

Scientific papers, 2009. – P.113–116.

4. Lakhtine I. Métallographie et traitements thermiques des métaux, 3ème Edit., Edit. Mir, 1982. – P.55–57.

5. Iordache V.E. Suivi de l'état de contraintes, appliquées et internes, des alliages ferromagnétiques doux par mesure de leurs propriétés magnétiques. PhD thesis, Université de Technologie de Compiègne, 2003. –28 p.

Liu N., "Microstructure and mechanical properties of cold drawn steel wires, master Thesis, Edith Cowan University" 2012.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПЕРЕДАЧИ ЭНЕРГИИ ИЗ ДВОЙНОЙ ФОРМИРУЮЩЕЙ ЛИНИИ В НАГРУЗКУ

И.П. Хайлов, В.Г. Пак

Научный руководитель: проф., д. ф-м. н. А.И. Пушкарёв
Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30, 634050
E-mail: khailov@tpu.ru

ENERGY TRANSFER EFFICIENCY FROM A BLUMLEIN PULSE FORMING LINE TO THE LOAD

I.P. Khaylov, V.G. Pak

Scientific supervisor: Prof., Dr. A.I. Pushkarev
Tomsk Polytechnic University, Russia, Tomsk, Lenin str., 30, 634050
E-mail: khailov@tpu.ru

The paper presents the results of a study on the energy transfer efficiency from a Blumlein pulse forming line to a load (resistive load and an ion diode with self-magnetic insulation) and a short-circuit mode. The experiments were carried out with the TEMP-4M ion accelerator, which consist of a capacitive storage - Marx generator, a water Blumlein pulse forming line and a diode with self magnetic insulation . We have found that the energy loss is due to current leakage in the Blumline line during its charging. The energy loss observed is due to resistance of water which is used as a dielectric medium in pulse forming line. However, the main source of energy loss occurs in spark gaps and amounts to be 9-10 % .

Большинство генераторов импульсных электронных и ионных пучков гигаваттной мощности используют двойную формирующую линию (ДФЛ). Такой генератор формирует импульс напряжения с крутизной переднего фронта $(1-2) \cdot 10^{13}$ В/с [1], обеспечивая быстрое образование взрывоэмиссионной плазмы на всей рабочей поверхности катода. В таких условиях характеристики диода не зависят от эмиссионной способности потенциального электрода. Это обеспечивает более высокую стабильность выходных параметров пучка и большой ресурс работы [2]. Для повышения эффективности генерации мощного ионного пучка (МИП), прежде всего, необходимо увеличить эффективность передачи энергии в самом ускорителе. В работе [3] показано, что при работе ДФЛ с волновым сопротивлением 50 Ом на низкоиндуктивную согласованную нагрузку эффективность передачи энергии составляет 65–85%. При этом в течение основного импульса в нагрузку поступает не более 50% энергии. При работе формирующей линии на рабочую нагрузку (discharge reactor) эффективность передачи энергии снижается до 40–60%.

Для высокой эффективности передачи энергии из генератора наносекундных импульсов в нагрузку необходимо обеспечить согласование импеданса нагрузки с выходным сопротивлением генератора. Анализ баланса энергии в диодном узле в течение зарядки ДФЛ и генерации МИП позволяет выявить динамику поступления и потребления энергии, определить каналы непроизводительных потерь.

Энергию, передаваемую из ДФЛ в нагрузку, рассчитывали по формуле:

$$E = \int U_d \cdot I_d dt$$

где U_d и I_d – напряжение и ток на выходе ДФЛ.

Результаты исследования баланса энергии в диодном узле при работе ускорителя на диод показаны на рисунке 1. Исследования выполнены на полосковом фокусирующем диоде с магнитной самоизоляции. При работе ДФЛ на ионный диод энергия, запасаемая в паразитной индуктивности диодного узла, не

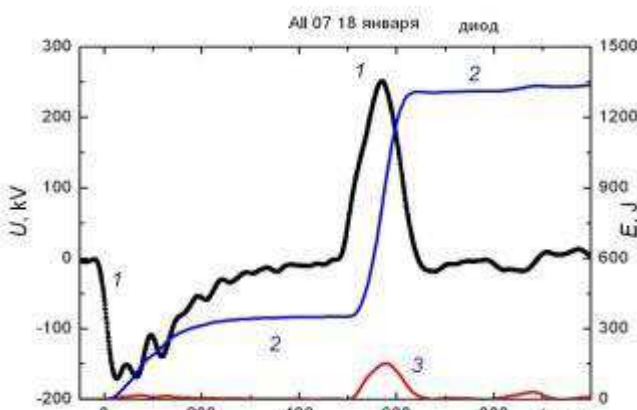


Рис.1. Осциллограмма напряжения на выходе ДФЛ (1) и изменение энергии, поступающей из ДФЛ в нагрузку (2) и энергии, запасаемой в индуктивности диодного узла (3) ускорителя при работе на диод.

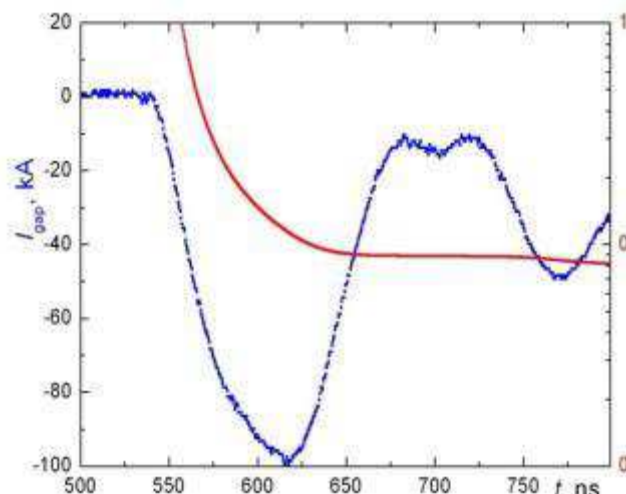


Рис.2. Осциллограмма тока в основном разряднике (1) и изменение сопротивления разрядного канала (2)

составили 150 Дж (12% энергии, поступающей из ДФЛ в нагрузку), она полностью поступает в нагрузку в течение генерации МИП. Потери энергии в основном разряднике можно рассчитать по соотношению:

$$E_{tr} = \int I_{tr}^2 \cdot R_{tr} dt$$

где I_{tr} – ток в разряднике, R_{tr} – сопротивление разрядного канала.

Сопротивление разрядного канала основного разрядника можно рассчитать по соотношению Ромпе-Вайцеля [4]:

$$R_{tr} = \frac{d\sqrt{P}}{\sqrt{2a} \int I_{tr}^2 dt}$$

где d – межэлектродное расстояние, см; P – давление газа в разряднике, атм; a – эмпирическая константа Ромпе-Вайцеля, равная $0.8 \text{ (атм} \cdot \text{см}^2)/(\text{В}^2 \cdot \text{с})$.

Результаты расчета сопротивления разрядного канала основного разрядника в течение генерации МИП показаны на Рис.2. Расчет для данных Рис.2 показал, что потери энергии в основном разряднике в течение генерации МИП составляют 112 Дж при запасенной энергии в ДФЛ 1050-1100 Дж. Потери энергии в предразряднике при этом

из-за тока утечки в течение генерации МИП не превышают 1% при удельном сопротивлении воды более 3 МОм·см.

Выполненные исследования показали, что эффективность передачи энергии из первичного емкостного накопителя (ГИН) ускорителя ТЕМП-4М в двойную формирующую линию составляет 40-50%. В то же время 85-90% энергии, накопленной в ДФЛ, поступает в диод, что обусловлено протеканием волновых процессов при хорошем согласовании генератора наносекундных импульсов напряжения с нагрузкой.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Месяц Г.А., Проскуровский Д.И. Импульсный электрический разряд в вакууме.- Новосибирск: Наука, 1984. – 256 с.
2. Пушкарев А.И., Исакова Ю.И., Сазонов Р.В., Холодная Г.Е. Генерация пучков заряженных частиц в диодах со взрывоэмиссионным катодом. – М: ФИЗМАТЛИТ, 2013. – 240 с.
3. Matsuda M., Wang D., Matsumoto T., Namihira T. and Akiyama H. ENERGY TRANSFER EFFICIENCY OF NANO-SECONDS PULSED POWER GENERATOR FOR NONTHERMAL PLASMA PROCESSING // 3rd Euro-Asian Pulsed Power Conference/18th International Conference on High-Power Particle Beams. Abstract Book, Korea Electro-technology Research institute, – Korea, 2010. – 308 p.
4. Weizel W., Rompe R. // Annalen der Physik. – 1947. – V. 436. – Issue 6. – P. 285.

ТЕМПЕРАТУРНЫЕ УСЛОВИЯ CVD-ОСАЖДЕНИЯ КАК ОПРЕДЕЛЯЮЩИЙ ФАКТОР В ФОРМИРОВАНИИ ПЛЁНОК КОБАЛЬТА С ЗАДААННЫМИ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ

Р.Р. Хайруллин, С.И. Доровских

Научный руководитель: доцент, д. ф-м. н. А.В. Панин

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30, 634050

ФГБУН Институт неорганической химии им. А.В. Николаева СО РАН,

Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева, 3, 630090

E-mail: hairullin@list.ru

TEMPERATURE CONDITIONS OF CVD-DEPOSITION AS A DETERMINING FACTOR IN THE COBALT FILMS FORMATION WITH PREDETERMINED OPERATIONAL CHARACTERISTICS

R.R. Hairullin, S.I. Dorovskikh

Scientific Supervisor: Prof., Dr. A.V. Panin

Tomsk Polytechnic University, Russia, Tomsk, Lenin str., 30, 634050

Nikolaev Institute of Inorganic Chemistry SB RAS, Russia, Novosibirsk, Lavrentiev str., 3, 630090

E-mail: hairullin@list.ru

Co films were deposited on Si(100) substrates by chemical vapor deposition (CVD). $\text{Co}(\text{N}^i\text{acN}^i\text{ac})_2$ was used as a precursor. The sizes of coherent scattering region (CSR) and phase composition of studied Co films were