

负电子亲和势材料及其在冷阴极中的应用*

朱韬远, 魏贤龙

(北京大学电子学院 纳米器件物理和化学教育部重点实验室, 北京 100871)

摘 要:从 20 世纪 60 年代 GaAs 被首次发现具有负的电子亲和势起, 负电子亲和势材料便被广泛地研究并应用于光电发射、二次电子发射以及冷阴极的制备中。相较于传统发射材料, 负电子亲和势材料内部导带底高于表面真空能级, 使得材料导带中的电子更易于从表面发射到真空中, 因此该类型材料成为电子发射的理想材料。本文从定义、主要材料分类以及在冷阴极中的应用三个部分介绍了负电子亲和势材料, 并对该材料应用的瓶颈和未来发展方向做了简要总结。

关 键 词:负电子亲和势; 电子发射; 冷阴极

中图分类号: TN304; TN303

文献标识码: A

文章编号: 1002-0322(2023)06-0001-08

doi: 10.13385/j.cnki.vacuum.2023.06.01

Negative Electron Affinity Materials and Their Applications in Cold Cathodes

ZHU Tao-yuan, WEI Xian-long

(Key Laboratory for the Physics and Chemistry of Nanodevices and School of Electronics,
Peking University, Beijing 100871, China)

Abstract: Since GaAs was first discovered to have a negative electron affinity in the 1960s, negative electron affinity (NEA) materials have been widely studied and used in photoelectron emission, secondary electron emission and cold cathode. Compared with conventional emitting materials, the conduction band minimum of bulk NEA materials is higher than their surface vacuum energy level, which makes it easier for electrons in the conduction band to be emitted from the surface into the vacuum, and therefore these materials are ideal for electron emission. This paper introduces the NEA materials from the definition, main material classification and applications in cold cathodes, and gives a conclusion of the bottleneck and future development direction of NEA material.

Key words: negative electron affinity; electron emission; cold cathode

真空电子器件的应用十分广泛, 如航天器的离子推进器^[1]和中和器^[2-3], 用于太赫兹通信的行波管^[4], CT 扫描和安检所用的 X 射线管^[5-6], 以及微波炉中的磁控管^[7-8]等。尽管它们的功能千差万别, 但多是对真空中运动的电子进行操作, 因此将电子从材料表面发射到真空中是多数真空电子器件工作的基础。尤其是在真空电子器件逐步走向微型化和片上化后, 系统整体功耗下降, 能够用于发射电子的能量减少, 如何提升发射效率成了迫在眉睫的问题。

一般而言, 发射材料的真空能级要高于材料

的导带底(即电子亲和势为正), 因此电子从材料导带底发射到真空中需要克服一个表面势垒。如果是通过增加电子能量使其高于表面势垒, 则为热发射过程; 如果是通过外加电场减小表面势垒宽度, 利用量子隧穿效应使电子穿过表面势垒则为场发射过程。不论是热发射还是场发射, 其发射电流的大小都与材料的功函数成指数反比关系^[9]。功函数是真空能级与发射材料费米能级间的能量差, 对于给定掺杂的半导体材料而言, 其功函数与该材料的电子亲和势成正比, 因此如果能有效地减小发射材料的电子亲和势, 就能极大

收稿日期: 2023-04-30

作者简介: 朱韬远(2000-), 男, 四川省巴中市人, 博士研究生。

通讯作者: 魏贤龙, 博导。

* 基金项目: 国家自然科学基金(62022007)。