

长波阈为 $1.65\mu\text{m}$ 的透射式 负电子亲和势光阴极组成结构的设计*

陶 兆 民
(中国科学院电子学研究所)

(一) 序言

透射式负电子亲和势 GaAs 光阴极已应用于成像器件^[1]。由于 GaAs 的禁带宽度为 1.42eV ，长波阈约为 $0.9\mu\text{m}$ 。因此透射式负电子亲和势 GaAs 光阴极的工作波长范围为 $0.4\sim 0.9\mu\text{m}$ 。迄今尚未见报道长波阈大于 $1\mu\text{m}$ 的透射式负电子亲和势 III-V 族化合物光阴极。本文提出了长波阈为 $1.65\mu\text{m}$ 的透射式负电子亲和势光阴极组成结构设计的设想。

(二) 长波阈为 $1.65\mu\text{m}$ 的透射式负电子亲和势光阴极的组成结构设计

关于透射式负电子亲和势 III-V 族化合物光阴极的设计,前文已有论述^[2]。现就长波阈为 $1.65\mu\text{m}$ 的透射式负电子亲和势光阴极提出如下设想的组成结构:

材 料	InP	$\text{Al}_{0.48}\text{In}_{0.52}\text{As}$	$\text{Ga}_{0.47}\text{In}_{0.53}\text{As}$	$\text{Al}_{0.48}\text{In}_{0.52}\text{As}$	导电膜	玻璃
厚 度	$\sim 1\text{mm}$	$\sim 10\mu\text{m}$	$1\sim 2\mu\text{m}$	$< 0.3\mu\text{m}$	$\sim 0.1\mu\text{m}$	$\sim 1\text{mm}$
作 用	衬底	过渡层	发射层	过渡层	导电膜	窗口

已知 InP、AlAs、GaAs、InAs 的禁带宽度 (E_g)，晶格常数 (a_0) 和热膨胀系数 (α)，则可按线性关系分别计算 $\text{Al}_{0.48}\text{In}_{0.52}\text{As}$ 和 $\text{Ga}_{0.47}\text{In}_{0.53}\text{As}$ 的 a_0 和 α ；至于 $\text{Ga}_{0.47}\text{In}_{0.53}\text{As}$ 的 E_g ，可根据文献[3]给出的公式计算。结果如表 1 所示。

表 1 InP、AlAs、GaAs、InAs、 $\text{Al}_{0.48}\text{In}_{0.52}\text{As}$ 和 $\text{Ga}_{0.47}\text{In}_{0.53}\text{As}$ 的 E_g 、 a_0 和 α

Tab. 1 Bandgaps, lattice constants and thermal expansion coefficients
of InP, AlAs, GaAs, InAs, $\text{Al}_{0.48}\text{In}_{0.52}\text{As}$ and $\text{Ga}_{0.47}\text{In}_{0.53}\text{As}$

材 料	InP	AlAs	GaAs	InAs	$\text{Al}_{0.48}\text{In}_{0.52}\text{As}$	$\text{Ga}_{0.47}\text{In}_{0.53}\text{As}$
$E_g(\text{eV})$	1.35	2.16	1.42	0.36		$0.75\sim 0.73^*$
$a_0(\text{\AA})$	5.868	5.661	5.653	6.058	5.867	5.867
$\alpha(10^{-7}/^\circ\text{C})$	47.5	52	66	51.6	~ 51.8	~ 58

* 按文献 [3] 给出的公式计算 $\text{Ga}_{0.47}\text{In}_{0.53}\text{As}$ 的 E_g 为 0.76eV ，但实际上文献 [4] 给出的反射式 $\text{Ga}_{0.47}\text{In}_{0.53}\text{As}$ 的 E_g 为 0.75eV 。

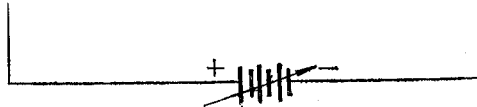
* 1981 年 12 月 30 日收到。
1982 年 2 月 3 日修改定稿。

从表 1 可知: InP 、 $\text{Al}_{0.48}\text{In}_{0.52}\text{As}$ 、 $\text{Ga}_{0.47}\text{In}_{0.53}\text{As}$ 三者的晶格常数非常接近,因此在 InP 衬底上外延生长 $\text{Al}_{0.48}\text{In}_{0.52}\text{As}$ 过渡层,接着在过渡层上外延生长 $\text{Ga}_{0.47}\text{In}_{0.53}\text{As}$ 发射层,再在发射层上外延生长 $\text{Al}_{0.48}\text{In}_{0.52}\text{As}$ 过渡层是可行的. 实际上,现已应用分子束外延生长成 $\text{InP} \rightarrow \text{Al}_{0.48}\text{In}_{0.52}\text{As} \rightarrow \text{Ga}_{0.47}\text{In}_{0.53}\text{As}$ 组成结构的激光器^[5].

根据热膨胀系数的匹配,可选择一种玻璃,它的热膨胀系数为 $(52-58) \times 10^{-7}/^{\circ}\text{C}$. 在玻璃待封接的表面先做好一层导电膜,例如 SnO_2 与 In_2O_3 混和的导电膜,在适当的温度下将外延片 $[\text{InP} \rightarrow \text{Al}_{0.48}\text{In}_{0.52}\text{As} \rightarrow \text{Ga}_{0.47}\text{In}_{0.53}\text{As} \rightarrow \text{Al}_{0.48}\text{In}_{0.52}\text{As}]$ 与玻璃封接,所得组成结构为 $\text{InP} \rightarrow \text{Al}_{0.48}\text{In}_{0.52} \rightarrow \text{Ga}_{0.47}\text{In}_{0.53}\text{As} \rightarrow \text{Al}_{0.48}\text{In}_{0.52}\text{As} \rightarrow$ 导电膜 $\rightarrow$ 玻璃.

尔后选择一种选择性腐蚀液,它仅腐蚀 InP 衬底,但不腐蚀(或仅轻微腐蚀) $\text{Al}_{0.48}\text{In}_{0.52}\text{As}$ 过渡层. 此后再选择另一种选择性腐蚀液,它仅腐蚀 $\text{Al}_{0.48}\text{In}_{0.52}\text{As}$ 过渡层,而不腐蚀 $\text{Ga}_{0.47}\text{In}_{0.53}\text{As}$ 发射层. 经过两次选择性腐蚀液腐蚀后,于是则剩下: $\text{Ga}_{0.47}\text{In}_{0.53}\text{As} \rightarrow \text{Al}_{0.48}\text{In}_{0.52}\text{As} \rightarrow$ 导电膜 $\rightarrow$ 玻璃. 将此结构置于超高真空中 ($P \leq 10^{-10}$ 托),按负电子亲和势光电发射的要求,对 $\text{Ga}_{0.47}\text{In}_{0.53}\text{As}$ 发射层进行表面清浄,使达到原子清浄度,而后在 $\text{Ga}_{0.47}\text{In}_{0.53}\text{As}$ 发射层表面蒸发一层厚约 $100 \text{ \AA}$ 的 Ag 膜,再以 Cs 、 O 交替激活,此时透射式负电子亲和势 $\text{Ga}_{0.47}\text{In}_{0.53}\text{As}$ 光阴极的组成结构为:

$(\text{Cs} + \text{O})$ 层 $\rightarrow \text{Ag}$ 膜 $\rightarrow \text{Ga}_{0.47}\text{In}_{0.53}\text{As} \rightarrow \text{Al}_{0.48}\text{In}_{0.52}\text{As} \rightarrow$ 导电膜 $\rightarrow$ 玻璃



在 Ag 膜与导电膜之间加 $1-5\text{V}$ 的电压,如光从玻璃(窗口)方向入射,利用偏压辅助场的作用,再在外电场的作用下,则将有电子自 $\text{Ga}_{0.47}\text{In}_{0.53}\text{As}$ 光阴极透过 Ag 膜与 $(\text{Cs} + \text{O})$ 层发射至真空中.

由于 $\text{Ga}_{0.47}\text{In}_{0.53}\text{As}$ 的禁带宽度为 0.75eV ,长波阈为 $1.65\mu\text{m}$. 因此透射式负电子亲和势 $\text{Ga}_{0.47}\text{In}_{0.53}\text{As}$ 光阴极的工作波长范围为 $0.4-1.65\mu\text{m}$.

(三) 结论

可以设计一种透射式负电子亲和势光阴极,它的长波阈为 $1.65\mu\text{m}$,工作波长范围为 $0.4-1.65\mu\text{m}$,组成结构为:

$\text{InP} \rightarrow \text{Al}_{0.48}\text{In}_{0.52}\text{As} \rightarrow \text{Ga}_{0.47}\text{In}_{0.53}\text{As} \rightarrow \text{Al}_{0.48}\text{In}_{0.52}\text{As} \rightarrow$ 导电膜 $\rightarrow$ 玻璃

经过选择性腐蚀液两次腐蚀以后,其组成结构为:

光 $\rightarrow$ 玻璃 $\rightarrow$ 导电膜 $\rightarrow \text{Al}_{0.48}\text{In}_{0.52}\text{As} \rightarrow \text{Ga}_{0.47}\text{In}_{0.53}\text{As} \rightarrow \text{Ag}$ 膜 $\rightarrow (\text{Cs} + \text{O})$ 层 $\rightarrow$ 发射电子

参 考 文 献

- [1] J. C. Richard and E. Roaux, Vacuum, **30**(1980), 549.
- [2] 陶兆民, 电子学通讯, **3**(1981), 132.
- [3] R. L. Moon et al., J. Electronic Materials **3**(1974), 640.
- [4] J. S. Escher et al., J. Appl. Phys. **49**(1978), 2591.
- [5] W. T. Tsang, J. Appl. Phys. **52**(1981), 3861.

THE COMPOSITIONAL STRUCTURE DESIGN OF A NEGATIVE ELECTRON AFFINITY TRANSMISSION MODE PHOTOCATHODE WITH $1.65\mu\text{m}$ THRESHOLD WAVELENGTH

Tao Zhao-min

(Institute of Electronics, Academia Sinica)

In this paper, a transmissive NEA photocathode with $1.65\mu\text{m}$ threshold wavelength is proposed and designed, its compositional structure is as follows: $\text{InP} \rightarrow \text{Al}_{0.48}\text{In}_{0.52}$ $\text{As} \rightarrow \text{Ga}_{0.47}\text{In}_{0.53}$ $\text{As} \rightarrow \text{Al}_{0.48}\text{In}_{0.52}$ $\text{As} \rightarrow$ conduction coating $\rightarrow$ glass.