

## 研究简报

间接耦合光电探测结构的  
光致负阻特性\*何民才 钟 哲 陈炳若 黄启俊  
陈畅生 龙 理 杨恢东 蔡本兰

(武汉大学物理系 430072)

1990年10月2日收到, 1991年3月10日修改定稿

本文报道了间接耦合光电探测结构所产生的光致负阻现象及初步实验结果。

自从我们提出间接耦合光电探测概念<sup>[1]</sup>以来,先后已研制出多种具有特色的光电探测器<sup>[2-4]</sup>。正当我们进一步研究这种结构的光电特性时,发现了如图1所示的光致负阻现象。此照片在100 lx的自然光下从晶体管图示仪上拍摄到的。横轴示出了加在探测器上的偏压,其刻度为1伏/格;纵轴为光电流,刻度为50 $\mu$ A/格。可以看出负阻现象非常明显。在靠近2伏处已有少许的自激振荡。逐点法测量证实了这一现象。制造过多批样品,有很好的重现性。

产生该现象的样品结构如图2所示。在N型Si片上先用硼扩散形成两个相邻的P区。再在右边的P区上扩磷形成N<sup>+</sup>区,于是样品右边便是一个NPN三极管。为了方便起见,左边大面积PN结叫做受光PN结,用于将入射光信号转变为电信号;右面小面

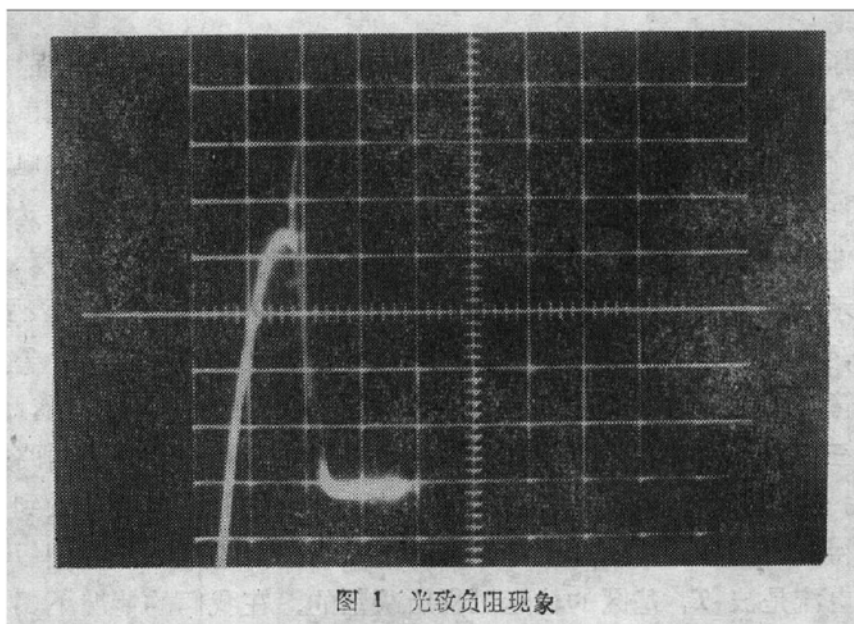


图1 光致负阻现象

\* 本课题得到湖北省科委基金资助。

积三极管起输出光电信号的作用，故称之为输出三极管；上述两者之间的区域叫做耦合区。若将输出三极管的发射极和集电极分别接到晶体管图示仪相应的接线柱上，当入射

光强达到一定值后，图示仪上即可观察到图 1 所示的波形。

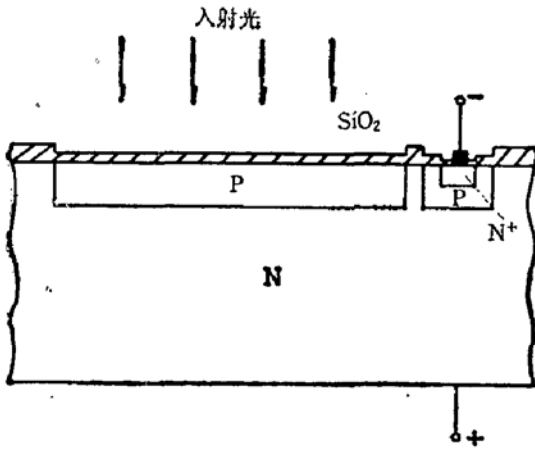


图 2 产生光致负阻现象的样品结构

为了描述负阻特性，我们定义了下列参数：开始产生负阻时的入射光强叫做阈值光强；当入射光强超过阈值后将出现明显的峰值电流和谷值电流，我们就简单地叫做峰电流  $I_p$  和谷电流  $I_v$ ；与上述两个电流对应的输出三极管的集电极-发射极偏压则分别叫做峰电压  $V_p$  和谷电压  $V_v$ 。

是否存在耦合区是区别普通光电探测器和间接耦合光电探测器的基本标志，也是产生光致负阻现象的必要因素之一。实验结果

表明，随着耦合区宽度减小，阈值光强将要降低。这些结果列于表 1 中。为了避免样品参数离散性影响，表中数值是八组样品的平均结果。此外，每个样品有三个耦合区宽度不同的输出三极管共用一个受光 PN 结，即把三个输出三极管分别设计在同一个正方形受光 PN 结的三个角落附近。

表 1 耦合区宽度与阈值光强的关系

耦合区宽度 ( $\mu\text{m}$ )	10.0	12.5	15.0
阈值光强 (lx)	351	491	698

我们还测试了一只样品的峰电流、谷电流、峰电压和谷电压随入射光强变化曲线，分别如图 3(a) 和图 3(b) 所示。可以看出，在光照度超过阈值光强之后，峰电流和谷电流开始分开。峰电流很快上升，然后稍变缓，整条曲线多少有点象“S”形；谷电流也随光强增加，但速度慢得多，使得峰-谷电流之差越来越大。这些实验结果表明，光致负阻特性具有明显的可用性。

对于图 2 所示结构的样品在光照下的等效电路可表示为图 4。  $I_{sc}$  代表受光 PN 结收集的光生电流，受光 PN 结本身分为两个部分：一部分是 PNP 三极管  $T_1$  的发射结；另一部分用二极管 D 表示。共基极三极管  $T_1$  的基区是我们所说的耦合区，它的集电区则是输出 NPN 三极管  $T_2$  的基区。这样由光照引起的光电流  $I_{sc}$  分为两路：一路为二极管 D 所消耗，另一路注入三极管  $T_1$ ，并经  $T_1$  放大后从它的集电区流入到  $T_2$  的基区进行放大，最后得到我们感兴趣的输出光电流。显然，输出的光电流受到  $T_1$  的强烈控制。通过  $T_1$  的电流是被  $T_1$  基区的输运过程所决定的。在我们的情况下，主要是取决于基区空穴扩散电流的大小，若基区两侧势垒区边沿上的空穴浓度差越大，空穴扩散电流也越大，因而通过  $T_1$  的电流也就越大。在恒定光照下，由于  $T_1$  发射结上的电压（光生

电压)变化不大,  $T_1$  基区的发射结一侧的空穴浓度变化也不会很大。然而集电结情况不同, 随着  $T_1$  偏压升高, 使  $T_1$  集电结, 同时也是  $T_2$  集电结, 电压由正偏逐步转入反偏,

这样  $T_1$  基区集电结势垒边沿上的空穴浓度由大到小, 因而流经  $T_1$  的电流亦使输出光电流由小到大的变化。理论计算也表明, 输出光电流是随外加偏压增加而单调上升的。但是我们的实验结果却表明, 随着输出三极管偏压的升高, 流过  $T_1$  基区的电流有一个由小变大然后再由大变小到某一稳定值的过程。最大电流处正对应峰电流的位置, 减小时伴随着输出电流的负阻。唯象地看, 流过  $T_1$  基区的电流不是随偏压单调变化的, 而是有一个明显的极大值。因此这不是一个能用通常的少数载流子扩散模型解的问题, 而是某个非线性输运过程。至于是什么原因导致  $T_1$  基区的非线性输运, 尚待进一步研究。

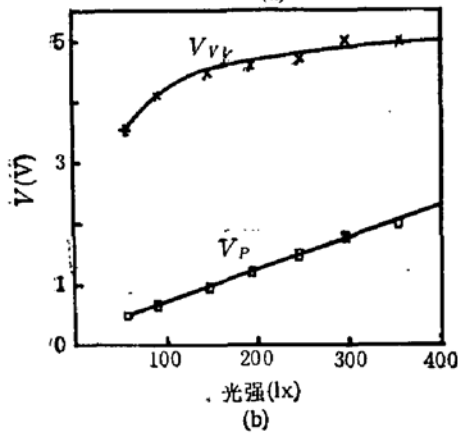
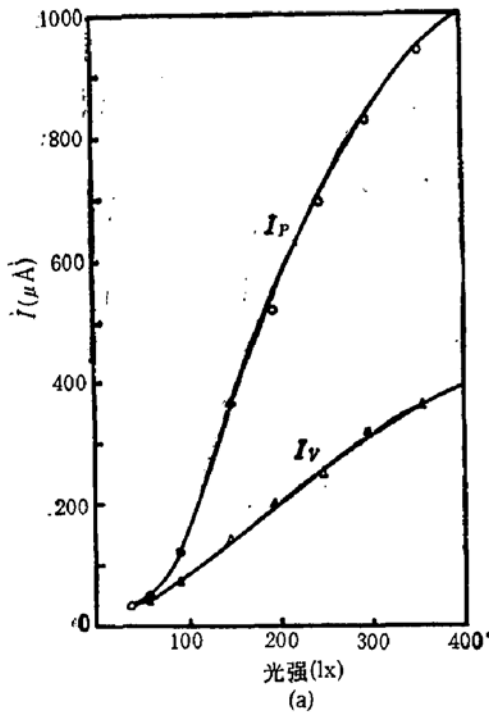


图 3 (a) 峰电流和谷电流随光强变化  
(b) 峰电压和谷电压随光强变化

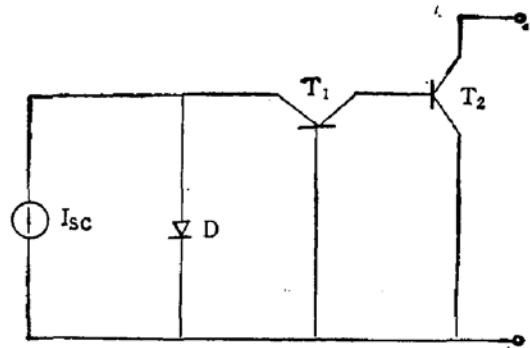


图 4 样品在光照下的等效电路

负阻特性可用于高速开关和振荡等方面, 受到人们的普遍关注。这里的负阻是光照引起的, 有可能用于研制新型的光电子器件。如图 1 中所看到, 只要在输出三极管上选取适当的负载, 就能做成光控振荡或其它波形发生器。利用它的电导调制作用, 有可能研制出速度较高的光电开关器件。因此该现象有着良好的应用前景。

样品由武汉大学半导体厂的同志制造的, 在此, 谨对他们的帮助表示感谢。

### 参 考 文 献

- [1] 何民才, 陈炳若, 黄启俊, 刘国友, 中国科学, A 辑, No.4 431(1990).
- [2] 何民才, 黄启俊, 陈炳若, 半导体学报, 9, 540(1988); Chin. Phys., 9, 876 (1989).
- [3] 何民才, 黄启俊, 陈炳若, 黎明, 红外研究, 7, 145(1988).
- [4] Mincai He, Guoyo Liu, Qijun Huang, Bingruo Chen, Changsheng Chen, Li Long, Benlan Cai,

The 6-th International Conference on Solid State Sensors and Actuators, (Invited paper), 1991, Jun, San Francisco, USA.

## Characteristics of Photonegative Resistance in Indirect Coupling Photodetecting Structure

He Mincai, Zhong Zhe, Chen Bingruo, Huang Qijun, Chen Changsheng, Long Li,  
Yang Huidong and Cai Benlan

*(Department of Physics, Wuhan University, Wuhan, 430072)*

### Abstract

In this paper, the negative resistance excited by light in an indirect coupling photodetector and some of experimental results are reported.