

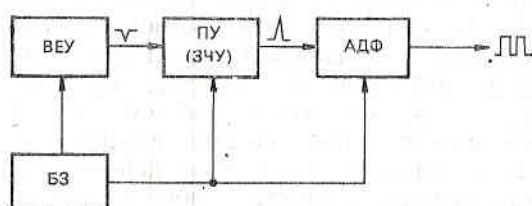
## Спектретричен предусилвател за физически експерименти

Меди Аструкова

Институт за космически изследвания, БАН

Изследването на характеристиките на потоци частици или фотони с ниски енергии се свежда до измерване на средния ток или регистриране на броя на импулсите от изхода на вторични електронни умножители (ВЕУ). В литературата тези устройства са описани в много модификации и представляват датчици за измерване на заредени частици в космическата плазма [1,4]. У всички обаче сигналът, който се сема на изхода, т. е. на анода на ВЕУ, е твърде слаб. Средната стойност на заряда в импулса  $Q_{\text{ср}}$  е от порядъка на  $10^{-14} \div 10^{-11}$  С, респ. на минималния аноден ток  $I_a = 10^{-14} \div 10^{-12}$  А. Това налага предварително усилване и формиране на сигнала с цел по-нататъшна цифрова обработка — отброяване, запомняне и пр.

На фиг. 1 е представена блокова схема на устройство за регистриране, усилване и формиране на сигнали, породени от заредени частици в космическата плазма. Устройството включва: ВЕУ — датчик, който в зависимост от модификацията може да бъде канален електронен умножител с неговите разновидности или микроканална пластина; ПУ — предусилвател, който в зависимост от използвания ВЕУ, полярността на захранването му и поставените при измерването задачи може да бъде усилвател на ток, усилвател на напрежение, импулсен усилвател или зарядочувствителен усилвател (ЗЧУ). В нашия случай използваме ЗЧУ, който според литературни данни [1] е най-подходящ при ВЕУ с честота на регистрираните импулси  $F$  в границите



Фиг. 1. Блокова схема на устройството

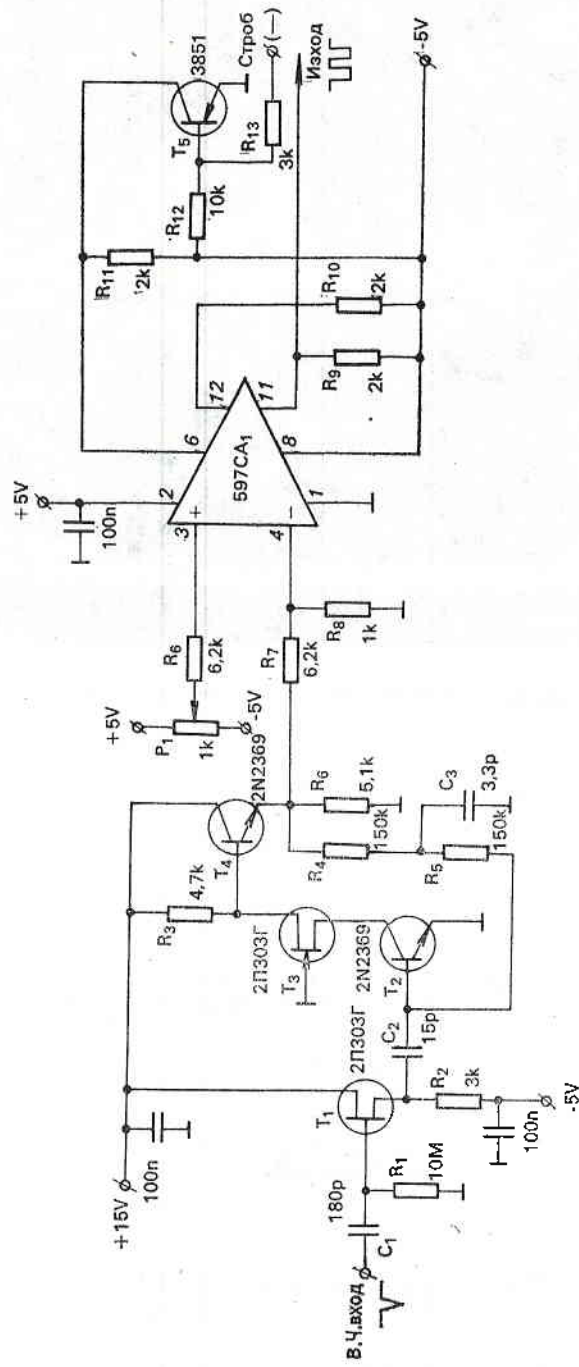
от 100 kHz до 10 MHz; АДФ — амплитуден дискриминатор формирова- тел; БЗ — блок захранване.

Оригинално схемотехнично решение представлява принципната схема на зарядочувствителния усилвател и амплитудния дискриминатор формиро- вател (фиг. 2). Целта при проектирането и избора на схема е постигането на високо бързодействие и добра чувствителност. Това естествено произтича от формата и параметрите на сигнала от изхода на ВЕУ. Според [1] изход- ните сигнали имат формата, показана на фиг. 3. Това е осцилограма, снета при работа на ВЕУ в режим на насищане и захранващо напрежение  $U_3 = 3,2$  kV. Параметрите на сигнала са:  $t_1$  — фронт на импулса —  $0,1 \div 10$  ns,  $t_2$  — ширина на импулса —  $0,15 \div 30$  ns,  $f_{max}$  — честота на импулса — 10 kHz — 100 MHz, и амплитуда  $A = 30$  mV. Вижда се, че фронтът на им- пулса е достатъчно стръмен, ширината му е малка, така че усилвателят и дискриминаторът трябва да бъдат бързи и с малко закъснение, за да може да се осъществят усилване и формиране на всеки сигнал, породен от постъпва- нето на заредена частица на входа на ВЕУ.

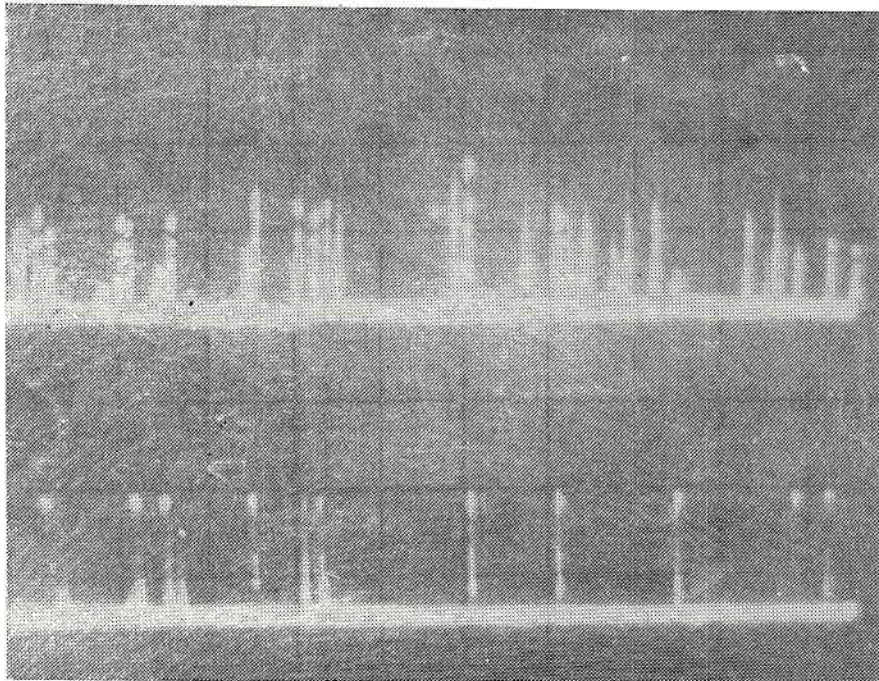
Зарядочувствителният усилвател е проектиран от дискретни елементи. Понеже зарядът на импулса, както беше споменато, е приблизително  $Q = 10^{-14}$  C, то прагът на чувствителност на усилвателя трябва да бъде поне  $10^{-14}$  C. Но това съответства на нивото на шума на съвременните транзи- стори и микросхеми. Подходящо е използването на нискошумящи полени транзистори като първо стъпало на усилвателя. В нашия случай е избран 2ПЗОЗГ ( $T_1$  на фиг. 2). Притежава ниско ниво на собствени шумове (средно- квадратичният му шумов заряд е  $Q_{cp} = 0,6 \cdot 10^{-16}$  C, при напрежение дрейн- сорс  $U_{D_3} = 10$  V). Той е свързан като истоков повторител и осигурява добро съгласуване между голямото изходно съпротивление на ВЕУ и входното съ- противление на основното усилвателно стъпало. Последното е една каскадна схема на високочестотен транзистор  $T_2 = 2N2369$  с динамичен товар —  $T_3 = 2ПЗОЗГ$ , който е с малък проходен капацитет  $C_{np} = 2$  pF. Така проектирано, основното усилвателно стъпало избягва страничните ефекти при високи час- тоти, дължащи се на собствените капацитети на преходите на транзистора, например намаляване на усилването при високи честоти (ефект на Милер), дължащо се на капацитета  $C_{св}$ , ограничаване скоростта на изменение на сигнала и пр. Така че в последна сметка ЗЧУ дава един стръмен преден фронт на усиления сигнал при честоти  $f_c > 10$  MHz. Коефициентът на усилване може да бъде  $K_{yc} = 40$  при стойности на обратната връзка  $R_4 = 6,8$  k $\Omega$ ,  $R_5 = 6,8$  k $\Omega$ ,  $C_3 = 47$  pF и  $K_{yc} = 10$  при  $R_4 = R_5 = 150$  k $\Omega$ ,  $C_3 = 3,3$  pF. Съответно стойностите на  $C_2$  са 510 pF и 15 pF.

В известен интервал от време след преминаване на основния импулс на анода на ВЕУ могат да се появят послеимпулси. Например при КЕУ после- импулсите са след  $\tau \approx 100$  ns, а при магнитния ВЕУ — бавните са след не- колкостотин ns, бързите след 20 ns. За отброяване само на действителните импулси, както и за формирането им във вид, удобен за цифрова обработка, спомага амплитудният дискриминатор-формировател. Използван е интеграл- ен компаратор (597СА1, фиг. 2). С потенциометъра  $P_1$  се регулира нивото на сработване на компаратора. Съпровожданият послеимпулс е с амплитуда, по-голяма от нивото на сработване, и се отрязва. Сигналът на изхода на АДФ е със закъснение  $t_{зак} = 3$  ns. Амплитудата му е  $U = 1$  V, т. е. нивото на сиг- нала е съвместимо с входното ниво на ЭСЛ цифрова логика.

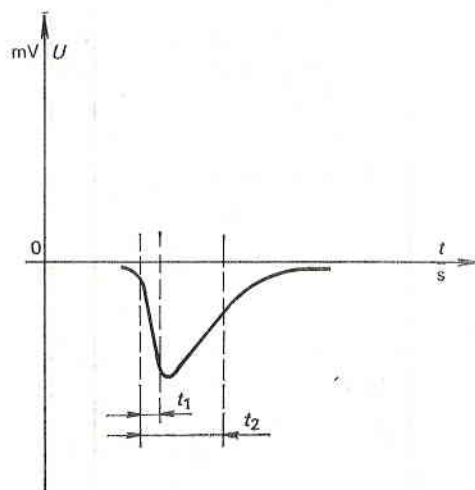
Устройството се отличава с високо бързодействие, ниско ниво на соб- ствени шумове, добра температурна стабилност и просто схемотехнично ре- шение. То е изпитано във вакуумна лабораторна установка с обем  $V = 0,25$  m<sup>3</sup> и пределен вакуум  $P_a = 5 \cdot 10^{-7}$  Torr с вакуумен агрегат, състоящ се от



Фиг. 2. Принципа на електрическа схема



Фиг. 3. Форма на електрическия сигнал на изхода на КЕУ



Фиг. 4. Осцилограма на регистрираните частици с помощта на описаното устройство

магниторазрядна помпа тип IGP-500 и пластинчато-роторна форвакуумна помпа тип 2 DS 15. Изпитанията са проведени при работен вакуум  $P_{\text{раб}} \approx 2 \cdot 10^{-6}$  Torr. Като източник на енергетични йони бе използван класически тип йонен източник на остатъчен газ с ударна йонизация и изходен ток

$I=10^{-12}$  А. Энергията на йоните се мени чрез опорно напрежение в обхвата  $E_i=100 \text{ eV}+2 \text{ keV}$ .

На фиг. 4 е представена осцилограмата на регистрираните частици. Вакуумната лабораторна установка е изработена и се експлоатира в ИКИ-БАН, където бяха проведени и изпитанията.

Описаният бърз усилвател за активни космически експерименти е разработен във връзка с експеримент „КСАНИ“ (критична скорост на аномална йонизация) по проект АКТИВЕН, програма „ИНТЕРКОСМОС“.

## Литература

1. Айнбунд, М. Р., Б. В. Поленов. Вторично-електронни умножители откритого типа и их приложение. М., Энергоиздат, 1981.
2. Хоровиц, П., У. Хилл. Искусство схемотехники. М., Мир, 1983.
3. Аструкова, М. Усилвателен и формирователен тракт за сигнали, получени от КЕМ. — Доклади БАН, 35, 1982, № 3.
4. Айнбунд, М. Р., В. Г. Коваленко, Б. В. Поленов. Характеристики канальных електронних умножителей с растробом на входе. УДК 621.385.831.

Постъпила на 21. VI. 1991 г.

## Spectrometric pre-amplifier for physical experiments

*Medy Astrukova*

(S u m m a r y)

The scheme of a device for receiving, amplification and formation of fast electrical signals engendered by space plasma charged particles is presented. High speed of action, low inner noise-level, good temperature stability and simple scheme configuration have been achieved. There are shown the device's block scheme, the principal electrical scheme, the graphics of the electrical signal at CEM's (channel electronic multiplier) output and the registered particles oscillogram.