

n -InP 在 $\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}$ 溶液中光脉冲暂态行为 (IV)

钱道荪* 朱振华 王平川

(上海交通大学应用化学系, 上海 200240)

摘要 研究了波长、温度及表面处理对 n -InP 光脉冲暂态行为的影响。结果表明, 波长对时间常数无影响; 随温度升高, 峰值下降, 衰减变快。讨论了表面处理的影响, 并对实验结果作了必要的解释。

关键词: 磷化铟 半导体电极 光电化学 光脉冲暂态技术

作者已研究了电流密度、电极电位、光强、负载电阻及溶液浓度对 n -InP 在 $\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}$ 溶液中光脉冲暂态行为的影响^[1,2], 还用 FFT 运算测定了复收集率图^[3]。

关于波长及表面处理对电极光脉冲暂态行为影响尚未见报导。Bitterling 等在 579nm 激光照射下, 研究了温度对 p -GaAs 光脉冲暂态电流响应的影响^[4], 而温度对开路光电压的影响尚未见报导。本文研究了波长、温度及表面处理对光 n -InP 脉冲暂态开路光电压的影响, 并对实验结果进行了讨论。

1 实验部份

电极是用掺 Sn 的 n -InP, 晶面为 (100) 面, $N_D=4.8\times 10^{17}\text{cm}^{-3}$ 。电池用 3mm 厚有机玻璃制成, 并带有 2cm 宽的夹层, 内通恒温水, 恒温精度为 $\pm 0.1^\circ\text{C}$, 除研究温度影响外, 其它实验皆在室温下进行。溶液为 $0.25\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}\text{FeCl}_3+0.25\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}\text{FeSO}_4+1\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}\text{HCl}$ 。实验用光源为脉冲氙灯, 脉冲光半高宽为 $100\mu\text{s}$ 。光强用 GD-1 光电管测定; 实验中光强指峰值光强, 为 $1.55\text{W}\cdot\text{cm}^{-2}$; 单色光是在光路中放一块 ϕ 等于 25mm 的金属膜干涉滤色片, 其透过率为 32 ~ 40%, 半宽度为 8 ~ 15nm, 与中心波长有关。开路光电压的暂态响应输入 XJ-4795 波形存贮器后, 再通过 82551 接口送入 IBM-PC/XT 微机进行数据处理。这些处理包括信号平均、运算及绘图。存贮器采样速度为 $2\mu\text{s}$ 一点。实验中采用开路光电压是因在此条件下光照时无光电流流过界面, 电极表面不发生变化, 不需用恒电位仪, 因而也不存在恒电位仪的响应问题, 且可在单色弱光下得到较大的响应。

2 结果及讨论

2.1 波长的影响

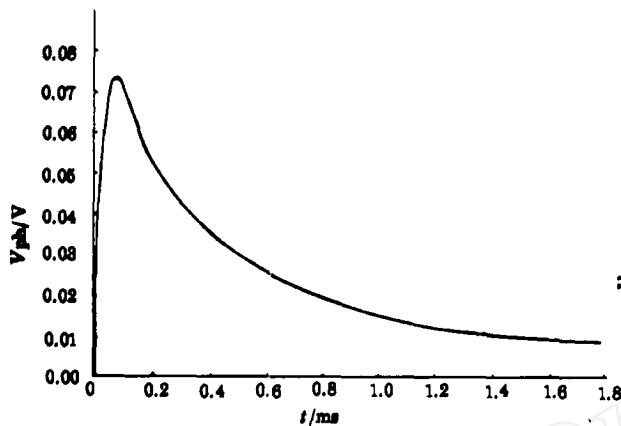


图1 波长为 642nm 时, 光电压暂态响应曲线

Fig.1 Transient response curve of photovoltage at 642nm wavelength which light peak intensity is $1.55 \text{ W}\cdot\text{cm}^{-2}$.

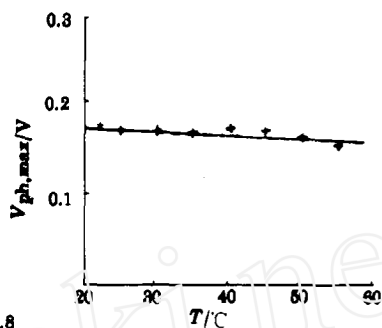


图2 温度对峰值光电压的影响

Fig.2 Influence of temperature on peak value of photovoltage White light peak intensity is $1.55 \text{ W}\cdot\text{cm}^{-2}$

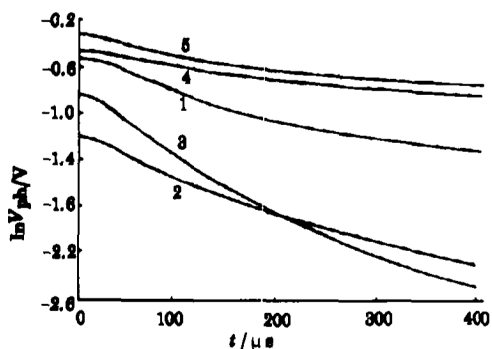


图3 表面处理对暂态过程的影响

Fig.3 Influence of surface treatment on transient process

1) untreated; 2) polished with 04 emery paper; 3) first etching with 1:1 $\text{H}_2\text{O}_2(30\%)+\text{H}_2\text{SO}_4(98\%)$; 4) second etching; 5) third etching; every time etching: 2 min.

图1为波长 λ 为642nm单色光照射下, 光电压暂态响应, 光强是指白光的光强, 即未用滤色片时光强. 由图可知, 在单色光下, 还有较大的响应, 光电压衰减较慢, 这和白光结果类似^[1]. 不同波长下, 光电压衰减均呈双指数规律, 其时间常数 τ_1 及 τ_2 列于表1. 由于氙灯波长分布是不均匀的, 因此照到电极上光强也不一样, 但光强对衰减并无影响^[1], 故而对 τ_1 及 τ_2 也无影响. 由表看出波长对 τ 无明显影响. 这是因为光照时间比较短, 仅 $100\mu\text{s}$, 而衰减较慢(图1), 因此衰减是按电极本身特性进行, 就与波长关系不大.

2.2 温度的影响

温度对光电压响应峰值的影响如图2所示. 由图可看出, 随着温度升高, 响应峰值呈线性下降, 其斜率为 $-0.36\text{mV}\cdot\text{°C}^{-1}$. 温度对光电压影响在液结电池中未见报导. 固结硅太阳能电池开路电压也随温度升高而线性下降, 温度系数为 $-2\text{mV}\cdot\text{°C}^{-1}$ ^[5], 较 $n\text{-InP}$ 略高.

温度 T 对时间常数影响的结果列于表2. 在表2中, 近似地以单指数规律计算, 只算一个时间常数. 由表看出, 随着温度升高, τ 变小, 即衰减变快. 这是

因为逆扩散速度随温度升高而加快引起的。当温度超过 60 °C 以上，光电压衰减曲线上出现过冲现象，温度愈高，过冲愈大。此时光电压迅速衰减，过零变成负值，再逐步回到零，即表面上 n 型响应变成了 p 型响应。这是由于逆扩散速度过快，来不及复合，使表面上瞬时形成了反型层。这种过冲现象在恒电流恒电位条件下都可观察到 [1]。

表 1 不同波长下时间常数 τ_1 及 τ_2
Tabel 1 Time constant τ_1 and τ_2 at different wavelength

λ /nm	400	440	502	541	601	642	701	751
$\tau_1/\mu\text{s}$	461	467	431	405	398	386	377	383
$\tau_2/\mu\text{s}$	592	595	649	654	671	676	625	606

表 2 不同温度下时间常数
Table 2 Time constant at different temperature (peak light intensity: 1.55 W·cm⁻²)

$T/^\circ\text{C}$	22	25	30	35	40	45	50	55
$\tau/\mu\text{s}$	408	412	364	342	314	279	243	213

2.3 表面处理影响

作者已研究过表面处理对 n -InP 电极平带电位的影响 [6]。发现电极经打磨后，平带电位发生很大偏移，经腐蚀液处理后，逐步恢复。在研究表面处理对光脉冲暂态行为的影响时，发现了类似的规律。未经处理的电极峰值光电压为 0.300V，经 4 号金相砂纸打磨后降为 0.060V，用 $\text{H}_2\text{O}_2(30\%)+\text{H}_2\text{SO}_4(98\%)$ 为 1:1 的腐蚀液浸 2 分钟，升为 0.145V，再处理 2 分钟为 0.341V，再处理 2 分钟为 0.464V，继续处理，上下有些小波动，接近不变。这是因为经砂纸打磨后，电极表面上形成很多缺陷，这些缺陷都是一些复合中心，使光生载流子大量复合，峰值光电压因而大幅度下降。经化学处理后，缺陷减少，光电压上升，甚至超过未处理的电极。图 3 为表面处理对光电压衰减的影响。从图 3 可看到一个趋势，电极经打磨后，衰减变快，经腐蚀液处理后，衰减变慢。这也可由上述复合中心的变化来解释。

参 考 文 献

- 1 钱道荪, 孙立中, 孙璧女. 高等学校化学学报, 1988,9:706
- 2 钱道荪, 孙立中, 孙璧女. 感光科学与光化学, 1989(1):47
- 3 钱道荪, 孙立中, 孙璧女. 物理化学学报, 1988,4:572
- 4 Bitterling K, Willing F, Decker F. *J. Electroanal. Chem.*, 1987,228:29
- 5 安其霖等. 太阳能电池原理与工艺. 上海: 上海科学技术出版社, 1984.83
- 6 钱士元, 钱道荪, 孙璧女. 化学学报, 1983, 41:769

**PULSED LIGHT-INDUCED TRANSIENT BEHAVIOR AT n-InP
ELECTRODE IN Fe³⁺/Fe²⁺ (IV)**

Qian Daosun* Zhu Zhenhua Wang Pingchuan

(Department of Applied Chemistry, Shanghai Jiao Tong University, Shanghai 200240)

ABSTRACT

In this work, the influence of temperature, wavelength and surface treatment on the transient behavior of n-InP in Fe³⁺/Fe²⁺ solution with pulsed light technique is investigated.

The wavelength does not influence the time constant of the transient curve. The peak photovoltage decreases when the temperature increases, it is similar to the silicon cell. The decay of photovoltage-time curve is rapid with temperature because of increasing of the back diffusion rate. If the electrode is polished by emery paper, the peak value drops and the decay of the curve is very rapid, it can be restored by treatment with H₂SO₄ + H₂O₂(1:1) etching solution continuously, this phenomenon can be explained by surface states.

Keywords: Indium phosphide, Semiconducting electrode, Photoelectrochemistry, Pulsed light transient technique