第7卷 第1期
1986年1月

半导体学报
CHINESE JOURNAL OF SEMICONDUCTORS

Vol. 7, No. 1
Jan., 1986

研究简报

硅中铂能级的 DLTS 研究

游志朴 龚敏 陈继镛 崔新强
(四川大学物理系)

1985年1月12日收到

用深能级瞬态谱(DLTS)研究了铂在N型和P型硅中引入的能级.制备了 p^+nn^+ 深结, p^+n 和 n^+p 浅结, Au/n-Si 和 Ti/p-Si 肖特基等五种掺铂样品. 分析各种样品的测试结果得到: 过去报道在 p^+nn^+ 深结中测得的 $E_C-0.34eV$ 能级并不存在于N型硅中,该 DLTS 谱峰来源于 p^+nn^+ 结P型区内的空穴发射.

一、引言

近年来向硅中引入铂杂质来控制非平衡载流子寿命的工艺已在半导体工业中得到应

表1 硅中 Pt 引入的深能级

能级位置 (eV)		所用样品测试方法	参考文献
E_C-E_T	E_V+E_T		
0.23 0.34	0.33	p^+nn^+, n^+pp^+ DLTS	[1]
0.22 0.30		p^+nn^+ 瞬态电容,热激电流	[2]a)
0.23 0.36		p^+nn^+ DLTS	[2]b)
0.23	0.32	p^+n、n^+p 浅结 DLTS	[3]
0.23		Pt/n-Si 肖特基 DLTS	[4]
0.28	0.33	Au/n-Si, Al/p-Si 肖特基 DLTS	[5]
0.23	0.32	p^+nn^+ 深结, p^+n 和 n^+p 浅结, Au/n-Si 和 Ti/p-Si 肖特基 DLTS	本工作

用[1,2]。作为控制载流子寿命的杂质，首先应该弄清楚铂在硅中所引入的深能级数目和位置. 据不完全统计，已有二十余篇用各种方法得到的掺铂硅中深能级的实验结果发表，表1列出了用深能级瞬态谱（DLTS）及有关技术所得到的部分结果. 我们注意到用浅结[3]，Pt/n-Si[4] 和 Au/n-Si[6] 肖特基样品在N型硅中都只测到一个与铂有关的 DLTS 谱峰，其能级位置为 $E_C - 0.23$eV. 但是，在 p^+nn^+ 功率二极管中却都多测到一个被认为能级为 $E_C - 0.34$eV 左右的与铂有关的谱峰[1,2]. Evwaraye 等[1]认为这个能级很可能是铂在N型硅中的主要复合中心. 鉴于掺铂硅高频整流器件多采用 p^+nn^+ 结构，澄清这个能级的本质对于掺铂硅中非平衡载流子复合过程的研究和将 DLTS 技术用于工业生产中控制掺铂工艺都是很必要的.

本文报道我们在掺铂 p^+nn^+ 深结，p^+n 和 n^+p 浅结，Au/n-Si 和 Ti/p-Si 肖特基结构上的 DLTS 测量结果.

二、实 验

分别在电阻率为 6Ωcm 的掺硼P型和掺磷N型直拉（CZ）硅片上扩磷或硼得到 n^+p 和 p^+n 浅结，结深为 2～3 微米. p^+nn^+ 结是在电阻率为 40Ωcm 的掺磷区熔（FZ）硅和 6Ωcm 的掺磷 CZ 硅上按功率整流器的工艺制成的，结深为 50 微米.

将氯铂酸的无水乙醇溶液涂于 p^+nn^+，p^+n 和 n^+p 结的P型面. 将同样的溶液涂于 40Ωcm 的N型 FZ 硅片，6Ωcm 的N型和P型 CZ 硅片的背面. 扩铂温度选在 890℃ 至 910℃ 之间，时间为 20 分至 1 小时，扩散管内通以高纯氮气，扩散后将样品迅速取出淬火冷却至室温.

结型样品蒸铝形成电极并腐蚀成台面待测. 肖特基结构是在N型硅上蒸金，P型硅上蒸钛而形成的.

退火是在通高纯氮的双层石英透明炉中进行的，每步退火时间为半小时.

DLTS 仪为自制，用 PAR 128A 型锁相放大器作率窗.

三、实验结果和讨论

1. 在 p^+n，n^+p 浅结和大多数 Au/n-Si，Ti/p-Si 肖特基样品上测量结果表明，铂在N型硅中只引入一个电子陷阱 A，能级位置为 $E_{TA} = E_C - 0.23$eV. 在掺铂P型硅中测得空穴陷阱 B，能级位置为 $E_{TB} = E_V + 0.32$eV. 与列于表 1 中的文献 [3—5] 所报道的结果一致.

2. 在合格的掺铂 p^+nn^+ 高频整流二极管和用相似工艺制备在 6Ωcm 的 CZ 硅片和 40Ωcm 的 FZ 硅片上的 p^+nn^+ 深结样品中，都观测到与 Evwaraye[1] 和孙恒慧等[2]相似的结果，测得如图 1(a) 所示的两个 DLTS 谱峰. 谱峰A已在 p^+n 浅结和 Au/n-Si 肖特基样品中测到. 将多出的第二个峰记为 B′，如果按文献[1]，[2]那样认为该峰是N区内电子陷阱的发射，我们测得 $E_{TB'} = E_C - 0.32$eV.

然而多次实验结果表明，并非所有掺铂的 p^+nn^+ 结都测到这两个 DLTS 峰，在

890℃，20 分钟扩 Pt 的 p^+nn^+ 结中，常只观测到 B′ 峰而无 A 峰出现如图 1(b) 所示。若将这种样品在 910℃ 下再扩散半小时，则又可测得如图 1(a) 所示之 A 和 B′ 两个峰。这一现象提示我们，B′ 峰是来源于 P 型区内深中心的空穴发射。因为铂要经过约 50 微米的 P 区才能扩散到 p^+nn^+ 结的 N 型区内，当扩散温度和时间不够时，铂只进入到结面附近的 P 区内。在深结情况下单边突变结的条件已不成立[6]，p^+nn^+ 结两侧的空间电荷区都将随偏压变化，因此在瞬态电容中除了 N 区内电子陷阱发射的信号外，还包含了 P 区内空穴陷阱发射的信号，从而测得 B′ 峰。将这种样品加温再扩散后，铂杂质进入了 N 型区，这时又可测到图 1(a) 所示的 A 和 B′ 两个峰。

为了进一步澄清 B′ 谱峰的来源，将一掺铂 p^+nn^+ 大片分为两半，一半做成 p^+nn^+ 台面结样品，测得如图 1(a) 所示的两个峰。将另一半的 P 型区磨去，用热探针测得表面为 N 型后，将此片抛光，清洗并制作 Au/n-Si 肖特基结构，测得的 DLTS 谱如图 1(c) 所示。在 p^+nn^+ 结的 N 型区上的肖特基样品中只测得 A 峰，这个实验直观地证实了 p^+nn^+ 深结样品中测到的 B′ 峰的确不是由 N 型区内的深中心发射的，而是 P 型区内空穴陷阱的发射，即 B′ 峰就是在 n^+p 浅结和 Ti/p-Si 肖特基结构中的 B 峰，本实验测得其能级位置为 $E_{TB} = E_V + 0.32\text{eV}$。

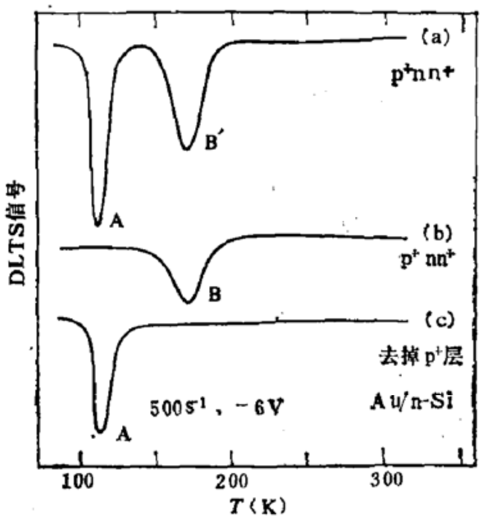

图 1　掺铂 p^+nn^+ 深结样品的 DLTS 谱

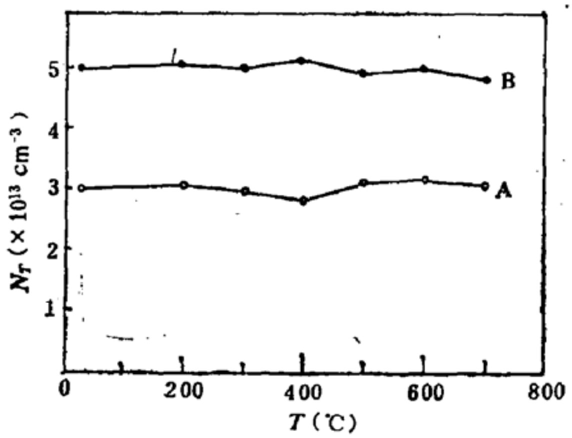

图 2　A 峰（p^+n 浅结）和 B 峰（n^+p 浅结）的退火特性

3. 图 2 为在浅结样品中 A，B 两 DLTS 谱峰的等时退火特性。经过 700℃ 半小时退火后硅中铂杂质有关的 DLTS 信号尚无变化。DLTS 信号的这种高稳定性支持由 EPR 测量提出的 N 型硅中铂处于近替位位置的 $(Pt^-)_S$ 模型[7]。

四、结　论

1. 在掺铂 p^+nn^+ 整流二极管中所观测到，并为文献 [1] 认为是 N 型硅中起主要复合中心作用的 $E_C - 0.34\text{eV}$ 能级并不是 N 型区内电子陷阱的发射，而是 P 型区内与铂有关深中心上空穴发射的结果。该能级的位置为 $E_V + 0.32\text{eV}$。

2. 铂在N型硅中只引入一个深能级，其值为 $E_{TA}=E_C-0.23eV$. 该能级可能来自近替位 $(Pt^-)_s$ 中心.

3. 在生产 p^+nn^+ 高频整流二极管时，应由 $E_{TA}=E_C-0.23eV$ 能级的 DLTS 信号来判断铂杂质是否扩散入了N区. 铂杂质的浓度应由 p^+n 浅结样片测量.

本工作得到林理彬老师的支持和指导。本课题是在用 DLTS 技术为成都市无线电三厂四车间检测扩铂工艺过程中提出的，与林广生、卢子诚等同志进行过有益的讨论，在此一并致谢.

参　考　文　献

[1] A. O. Evwaraye and E. Sun, *J. Appl. Phys.*, 47, 3172(1976).
[2] a) 孙恒慧，盛篪，陈巧珍，冯冠华，袁瑞华，半导体学报，2, 107(1981). b) 孙恒慧，盛篪，陈巧珍，上海半导体，No. 4, 1(1982).
[3] S. D. Brotherton, P. Bradley and J. Bicknell, *J. Appl. Phys.*, 50, 3396(1978).
[4] S. Mantovani, F. Nava, C. Nobili, M Conti and G. Pignatel, *Appl. Phys. Lett.*, 44, 328(1984).
[5] S. J. Pearton and E. E. Haller, *J. Appl. Phys.*, 54, 3613(1982).
[6] A. S. Grove, "半导体器件" 第六章，齐建译，科学出版社 (1976).
[7] H. N. Woodbuy and G. W. Ludwig. *Phys. Rev.*, 126, 4461(1962).

A DLTS Study of the Deep Levels in Platinum Doped Silicon

You Zhipu　Gong Min　Chen Jiyong　and　Cui Xinqiang

(Department of Physics, Sichuan University)

Abstract

The energy levels produced by platinum in silicon have been measured using deep level transient spectroscopy (DLTS). Five kinds of Pt doped samples have been prepared. They are p^+nn^+ deep junctions, p^+n or n^+p shallow junctions, and Au/n-Si Schottky or Ti/p-Si Schottky. By analysing the vesults from different samples it has been concluded that the E_c-0.34 eV level which was previously reported in p^+nn^+ deep junctions does not exist in N type silicon. This DLTS peak originates from the hole emission on the P side of p^+nn^+ junction.