

新型同轴电极结构碳纳米管场发射电离计

何剑锋, 黄卫军, 董长昆

(温州大学 微纳结构与光电器件研究所, 浙江 温州 325035)

摘 要: 本文以碳纳米管(CNT)作为阴极电子源设计一种新型的冷阴极电离真空计结构, 结构包括场发射电子源、阳极和离子收集极, 阳极和离子收集极为同轴圆环结构。利用热化学气相沉积法在金属基底上直接生长碳纳米管, 分别制备了 $4\text{mm} \times 5\text{mm}$ 矩形和直径 0.1mm 圆形两种阴极发射面。碳纳米管阴极具有优异的场发射性能, 开启电场 $1.70\text{ V}/\mu\text{m}$ 。在氮气环境下, 分别对不同阴极真空电离计结构的真空测量性能进行了研究, 真空计在 10^{-7} 到 10^{-3}Pa 区间归一化电流 (I/I_a) 与压强表现出良好的线性关系, 矩形和圆形发射面阴极对应的真空计其测量灵敏度分别是 $3.1 \times 10^{-2}\text{Pa}^{-1}$ 和 $1.3 \times 10^{-2}\text{Pa}^{-1}$ 。

关 键 词: 碳纳米管; 场发射; 电离真空计; 同轴电极; 灵敏度

中图分类号: TN304; TH813; TB772+.3; O462.4 文献标识码: A 文章编号: 1002-0322(2019)06-0012-04
doi: 10.13385/j.cnki.vacuum.2019.06.03

A New Carbon Nanotube Field Emission Ionization Gauge With Coaxial Electrodes

HE Jian-feng, HUANG Wei-jun, DONG Chang-kun

(Institute of Micro-Nano Structures & Optoelectronics, Wenzhou University, Wenzhou 325035, China)

Abstract: In this paper, a new type of cold cathode ionization vacuum gauge with carbon nanotube (CNT) field emission cathode is designed. The device consists of a field emission cathode, an anode grid, and an ion collector, with the anode and ion collector coaxial arranged. The carbon nanotubes were grown directly on the metal substrate by chemical vapor deposition, and two types of cathodes with $4\text{mm} \times 5\text{mm}$ rectangle and $\Phi 0.1\text{mm}$ circular emission surfaces were investigated respectively. The carbon nanotube cathodes presented excellent field emission performance with turn-on electric field of $1.70\text{ V}/\mu\text{m}$. In the nitrogen environment, the vacuum measurement performance of the gauges based on two kinds of cathodes is investigated respectively, the normalized current (I/I_a) range and the pressure show a good linear relationship from 10^{-7} to 10^{-3} Pa , and the measurement sensitivities of the gauges corresponding to the cathodes of rectangular and circular emission areas are $3.1 \times 10^{-2}\text{ Pa}^{-1}$ and $1.3 \times 10^{-2}\text{ Pa}^{-1}$, respectively.

Key words: carbon nanotube; field emission; ionization gauge; coaxial electrode; sensitivity

碳纳米管场发射阴极在多种真空电子器件中得到应用^[1-3]。碳纳米管场发射电离真空计具有开启电压低、放气小、功耗低、无光热辐射等特性, 得到广泛的研究^[4]。2004 年, 董等^[5]将碳纳米管应用在分离式电离真空计中, 在 10^{-5}Pa 真空下, 碳纳米管发射电流稳定性优于金属阵列阴极 (FEA), 氮气环境下阴极发射电流 $50\mu\text{A}$ 时测量灵敏度达到 $2.2 \times 10^{-2}\text{Pa}^{-1}$ 。2016 年, 董和张等^[6]又报道了以不锈钢片基底通过热 CVD 法结合阳极

化技术生长碳纳米管, 结果得出该方法有利于提升碳管的发射性能, 其设计的电离真空计测量范围达到 10^{-9} 到 10^{-4}Pa , 这一范围也是目前碳纳米管场发射电离真空计报道的最低下限。

电离真空计下限的拓展与灵敏度相关, 灵敏度的稳定性是电离真空计准确测量的基础, 而灵敏度与规管结构、气体种类和电极电位有关^[7,8]。2005 年, 盛和刘^[8]将碳纳米管阵列粘附到镍棒的一端作为场发射电子源, 设计了一种马鞍形电离

收稿日期: 2019-04-13

作者简介: 何剑锋 (1992-), 男, 安徽省六安市人, 硕士。

基金项目: 国家自然科学基金资助, 项目号: 61620106006。

通讯作者: 董长昆, 教授, 博导。