

文章编号: 1001-3555(2023)06-0625-06

第 25 届国际凝聚态核科学会议 (ICCF-25) 介绍

张武寿

(中国科学院化学研究所, 北京 100190)

摘要: 第 25 届国际凝聚态核科学会议 (ICCF-25) 于 2023 年 8 月 27~31 日在波兰什切青举行, 参会者共 154 人, 会议收录摘要 86 篇。本会报道的主要发现如下: (1) 含氢金属中的超热正比于其中的电流; (2) Ni/Cu 多层膜-氢气系统在猝发热出现前会有短暂的降温, 产生超热后用各种手段检测到氧元素生成; (3) 金属的晶相特征对其中的束靶核反应截面有显著影响; (4) 两类金属-氢装置可直接产生电能, 预示着未来核电有可能跳过“烧开水”的环节; (5) 金属-水系统的蒸汽压缩空化过程不仅产生了超热, 也产生了类似金属-氢系统中的核产物。欧、美、日已以空前的力度支持该类研究。

关键词: 凝聚态核科学; 低能核反应; 超热; 核嬗变

中图分类号: O646.54

文献标志码: D

DOI: 10.16084/j.issn1001-3555.2023.06.010

1 会议简介

第 25 届国际凝聚态核科学会议 (ICCF-25, <https://iccf25.com/>) 于 2023 年 8 月 27~31 日在波兰什切青召开。会议由什切青大学 (USZ) 承办, 共有 154 名各国代表 (含中国大陆 5 人) 与会, 其中 41 人通过网络远程参会。会议收录摘要 86 篇, 安排口头报告 54 场。本文是前两次 ICCF 系列介绍的延续^[1-2], 相同之处不赘。

会上欧盟委员会研究与创新总局官员 M. Maggiore 介绍了相关政策, 欧盟地平线 2020 研究与创新计划支持的洁净氢金属能项目 (Clean HME, <http://www.cleanhme.eu/>) 已资助了 15 家单位共 5.68×10^6 €。美国 ARPA-E 已支持 8 个小组共约 1.00×10^7 \$, 目的是验证低能核反应 (LENR) 的科学性, 会上有两个项目组报道了初步结果【A38, A51, A71】。此外, 美国人类世研究所 (Anthropocene Institute) 也宣布接受 LENR 实验的申请 (<https://solidstatefusion.org/grants/>), 单项额度为 0.25~1.00×10⁵ \$, 该所已资助美欧多家单位。日本学者报告, 热电能技术基金 (TEET) 将在 2023~2026 年间资助 5 所大学 LENR 研究共 1.50×10^6 \$。本次会议表明, 欧、美、日政府和企业已多层面支持 LENR 研究且强度明显增大, 这是 30 多年来第一次, 其意义不言自明。

下次会议 (ICCF-26) 将于 2025 年 4~6 月间在

日本岩手县盛冈 (Morioka) 市举行。

现在分不同系统介绍本次会议的技术内容, 文中用【A#】表示相关内容在摘要集中的电子页码^[3], 如【A27】表示第 27 页。本文结合摘要、报告视频^[4]、墙报和近期文献综合而成。

2 金属-H(D) 系统

金属-H(D) 系统主要包括 Pd-H(D) 和 Ni-H 两大系统, 研究历史最长, 积累经验也最多。

美国 E. Storms 在氩气氛下给 Pd 片通直流电, 发现电流升高时超热增加^[5]。在电解条件下, 增加电流总引起温度升高, 使这两个参数无法独立, Storms 第一次在 Pd-D 系统中实现了电流独立变化。考虑到 Celani 曾在康铜丝-H₂(D₂) 系统中的类似发现^[2], 说明电流的影响具有普适性。至于其原因只是电致氢 (氘) 扩散还是有更深入的机理, 需要深入研究。

美国宇航局格伦研究中心 (NASA GRC) 的 T. Benyo 等人推测 Pd-D₂ 系统产生的异常元素是在晶格中发生了光致 Pd 裂变反应, 如 $\text{Pd} \rightarrow \text{Fe} + \text{Ca}$ 或 $\text{Pd} \rightarrow \text{Ti} + \text{Cr}$, 或先发生 $\text{Pd} + \text{D}$ 聚变然后产物再裂变成轻元素【A102】。日本 A. Takahashi 最早提出 Pd 裂变的猜想以解释 Ca、Zn 等轻核产物, 这些年来该观点逐渐获得承认。

印度辨喜瑜伽大学 (S-VYASA) 的 P. Ramarao

收稿日期: 2023-10-16; 修回日期: 2023-11-09。

基金项目: 国家自然科学基金项目 (22373106, 21153003)(National Natural Science Foundation of China, NSFC (22373106, 21153003))。

作者简介: 张武寿 (1968-), 男, 博士, 副研究员, E-mail: wszhang@iccas.ac.cn, Phone: +86-10-62554276(Zhang Wu-shou (1968-), male, PhD, associate professor)。

等人报道了 Mizuno 型超热, 活性材料也是镍网锆钨颗粒, 使用氢气或氘气. 最近 9 年进行了 500 轮实验, 其中 100 轮是正结果. 在相同输入功率条件下, 活性反应池表面温度明显高于参考池的. 一例超热达到输入功的 30%~40%. 班加罗尔的印度科学研究所用四极杆质谱仪测了 3 次气体, 在 Pd-H 活性反应池中都观测到³He【A97】. 前两次会议上该小组也报道了类似结果, 但都没有这次详细.

在 ICCF-23/24 上, 印度 IIT Kanpur 小组报道用 EDS 在碳酸钾溶液中电解过的多种金属和合金阴极柱上测到显著的嬗变产物^[1-2]. 本次 S. S. Lakesar 等人对这些结果给与了修正, 用 EDS、WDS 和 ICP MS 分析了 100 多个 Ni 阴极柱的表面和体元素, 结果表明只有 1%~7% 的组分变化, 比以前报道的少了很多【A103】.

瑞士的 H. B. Winzeler 在 Ni-H₂ 系统中观测到超热. 他模拟的是意大利 F. Piantelli 的经典实验, 反应池是倒扣的石英管, 环形 Ni 片放置在反应池上部, 用水流法量热, 用高频交流加热 Ni 片并激发超热. 在一例 15 天的实验中, 第 5 天出现 COP > 100% (COP 即能效比, 即输出功/输入功比值), 并持续 11 天, 笔者目测 COP 平均值为 125%. SEM EDS 测量表明产生了 5%~8% (质量分数) 的碳【A57】. 这是少见的, 能重复 Piantelli 结果的实验. 此外, 感应加热法升温速率快, 值得借鉴.

3 合金-H(D) 系统

3.1 Ni 基合金粉末

日本早稻田大学 T. Kobayashi 等人在 ICCF-24 上报道用电磁阀实现高压氢气脉冲激发 Pd-Ni-Zr(PNZ) 粉末超热后, 这次发现优化气体射流喷嘴长度可提高超热. 其原理是开启电磁阀会产生氢气脉冲射流, 射流前端压力梯度越大, 超热也越大. 增加喷嘴长度, 射流前端可近似为激波且可增加超热. 在初始温度 258 °C 下将氢气注入 PNZ 粉末中. 结果当喷嘴长度从 32 增加到 82 cm 时 PNZ 温升也随之增加, 最高达 63 °C. 然而, 由于粘度和导热等耗散的存在, 喷嘴长度超过 82 cm 后温升降低【A39, A96】. 在 PNZ-H₂ 超热研究中, 该小组的热激发方法是独特的.

法国的 J.-P. Biberian 和 J. Ruer 等人报道了基于水滑石纳米粒子的超热【A26, A65】. 这里水滑石只是初始材料, 经过高温分解和氢气还原后的实

际材料类似于日本的 PNZ 和 CNZ, 但这里的抗烧结材料是 Al₂O₃ 而非 ZrO₂. 实验中分别使用 11~12 g 的 Ni-Fe、Ni-Cu 和 Ni-Bi 水滑石样品, 用塞贝克量热法测得比超热分别达到 160、60 和 280 W·kg⁻¹. 反应池最高温度不超过 900 °C, 一般而言, 升温 (吸氢) 即可激发超热, 但抽真空脱氢更有利于超热激发.

3.2 Cu/Ni 和 Pd/Ni 膜

日本东北大学的 J. Kasagi、T. Itoh 和 Y. Iwamura 分别报告使用辐射量热法测得 Ni/Cu 多层膜在 H₂(D₂) 解吸过程中产生的超热及多种方法测到的核产物. 关于超热的主要结论如下: (1) 氢、氘气体超热无显著差别; (2) Ni/Cu 多层膜的超热明显大于 Cu 单层膜的; (3) 超热几乎是常数, 80 h 内无下降; (4) 时间越长, 超热的振荡性越大; (5) 短期功率降低和增加都可刺激 Ni/Cu 多层膜产生热脉冲【A27, A42】. 他们还发现 Cu/Ni/CaO 纳米多层膜脱氢过程中出现热猝发时的光辐射特征. 将两片纳米多层膜分别固定在陶瓷加热片两侧. 在抽真空并加热脱氢引发超热的过程中经常观察到热猝发, 即温度突然升高. 虽然两片样品的中红外辐射皆会最终升高, 但一片辐射量先下降, 然后才迅速增加, 随后加热器温度升高, 最后另一片辐射量增加. 说明前一片样品中产生了热猝发. 热猝发脉冲为 0.1~0.6 W【A31】. 最后他们用多种手段证明 Ni/Cu 多层膜中产生了氧: (1) 用 SEM EDS 发现明显的含氧斑点, 产生超热的样品中氧含量高达 33.7% (原子百分比), 而对照组样品中只有 0.78% (原子百分比); (2) 用 TOF SIMS 分析产超热的多层膜样品, 发现反应后氧含量比反应前增加了几十倍, 分布深度可达 200 nm; (3) SEM EDS 和 TOF SIMS 得到的表面元素分布相同; (4) 样品先在 700 °C 下空气中氧化, 再在氢气中还原, 检测发现氧含量不超过 5% (原子百分比), 说明氧污染占比很小; (5) 用 RGA 发现大超热样品和小超热样品气体质谱中质量数 32 (即 O₂) 与质量数 28 (即 CO 和 N₂) 的比值明显不同, 也说明超热与氧产生正相关【A42】. A. Takahashi 在最近日本 JCF23 会议上也证实, 氧并非来自于空气泄露. 这些结果表明, 目前 Ni/Cu-H 系统的核产物主要是 O, 这是 Miley 多年前在长时间 Ni-H 电解系统中发现大量嬗变核产物后确定的另一个含 H 系统产物, 对机理研究有重大指导意义. 如果能分析不同氢氘比例混合气的超热与核产物并与氢气氛中对比, 则意义更大.

美国的 F. Tanzella 报道了布里渊能源公司(BEC)的研究进展【A30】. 所用材料是在陶瓷管衬底上形成 $\text{Cu}/\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Ni}$ 三明治结构薄膜, 在 ~ 0.3 MPa 氢气中施加约 200 V, 上升时间约 3 ns 的电脉冲, 脉冲重复率 0.1~5 MHz. 反应器温度在 200~600 °C. 他们用 6 个不同的反应器, 使用了 300 个不同 Ni 镀层, 进行了 2 000 次实验, $\text{COP} = 1.1\sim 1.15$. BEC 致力于 LENR 商业化, 虽然 COP 不高, 但结果可靠, 值得重视.

3.3 康铜丝

意大利 INFN 的 F. Celani 等人继续其康铜丝- $\text{H}_2(\text{D}_2)$ 系统超热研究, 用细康铜丝, 温度最高到 800 °C, 通过在氢(氘)气中施加电流激发超热. 本次进展主要如下: (1) ICCF-23 时用脉冲电流激发超热, ICCF-24 时用直流激发超热, 这次直接用市电 (230 V, 50 Hz) 通过高功率二极管半波整流后得到的脉动直流也可激发出超热, 最大达 23 W(比超热 $51 \text{ W}\cdot\text{g}^{-1}$); (2) 一般康铜丝要浸泡在亚微米 Cu-Ni-Fe 粉(吸氢活性材料)和 Ca-Sr-Ba (低功函数材料)以及一些特制的抗烧结添加剂中做表面处理. 未表面处理的康铜丝也有超热, 但幅度偏小且不稳定; (3) 在氢气气氛中退火有利于增加超热. (4) 在氢气气氛下, 升温到 500 °C 以上有利于提高超热, 作者认为电子发射和表面离子化与超热有关联【A40】.

加拿大湖首大学的 D. Alexandrov 用光谱法测得温度高于 400 °C 时康铜丝在氘气下产生明显超热, 在 670 °C 附近 COP 可达 3 左右. 超热多时 ^3He 产量也大【A33】.

4 束靶反应

波兰什切青海事大学的 A. Kowalska 等人用正电子湮灭谱(PAS)研究发现氘束注入 Zr 金属样品产生了非常高的空位密度, 空位均匀分布在氘核射程之内, 正电子湮灭寿命表明是单空位缺陷. XRD 和 PAS 测量表明氧辐照作用使空位向更深层运动, 空位扩散会降低 $^2\text{H}(d, p)^3\text{H}$ 反应的增强因子【A81】.

波兰的 N. Targosz-Ślęczka 报告了 USZ 和斯洛文尼亚约瑟夫斯特藩研究所 (Josef Stefan Institute, JSI) 两小组合作的束靶实验结果, 实验特点是同时用直接运动学 (direct kinematics) 和逆向运动学 (inverse kinematics) 研究束靶反应, 前者是用轻核轰击重核, 后者是重核轰击轻核, 如 $^2\text{H}(^{19}\text{F}, p)^{20}\text{F}$. 结果在 Zr 靶中, USZ 发现 $^2\text{H}(d, p)^3\text{H}$ 反应屏蔽能为

100~500 eV, 而 JSI 小组发现 $^2\text{H}(^{19}\text{F}, p)^{20}\text{F}$ 反应屏蔽能为 7 keV. 用自洽介电函数理论研究核反应过程, 结果屏蔽能最大只能到 734 eV. 这只是未考虑晶格缺陷情况下的结果, 实验上屏蔽能会受到缺陷的增强【A91】.

JSI 的 A. Cvetinović 等人报道了 Pd 中的电子屏蔽. 特别注意到屏蔽能正比于入射粒子的核电荷数 Z^2 . 为研究电子屏蔽的影响, 特别选了两种 Pd 材料, 一种是退火形成的软钯, 另一种是冷轧形成的硬钯. 软钯与硬钯中 $^2\text{H}(^{19}\text{F}, p)^{20}\text{F}$ 反应的屏蔽能分别为 3 和 18 keV, 即硬钯中比软钯的高 6 倍. NMR 测量表明, 软钯的奈特位移峰是单峰, 而硬钯是双峰, 说明后者的 H 不仅仅位于传统的 Pd 八面体位上, 也分布于缺陷和位错等处, 这应该是硬钯屏蔽能高的原因【A94】.

兰州大学的王铁山等用 Li 和 Be 金属靶进行 $p+^7\text{Li}$ 、 $d+^6\text{Li}$ 和 $d+^9\text{Be}$ 的束靶反应研究, 用 Li 和 Be 作靶可避免 DD 聚变研究中靶材料中 D 浓度不确定问题. 金属环境中的屏蔽能普遍高于理论预测, 如液态 Li 中的屏蔽能最大达 600 eV, 在 Be 中为 545 ± 98 eV【A90】.

美国的 S. Forbes 介绍了 MIT 束靶实验进展【A93】. 先在 Ti 靶中注入 D 形成 TiD_x , 然后用 Ar 束激发, 结果用 SSB 观测到 3~47 MeV 的带电粒子和中子信号, 在 Ar 停止后的 40 h 内产生了 1~11 MeV 的带电粒子. 作者估计这些带电粒子是发生单个或两个 DD 聚变形成 ^4He 后能量通过 Ti 裂变产生 p 或 α 而放出的.

5 直接产生电能的装置

5.1 晶格能量转换器

晶格能量转换器 (LEC) 这些年受关注较多, 其特点是可直接产生电能. 如能逐步优化, 将来可能发展成发电器件. 去年笔者介绍 ICCF-24 时曾建议 LEC 研究增加热测量内容, 以鉴别输出电功率在总超功率中的份额, 确定电信号是初级效应还是次级效应^[2]. 本次会议前美国的 E. Storms 就报道了相关结果^[5], 他用电化学共沉积的 Pd-D 作为电子发射极, Pt 片作为集电极收集电子, 二者密封在充 D_2 石英管内, 外部串联 0.1 MΩ 电阻测量电流. 结果表明按 0.1 MΩ 负载计算的电功率比热功率小 10 个量级左右, 即使考虑每个电子能量为 100 eV(见下文), 按电子电流求得的电功率也只有实际超功率的

0.2%, 说明此处的电功率是次级效应. 一个可以理解的原因是, 只有当聚变发生在近表面时电子才能脱离样品到达集电极, 热量则无论在哪里产生都可被测得. 在两电极间施加电势, 在 $-100\sim 0$ V 间电流不变, 说明气体电离不是电流主要来源, 因为离子电流会随电压减少而下降. 当集电极电压相对于发射极为正, 施加电势等于或大于电子能量时, 电子将返回发射极, 所以电流随电压增加而减少. 结果表明大多数电子能量低于 100 eV. 这也说明电子不可能来自传统化学反应. 根据超功率得到的聚变率为 $3.9 \times 10^{10} \text{ s}^{-1}$, 而逃逸电子数为 $6.2 \times 10^{11} \text{ s}^{-1}$, 如果这些电子由聚变产生, 那么发射电子数要远多于聚变数.

美国 Inovo 公司的 F. Gordon 和 H. Whitehouse 报告了 LEC 研究的两大进展: 一是用液体、凝胶或固体电解质取代气体, 增强导电性, 减少离子对产生所需能量; 二是把 Pd-H 颗粒混合到电解质中, 增强自发电离, 从而增加电解质中离子数. 结果在负载为 100 Ω , 温度约 20 $^{\circ}\text{C}$ 时峰值功率为 0.478 mW ($> 100 \mu\text{W}\cdot\text{cm}^{-2}$), 比 ICCF-24 报道的功率增加了 2~3 个量级. 本次报道内容偏向机理研究, 但离子产生机制仍不明确, 需深入探索【A107】.

西安秋然实验室的张航重复了 LEC 实验结果【A64】, 其关键是使用电化学方法沉积活性层并直接装入 LEC 内, 不可预先干燥.

5.2 催化聚变装置

匈牙利的 G. Egely 和 S. Domoszlai 分别介绍了催化聚变 (<https://www.catalyticfusion.com/>) 及所用热测量方法【A99, A100】, 此处一并介绍.

Egely 所用装置的核心是一个火花放电管, 电极是边缘和表面经粗糙化处理的铝柱, 电极间距为毫米级别并可调节. 作者试验过钢、铜、钛和黄铜等材料, 发现成分的微小变化和表面处理都会引起性能变化. 催化聚变的电路主要由三部分组成: 最前面的输入部分包括三节 AA 电池、一个弛张振荡器和电容器形成的脉冲电路, 中间是氢 (氘) 气体火花放电管, 最后是输出部分 (如电阻等负载). 现象可简述如下, 当脉冲电压超过放电管的击穿电压后开始放电, 放电低于某个电压时重新开始充电-放电过程. 放出电功率多于输入电功率, 峰值电流 kA 级, 脉冲时间短于 1 μs , 峰值电压 1~2 kV. 因为条件限制, 他们研发了一种间接方法进行热测量, 把输入电阻和负载电阻分别放入一个可以监测温度的充油玻璃管中, 先在不同脉冲放电条件下测量功率与温度

的关系, 实际工作时可通过负载电阻的温度获得放电输出功率, 因为放电时气体放电管本身产热, 所以即使 COP~1 也意味着产生了超额电能.

作者曾使用纯 (湿) 氢气、纯 (湿) 氘气和湿空气作为放电气体, 发现纯 $\text{H}_2(\text{D}_2)$ 并非最好, COP = 2.5~3, 有时更高. 剑桥大学用拉曼谱测量阴极发现生成了碳化硼, 可能是多步聚变过程生成的. 最近, 英国的 ENG8 公司用水蒸气实现了 COP~5 的电能输出 (<https://eng8.energy/>).

Egely 的催化聚变前几年叫尘埃聚变 (dust fusion), 是在过去一个多世纪中反复发现但稀有人关注的现象. Egely 重复出前人的结果, 其反应物可以是碳粉等尘埃, 也可以是氢气或水蒸气. 作者认为形成了 K. Shoulder 所说的奇异真空体 (Exotic Vacuum Objects, EVO) 或其他人提到的凝聚等离子体团 (condensed plasmoids) 等高密度电荷团簇. 团簇可屏蔽库伦排斥力, 导致质子与电子生成热中子, 热中子进一步与其他核发生反应.

6 其他体系核异常

6.1 超声空化

台湾大学的黄秉钧小组在前几届会议上介绍过蒸汽压缩空化 (VCS) 产生超热与核产物的结果, 本次报道气体质谱. 在 14 个采样中, 当出现超热时都测到类似的质谱, 谱峰都在 $m/z < 50$ 范围内. 效应最显著的是测到 m/z 44 的二氧化碳, 为进一步验证其产生, 在测量质谱前令气体经过 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 吸收层, 结果 m/z 44 信号显著降低, 说明确实是 CO_2 . 另一个核产物是 ^{22}Ne , 因为 CO_2^{2+} 也是 m/z 22, 所以也用 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 吸收层来比较, 结果表明不影响 ^{22}Ne 信号. 还有一个核产物是 ^{17}O , ^{17}O 表现在 m/z 19 (即 $\text{H}_2^{17}\text{O}^+$), m/z 33 (即 $^{16}\text{O}^{17}\text{O}$) 和 m/z 45 (即 $\text{C}^{16}\text{O}^{17}\text{O}$), 只有产超热的气样中这些信号才显著, 无超热的很小. 作者推测 ^{17}O 是 $\text{H}-^{16}\text{O}$ 聚变产生的, 而 ^{12}C 和 ^{22}Ne 是 2 个 ^{17}O 聚变的产物【A95】. 黄秉钧组的实验是美国 R. Stringham 的 $\text{Ti}-\text{D}_2\text{O}$ 超声研究之后的第二个系列空化结果, 进一步证明空化也是一种 LENR 触发方式.

6.2 奇异核径迹

早在 1993 年, 日本的 T. Matsumoto 就注意到 LENR 会在固体表面产生奇异核径迹, 这些径迹表现出周期结构, 但多年来这类结果缺乏深入研究, 本次会议上有 3 个学者讨论了相关问题.

乌克兰的 A. Ivanchuk 把空白 DVD 放在 30 个

废旧汽车火花塞 5 cm 远处,保持 1 周.结果在 DVD 表面发现了微小的链条状径迹,而对照 DVD 上无径迹.有意用铁丝、沙粒和室内灰尘刮擦,发现只有把 2 片 DVD 静置 1 周后相互摩擦,表面积存的室内灰尘可以产生类似的周期性径迹.作者估计火花塞旁 DVD 径迹是 LENR 产生的未知力推动气溶胶粒子产生的,力大小为 0.01 N 量级(即 1 g 的力).在第二个实验中,将干净 DVD 装在塑料光盘盒内分别放置在汽车内不同位置然后发动机空转 3 h,结果发现只有在发动机上方和排气管附近的 DVD 上出现径迹.这是一种未知力把灰尘颗粒压在 DVD 上并移动而留下细长的灰尘颗粒线【A52】.

这不是该类实验的第一次报道,2002 年时俄罗斯的 L.I. Urutskoev 等就报道了 Ti 片电爆炸过程中生成的奇异径迹^[6].哈萨克斯坦 Satbayev 大学的 V. Zhigalov 与俄罗斯的 A. Parkhomov 总结生成径迹的形式主要有真空放电、水中放电、辉光放电、电弧放电、Ni-H 反应器、电解、白炽灯、激光和旋转物体等好几种.特点是径迹只出现在材料表面;一些是周期性的,但结构各异;相同的结构成群出现;离反应池距离小于 20 cm;形成径迹的时间跨度很大,短的以秒计,长的以周计.他们用 300 W 的卤素灯放在石英管中,用循环水冷却,把 7 张光盘放在不同位置,其中只有离得最近(7 cm)的光盘产生了共 38 cm 长的径迹,其次是灯上方(距离 12 cm)的光盘产生了共 5 cm 长的径迹,其他 5 张光盘产生的径迹很少.作者估计周期性径迹是几十微米直径的粒子在表面翻滚形成的,而光滑径迹是几个微米直径的粒子沿表面平移,加热聚碳酸酯到熔点(约 300 °C)以上形成的【A105】.在会后的 google CMNS 论坛上, J. Rothwell 说 DVD 类似于塑料径迹探测器 CR39, E. Storms 认为这些奇异径迹就是 K. Shoulders 提出的 EVO.

英国马丁弗莱希曼纪念项目(MFMP)的 R. W. Greenyer 报告用分形环形矩(Fractal Toroidal Moment, FTM)理论来解释 LENR【A109】.圆周电流形成磁矩,封闭的螺旋形电流形成环形矩,环形矩是相对于偶极矩和四极矩而言的. Greenyer 认为 FTM 是一种特殊的,呈环形或球形的磁流体结构,FTM 不仅导致 LENR 和 T. Matsumoto 早年观测到的径迹,也是球形闪电和 EVO 的起因. FTM 是美国等离子体物理学家 W. H. Bostick 于 1950 年代提出的等离子体团(plasmoids)概念的发展,等离子体团

就是一种环形磁流体.

7 总结

总而言之,本次会议的主要进展如下: (1) 含氢金属(如钯)或合金(如康铜丝)的超热正比于其中的电流; (2) Ni 基金属多层膜和 Ni 基纳米复合材料-氢气系统在高温条件下采用功率变化、气压脉冲或抽真空脱氢等方式可激发超热, Ni/Cu/CaO 多层膜在出现超热前的温度短时间降低可以作为一种前驱现象,值得重视,氧元素是含氢系统的主要核产物; (3) 各种材料的束靶核反应深入研究表明材料的晶相特征对核反应截面有显著影响; (4) LEC 和 Egely 催化聚变装置预示着将来核能可直接转化为电能,跳过核电和托卡马克必须的“烧开水”环节; (5) 金属-水系统的蒸汽压缩空化过程不仅产生超热,也产生类似金属-氢系统的核产物; (6) 某些非含氢系统(如含碳粉粒子的尘埃聚变,卤素灯)也会发生 LENR 或在附近固体表面产生奇异粒子径迹,该结果不仅超出传统核物理,也超出目前的多数 LENR 实验范围,还需要独立证实和深入研究.

致谢: 田中群院士和吕功煊研究员提出重要修改意见.

参考文献:

- [1] Zhang Wu-shou(张武寿). Summaries of 23rd international conference on condensed matter nuclear science (ICCF-23)(第23届国际凝聚态核科学会议(ICCF-23)介绍)[J]. *J Mol Catal (China)*(分子催化), 2021, **35**(4): 390–394.
- [2] Zhang Wu-shou(张武寿). Summaries of 24th international conference on condensed matter nuclear science (ICCF-24)(第24届国际凝聚态核科学会议(ICCF-24)介绍)[J]. *J Mol Catal (China)*(分子催化), 2023, **37**(3): 316–321.
- [3] https://iccf25.com/conf-data/iccf-25/files/ICCF25-book-of-abstracts_final.pdf.
- [4] https://www.youtube.com/playlist?list=PLU0NX-S-TlyVEt6I5idkt234RJ2_KLtwP.
- [5] Storms E. A new understanding of cold fusion. <https://www.lenr-canr.org/acrobat/StormsEanewunders.pdf>.
- [6] Urutskoev L I, Liksonov V I, Tsinoev V G. Observation of transformation of chemical elements during electric discharge[J]. *Ann Fond Louis de Broglie*, 2002, **27**(4): 701–726.

Summaries of 25th International Conference on Condensed Matter Nuclear Science (ICCF-25)

ZHANG Wu-shou

(Institute of Chemistry, CAS, Beijing 100190, China)

Abstract: The 25th International Conference on Condensed Matter Nuclear Science (ICCF-25) was held from Aug 27 to 31, 2023, Szczecin, Poland. 154 participants attended this meeting. 85 abstracts were accepted. The mainly new scientific discoveries are as follows: (1) Excess heat in a metal-hydrogen material is proportional to the electric current in it; (2) The Ni/Cu-H multilayer will have a short negative pulse of temperature before the heat burst, and the oxygen element is one of the main nuclear products; (3) The crystal phase characteristics of a metal have a significant effect on the cross section of beam-target nuclear reaction in it; (4) Two types of metal-hydrogen devices can directly output electrical energy, indicating that future nuclear power may skip the “boiling water” step; (5) The vapor-compression cavitation process of the metal-water system not only produces excess heat, but also produces nuclear products similar to the metal-hydrogen system. Europe, the United States and Japan have supported unprecedentedly to such research.

Key words: condensed matter nuclear science; low energy nuclear reaction; excess heat; nuclear transmutation

欢迎订阅

《分子催化》是由中国科学院主管、科学出版社出版,由中国科学院兰州化学物理研究所主办的向国内外公开发行的学术刊物.主要报导有关分子催化方面的最新进展与研究成果.辟有学术论文、研究简报、研究快报及进展评述等栏目.内容侧重于络合催化、酶催化、光助催化、催化过程中的立体化学问题、催化反应机理与动力学、催化剂表面态的研究及量子化学在催化学科中的应用等.工业催化过程中均相催化剂、固载化的均相催化剂、固载化的酶催化剂等的活化、失活和再生,以及用于新催化过程的催化剂的优选与表征等方面的稿件,本刊也很欢迎.读者对象主要是科研单位及工矿企业中从事催化工作的科技人员、研究生、高等院校化学系和化工系师生.欢迎相关专业人员投稿.

本刊为双月刊,每逢双月末出版,大 16 开本,约 16 万字,每册定价 30.00 元.

本刊为国内外公开发行.中国标准刊号: ISSN 1001-3555 /CN62-1227 / O6. 邮发代号: 54-69.

E-mail: FZCH@licp.cas.cn 网址: www.jmcchina.org

通过兰州市邮局发行.亦可向本刊编辑部直接函购.

本部地址: 甘肃兰州市中国科学院兰州化学物理研究所《分子催化》编辑部

邮政编码: 730000; 电话: (0931) 4968226; 传真: (0931) 8277088.