种高幅尖峰噪声与回波信号一样被处理。由于这种个别高幅尖峰噪声会使测距机最小可探测功率大增，整机性能变坏。据国外报导，有用筛选无尖峰的管子来解决这一矛盾，但是成品率很低，这种办法对使用者来说是很难办到。另一种办法是所使用的偏置电压偏离最佳雪崩点，用牺牲最佳倍增使个别尖峰噪声不出现。比如倍增因子可达100~200的管子，在使用时降到倍增因子在10~20左右情况下工作。本实验是将直流电压接近雪崩点，但不出现尖峰噪声，并且留温度漂移的余量，在此基础上再加上

3V的微波偏置。偏置电路和前置放大电路如图3所示。从图3看出，前置放大器采用的是电流并联负反馈，使输入阻抗降低；这不仅能取得较好的反馈效果，还有利于增加微波偏置的增益。

光电二极管实验电路与图3相同，直流电压值的增大可以使结电容变小，对于提高频率响应是有好处的。

实验对多种光电二极管、光电雪崩二极管加上微波偏置。实验表明，微波偏置后可以消除微等离子体造成局部击穿所形成的个别巨幅尖峰噪声，而总噪声约减少一半。倍增因子与雪崩倍增数相差不大，从测距机测距距离来看可提高一倍半左右。

微波偏置对于光电导材料来说信噪比从阻抗变换可得如下表示式^[2]：

$$\left(\frac{S}{N}\right)^2 = \frac{(\eta q F \delta A)^2}{(4Bq^2 \eta F + 2Bq I_{e0})(\delta A^2) + \frac{4BkT_e}{R_0}} \quad (3)$$

式中， η 是量子效率； q 是电子电荷； F 是光通量； δ 是退极化因子； B 是信息带宽； I_{e0} 是噪声电流； kT_e 是放大器有效噪声； R_0 是器件电阻与腔体电阻并联等效电阻； $A = \tau_1 / T_1$ 为多数载流子寿命与激励周期之比。加微波偏置后信噪比有很大提高。

四、结 束 语

这里所作的微波偏置实验，是根据光电导微波偏置原理扩展到结型光电器件中。结型器件的引线虽然是欧姆接触，但是在微波作用下必然有电容效应，接触点有部分电流不是传导电流，这样就可以减小接触噪声。在P型和N型半导体内运动载流子可以完全被看作光电子来处理，内增益机理也完全相同。

实验结果表明，微波偏置结型器件性能也有所改善，但是远没有光电导微波偏置取得的效果好。本实验是初步的，实验中没有探讨由于激励源的频率、幅度等因素变化的最佳值。所以实验还应当进一步完善。

就其灵敏度来讲，微波偏置光电导在低Q腔可提高20~30倍，高Q腔又比低Q腔高400

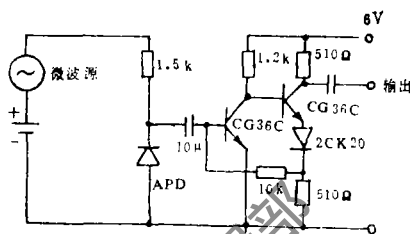


图3 激光测距机微波偏置电路

倍。这种性能是否在结型器件体现出,这不仅从外部电路条件想办法,而且也要从器件内部结构、材料性能等方面进行研究。

参 考 文 献

- [1] D.V.Eddolis, A photoconductive detector suitable for optical communication systems, conf., on infrared techniques, university of reading, 1971, Sep., P.21~23.
- [2] 《激光与红外》, 1971年, 第3期, 第33~44页。
- [3] 陈天秀,《激光与红外》, 1973年, 第8期, 第1~9页。

* * *

作者简介: 张舒仁, 见本刊1988年第4期第1页。

曾立鹏, 男, 1964年出生。工学硕士生。

收稿日期: 1989年12月29日。

· 简 讯 ·

非线性导波光学研讨会在穗召开

由中国光学学会纤维光学与集成光学专业委员会主办, 委托华南师范大学量子电子学研究所主持召开的“非线性导波光学研讨会”于1990年1月17~21日在穗举行。来自全国12所高等院校和中科院研究所的25名代表出席了会议。华南师范大学刘颂豪校长作了“孤子激光与孤子光纤通信”的报告。成都电子科技大学与华中理工大学关于含高阶非线性项的非线性薛定谔方程的推导及求解, 表明我国在这个领域的理论工作, 已进入世界前列。至于实验研究工作正由上海交大、中山大学等几所高等院校在进行着。会议认为, 研制成功我国自己的孤子光纤通信系统, 大约需五年时间, 目前存在的是经费困难问题。会议推举刘颂豪校长组织合作研究。

哈尔滨工业大学李淳飞教授介绍了非线性波导开关的发展情况; 上海交大用扫描电镜加计算机控制, 刻制各种形式的非线性光栅耦合器, 包括变周期光栅, 北京邮电学院改用端面耦合和端面复盖液晶波导, 得到光学双稳态; 上海光机所介绍了量子阱波导研究的情况; 北京物理所介绍了光栅耦合GaAs/GaAlAs多量子阱波导实现室温反射型光学非线性调制。

这次会议专业性很强, 十分对口, 讨论深入而又充分, 代表们一致认为是一次很成功的学习交流会。

(乙 民 王晓冬 供稿)

交叉学科的光学问题讨论会

1990年10月中国光学学会基础光学专委会将举办交叉学科光学问题讨论会, 为推动光学向其它学科渗透, 探求学科的生长点, 为国民经济建设服务。

(摘自学会活动计划)