

表面绝缘铝平面丝阵Z箍缩实验研究*

盛亮† 李阳 袁媛 彭博栋 李沫 张美 赵吉祯 魏福利 王亮平
黑东炜 邱爱慈

(强脉冲辐射环境模拟与效应国家重点实验室(西北核技术研究所), 西安 710024)

(西北核技术研究所, 西安 710024)

(2013年9月30日收到; 2013年10月30日收到修改稿)

在“强光一号”装置(1.3 MA, 100 ns)上进行了镀2 μm 聚酰亚胺绝缘膜平面铝丝阵与普通铝丝阵Z箍缩对比实验研究. 实验结果表明, 表面绝缘能够影响Z箍缩内爆动力学和辐射特性. 通过简单理论分析, 表面绝缘可能会增加初始阶段的能量沉积和参与内爆的质量; 表面绝缘对于抑制平面丝阵多峰现象有明显作用, 然而在所进行的实验中, 并未观察到对X射线产额的改善作用.

关键词: 表面绝缘, 铝平面丝阵, Z箍缩, 内爆特性

PACS: 52.30.-q, 52.70.-m, 52.59.Qy

DOI: 10.7498/aps.63.055201

1 引言

金属丝阵Z箍缩技术能够用于惯性约束聚变、实验室天体物理、高温高压下材料物理学等方面的研究^[1-3], 为了理解金属丝阵Z箍缩早期物理过程, 近年来开展了大量金属单丝电爆炸实验, 这些实验与上世纪50—60年代开展的金属丝和金属圆筒电爆炸实验的最大区别在于驱动电流上升时间更短, 实验结果证明, 无论金属丝表面状态如何, 仍然是由于金属丝表面冕等离子体的形成导致了电压的崩溃^[4]. 除了爆炸金属丝直径和材料影响电压崩溃前的能量沉积之外, 驱动电流上升时间和金属丝表面状态对能量沉积也有非常大的影响^[4,5], 通过对金属丝表面进行处理调制其能量沉积一直都是研究热点, 如采用预热的方式去除金属丝表面附着的气体与杂质能够延迟表面等离子体的形成^[6], 即延迟电压崩溃过程, 从而增加金属丝的能量沉积, 这种方法一般只能用于熔点较高金属丝中, 如W, Ti等. 在金属丝表面镀绝缘膜, 无论是快放电还是慢

放电, 都会增加金属丝中的能量沉积^[7,8]. 聚酰亚胺热稳定性好, 介质击穿场强高, 是一种广泛应用的电绝缘材料^[9], 在进行的单丝电爆炸实验中, 镀聚酰亚胺薄膜的实验结果在增加金属丝中能量沉积上呈一致性的改善作用^[4,8,10], 例如Sarkiso等进行的单丝电爆炸实验表明, 在钨丝表面上镀聚酰亚胺薄膜能够延迟冕等离子体的形成, 其中12 μm 直径的钨丝表面镀2 μm 厚的聚酰亚胺薄膜在150 A/ns的快电脉冲作用下能够将钨丝在电压崩溃前全部转换为等离子体, 单原子能量沉积是其原子化焓的20倍^[11]. 金属铝丝表面镀聚酰亚胺绝缘膜之后, 其机械性能变差, 脆性变强, 韧性变弱, 目前工艺无法加工出很长的金属丝, 因此无法购买到商业产品, 这可能是造成表面绝缘铝金属单丝和丝阵电爆炸实验结果未见公开报道的原因之一. 本文采用毛毡法和延流法将聚酰胺酸涂覆在铝丝表面后经过热亚胺化形成聚酰亚胺薄膜, 利用平面丝阵构型^[12-14]研究表面绝缘对Al丝阵内爆动力学和辐射特性的影响.

* 国家自然科学基金青年基金(批准号: 11105109)和强脉冲辐射环境模拟与效应国家重点实验室基础研究基金(批准号: SKLIPR1208)资助的课题.

† 通讯作者. E-mail: shengliang@tsinghua.org.cn

2 实验安排

四分幅可见光相机^[16]时间分辨~5 ns, 空间分辨10 lp/mm. 条纹相机^[17]全扫程200 ns, 时间分辨~1 ns. 两者分别位于垂直于丝阵平面的两条径向诊断视线上, 通过两个相对的石英光学窗口测量平面丝阵的内爆动力学和磁流体不稳定性发展过程; 三通道X射线二极管(XRD)阵列与丝阵平面夹角约30°, *K*层辐射分别由距离负载1.19 m的Au阴极XRD(18 μm聚丙烯膜)和距离负载1.67 m的金刚石光导探测器(PCD, 18 μm聚丙烯膜)测得, 软X射线由距离负载2.20 m的Al阴极XRD(2.5 μm Mylar膜)得到, 实验安排及两种滤片的能谱响应分别如图1和图2所示.

负载电流信号由半径为22.5 cm的Rogowski线圈得到, 同时利用位于阴阳大板间的积分式电容分压器和磁探针来测量负载区电压和微分电流^[18], 用来计算馈入负载区的电能. 实验中用的裸丝和镀聚酰亚胺薄膜铝丝扫描电镜照片如图3所示, 计算得到 d_0 平均值为15.7 μm, d_1 平均值为19.5 μm, 由此得到的镀膜厚度为1.9 μm. 丝阵构型采用单排平面丝阵, 单丝电流约为1.3 kA/ns, 丝数目为10, 丝间距 $D = 9, 12, 15$ mm, 这种构型比较简单, 易

于诊断.

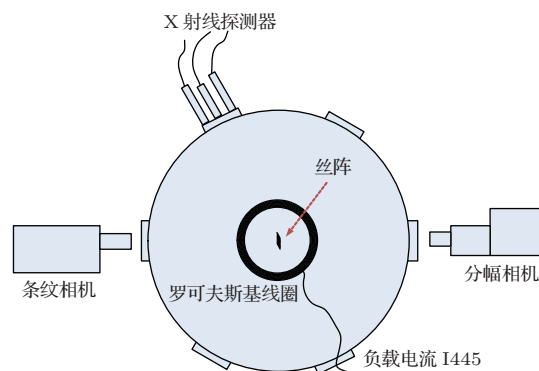


图1 诊断系统安排示意图

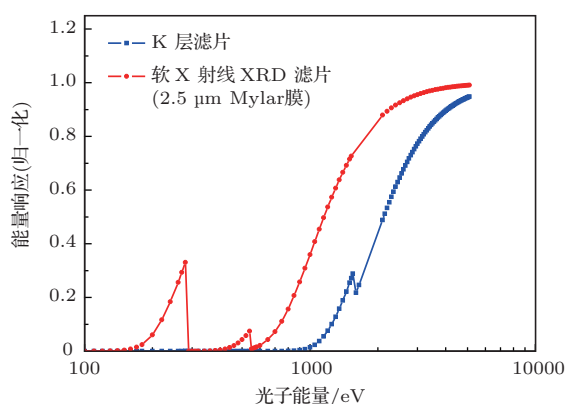


图2 X射线滤片能量响应

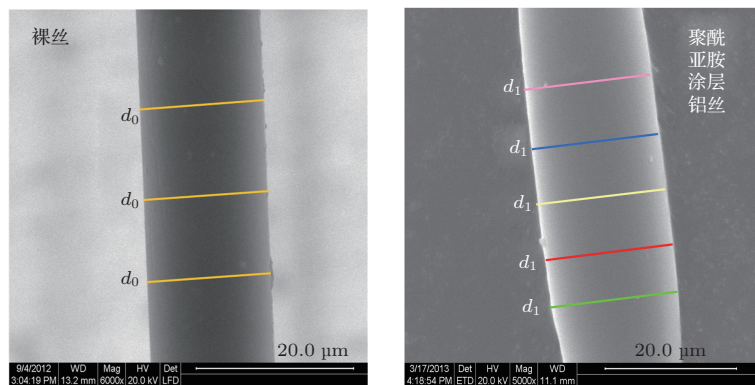


图3 普通铝丝和带有聚酰亚胺涂层铝丝扫描电镜照片

3 实验结果与讨论

3.1 实验结果唯象分析

图4为 $D = 9$ mm表面绝缘和普通Al平面丝阵实验结果, 以电流波形90%—10% 延长线与时间轴的交点为时间零点(下同), 电流零点与软X射线

峰值之间的时间差定义为内爆时间, 以PCD探测器获得的X射线波形的10%处为*K*层辐射的起始时刻, 所获得分幅相机图像的时刻也标注在图中. 从X射线波形上看, 普通平面丝阵易形成多峰, 在表面绝缘丝阵中此现象得到一定的抑制. 表面绝缘铝丝阵*K*层辐射较普通铝丝阵延迟约8 ns, 内爆时间比普通铝丝阵长约9 ns, 而X射线峰值功率较普

通铝丝阵略低. 从可见光图像上看, 在全局磁场作用下, 表面绝缘丝阵依然会形成先驱等离子体柱, 在滞止时刻形成极不均匀的磁流体不稳定性结构, 如图 4(b). 由图 4(d) 中的条纹相机图像可以看出

在普通铝丝阵在 $t = 72$ ns 时, 还能观察到在丝阵初始位置上分布着等离子体, 当滞止等离子体发生飞散, 与这些等离子体相互作用形成极不均匀团簇式热点分布, 从而更易形成多峰.

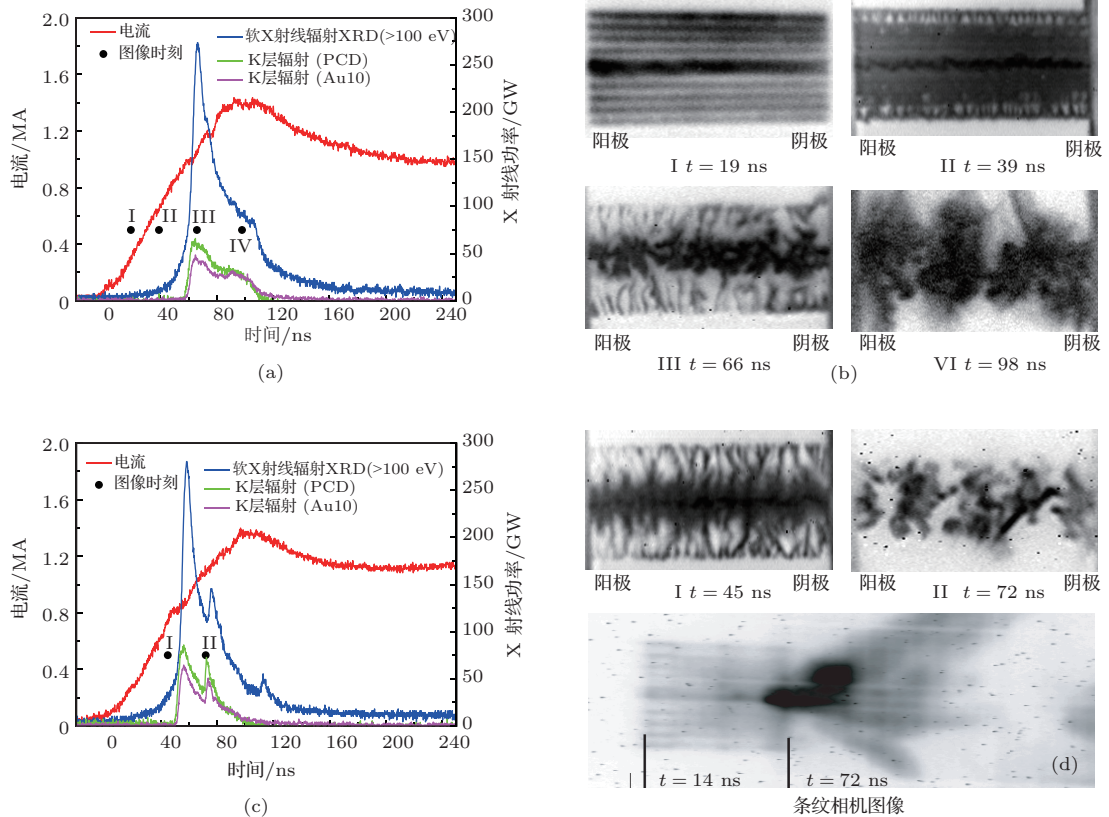


图 4 $D = 9$ mm 表面绝缘和标准铝丝阵实验结果 (a) 表面绝缘铝丝阵电流波形和 X 射线波形 (13045 炮); (b) 表面绝缘铝丝阵分幅相机图像 (13045 炮); (c) 普通铝丝阵电流波形和 X 射线波形 (13054 炮); (d) 普通铝丝阵分幅相机和条纹相机图像 (13054 炮)

图 5 为 $D = 12$ mm 表面绝缘和普通铝丝阵实验结果. 在表面绝缘丝阵中, 丝阵最外部等离子体和相邻金属丝上的等离子体发生分离现象, 而等离子体磁流体不稳定性在内部丝上重新开始发展, 在条纹相机图像上可以看到最外部丝的内爆轨迹与内层丝的内爆轨迹不同步, 如图 5(b) 和 (e) 所示. 普通铝丝阵也能够观察到两条不同的内爆轨迹, 但其中内部的等离子体以近似常速度向内运动, 内部等离子体到达丝阵轴的时刻与 X 射线峰值时刻相近. 表面绝缘丝阵软 X 射线功率是普通丝阵的 1.2 倍, 而 K 层峰值功率(PCD) 却是普通丝阵的 83%, K 层辐射的起始时刻较普通丝阵晚 9 ns. 图 5(b) 中的 III 和图 5(d) 中的 IV 分别位于软 X 射线第二峰前, 从两图对比中可以看出, 表面绝缘丝阵主峰后等离子体的分布整体上较普通丝阵更为均匀, 电流通道接近完整, 而普通丝阵形成的这种等离子体不均匀结构, 对等离子体的电阻会形成较大的影

响, 从现象上看这种结构也可能是形成多峰现象的原因.

图 6 为 $D = 15$ mm 表面绝缘铝丝阵和普通铝丝阵实验结果. 无论是表面绝缘还是普通铝丝阵, 随着丝阵宽度的增大, 次峰都得到一定的抑制. 在表面绝缘丝阵中, 与 $D = 12$ mm 丝阵类似, 也存在最外部丝阵与内部等离子体之间相互分离的现象, 而这种现象在普通丝阵中并不明显, 如图 6(e) 所示, 从条纹相机图像上看, 表面绝缘丝阵和普通丝阵都存在二次箍缩现象, 但两者存在明显的不同, 表面绝缘丝阵的两条内爆轨迹初始阶段是分离的, 而普通铝丝阵的内爆轨迹则呈现出同时发展, 外部轨迹由拖尾等离子体二次箍缩形成. 产生这种等离子体分离现象可能的原因是表面绝缘铝丝阵外部丝转换为等离子体状态较充分, 在全局磁场作用下, 单丝等离子体不稳定性发展较充分, 而不像普通铝丝阵以烧蚀等离子体-丝核两相结构为主 [19],

如图 6(d) 中的 II. 这说明表面绝缘能够改变平面金属丝阵的内爆动力学过程, 这种变化与金属丝的初始状态有关, 早期状态的定量诊断对于理解表面绝缘对内爆动力学过程的影响有重要意义, 将在我们下一步的研究计划中实施.

3.2 参与内爆质量估计

综合上述结果, 不同宽度的表面绝缘和普通铝丝阵辐射特性见表 1.

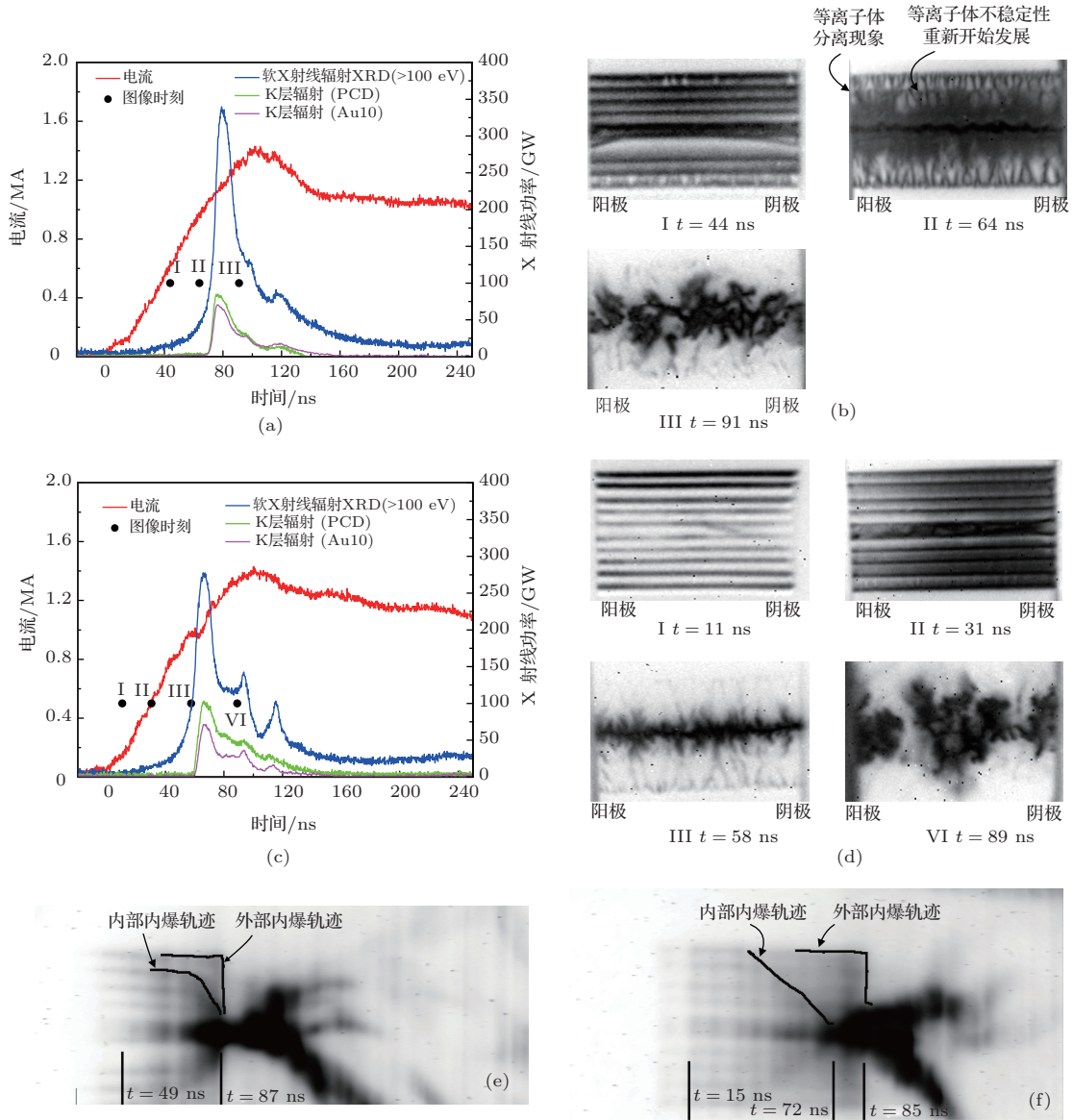


图 5 $D = 12$ mm 表面绝缘和标准铝丝阵实验结果 (a) 表面绝缘铝丝阵电流波形和 X 射线波形 (13063 炮); (b) 表面绝缘铝丝阵分幅相机图像 (13063 炮); (c) 普通铝丝阵电流波形和 X 射线波形 (13084 炮); (d) 普通铝丝阵分幅相机图像 (13084 炮); (e) 表面绝缘铝丝阵条纹相机图像 (13063 炮); (f) 普通铝丝阵条纹相机图像 (13084 炮)

表 1 不同宽度表面绝缘和普通铝丝阵辐射特性比较

丝阵宽度/mm	炮号	峰值电流/MA	上升时间(XRD)/ns	起始时刻(PCD)/ns	X 射线峰值功率(XRD)/GW	X 射线峰值功率(K 层)/GW	内爆时间/ns
9	13054	1.31	14	50	280	86 (PCD)/64 (Au10)	58
9	13045(表面绝缘)	1.32	13	58	274	64 (PCD)/48(Au10)	67
12	13084	1.27	19	61	276	103(PCD) 71(Au10)	67
12	13063(表面绝缘)	1.27	14	70	340	85(PCD)/71(Au10)	79
15	13083	1.32	24	66	285	99(PCD)/75(Au10)	74
15	13074(表面绝缘)	1.32	23	77	311	85(PCD)/85(Au10)	92

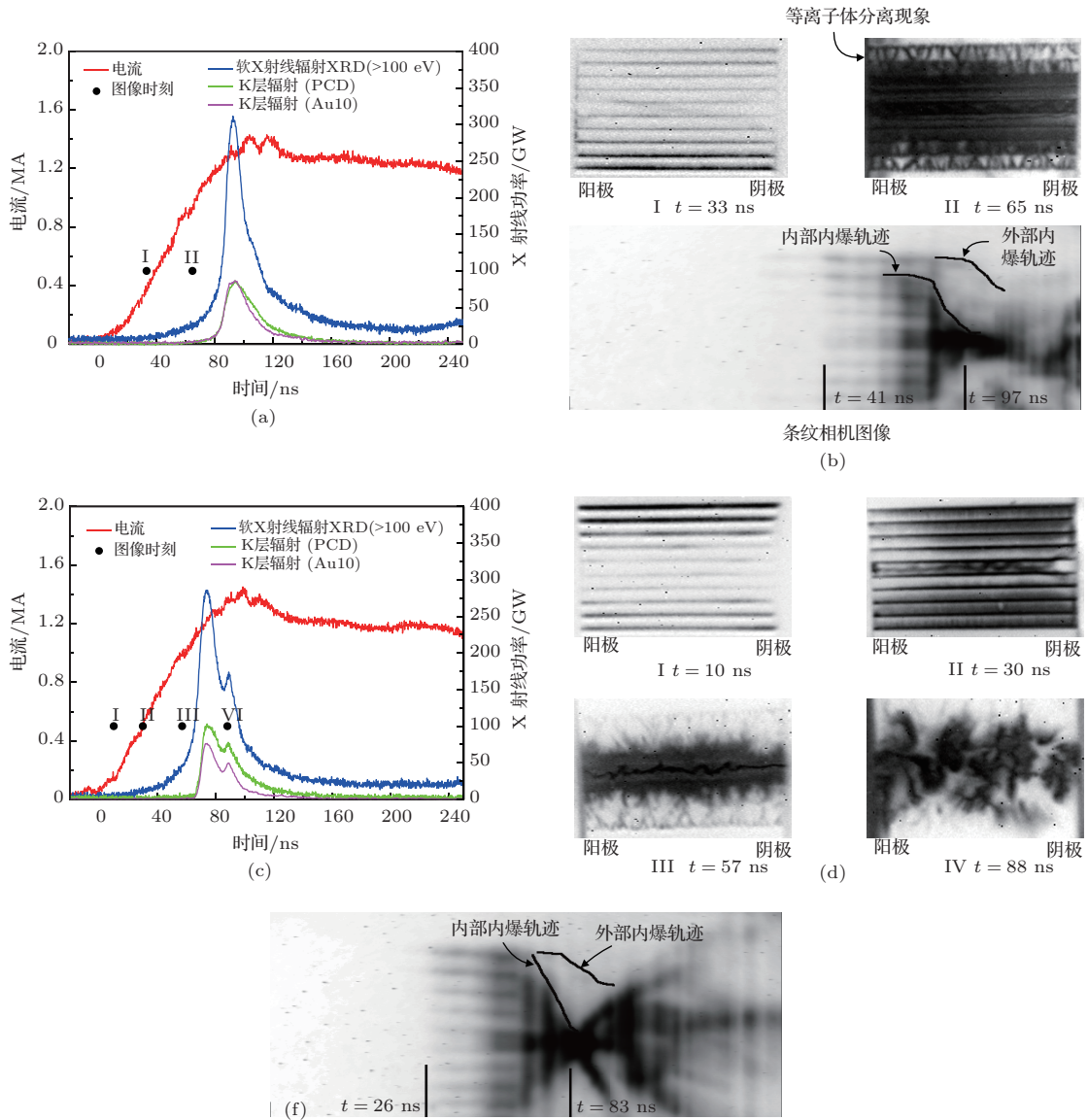


图6 $D = 15$ mm 表面绝缘和标准铝丝阵实验结果 (a) 表面绝缘铝丝阵电流波形和 X 射线波形 (13074 炮); (b) 表面绝缘铝丝阵幅相机和条纹相机图像 (13074 炮); (c) 普通铝丝阵电流波形和 X 射线波形 (13083 炮); (d) 普通铝丝阵幅相机图像 (13083 炮); (e) 普通铝丝阵条纹相机图像 (13083 炮)

从表 1 中可以看出, 尽管软 X 射线辐射峰值功率表面绝缘丝阵要略优于普通铝丝阵, 辐射总能量并无明显改善作用, 表面绝缘丝阵由 PCD 所探测的 K 层辐射普遍都比普通铝丝阵低. 表面绝缘丝阵内爆时间和 K 层辐射起始时刻都要晚于普通铝丝阵, K 层辐射起始时刻与可见光图像上等离子体滞止时刻相一致, 由于条纹相机上狭缝瞄准的是丝阵中心位置的狭窄区域, 条纹图像上的内爆轨迹受磁流体不稳定性影响较大, 与软 X 射线峰值给出的内爆时间并不完全一致. 假设软 X 射线辐射能与内爆过程平均动能成正比, 则辐射能为

$$E_r \approx P_x \cdot \tau_r$$

$$\propto \bar{E}_k = mD^2 / (8\tau_{imp}^2), \quad (1)$$

式中, D 为丝阵宽度, τ_{imp} 为内爆时间, 则 $m \propto P_x \cdot \tau_r \cdot \tau_{imp}^2 / D^2$, 内爆时间越长, 辐射能越大, 参与内爆质量也越多 (相同宽度), $D = 15$ mm 表面绝缘铝丝阵内爆时间比普通铝丝阵长 18 ns, 13074 炮与 13083 炮参与内爆质量之比 $m_1/m_2 \sim 1.6$, 由于烧蚀作用的存在, 根据 Rocket 模型 [20,21], 普通铝丝阵参与内爆质量约为初始质量的 40%—50%, 因此 13074 炮表面绝缘铝丝阵参与内爆的质量约为初始质量的 64%—80%, 由于剩余质量相对较少, 因此在图 6 (b) 条纹相机图像中崩毁等离子体与周围等离子体相互作用不明显.

3.3 阻性加热阶段铝丝阵中的能量沉积

由图 4(a)、图 5(a) 和图 6(a) 可以看出, 表面绝缘对多峰现象有明显的抑制作用, 多峰现象主要有两种解释: 1) 滞止等离子体崩毁飞散过程与拖尾质量相互碰撞; 2) 不均匀结构引入的反常加热机理. 从目前的实验结果看, 这两种效应似乎都存在. 从图 5 中表面绝缘和普通铝丝阵条纹相机图像上看, 滞止等离子体在崩毁过程与周围等离子体都存在明显的相互作用过程, 两者行为类似, 而在 X 射线次峰附近的不均匀结构存在差异, 因此这种不均匀与 X 射线多峰现象有较强联系; 同时, 由 $D = 15 \text{ mm}$ 平面丝阵图 6(b) 和 (e) 中的条纹相机图像比较可以看出, 表面绝缘丝阵滞止等离子体飞散与周围等离子体之间作用不明显, X 射线波形上多峰现象亦不明显. 两种多峰抑制机理都与初始金属丝中的能量沉积有关, 初始能量沉积越多, 参与内爆质量越多, 滞止等离子体崩毁过程与周围等离子体相互作用越小, 后期形成多峰的可能性也就越小. 根据电容分压器测得的阴阳板之间的电压、Rogowski 线圈测得负载电流、装置的电参数和负载的电感等可以估算阻性加热阶段在平面丝阵中的能量沉积.

由电容分压器测得的电压可以写成

$$U = U_R + U_L = IR + \left(L \frac{dI}{dt} + I \frac{dL}{dt} \right), \quad (2)$$

其中 U_R 为电阻电压, U_L 为电感电压, I 为负载电流, R 为负载电阻, L 为负载电感和系统固有电感之和, “强光一号” 系统固有电感为 28 nH .

U 和 I 为实验测量量, 在聚爆前的阻性加热阶段负载电感可以用下式来计算:

$$L = \frac{\mu_0 l}{2\pi} \left(\ln \frac{4r}{D} + \frac{1}{N_b} \ln \frac{r}{N_b \rho} \right), \quad (3)$$

式中, μ_0 为真空磁导率, $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ H/m}$, l 为丝阵长度, $l = 2 \text{ cm}$; ρ 为单根回流柱半径, $\rho = 2.5 \text{ mm}$; N_b 为回流柱数目, $N_b = 6$; D 为丝阵宽度, 在聚爆前丝阵电感为常数.

根据 13074 炮和 13083 炮条纹相机图像, 以单丝辐射与丝阵中间先驱等离子体辐射相当开始的时刻作为阻性加热持续时间上限, 如图 6(b) 和 (e) 所示, 则表面绝缘铝丝阵阻性加热时间约为 41 ns , 而普通铝丝阵约为 26 ns , 这与单丝实验所证实的表面绝缘能够延迟电压崩溃时刻定性上一致, 图 7 为 13074 和 13083 阻性加热在负载上沉积的能量.

大约在 $10\text{--}15 \text{ ns}$ 时, 普通铝丝阵冕等离子体已经形成, 阻性加热开始终止, 此时负载电流大多通过金属丝周围的冕等离子体, 对金属丝的加热通过冕等离子体与金属丝之间的热传导进行, 而不是直接的欧姆加热, 与单金属丝不同, 平面丝阵外部丝通过的电流要比内部丝上大, 因此内部金属丝仍然会持续进行欧姆加热, 这一点可以通过图 6(d) 中的图 I 得到验证, 将负载完全气化的原子化焓所需能量约为 10 J , 在 $t = 26 \text{ ns}$ 时, 阻性加热总能量为 2 J , 仅为其 20% . 表面绝缘铝金属丝与电极之间的接触点没有进行额外的去绝缘处理, 从阻性加热能量看, 前 15 ns 两者没有差别, 在此之后, 表面绝缘丝阵阻性加热能量明显高于普通铝丝阵, 这说明表面绝缘确实能够延迟冕等离子体的形成, 由图 6(b) 中的图 I 也可说明这种延迟的存在. 在 $t = 40 \text{ ns}$ 时, 阻性加热能量为 12 J , 略高于原子化焓, 在聚爆前等离子体化程度更高, 这也可解释等离子体分离现象和内爆时间的延迟.

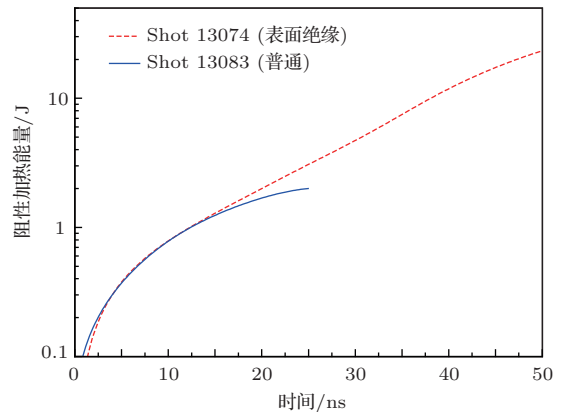


图 7 13074 炮和 13083 炮阻性加热能量

4 结论与展望

表面绝缘能够对铝平面丝阵 Z 箍缩的内爆动力学和辐射特性产生影响. 表面绝缘铝平面丝阵有明显的多峰抑制作用, K 层辐射起始时刻和内爆时间都比普通铝丝阵晚; 目前所比较的丝阵参数范围内, 表面绝缘对提高 X 射线产额作用不大; 表面绝缘能够增加金属丝阵在阻性加热阶段的能量沉积, 13074 炮沉积的能量是其原子化焓的 1.2 倍.

为了更好的理解表面绝缘对丝阵负载 Z 箍缩各物理过程的影响, 应发展更为综合的物理诊断系统, 如激光探针、X 箍缩探针和光谱诊断等, 这些工作都已列入我们将来的工作计划之中.

通过简单的理论分析, 表面绝缘铝平面丝阵参与内爆质量更多, 在初始的阻性加热阶段中金属丝中沉积的能量更多. 若要充分利用这两点来提高 X 射线产额, 可以尝试设计特定预脉冲, 并且在施加主脉冲之前, 单丝等离子体(气态柱)有充分的自由膨胀时间, 从而形成等离子体壳层(平板), 例如 Harvey-Thompson 和 Lebedev 等提出的二级 Z 箍缩概念^[22], 但这种设计与装置本身参数之间关系非常大.

本工作是在西北核技术研究所“强光一号”装置上完成的, 在此向加速器运行维护小组的辛勤劳动表示感谢.

参考文献

- [1] Ryutov D D, Derzon M S, Matzen M K 2000 *Rev. Mod. Phys.* **72** 167
- [2] Bruce Remington A, Paul Drake R, Ryutov D D 2006 *Rev. Mod. Phys.* **78** 755
- [3] Cuneo M E, Herrmann M C, Sinars D B, Slutz S A, Stygar W A, Vesey R A, Sefkow A B, Rochau G A, Chandler G A, Bailey J E, Porter J L, McBride R D, Rovang D C, Mazarakis M G, Yu E P, Lamppa D C, Peterson K J, Nakhleh C, Hansen S B, Lopez A J, Savage M E, Jennings C A, Martin M R, Lemke R W, Atherton B W, Smith I C, Rambo P K, Jones M, Lopez M R, Christenson P J, Sweeney M A, Jones B, McPherson L A, Harding E, Gomez M R, Knapp P F, Awe T J, Leeper R J, Ruiz C L, Cooper G W, Hahn K D, McKenney J, Owen A C, McKee G R, Leifeste G T, Ampleford D J, Waisman E M, Thompson A H, Kaye R J, Hess M H, Rosenthal S E, Matzen M K 2012 *IEEE Transactions on Plasma Science* **40** 3222
- [4] Hammer D A, Sinars D B 2001 *Laser and Particle Beams* **19** 377
- [5] Sarkisov G S, Rosenthal S E, Cochrane K R, Struve K W, Deeney C, McDaniel D H 2005 *Physical Review E* **71** 046404
- [6] Pikuz S A, Shelkovenko T A, Mingaleev A R, Hammer D A, Neves H P 1999 *Phys. Plasmas* **6** 4272
- [7] Sarkisov G S, Rosenthal S E, Struve K W, McDaniel D H 2005 *PRL* **94** 035004
- [8] Sinars D B, Shelkovenko T A, Pikuz S A, Min Hu, Romanova V M, Chandler K M, Greenly J B, Hammer D A, Kusse B R 2000 *Phys. Plasmas* **7** 429
- [9] Diahm D, Zelmat S, Locatelli M L, Dinulescu S, Decup M, Lebey T 2010 *IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation* **17** 18
- [10] Stephens J, Neuber A, Kristiansen M 2012 *Phys. Plasmas* **19** 032702
- [11] Sarkisov G S, Rosenthal S E, Struve K W 2008 *Phys. Rev. E* **77** 056406
- [12] Kantsyrev V L, Rudakov L I, Safronova A S, Fedin D A, Ivanov V V, Velikovich A L, Esaulov V A, Chuvatin A S, Williamson K, Quart N D, Nalajala V, Osborne G, Shrestha I, Yilmaz M F, Pokala S, Laca P J, Cowan T E 2006 *IEEE Transactions on Plasma Science* **34** 2295
- [13] Sheng L, Wang L P, Wu J, Li Y, Peng B D, Zhang M 2011 *Chin. Phys. B* **20** 055202
- [14] Wang L P, Han J J, Wu J 2010 *Acta. Phys. Sin.* **59** 8685 (in Chinese)[王亮平, 韩娟娟, 吴坚 2010 物理学报 **59** 8685]
- [15]
- [16] Sheng Liang, Li Yang, Sun Tieping, Cong Peitian, Zhang Mei, Peng Bodong, Zhao Jizhen, Yue Zhiqin, Wei Fuli, Yuan Yuan 2013 *Plasma Science and Technology* (Accepted)
- [17] Sheng L, Wang L P, Li Y, Peng B D, Zhang M, Wu J, Wang P W, Wei F L, Yuan Y 2011 *Acta Phys. Sin.* **60** 105205 (in Chinese)[盛亮, 王亮平, 李阳, 彭博栋, 张美, 吴坚, 王培伟, 魏福利, 袁媛 2011 物理学报 **60** 105205]
- [18] Wang L P, Wu J, Guo N, Han J J, Li M, Li Y, Qiu A C 2012 *Plasma Science and Technology* **14** 842
- [19] Lebedev S V, Beg F N, Bl S N, Chittenden J P, Dangor A E, Haines M G, Pikuz S A, Shelkovenko T A 2001 *Phys. Rev. Lett.* **85** 98
- [20] Lebedev S V, Beg F N, Bl S N, Chittenden J P, Dangor A E, Haines M G, Kwek K H, Pikuz S A, Shelkovenko T A 2001 *Phys. Plasmas* **8** 3734
- [21] Sheng L, Qiu M T, Hei D W, Qiu A C, Cong P T, Wang L P, Wei F L 2011 *Acta Phys. Sin.* **60** 055205 (in Chinese)[盛亮, 邱孟通, 黑东炜, 邱爱慈, 丛培天, 王亮平, 魏福利 2011 物理学报 **60** 055205]
- [22] Harvey-Thompson A J, Lebedev S V, Burdiak G, Waisman E M, Hall G N, Suzuki-Vidal F, Bl S N, Chittenden J P, De-Grouchy P, Khoory E, Pickworth L, Skidmore J, Swadling G 2011 *Phys. Rev. Lett.* **106** 2052002

Experimental study of insulated aluminum planar wire array Z pinches*

Sheng Liang[†] Li Yang Yuan Yuan Peng Bo-Dong Li Mo Zhang Mei Zhao Ji-Zhen
Wei Fu-Li Wang Liang-Ping Hei Dong-Wei Qiu Ai-Ci

(State Key Laboratory of Intense Pulsed Radiation Simulation and Effect Northwest Institute of Nuclear Technology,
Xi'an, 710024)

(Northwest Institute of Nuclear Technology, Xi'an, 710024)

(Received 30 September 2013; revised manuscript received 30 October 2013)

Abstract

The planar wire array Z pinch experiments with insulated aluminum wires coated with 2 μm polyimide were carried out on “QiangGuang-I” facility (100ns, 1.3 MA) and compared to those with ordinary aluminum wires. Experimental results indicate that surface insulation can affect the implosion dynamics and radiation character of Z pinches. The resistive heating energy and imploding mass may be increased by exploiting the effect of surface insulation. In the surface-insulated wire array Z pinch experiments the multi-peak phenomena were considerably suppressed, whereas the improvement on the X-ray yield was not observed.

Keywords: surface insulation, aluminum planar wire array, Z pinch, implosion character

PACS: 52.30.-q, 52.70.-m, 52.59.Qy

DOI: 10.7498/aps.63.055201

* Project supported by the National Natural Science Foundation of China (Grant No. 11105109), and the Basic Research Foundation of State Key Laboratory of Intense Pulsed Radiation Simulation and Effect (Grant No. SKLIPR1208).

[†] Corresponding author. E-mail: shengliang@tsinghua.org.cn