

© В.В. АПОЛЛОНОВ, академик А.М. ПРОХОРОВ,
В.А. ХМАРА, Ю.М. ЯШНОВ

О МЕХАНИЗМЕ АВТОКОЛЕБАНИЙ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ПОТОКОВ ЭНЕРГИИ НА ВЕЩЕСТВО

При воздействии постоянных по времени концентрированных потоков энергии на вещество в системе возбуждаются автоколебания физических параметров в диапазоне частот $10^4 - 10^5$ Гц [1, 2].

В настоящее время предложено два принципиально различных механизма явления — паровой [3, 4] и пучково-плазменный [5].

Первый предполагает, что колебания возникают вследствие периодической экранировки поверхности вещества паром, плотность которого определяется действием двух конкурирующих процессов, зависящих от температуры поверхности: интенсивностью испарения и скоростью уноса пара из зоны взаимодействия [3, 4]. Поэтому необходимым и достаточным условием реализации парового механизма является интенсивное испарение вещества.

Согласно второму колебания в системе возбуждаются в результате взаимодействия моноскоростного потока термоэлектронов, испускаемых поверхностью, с ионной компонентой плазмы, возникающей в зоне взаимодействия. Поток термоэлектронов формируется полем избыточного положительного заряда плазмы, при этом тепловая скорость термоэлектронов много меньше скорости, приобретаемой в поле этого заряда [5].

Цель настоящей работы — экспериментальная проверка справедливости предложенных механизмов.

Были отобраны две группы металлов: первая — W, Mo, Re, Cu, Ni, Fe, Co, Ti, Zr, у которых при нагреве до температур плавления и выше одновременно с интенсивным испарением вещества плотность термоэлектронной эмиссии $j \geq 1$ А/см²; вторая — Zn, Cd, In, Pb, у которых при тех же значениях температур термоэлектронная эмиссия практически отсутствует: $j < 10^{-8}$ А/см².

Т а б л и ц а 1

Металл	$E_{св}/\varphi$	Группа по Периодической системе	Автоколебания	
			наличие	устойчивость
W	1,67	VIB	+	+
Mo	1,51			
Re	1,42	VIIВ	+	+
Zr	1,48	IVB	+	+
Ti	1,08			
Fe	0,82	VIIIВ	+	-
Co	0,87			
Ni	0,85			
Cu	0,75	IB	+	-
Zn	0,31	IIВ	-	
Cd	0,28			
Pb	0,52	IVA	-	
In	0,65	IIIA	-	

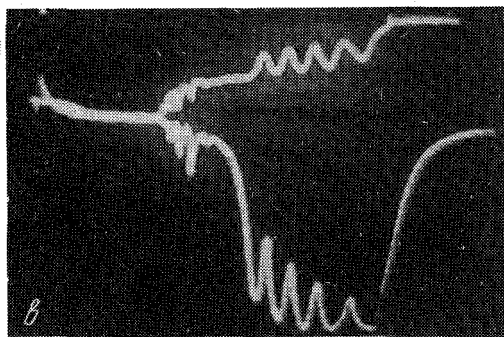
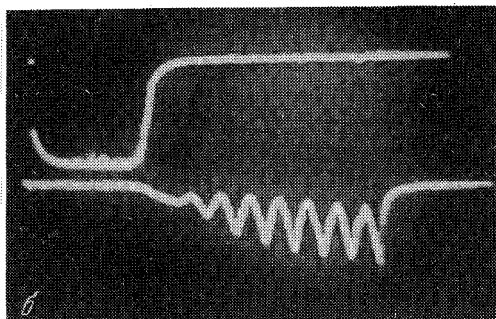
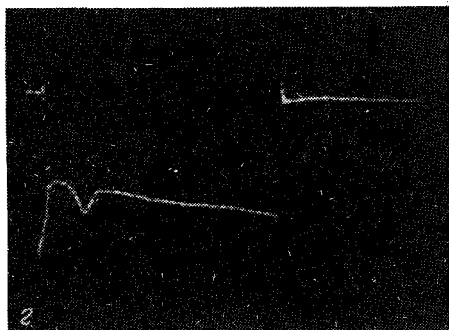
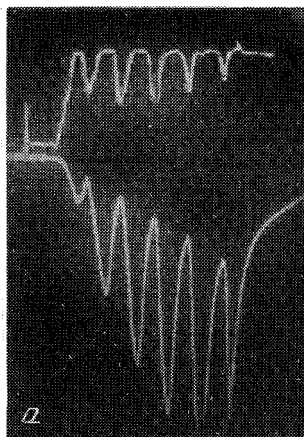


Рис. 1. Характерные осциллограммы импульсов тока мишени (верхние кривые) и интенсивности излучения ($\lambda = 705 \pm 10$ нм) из зоны взаимодействия (нижние кривые). Длительность импульсов 0,4–0,5 мс. *а* – W, Mo, Re; *б* – Ti, Zr; *в* – Fe, Co, Ni, Cu; *г* – Zn, In, Pb, Cd

Для исключения влияния газовой среды на состояние поверхности исследования проводили в высоком вакууме – давление остаточных паров менее 10^{-4} Па (режим непрерывной откачки). Все металлы обезгаживались непосредственно в экспериментальном вакуумном объеме в течение 6 ч: первая группа при температуре $T = 900$ К, а вторая при $T = 400$ К. Перед измерениями с целью удаления возможных термостойких окисных пленок поверхностный слой металла оплавляется однократным импульсом малой длительности $\tau \leq 20$ мкс.

Условия эксперимента: энергия электронов U до 30 кэВ, микропервееанс электронной пушки 0,95–1,0, длительность импульса 100–600 мкс (режим одиночного импульса), диаметр луча на поверхности мишени ~ 8 мм. Регистрировали ток мишени и интенсивность светового излучения из зоны взаимодействия [1]. Измерение светового излучения для металлов второй группы осуществить не представилось возможным вследствие практически мгновенного заплытия смотрового окна вакуумного объема.

Автоколебания регистрируемых величин наблюдались у всех металлов первой группы, при этом отмечены следующие характерные особенности: у W, Mo, Re автоколебания ярко выражены, устойчивы и их амплитуды соизмеримы со средними значениями регистрируемых величин (рис. 1*а*); для Ti, Zr колебания устойчивы, амплитуда тока на порядок меньше, чем для других металлов этой группы (рис. 1*б*); для Cu, Fe, Ni, Co колебания неустойчивы с изменением частоты (рис. 1*в*).

У металлов второй группы во всем исследованном диапазоне удельных нагрузок и температур автоколебания отсутствовали, хотя условия экранировки поверхности парами вещества, необходимые для возникновения автоколебаний по паровому механизму, выполнялись (рис. 1з).

Учитывая, что наличие или отсутствие автоколебаний согласно [5] обусловлено соотношением плотности термоэлектронного тока и скорости испарения атомов, сопоставим полученные экспериментальные результаты с величиной $E_{св}/\varphi$, где $E_{св}$ — энергия связи атомов, φ — работа выхода электрона, и представим их в виде табл. 1.

Из табл. 1 видно, что наличие или отсутствие автоколебаний, их характер определяются положением элемента в группе Периодической системы, при этом пороговое значение их возникновения лежит в окрестности $E_{св}/\varphi = 0,7-0,8$.

Таким образом, экспериментально доказано, что необходимым условием возникновения автоколебаний в системе поток энергии—вещество является наличие термоэлектронной эмиссии, т.е. справедлив пучково-плазменный механизм явления.

Знание истинного механизма возникновения автоколебаний позволяет с принципиально новых позиций рассматривать процессы взаимодействия интенсивных электронных и электромагнитных потоков с веществом и создает базу для решения широкого класса прикладных задач технологии.

Институт общей физики
Академии наук СССР
Москва

Поступило
29 IX 1988

ЛИТЕРАТУРА

1. Гамарский В.П., Селищев С.В., Углов А.А. и др. — Письма в ЖТФ, 1987, т. 13, вып. 14, с. 854—858.
2. Рыкалин Н.Н., Углов А.А., Селищев С.В. и др. — ДАН, 1985, т. 283, № 6, с. 1376—1378.
3. Зуев И.В., Селищев С.В., Скобелкин В.И. — ДАН, 1980, т. 225, № 6, с. 1372—1375.
4. Рыкалин Н.Н., Скобелкин В.И., Зуев И.В. и др. — ДАН, 1981, т. 257, № 1, с. 99—101.
5. Попов В.К., Хмара В.А., Яшинов Ю.М. — ДАН, 1986, т. 289, № 1, с. 93—95.

УДК 621.313.292:537.312.62.001.5

Ф И З И К А

© Академик И.А. ГЛЕБОВ, В.Н. ШАХТАРИН, Ю.Ф. АНТОНОВ

ТОПОЛОГИЧЕСКИЕ ГЕНЕРАТОРЫ НА ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ СВЕРХПРОВОДНИКАХ

Первый топологический генератор (ТПГ), испытанный 25 лет назад, в соответствии с основополагающей концепцией голландского физика Дж. Фолгера [1] имел якорную обмотку из сверхпроводника первого рода, в частности свинца. Согласно этой концепции, необходимым условием работы ТПГ является образование в сверхпроводниковой якорной обмотке нормального пятна (зоны). Поэтому в созданных за рубежом ТПГ для якорных обмоток применялись исключительно сверхпроводники первого рода, а в последнее время — чистый ниобий, второе критическое поле которого порядка 1 Тл.