

一种用非晶硅作绝缘材料的 MISS 器件

王 万 录

(兰州大学物理系)

1982年7月20日收到

提 要

本文对具有半绝缘性 a-Si:H 薄层的 MISS 器件进行了实验研究。实验发现它具有更高的光敏性。在 a-Si 型的 MISS 中也呈现出双态特性，并将其解释为 n 区的电荷存贮效应。

一、引言

Yamamoto 和 Morimoto^[1] 等首先在 1972 年观察并研究了四层结构 MISS 二端器件(金属/薄 SiO₂ (<60 Å)/n 型外延 Si/p⁺-Si) 呈现电流控制式负阻现象，此后不少人^[2,3]从实验和理论上进行了广泛的研究。这种器件制造工艺简单、开关速度高(开关速度达 1ns)、光敏性好和容易集成化，因此它可以做成光高速开关器件、RAM、ROM 及单块移位寄存器等。为了提高光敏性，人们^[4]把薄 SiO₂ 层用多晶硅、氮化硅等代替，把金属电极改用透明电极 SnO₂^[5] 等。尽管如此，光敏性仍受到限制。

本文提出了用非晶半导体 a-Si:H、a-SiC:H 等代替薄绝缘层和 n 型外延层，做成了 p⁺-Si/n-Si/a-Si:H/M 及 p⁺-Si/a-Si:H/SiO₂/M 两种结构的 MISS 器件。实验发现这两种结构的 MISS 器件，提高了光敏性和开关速度。第二种结构还具有低阈值电压的特点。下面只对第一种结构的实验和结果进行讨论。

二、MISS 器件的实验和结果

p⁺-Si/n-Si/a-Si:H/M 结构的 MISS 器件分两步制成。首先用单晶硅做成 p⁺n 结。它是由 p⁺-Si 衬底上外延一层 n-Si 形成。p⁺-Si 实际上是硅 p⁺n 二极管的发射区，为了提高发射效率，p⁺-Si 电阻率尽量选较低值。但太低硅完整性又很差，因此取值为 $\rho \approx 1 \times 10^{-3} \Omega\text{-cm}$ 较适宜。晶面 (111)，厚度 340 μm 左右；虽然厚度小些好，但不能太薄，以保证机械强度。n-Si 外延层电阻率 $\rho \approx 2-3 \Omega\text{-cm}$ ，厚 7 μm 左右。第二步是在 p⁺n 二极管上再做一个 MIS 二极管。MIS 二极管的衬底就是 n-Si 外延层。薄绝缘层是利用硅烷辉光放电法制备的 a-Si:H，或 a-SiC:H 非晶半导体薄膜，厚度 250 μm—1500 μm。在 a-Si:H 膜上真空蒸发金属 Al 膜，用面积 $4.5 \times 10^{-4} \text{cm}^2$ 圆形图案掩模反刻 Al 为电极。为减小寄生效应，用 SiO₂ 做一层保护膜，其结构如图 1 所示。还可用 SnO₂ 代替 Al 电极以提高入射光的透射率，SnO₂ 膜是用汽相生长法制成。

制备成的 MISS 器件，可直接利用晶体管图示仪测量（ p^+-Si 相对于 M 外加正电压），其典型的 I-V 特性如图 2(a)、(b) 所示。

实验表明，这种结构的 MISS 器件呈现出良好的电流控制式负阻特性。阈值电压（出现负阻时已关到将要开时的最高电压）约 6—15V，维持电压（开态电压）约 1.5—2V，开态时最大峰值电流 2—6mA。其中图 2(b) 具有双态特性即有两个维持电压。

实验还发现此种结构的 MISS 器件光敏性很好。随着光照增强，阈值电压减小甚至为零。如图 3(a)、(b)，因此测量必须避光进行。用 SnO_2 做电极， $a-SiC$ ：H 做绝缘层 MISS 样品，在自然光下测量时，阈值电压已为零。

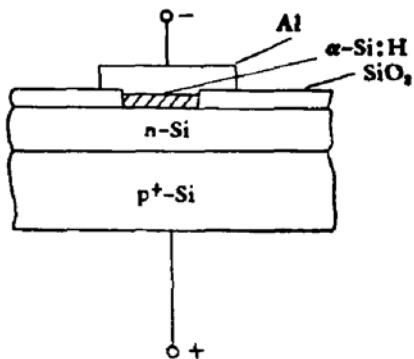


图 1 MISS 结构

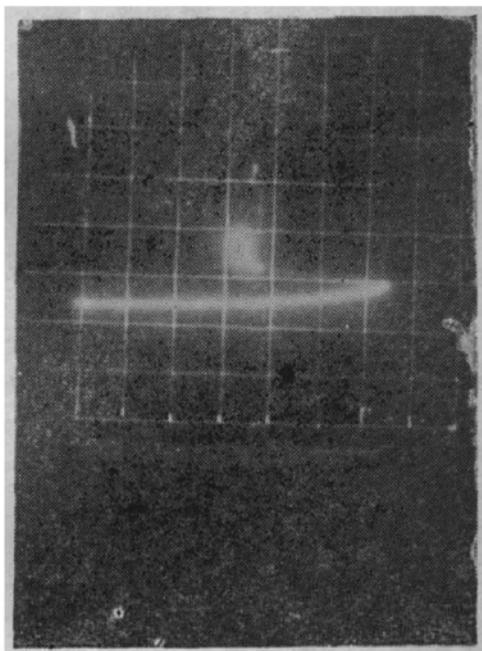


图 2 (a) $a-Si:H$ 厚 $1000\mu m$ 的 MISS 特性曲线
 纵轴：2mA/格
 横轴：2V/格



图 2 (b) MISS 的双态特性
 纵轴：2mA/格
 横轴：1V/格

三、结果讨论

文献 [2] 认为 MISS 器件可以看作为一个 pnp 晶体管和一个 MIS 二极管的复合结构，其电子输运过程类似 pnpn 二极管，从而较好的解释了 MISS 的负阻特性。但对双态特性没有解释。根据此模型，我们可以用 n 区电荷存贮效应解释双态现象。大量电子和空穴进入 n 区主要靠复合消失。而电子和空穴扩散长度小于 n 区宽度时，会引起电子、空穴在 n 区积累作用，形成空间电荷层。如果外加电压使 MIS 中耗尽层消失，将引起负阻特性第一个稳态。这时外加电压除了在非晶硅层， p^+n 结上外，另一部分降在空间电荷层上，所以总的维持电压要升高。当外加电压进一步增高时，使电子、空穴迅速复合，从而空间电荷层减小以至消失，又一次引起电流增大、电压降低，I-V 特性出现第二个负阻区。此时

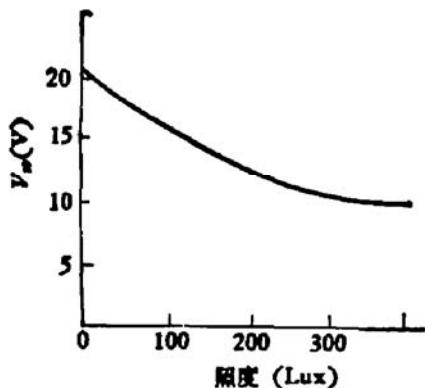
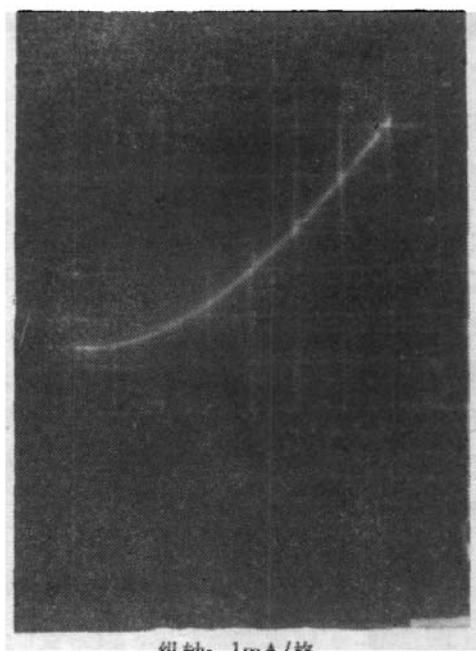
图 3 (a) 阈值电压 V_{th} 与照度关系

图 3 (b) 较强光照下 MISS 特性呈二极管正向特性

外加电压主要降在 p^+ -n 结和非晶硅层上, 其值在 2.5V 以下。

用非晶硅作 MISS 绝缘层, 可以做的很厚 (2500 Å 左右), 这样为制备电极带来了方便, 特别是 Al 电极, 高温下 Al 极易穿透薄绝缘层, 但 1000 Å 以上的非晶硅层可避免 Al 穿透现象。非晶硅 MISS 绝缘层另一个突出优点是高光敏性。因为非晶半导体本身光敏性就很好。光照下, 非晶层产生大量非平衡载流子, 在外加电场作用时, 注入到 MIS 的耗尽层区, 使耗尽层宽度减小甚至消失, 引起阈值电压降低, I-V 负阻特性显示正向二极管特性, 如图 3(b) 所示。因此可做为光高速开关器件等, 故它是一种十分有用的器件。

本工作得到陈光华副教授热情支持, 王双全、江鸿、彭军、张恩仁等同志参加了部分实验工作, 特此感谢。

参 考 文 献

- [1] T. Yamamoto and H. Morimoto, *Appl. Phys. Lett.*, **20**, 269 (1972).
- [2] Armando Adan and Imre Zolomy, *Solid state Electronics*, **23**, 449 (1980).
- [3] S. E. D. Habib and J. G. Simmons, *Solid state Electronics*, **22**, 181 (1979).
- [4] H. Kröger and H. A. Wegener, *Appl. Phys. Lett.*, **27**, 303 (1975).
- [5] Armando Adan and Károly Dobos, *Solid state Electronics*, **23**, 17 (1980).

MISS Devices with Insulating a-Si Layer

Wang Wanlu

(Department of Physics, Lanzhou University)

Abstract

Experimental studies are reported on MISS devices with insulating a-Si layer. These devices have higher photosensitivity. In a-Si:H samples two states are found, and a new model is proposed which explains the current-voltage characteristics by charge storage effect of holes and electrons in the n region.