Наносекундный взрыв тонких плоских фольг

1Шелковенко Т.А., 1Тиликин И.Н., 1Мингалеев А.Р., 1Романова В.М., 1Пикуз С.А., 2Хаммер Д.А.

1Физический институт им. П.Н.Лебедева РАН, Москва, Россия, tchel55@mail.ru
2Корнельский университет, Итака, США dah5@cornel.edu

Традиционно, плоские фольги различной толщины используются в качестве быстрых размыкателей при создании мощных генераторов высоковольтных импульсов, генерации ударных волн, создании детонаторов и других устройств. При этом сам процесс взрыва фольги (в отличие от проволочек) систематически не исследовался. Несмотря на очевидные различия, предполагается, что взрыв фольг в общих чертах аналогичен взрыву проволочек. Целью данной работы является исследование особенностей наносекундного взрыва тонких плоских фольг при различных параметрах сильноточных генераторов.

Эксперименты по исследованию взрыва тонких плоских фольг производились на сильноточных импульсных генераторах ГВП (10 кА, 350 нс, 20 кВ) и БИН (250 кА, 100 нс, 300 кВ) в Физическом институте им. П.Н. Лебедева РАН, а также ХР (450 кА, 100 нс, 350 кВ) и COBRA (1000 кА, 100 нс, 600 кВ) в Корнельском университете (США). На генераторах БИН и ХР взрываемая фольга помещалась в цепи обратного тока, а гибридный Х-пинч (ГХП) служил центральной нагрузкой и использовался в качестве источника для проекционной рентгенографии, которая была основной диагностикой в экспериментах. На генераторе COBRA фольга использовалась в качестве основной нагрузки, а один или три ГХП — в цепи обратного тока. Генератор COBRA имеет самый богатый набор диагностик, особенно в УФ- и оптическом диапазоне [1], в которых излучают фольги в процессе взрыва. Начальная стадия электрического взрыва фольг исследовалась на установке ГВП, на которой ранее проводились эксперименты по электровзрыву проволочек микронного диаметра [2]. Генератор ГВП синхронизован с генератором БИН, который применялся для питания Х-пинчей. Использовались фольги из Al, Cu, Ni и Ti толщиной 1 – 16 мкм, шириной 1 – 3 мм и длиной 4 – 10 мм.

В экспериментах показано, что в процессе взрыва фольг образуются структуры керна и короны, аналогичные таким же структурам, регистрируемым при взрыве проволочек [3]. Взрыв фольги начинается с образования «узорчатой», не имеющей выделенного направления структуры, в которой затем образуются разрывы, вытянутые в направлении, перпендикулярном току. Разрывы сохраняются в жидкой фазе вплоть до начала кипения металла. Кипение материала фольги начинается в центре — там, где пробой по поверхности развивается позже, и, соответственно, энергии вкладывается больше.

Работа поддержана грантом РФФИ 18-02-00631.

Литература

1. T.A. Shelkovenko, D.A. Chalenski, K.M. Chandler, J.D. Douglass, J.B. Greenly, D.A. Hammer, B.R. Kusse, R.D. McBride, and S.A. Pikuz. Rev. Sci. Instrum. 2006, V. 77, P. 10F521.
2. С.И. Ткаченко, А.Р. Мингалеев, В.М. Романова, А.Е. Тер-Оганесьян, Т.А. Шелковенко, С.А. Пикуз. Физика плазмы 2009, Т. 35 (9), С. 798 – 818.
3. Т.А. Шелковенко, С.А. Пикуз, И.Н. Тиликин, А.Р. Мингалеев, Л. Атоян, Д.А. Хаммер. Физика плазмы 2018, Т. 44 (2), C. 193 – 202.