

М. В. ДЕРЕНОВСЬКИЙ, В. А. ПРУС

МЕТОД ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОННИХ ПУЧКІВ (коротке повідомлення)

У зв'язку з розробкою приладів НВЧ, що працюють у міліметровому діапазоні хвиль, підвищуються вимоги до пучків електронів, використовуваних у цих приладах. Розрахунки електронно-оптичних систем за допомогою існуючих методів не забезпечують одержання пучків з точно заданими параметрами. Тому після такого розрахунку майже завжди потрібна експериментальна доробка, важливим етапом якої є дослідження електричного пучка.

Важливою характеристикою пучка є розподіл густини струму в його поперечному перекрої. Найчастіше для одержання кількісних даних про пучок застосовують зондові методи дослідження, пов'язані з введенням вимірювальної структури.

Кількісні вимірювання пучків малої та середньої потужностей звичайно виконують методами діафрагми з малим отвором, рухомої щілини або краю екрана. Іноді застосовують метод віброуючого зонда. З них лише метод діафрагми з малим отвором дає можливість безпосередньо під час вимірювань визначати залежність розподілу струму в перекрої пучка — у випадку пучків з осьовою симетрією $i(r)$. Проте у створенні такого зонда для дослідження тонких потужних пучків існують значні конструктивні труднощі. Методи рухомої щілини, краю екрана та віброуючого зонда простіші у виконанні, ніж метод діафрагми з малим отвором, але одержання навіть приблизної залежності $i(r)$ пов'язане з необхідністю проведення складних математичних операцій. Це утруднює виконання автоматичного аналізатора для одержання безперервних даних під час дослідження пучка. Крім того, розглянуті методи неточно відтворюють розподіл густини струму, особливо на периферії пучка, що до деякої міри зменшує їх цінність. Особливо це помітно при дослідженні тонких пучків, коли розмір скануючого елемента (отвір у діафрагмі, ширина щілини, діаметр дроту віброуючого зонда) не може бути значно менший від діаметра досліджуваного пучка.

Пропонується схема зонда, що дає добре відтворення периферії тонких пучків при можливості простої апаратурної обробки даних.

Під нерухомою діафрагмою 1 з щілиною (рис. 1) розташований екран 2, який можна переміщувати вздовж щілини за допомогою спеціального пристрою. Екран відбирає більшу або меншу частину тонкого «листа струму» 3, що вирізується з досліджуваного пучка 4 щілиною. Решта «листа струму» потрапляє на колектор 5, в коло якого ввімкнено опір R_n . Сигнал, що виділяється на опорі, коли

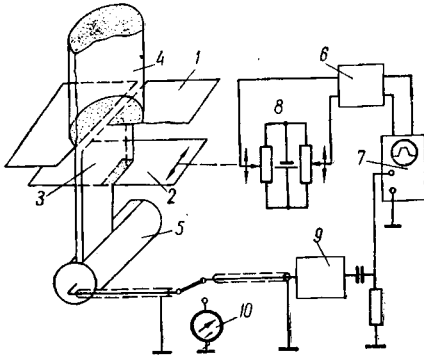


Рис. 1. Схема аналізатора:

1 — діафрагма з щілиною; 2 — рухомий екран; 3 — «лист струму»; 4 — електронний пучок; 5 — колектор; 6 — підсилювач горизонтального відхилення; 7 — осцилоскоп; 8 — потенціометр; 9 — допоміжний підсилювач; 10 — мікроамперметр.

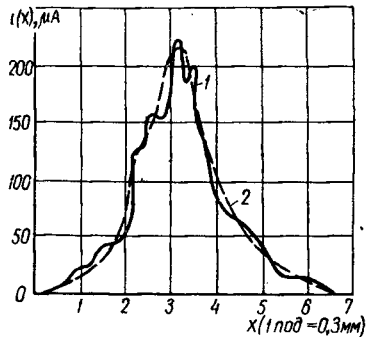


Рис. 2. Криві розподілу густини струму в поперечному перерозі електронного пучка:

1 — одержана фотографуванням з екрана осцилоскопа; 2 — результат числового диференціювання.

щілина встановлена точно в діаметральній площині пучка, може бути записаний у вигляді

$$U(x) = R_n I(x) = R_n \int_{x_1}^x i(x) dx, \quad (1)$$

де $x - x_1 = 2r$;

r — радіус пучка;

$I(x)$ — зондовий струм;

$i(x)$ — розподіл густини струму в перерозі пучка.

Якщо швидкість руху екрана постійна, то оригінальна функція

$$i(x) = \frac{dI(x)}{dx} \quad (2)$$

відтворюється, як у нашому випадку, за допомогою найпростішого RC кола.

Далі сигнал підводиться до вертикального входу осцилоскопа 7, а горизонтальне відхилення променя досягається подачею напруги з потенціометра 8 через підсилювач 6 на горизонтальні пластини трубки. Через те, що положення променя на екрані трубки

осцилоскопа безпосередньо залежить від положення екрана 2 на осі x , можна одержати на трубці зображення $i(x)$, якщо надати екрану 2 зворотно-поступального руху, так щоб його швидкість була постійна принаймні в межах від x_1 до x .

Для перевірки придатності методу був виконаний макет зонда «щілина — екран», за допомогою якого досліджувалися пучки електронів у магнітному полі в безперервному режимі при напрузі 1 кв. На рис. 2 наведені функції $i(x)$, з яких крива 1 одержана фотографуванням з екрана осцилоскопа, а крива 2 є результат числового диференціювання функції $I(x)$ для одного і того пучка в певному режимі.

Основною ознакою розглянутого методу є висока роздільна здатність при дослідженні периферії пучка навіть при відносно широкій щілині (у нашому випадку ширина щілини $t = 0,07$ мм), а також простота апаратної обробки сигналу з колектора.

До деякої міри аналогічний розглянутому метод дослідження пучка тонким дротяним зондом, якому надається зворотно-поступального руху в діаметральній площині пучка. Тут також зондовий струм є функцією положення зонда, але на відміну від комбінації «щілина — екран» дротяним зондом можна досліджувати пучки значно слабкіші внаслідок поганого відведення тепла від зонда.

ЛІТЕРАТУРА

1. Евтифеева Е. С., Кибардина Х. А., Методы экспериментального исследования электронных пучков, Вопросы радиоэлектроники, 1961, сер. 1, вып. 8.
2. Демидович Б. П., Марон И. А., Основы вычислительной математики, Физматгиз, 1963.

M. V. DERENOVSKY, V. A. PRUS

METHOD OF ELECTRON BEAM INVESTIGATION

S u m m a r y

In this article the possibility of electron beam testing by a modified method of moving right edge is considered. The description of the working set made for the continuous indication of radial current density distribution on an oscilloscop is given. As an exemple the results of beam measurement under continuous operation are presented.