The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	集積回路を用いた電離槽型サーベイ・メーター
Author(s)	竹井, 力
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1970, 30(2), p. 210-212
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/20652
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

The University of Osaka

集積回路を用いた電離槽型サーベイ・メーター

九州大学医学部放射線科学教室（主任：入江英雄教授）
竹　井　　力

（昭和44年11月11日受付）

An Ionization Type Survey Meter Using An Integral Circuit

by

Chikara Takei
Department of Radiology, Faculty of Medicine, Kyushu University, Fukuoka, Japan
(Director: Prof. H. Irie)

A method of ionization currenr measurement, which utilized an integral circuit (I.C.) having high input impedance, was described. With this method, a circuit of an ionization chamber type survey meter could be made very simply and ionization current was measured easily.

The circuit with a linear current amplifier was stable and drift was negligiblly small. The leak current of the I.C. was less than 1×10^{-14} A. From fundamental experiments, it is concluded that ability of this survey meter is excellent.

緒　言

電離槽型サーベイ・メーター回路には前段増巾器として微少電流測定用真空管を用い[1]，meter 回路としては従来は真空管が使用されていたが現在ではほとんどトランジスターが使われている．

最近になつて集積回路（I.C.: integral circuit）の進歩がめざましく種々の回路に利用されているが，筆者は高入力抵抗をもつた I.C. を電離槽型サーベイ・メーターに使用して良好な結果を得たので報告する．I.C. を用いると回路が極めて簡単になり，しかも電離電流を測定できる利点がある．

実験方法

I.C. は Keithley 社製 Model 302 operational amplifier で，その入力抵抗は10^{12} Ω 以上，利得は10^4 以上である．電離槽は使用不能となつた電離槽型サーベイ・メーター（真空管式であつた）の電離槽をそのまま使用したが，その空気容積は 600cm³ である．測定回路の帰還抵抗は 5.0×10^{10} Ω および4.75×10^{11} Ω を用いた．I.C. 電源は＋15V，－15Vの二種で，電離槽の高圧側電圧は45Vで，いづれも乾電池を使用した．

回路図を Fig. 1 に示す．これは operational amplifier[2)3)] と呼ばれるもので，1947年に Ragazzini 等によつて始めて発表された回路である．その当時は真空管が使用されていたが，I.C. が出現して linear current amplifier または current-to-voltage transducer とも呼ばれるようになつた．operational amplifier の動作理論については文献 2) に詳述されているが，橋本[4)]も解説を行なつている．

入力電流を i′ アンペア，帰還抵抗を R オーム，出力電圧を E ボルトとすれば，

$$E = -iR \qquad \cdots\cdots (1)$$

が成立する．そこで，I.C. の入力側における漏洩電流を i とおけば，(1)式は次のように書ける．

$$E = -(i - i')R \qquad \cdots\cdots (2)$$

また，出力側に挿入した電流計の内部低抗をrオーム，このとき電流計に流れる電流をIアンペアとすれば，

$$E = Ir \qquad \cdots\cdots (3)$$

(2)，(3)式よりIを求めると

$$I = (i - i')\frac{R}{r} \qquad \cdots\cdots (4)$$

そこで，i_0 を空気1 cm³ 当りに生ずる電離電流，空気容積を V cm³ とおけば，

$$i = i_0 V \qquad \cdots\cdots (5)$$

上の二式からIは次のように表わされる．

$$I = i_0 V \frac{R}{r} - i' \frac{R}{r} \qquad \cdots\cdots (6)$$

上式において，Iは電流計の読み，i_0 は理論値（Ra：2 mgから1 m離れた点の線量率を0.84×2 mR/hr として，線源—電離槽間距離と線量率の間には逆自乗則が成立するとした値），rは 6.8 KΩ（横河製 μA 計，0.5級）である．（6）式を用いて，Vと i′またはRと i′を未知数とおいて最小自乗法[5]で算出し，漏洩電流 i′の値を求めて，測定可能な電離電流値を検討する．

I.C. 回路を用いた linear current amplifier においては，出力側に分圧抵抗を附加することにより出力電圧（電流）利得を簡単に増すことができる．Fig. 1の回路について，分圧抵抗を附加して実験したところ，出力電圧を5倍までは安定して増すことができた．しかし，この利得を8倍以上に増すと安定性が失われた．このように，出力電流計感度は5倍程度までは極めて容易に上げることができることも特徴と言えよう．

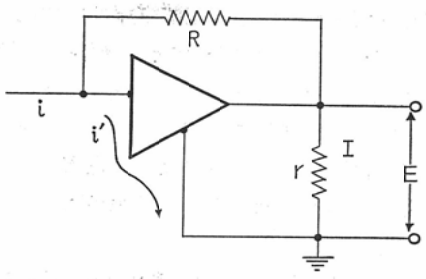

Fig. 1. Principle of the linear current amplifier.
i: ionization current, i′: leak current, R: feedback resistance, r: inner resistance of the micro-ammeter, E: out-put voltage

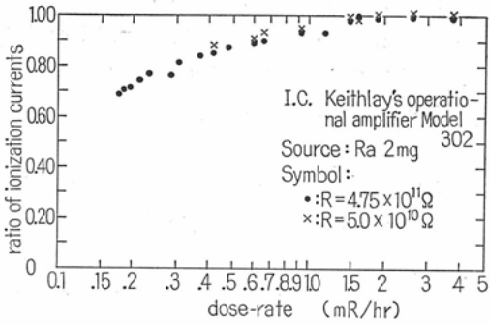

Fig. 2. Ratio of ionization current of experimental to that of theoretical value.

実験結果

線源（Ra：2 mg）と電離槽間距離を変えて線

Table 1. Calculated values of feedback resistances, an ionization chamber volume and the I.C. (Keithley's operational amplifier Model 302) leak current were obtained the method of least squares.

measured value directly		calculated value from experimental data		
resistance R (Ω)	chamber volume V (cm³)	resistance R (Ω)	chamber volume V (cm³)	leak current i′ (×10 A⁻¹⁴)
4.75×10^{11}			617±1	0.67±0.09
	600	$(4.83\pm0.03)\times10^{11}$		0.66±0.03
5.0×10^{10}			628±2	0.67±0.07
	600	$(5.23\pm0.02)\times10^{10}$		0.64±0.10
mean			622±2	0.65±0.10

量率を変化させたとき，電離電流の測定値と理論値との比を Fig. 2に図示する．線源—電離槽間距離が大きくなつて線量率が小さくなるにしたがつて，この比は次第に1.00よりも小さくなつてくる．これは線量率が小さくなると電離電流が小さくなり，相対的に漏洩電流 i′の値が効いてくるためである．

(6)式を用いて，最小自乗法によつて算出した電離槽体積Vと漏洩電流 i′および帰還抵抗Rの値を Table 1 に掲げた．i′ は平均値で$(0.65\pm0.10)\times10^{-14}$Aと算出された．また，VとRの計算値は4％以内で実測値と良い一致をみた．

I.C. 回路は switch on して5分以上経つと安定し，零点調整も容易にできた．また，drift は全く無視できる程小さかつた．

考　察

電離槽型サーベイ・メーターのやうに微小電流を測定する場合には測定可能な最小電流値が問題になる．上記実験において Keithley の Model 302 operational amplifier の漏洩電流は$(0.65\pm0.10)\times10^{-14}$Aと求められたから，測定可能最小電流値はこの値と言える．しかし，実際には誤差を問題としなければならない．

漏洩電流の最大値を1×10^{-14}A（特性表に示された値）にとつたとき，漏洩電流を電離電流の10％以下の誤差で測定できるための電離槽体積を求める．ただし，線量率は1 mR/hr とする．

1 mR/hr の線量率のとき空気1 cm³ に生ずる電離電流は

$$10^{-3}\times\frac{1}{3\times10^{9}}\times\frac{1}{60}\times\frac{1}{60}=0.926\times10^{-16}\ (\mathrm{A})$$

漏洩電流を電離電流の10％としたときの電離電流値は1×10^{-13}Aであるから，そのときの電離槽体積は

$$1\times10^{-13}\div(0.926\times10^{-16})\fallingdotseq1\times10^{3}\ (\mathrm{cm}^3)$$

となる．この値は現在市販の電離槽型サーベイ・メーターと同程度である．

電離槽体積 1,000cm³, 帰還抵抗$5\times10^{11}\Omega$，線量率1 mR/hrのとき，出力側の電流計（50μA, 内部抵抗5 KΩ とする）に流れる電流Iは

$$I=0.926\times10^{-16}\times10^{8}\times5\cdot10^{11}\div(5\times10^{3})\fallingdotseq9\ (\mu\mathrm{A})$$

となる．そこで，出力側に分圧抵抗を附加して出力電圧（電流）利得を5倍程度まで上げれば，Iの値は容易に50μA とすることができる．

帰還抵抗Rを大きくすれば，(1)式より出力電圧を上げることができて，感度を上げることができるが，Rを大きくすると電離槽および入力側の電気容量が効いてきて時定数が大きくなり，測定に時間がかかる．$R=4.75\times10^{11}\Omega$ のときの測定では時定数は約2秒であつた．

結　語

電離槽型サーベイ・メーター回路に高入力抵抗をもつ集積回路（I.C.）を用いると，回路が簡単化されると同時に電離電流（線量率）を容易に測定できる．絶縁には特に注意しなければならないことは勿論である．

linear current amplifier 回路としての集積回路（Keithley, Model 302 operational amplifier）の動作は安定で，drift は無視できた．また，集積回路の漏洩電流は $(0.65\pm0.10)\times10^{-14}$Aで，$1\times10^{-14}$A以下であり，電離電流$1\times10^{-13}$Aのとき10％以下の誤差で線量率の測定が可能である．

この性能は，現在市販の電離槽型サーベイ・メーターと較べて同程度か，それ以上である．

文　献

1) G.J. Hine and G.L. Brownell: Radiation Dosimetry, Academic Press Inc., (1956).
2) J.R. Ragazzini, R.H. Randall and F.A. Russell: Proc. IRE, 35, 444 (1947).
3) W.J. Karplus: Analog simulation solution of field problems, McGraw Hill Book Company, Inc., (1958).
4) 橋本順次：電子計測における数学の応用，電子展望，99，2月号（昭和42年）.
5) 宮本正太郎：誤差論及計算法，恒星社厚生閣発行（昭和28年）.