

电解过程中的非平衡态与异常核现象^{*}

江兴流 韩丽君

(北京航空航天大学应用数理系 北京 100083)

摘要 电解过程中钯电极表面的尖端效应和磁自收缩现象是产生非平衡条件的重要因素。实验表明,非平衡态对于冷核聚变来说是至关重要的。为了有较深刻地理解冷核聚变机制,对氘在金属中的结构和分布、电极表面的电化学双层、尖端电子发射和电流的磁自收缩等现象要作深入的研究。

关键词 冷核聚变 尖端效应 磁自收缩 电解

分类号 TL61

1 引言

从 Fleishmann M 和 Pons S 等人宣布室温核聚变的实验结果以来^[1,2],众多领域的科学家从不同的角度论证室温核聚变的可能性。Koonin S E 等人利用玻恩-欧本海默势对氢同位素分子进行冷核聚变率计算,结果表明,电子的等效质量要增加 5~10 倍,才能达到目前宣布的冷核聚变率^[3]。密歇根大学的 Sun Z 等人利用密度函数计算氘在金属钯中的结构和电子性质,结论是,即使有非常的氘浓度,氘原子在钯中的距离仍要比气态分子时的 0.74 Å 大 0.2 Å。他们认为,这么大的核间距离,要产生冷核聚变是不可思议的^[4]。伊利诺斯大学的 Leggett A J 等人讨论了多体屏蔽效应引起的库仑势垒的抑制后认为,氘核的隧穿率太低,难以产生可探测的核聚变反应率^[5],除非有外来的长程作用,或者在固体环境中引起核聚变率的反常升高。

上述分析都是在平衡态条件下进行的。正如 Jenes S E 指出^[2],当含氘金属或化合物处于平衡态时,从未观察到聚变反应。因此,非平衡条件是实质性的,电解过程的尖端效应和磁自收缩现象产生了远离平衡态的条件。

2 尖端效应和磁自收缩

笔者提交 Nature 杂志的一篇论文中,讨

论了电解过程中的尖端效应和磁自收缩作用。实验观察到,在电解试验中,电流主要通过电极的尖端和毛刺处,也就是尖端有较高电流密度 J_e 。

$$J_e = AE_f \quad (1)$$

式中, A 为常数, E_f 为电场强度^[6]。这和空气中的尖端放电现象类似。所不同的是,由于电极浸没在高电导的电解液中,在低电压下(几伏至十几伏)就能出现强烈的尖端电子发射,其原因是电极表面存在高电位降的电化学双层,因此,在界面处出现高电场。从金属的冷电子发射过程考虑,电极尖端处的电场强度可达 $10^9 \sim 10^{10} \text{ V/m}$ ^[7]。从(1)式可看出,强电场将产生高电流密度,而电流周围出现的自磁场 $B_\theta = f(J_e)$, 将使电流受到径向压缩,电流密度进一步升高,最终在尖端附近出现微收缩的等离子体区^[8]。在微收缩的等离子体中存在复杂的物理过程,如宽频带的电磁辐射、离子的集团加速以及“线原子”的出现。高度收缩的等离子体将达到电子简并态,物质有可能达到类似于星体内部的状态^[8]。近年来出现的浓密等离子体焦点(DPF)中子源,就是利用微收缩过程产生强脉冲中子的。

对于一个高为 h , 顶角为 2θ , 尖顶半径为 r 的一个锥形针尖, 由于通过高密度电流而引起的欧姆热, 将在锥顶和锥底之间造成一个温度差 ΔT ^[9], 其值为

* 国家自然科学基金资助课题。
1996-03-14 收稿。

$$\Delta T = \frac{J_e^2 \Omega(T) r^4}{4K(1 - \cos\theta)^2} \left(\frac{h - rcot\theta}{hrcot\theta} \right) \quad (2)$$

式中, $\Omega(T)$ 为随温度变化的电阻率, K 是针尖材料的热导率, 由于这一温度差的存在, 将使针尖的顶部首先熔化或蒸发.

Fleischmann M 称^[10], 在他们早期的实验中, 观测到中子计数的同时, 也发现电极下半部的蒸发现象. 如果不考虑冷核聚变过程, 单就尖端效应也有可能使电极的尖端和毛刺发生熔化、蒸发.

一般未经特殊处理的金属电极都存在毛刺和微针尖. Fleischmann M 等人所用长条形薄片钯电极, 其顶端就是明显的尖角. 我们曾用这种形状的电极作过电解实验, 一加上电压, 就能看到电极下半部, 尤其是下端尖角处有大量气泡“冒出”, 这就是尖端效应和磁自收缩现象的明证. 显然, 尖端效应使电流密度在电极表面分布极不均匀, 不均匀分布的电流密度造成电极表面的温度、氘含量分布的不均匀和涨落. 库宁认为, 不均匀和涨落现象将导致势垒穿透几率的增大^[5].

由于电极表面的毛刺和微针尖的直径一般都在微米量级, 在高电流密度下的电阻加热和核聚变加热作用, 这些毛刺和微针尖很快就会被熔化变秃而失去尖端作用. 琼斯等人的论文中曾提到^[2]: (1) 重新使用的钯电极要进行清洁处理, 然后用稀酸腐蚀或加以研磨, 使表面粗糙(笔者认为, 提高表面粗糙就是增强尖端效应的作用); (2) 电解过程经过 8 小时后, 中子产额急剧下降(作者认为, 这可以用尖端渐渐熔化变秃来解释). 意大利的弗拉斯卡蒂实验室的 Celani^[11]也观察到类似的现象. 他报告说, 每一次实验的起始五分钟, 能观察到中子信号, 但 20 分钟后, 就难于与本底信号区分了.

IBM 公司华森研究中心的 Ziegler J F 等人, 做过很细致的冷核聚变实验^[12]. 他们的结论是, 既未观察到超常的热量, 也未观察到核聚变产生的粒子. 但当考察他们的实验装置时, 就会发现, 他们的阴极结构完全避开了尖

端效应的作用.

尖端效应和磁自收缩是产生非平衡态的重要条件, 但不见得存在尖端效应就一定能观察到氘核聚变反应, 还要考虑: 尖端的几何形状; 金属钯的不同晶面有不同的电子逸出功和对氢同位素的不同吸附性能; 以及氢同位素在微裂纹中、晶界或界面、位错处的聚焦等现象^[13]. 有人提出, 在进行冷核聚变实验之前, 应将钯电极进行真空高温去氢处理, 以改善实验的重复性.

极化核反应能揭示许多重要的、预料不到的规律, 其中最著名的一件是 β 衰变宇称不守恒的发现^[14]. 有人提出^[15], 利用极化的低能 D-D 反应, 有可能使核反应截面提高二个数量级, 并使反应率和反应产物的角分布有控制的可能. 尖端附近的微收缩等离子体区中, 存在强的纵向磁场和方位角自磁场以及广谱电磁辐射等. 这些因素的存在, 有可能使尖端附近的氘核得到一定的极化度^[16], 而在一定条件下的极化反应能得到缺中子核反应^[17]. 也许 Fleischmann M 观察到的高超常热量和低中子产额, 可以用极化核反应来解释.

Pauling L 指出^[18], 质量不同的核, 其零点振荡的幅度不同. 因此, 钯的氢同位素化合物中, 以钯的氟化物最稳定. 这样, 由于温度涨落引起氢同位素在钯中的浓度涨落过程中, 使氟在钯中的浓度不断增高, 将使聚变反应率增高.

3 小 结

我们根据实验现象和已发表的数据, 对电解过程中的尖端效应和磁自收缩现象进行了分析研究. 认为, 冷核聚变不是发生在电极的整体, 而只是发生在与尖端效应有关的表面微区. 为了加深对冷核聚变机制的理解和改善实验的重复性, 需要对如下几个方面进行深入研究.

1) 电解实验中电化学双层的结构和性

质。

2) 电解液中,尖端效应的特点、电解质溶液的成分与浓度等因素对尖端效应的影响。

3) 氢同位素在钯中的结构和电子性质,以及钯晶体的微裂纹、晶界和界面、缺陷和位错对氢同位素浓度分布的影响。

4) 极化核聚变的产生和特点。

总之,与产生非平衡相关的许多过程,如脉冲电流、冲击压力波和压电效应等现象对冷核聚变所产生的作用,都需要加以研究。

参 考 文 献

- 1 Fleischmann M, Pons S. Electroanal Chem, 1989, 216: 301
- 2 Jones S E, Palmer E P, Czirr J B et al. Nature (London) 1989, 338: 737
- 3 Koonin S E, Nauenberg M. Nature, 1989, 339: 690
- 4 Sun Z, Tomanek D. Phys Rev Lett, 1989, 63: 191

- 5 Leggett A J, Baym G. Phys Rev Lett, 1989, 63: 191
- 6 郭鹤桐, 刘淑兰. 理论电化学. 宇航出版社, 1984, 28
- 7 Nasser E. Fundamentals of Gaseous Ionization and Plasma Electronics. (Wiley, New York) 1971, 150~153
- 8 Korop E D, Mel'nikov B E, Sidel'nikov Yu V et al. Sov Phys Usp, 1979, 22: 727~741
- 9 Latham R V. High Voltage Vacuum Insulation. Academic Press, London (1981), 57~64
- 10 Amato I. Science News, 1989, 135: 196
- 11 Garwin R L. Nature, 1989, 338~617
- 12 Ziegler J F, Zabel T H, Cuomo J J et al. Phys Rev Lett, 1989, 62: 2929
- 13 Gittus J. Nature, 1989, 339: 106
- 14 Buon J. Polarization in Electron and Proton Beams. CERN 87-03, 1987, 647
- 15 Kulsrud R M et al. Phys Rev Lett, 1982, 49: 1248
- 16 Schmor P W. IEEE NS-32, 1985, 1713
- 17 Zhang J S, Liu K F. Phys Rev Lett, 1986, 57: 1410
- 18 Pauling L. Nature, 1989, 339: 105

Non-equilibrium Conditions of Electrolysis and Abnormal Nuclear Phenomena

JIANG Xingliu HAN Lijun

(Department of Applied Mathematics and Physics of Beijing University
of Aeronautics and Astronautics, Beijing 100083)

Abstract In this paper, the pin-point effect and the magnetic self-pinch of electrolysis are suggested to be the important factors to produce conditions that are far from equilibrium and are essential for cold nuclear fusion. Further studies of the structural and electronic properties of deuterium in bulk palladium, the behaviours of electrochemical double layer, and the localized emission sites on surface protrusions of the electrode should be extensively carried out for understanding the mechanism of cold nuclear fusion.

Key Words cold nuclear fusion pin-point effect magnetic self-pinch electrolysis