

УСТАНОВКА ДЛЯ МОДИФИКАЦИИ ЭЛЕКТРОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ  
ИОННЫМИ ПУЧКАМИ

Новым перспективным методом модификации активно работающей поверхности электродных материалов является ионная имплантация. Внедрение ускоренных ионов в поверхностный слой вещества — сильно неравновесный процесс, вызывающий различные структурные и фазовые превращения поверхности, изменение кристаллической структуры, образование новых как равновесных, так и метастабильных фаз: твердых растворов, сплавов и химических соединений. Следствием таких превращений являются упрочнение поверхностного слоя, изменение его химических, электрохимических, адсорбционных, каталитических и коррозионных свойств [1–2], [5–9].

Достоинствами метода являются: 1) возможность получения на поверхности материала слоев с новыми физическими и химическими свойствами вследствие индуцированных имплантацией структурных и фазовых превращений. Целенаправленным подбором типа ионов, условий имплантации и последующей термической обработки можно получать слои, удовлетворяющие требованиям, предъявляемым к электродным материалам. Метод позволяет проводить последовательное и даже одновременное (при соответствующем выборе конструкции ионного источника) внедрение различных ионов, что может оказаться полезным для создания новых сложных электродных композиций; 2) незначительный расход внедряемого материала. Последнее особенно важно в случае использования благородных металлов. Из-за малости глубины проникновения ионов в мишень расход невелик даже в том случае, когда концентрация внедренных ионов превышает стехиометрическую; 3) надежный механический и электрический контакт получаемого слоя с материалом носителя вследствие внедрения ионов в кристаллическую решетку.

Последнее обстоятельство оказывается весьма существенным также при использовании ионной имплантации для предварительной обработки материала с целью усиления адгезии наносимой впоследствии на его поверхность пленки [10–11]. В частности, метод применим для подготовки керамической поверхности твердых электролитов перед нанесением токопроводящих электродных слоев, необходимых для изучения механизмов электропереноса в электролитах.

Для модификации поверхности электродных материалов разработана и создана установка с искровым источником ионов металлов, работающая в импульсном режиме [3]. Ионы, полученные в плазме вакуумного искрового разряда между металлическими электродами, поступают в отверстие отбора квазипирсовой геометрии, вытягиваются и ускоряются в направлении мишени электрическим полем. Используется расфокусировка ионного пучка под действием объемного заряда, необходимая для бомбардировки мишеней большой площади. Ток в пучке ионов составляет 30 мкА, плотность тока  $3 \text{ мкА} \cdot \text{см}^{-2}$ . Энергию ионов можно варьировать в небольших пределах (около 8 кэВ). В рабочей ка-



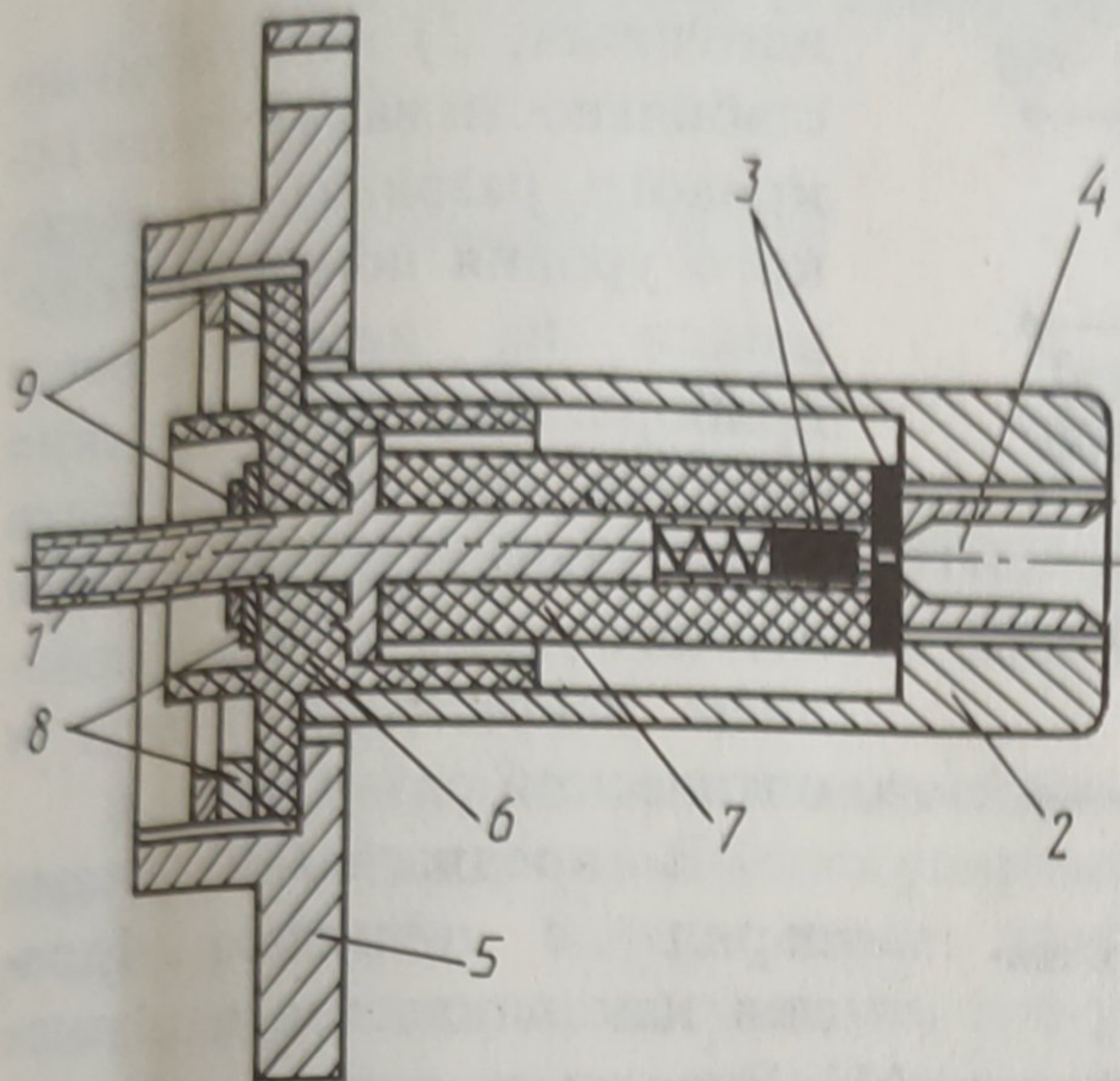


Рис. 1. Конструкция искрового источника ионов металлов: 1 — катод; 2 — анод; 3 — электроды ионного источника; 4 — отверстие отбора; 5 — фланец; 6 — тефлоновое уплотнение-изолятор; 7 — керамический изолятор; 8 — шайба; 9 — гайка.

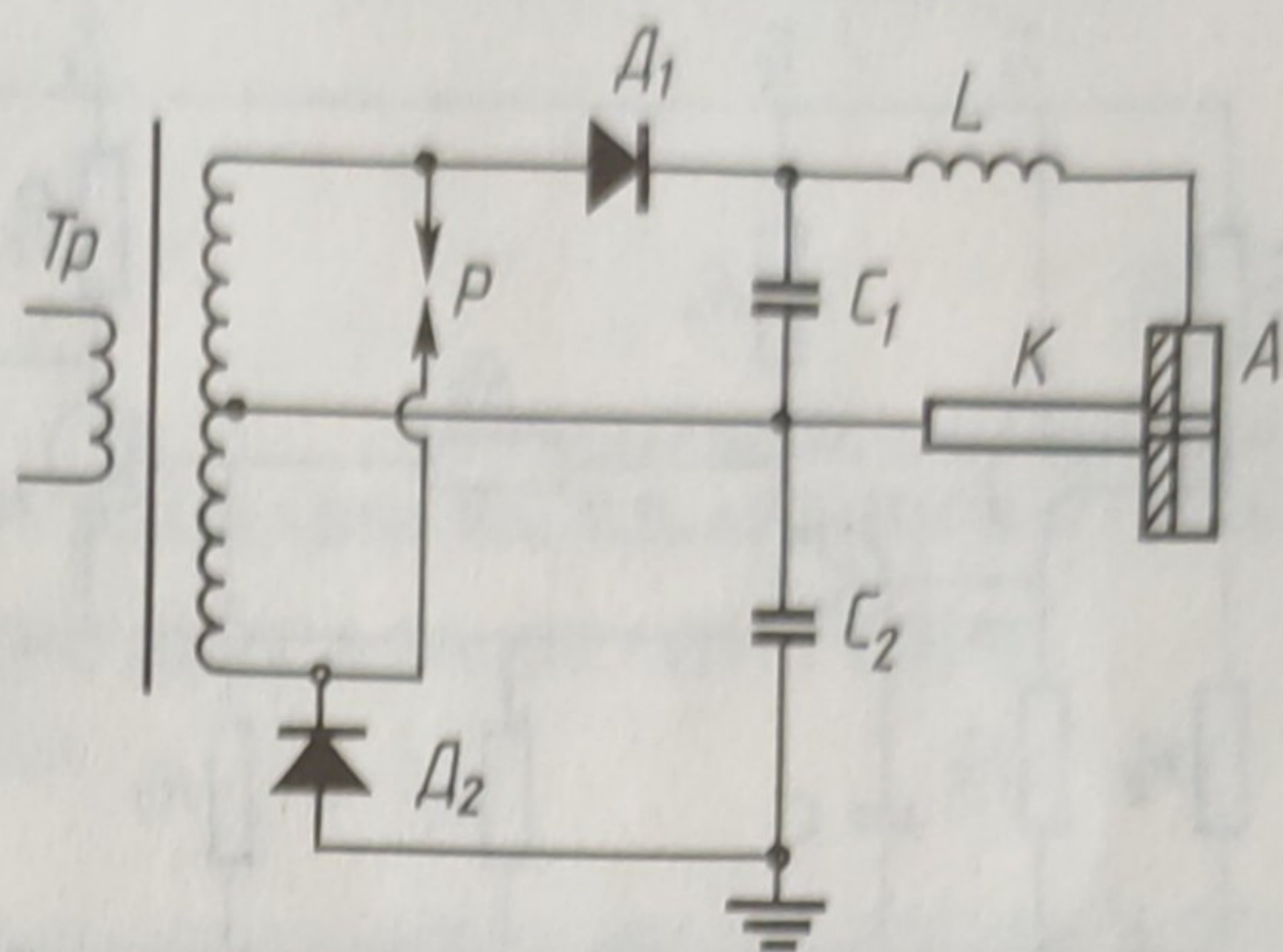


Рис. 2. Схема высоковольтной цепи питания ионного источника.

мере поддерживается вакуум  $1 \cdot 10^{-4}$  мм рт.с., достигаемый с помощью паромасляного диффузионного либо адсорбционного насоса.

Конструкция ионного источника показана на рис. 1. Детали его выполнены из стали 1X18H9T, уплотнения — из тефлона и свинца.

Преимущества искрового ионного источника по сравнению с другими типами: 1) простота конструкции и схемы электрического питания; 2) универсальность в смысле возможности получения ионов любого проводящего материала, а при необходимости — ионов различных материалов одновременно; 3) малый энергетический разброс ионов [4] (последнее позволяет отказаться от сепарации ионного пучка). Использование ионов низких энергий при имплантации, как отмечается в работе [1], дает при заданной дозе большую объемную концентрацию внедренных атомов в поверхностном слое.

Питание ионного источника осуществлено на базе искрового генератора ИГ-3 с существенной перестройкой высоковольтной цепи схемы питания (рис. 2). Цепь включает в себя вторичную обмотку повышающего трансформатора Tr, емкости  $C_1$  и  $C_2$ , защитный разрядник P, выпрямители  $D_1$  и  $D_2$  и катушку индуктивности L. Потенциалы катода K и анода A ионного источника поддерживаются в данной схеме положительными по отношению к земле, мишень находится под потенциалом земли. Пробой искрового промежутка происходит за счет заряда, накапливаемого на емкости  $C_1$ .

Разработана также схема регистрации ионного тока. Непосредственное измерение тока с цилиндра Фарадея измерительным прибором затруднено в случае искрового ионного источника вследствие: 1) импульсного режима работы части C. При достижении значения разности потенциалов на емкости, равного напряжению зажигания  $U_3$  неоновой лампы, включенной параллельно емкости, происходит пробой лампы, сопровождающийся световой вспышкой. В резуль-



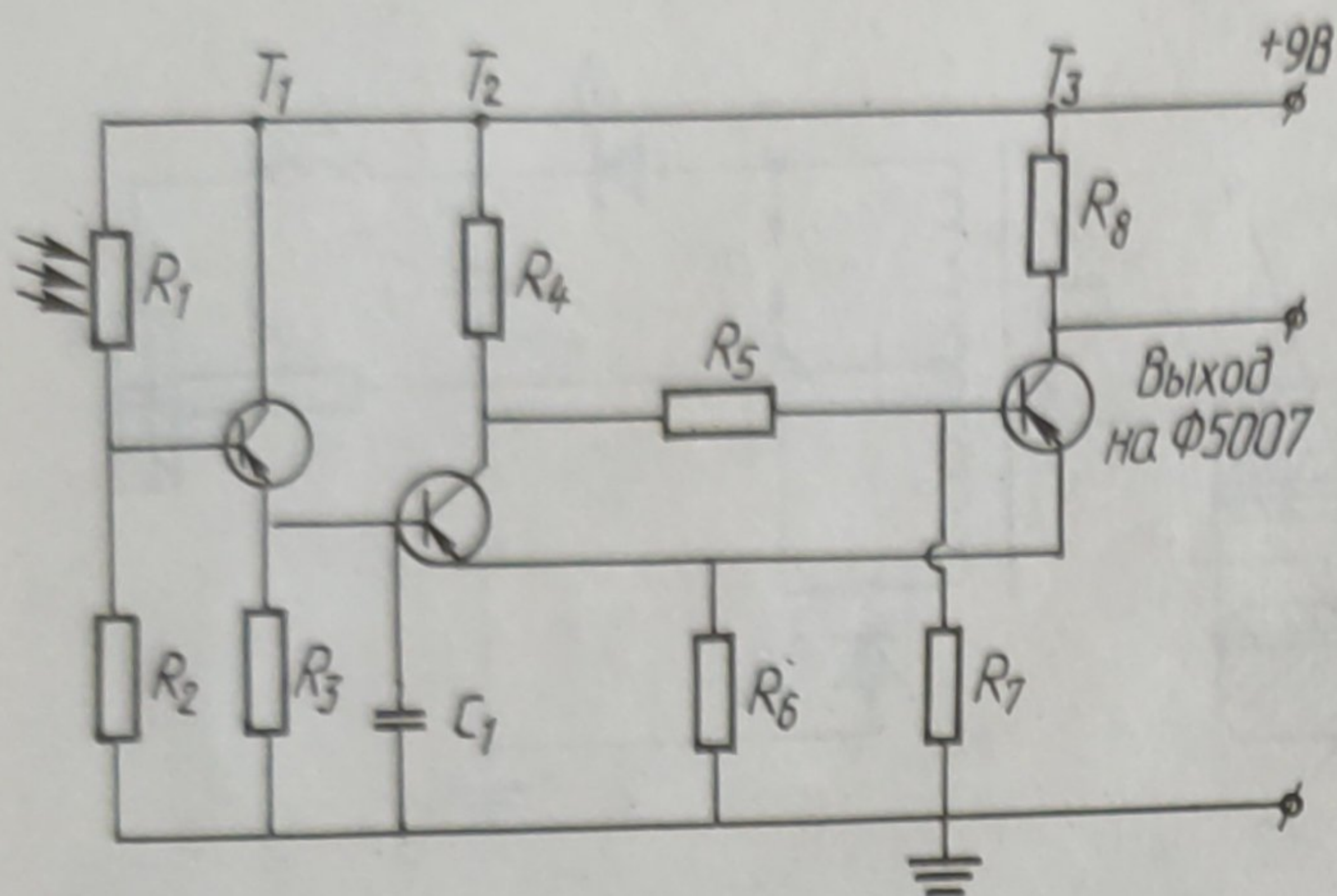


Рис. 3. Схема устройства счета световых импульсов.

тате пробоя емкость разряжается на величину  $\Delta U$ . Зная число вспышек лампы  $N$ , заряд, вносимый в цилиндр Фарадея ионным пучком, можно определить следующим образом:  $Q = C(U_3 + N\Delta U)$ . При  $N \gg 1$ , что практически всегда выполняется в эксперименте  $Q = CN\Delta U$ . По величине заряда  $Q$  в случае однозарядных ионов легко определить интегральный поток ионов, попадающих на мишень в цилиндре Фарадея.

Электрическая схема устройства для счета вспышек представлена на рис.3. Работает схема следующим образом. При затемнении фоторезистор  $R_1$  имеет высокое сопротивление, транзистор  $T_1$ , включенный по схеме с общим эмиттером, оказывается закрытым, транзистор  $T_2$  также закрыт,  $T_3$  открыт, напряжение на выходе устройства близко к нулю. В момент освещения вспышкой лампы сопротивление фоторезистора уменьшается, что вызывает открытие  $T_1$  и  $T_2$  и закрытие  $T_3$ . На выходе устройства появляется сигнал, который регистрируется программным реверсивным счетчиком Ф5007. Конденсатор  $C_1$  служит для уменьшения частоты срабатывания, т.е. для увеличения помехоустойчивости устройства.

В заключение следует отметить универсальность, возможность многопланового использования, простоту и доступность разработанной установки ионного внедрения.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. П а л м е р Д. Успехи ионной имплантации. — В кн.: Ионная имплантация в полупроводники и другие материалы/Пер. с англ. — М., 1980, с. 7.
2. П р а н я в и ч у с Л., Д у д о н и с Ю. Модификация свойств твердых тел ионными пучками. — Вильнюс, Мокслас, 1980.—242с.
3. Г а б о в и ч М.Д. Физика и техника плазменных источников ионов. — М., 1972. — 304 с.
4. Механизм ускорения ионов в плазме вакуумного искрового разряда/Г.И.Р а м е н д и к, А.А. С ы с о е в, В.А. О л е й н и к о в и др. — Письма в ЖТФ, 1979, 5, № 19, с. 1203.
5. P o a t e J.M. Metastable alloy formation by ion implantation. — Thin Solid Films, 1979, 58, N 1, p. 133.
6. L i a u Z.L., M a y e r J.W. Limits of composition achievable by ion implantation. — J.Vac. Sci. and Technol., 1978, 15, N 5, p. 1629.
7. D e a r n a l e y G., H a r t l e y N. Ion implantation into metals and carbides. — Thin Solid Films, 1978, 54, N 2, p. 215.
8. B o r d e r s J.A. Metastable phases in metals produced by ion implantation. — Ann. Rev. Mater. Sci., Vol. 9., 1979, p. 313.
9. W o l f G.K. Chemical effects of ion bombardment. — Top. Curr. Chem., 1979, 85, p. 1.
10. J. F r a n k s, P.R. S t u a r t, R.B. W i t h e r s. Ion enhanced film bonding. — Thin Solid Films, 1979, 60, N 2, p. 231.
11. B o i s s y M.C., D i q u e t D. Zinc ion implantation as a predeposition in gallium arsenide. — J.Electrochem. Soc., 1978, 125, N 9, p. 1504.

источника; 2) некоторой неустойчивости вакуумного искрового разряда; 3) высокого уровня помех, наводящихся на измерительном приборе. С целью устранения влияния этих обстоятельств предложена схема измерения ионного тока с использованием накопления заряда и оптической развязки.

В предлагаемой схеме заряд с цилиндра Фарадея накапливается на емко-