

República Federativa do Brasil  
Ministério do Desenvolvimento, Indústria  
e do Comércio Exterior  
Instituto Nacional da Propriedade Industrial.

(21) **PI 1001762-3 A2**



(22) Data de Depósito: 18/06/2010  
(43) Data da Publicação: 27/03/2012  
(RPI 2151)

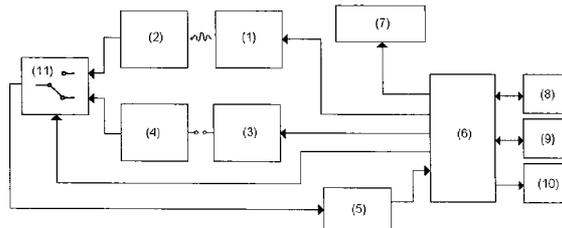
(51) *Int.Cl.:*  
G01J 1/42

(54) **Título:** SISTEMA ELETRÔNICO DE DOSIMETRIA DE RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA

(73) **Titular(es):** Universidade Federal de Pernambuco

(72) **Inventor(es):** Luiz Antônio Pereira dos Santos, Petrus d Amorim Santa Cruz Oliveira

(57) **Resumo:** SISTEMA ELETRÔNICO DE DOSIMETRIA DE RADIAÇÃO ULTRA VIOLETA. A presente invenção refere-se a um sistema eletrônico que tem a função de medir a dose de radiação ultravioleta que um indivíduo recebe durante um período de tempo via alguma propriedade física ou química de um sensor de radiação ultravioleta qualquer. A propriedade a ser mensurada no sensor pode ser a transparência óptica, a luminescência em qualquer cor, a impedância elétrica, a polarizabilidade dos átomos, a acidez, entre outras. O início e o fim de uma leitura da dose ultravioleta é comandado por (6) que também recebe o dado para ser processado, efetua o cálculo da dose UV, comanda um mostrador (7), realiza comunicação com (8) via interface USB ou com (9) via comunicação serial qualquer, ou sem fio qualquer, ou paralela qualquer, além de poder armazenar os dados em (10). Quando (24) inicia o procedimento eletrônico de medição está acionando (1) ou (3), o que for previamente selecionado por (11), produzindo um sinal de corrente elétrica proveniente de (2) ou (4). Este sinal é digitalizado por (5) e (24) via conversão analógica-digital por contagem de pulsos e o resultado da medição é mostrado em (7) ou enviado para (8) ou (9) ou (10).



**“SISTEMA ELETRÔNICO DE DOSIMETRIA DE RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA”.**

A presente invenção refere-se a um sistema eletrônico que tem a função de medir a dose de radiação ultravioleta que um indivíduo recebe durante um período de tempo via alguma propriedade física ou química de um sensor de radiação ultravioleta. A propriedade a ser mensurada no sensor pode ser a transparência óptica, a luminescência em qualquer cor, a impedância elétrica, a polarizabilidade dos átomos, a acidez, entre outras.

Vários tipos de dispositivos podem ser utilizados como sensores ou detectores de radiação ultravioleta, por exemplo, tem-se polímeros conjugados, junções supramoleculares de óxidos de metais mais corantes orgânicos, complexos de elementos de terras raras mais polímeros ligantes, ou vários outros compósitos e materiais orgânicos e/ou inorgânicos com características luminescentes, elétricas, ópticas, químicas e físicas de um modo geral distintas. Esses tipos de sensores podem receber a radiação ultravioleta e ter alguma propriedade física ou química alterada, como por exemplo emitir luz numa cor específica. Neste caso particular, à medida que certa quantidade de energia, devido aos raios UV, é transferida para o sensor, ele passa a emitir certa intensidade fotônica num determinado comprimento de onda (vermelho, amarelo, verde, azul, etc.). A emissão de luz, ou valor da impedância elétrica, ou acidez, ou qualquer que seja a propriedade física ou química, pode ser função da quantidade acumulada de energia de radiação ultravioleta ao longo do tempo, ou seja, é uma função da dose de radiação UV. Esses sensores são úteis para se estimar a dose periódica de um trabalhador rural, guarda de trânsito, carteiro, entre outros profissionais que ocupacionalmente se expõem à radiação ultravioleta. Mesmo banhistas na praia ou piscina e crianças no parque podem ser monitoradas quanto à dose periódica de radiação UV com tais sensores. Em geral, o sensor pode ser colocado num capacete, no ombro ou pulso do pessoal, e mesmo num crachá de identificação. O importante é que ao final de um período de tempo o sensor possa ser lido de alguma forma para indicar o quanto a propriedade física ou química variou correlacionando essa leitura com a dose de radiação ultravioleta recebida no período.

Basicamente, é possível medir a propriedade do sensor de duas formas genéricas. A primeira consiste na excitação óptica do sensor de UV com uma fonte de luz para medir sua transparência óptica ou luminescência em algum comprimento de onda, como exemplo excitá-lo com UV e medir a luminescência no vermelho. A segunda é fazer passar uma

corrente elétrica no sensor de modo que se possa medir a sua luminescência (conhecido como eletroluminescência) ou a sua impedância elétrica, ou outra propriedade eletricamente mensurável. Nesse caso o sistema eletrônico deve ter dois modos de leitura: óptico e elétrico. Vários inventores e cientistas se preocupam em desenvolver o sensor de radiação ultravioleta e por isso utilizam multímetros, fotômetros, esferas integradoras, eletrômetros e vários outros tipos de equipamento que em geral não é dedicado ao sensor de UV e nem sempre portátil.

O sistema eletrônico aqui desenvolvido tem como propósito suprir essa necessidade de se ter um sistema que possa efetuar a leitura óptica ou de impedância elétrica de um sensor de ultravioleta. Esta é uma das inovações do sistema, o fato da medição da dose de radiação ultravioleta poder ser feita via propriedades ópticas e/ou elétricas de um sensor qualquer. Outra inovação consiste no fato do sistema proposto poder medir a impedância do sensor de UV concebido para tal tipo de medição e não somente para medir a resistência elétrica dele. Ou seja, os parâmetros de indutância e capacitância também são mensurados. Outro fato inovador é que o sistema pode efetuar armazenagem dos dados em cartão de memória, tornando possível apresentar o histórico da dose acumulada em um mostrador gráfico ou tela de computador via canal de comunicação USB ou sem fio via infravermelho.

Para melhor compreender o funcionamento do sistema eletrônico de dosimetria de radiação ultravioleta proposto ele foi dividido em seis partes principais denominadas de: circuito da fonte de luz (1); circuito conversor de luz em corrente elétrica (2); circuito da fonte de sinal (3); circuito conversor de impedância em corrente elétrica (4); circuito digitalizador do mensurando final cuja grandeza é corrente elétrica (5); circuito controlador do sistema (6).

A **FIGURA 1** apresenta um diagrama de blocos de funcionamento do sistema completo. (6) é que controla o início e o fim de uma leitura da dose UV, recebe pulsos de (5) e completa a digitalização do dado analógico para ser processado, efetua o cálculo da dose, comanda um mostrador tipo LCD ou LED (7), realiza comunicação com um computador (8) via interface USB ou com outro sistema (9) via interface de infravermelho – IR ou RS232, ou paralela, além de armazenar os dados em um cartão de memória flash (10). Quando (6) inicia o procedimento eletrônico de medição aciona (1) ou (3), o que for previamente selecionado pela chave (11), para produzir um sinal de corrente elétrica proveniente tanto da leitura óptica como da leitura elétrica. O sinal da leitura óptica é convertido para corrente elétrica via (2). Se

a medição corresponde a uma leitura de impedância o sinal é convertido para corrente elétrica via (4). Em qualquer caso, tal sinal convertido para corrente é digitalizado por (5) junto com (6) onde esse sinal digital fica num registrador em (6) para efetuar o cálculo da dose UV e finalmente passar o resultado da medição para (7) ou (8) ou (9) ou (10).

5 A **FIGURA 2** mostra (1) em detalhes. Quando (1) recebe o sinal de início de leitura vindo de (6) gera um pulso luminoso via LED (12) para excitar o sensor óptico de UV (13) cuja emissão de luz em certo comprimento de onda vai ser proporcional à dose UV. Na **FIGURA 3** vê-se como tal emissão de luz de (13) é medida via o sensor de luz (14) onde na sua frente tem um filtro (15) para minimizar efeito de ruído luminoso de outros comprimentos de onda. O sinal produzido por (14) é a corrente elétrica  $i_1$  que vai chegar em (5) via (11).

10 A **FIGURA 4** mostra detalhes da parte (3) do sistema que trata o sinal de um sensor de raios UV (16) cuja impedância elétrica é  $Z_d = R_d + j\omega L_d + 1/j\omega C_d$ , onde  $\omega = 2\pi f$ , variando conforme a dose UV. Um sinal de onda quadrada é gerado por programa residente em (6), passa por um filtro ativo (17) para gerar um sinal senoidal  $V_e$ . A **FIGURA 5** mostra (17) em  
15 detalhes. O sinal  $V_e$  alimenta (16) via resistor  $R_s$  (18). A impedância de (16), irá constituir um divisor de tensão com (18) dado por:

$$Q = \frac{Z_d}{Z_d + R_s} = \frac{1}{1 + R_s/Z_d}.$$

Dessa forma tem-se na saída do amplificador seguidor de tensão (19) um sinal  $V_s = Q \cdot V_e$ . A frequência  $\omega_0$  de operação é escolhida via programação e de acordo com o tipo de sensor de UV, isto é, se ele fornece a informação da dose UV via variação de capacitância, indutância ou resistência, ou mesmo duas ou as três grandezas simultaneamente. O sinal  $V_s$  que polariza um transistor bipolar (20) cujo sinal de corrente de saída do emissor  $i_2$  é proporcional à  $V_s$ , o qual vai chegar em (5) via (11).

25 A **FIGURA 6** tem como objetivo explicar o processo de digitalização do sinal que vem de (2) ou (4). A corrente selecionada por (11),  $i_1$  ou  $i_2$ , constituirá uma corrente média  $i_m$  a qual chega numa porta lógica NE com histerese (21). Uma entrada de (21) tem um capacitor  $C_p$  (23) acoplado a GND e um resistor  $R_p$  (22) de realimentação digital o qual tem a função de fazer (21) oscilar para produzir um trem de pulsos digitais em sua saída, já que a outra entrada de (21) está em nível lógico 1. Se  $i_m = 0$ , (21) oscila na frequência  $f_0$  proporcional ao tempo de carga e descarga de (23) via (22). Se  $i_m \neq 0$ , (23) vai ser carregado mais rapidamente e a  
30

freqüência dos pulsos digitais na saída de (21) irá aumentar. A contagem dos pulsos digitais dentro de um intervalo de tempo  $T$  indica a freqüência média  $f_m$  cujo valor é diretamente proporcional à  $i_m$ . O tempo  $T$  corresponde a duração em que (12) ou  $V_s$  permanece acionado por (6). Este tempo é escolhido de modo que (13) ou (16) não perca a sua característica física ou química para evitar que o valor da dose UV seja avaliado incorretamente.

A **FIGURA 7** apresenta uma sugestão para (6) já que há várias possibilidades de conceber essa parte do sistema devido à variedade de dispositivos disponíveis no mercado. O microcontrolador (24) utilizado neste sistema é do tipo AN2131Q o qual tem integrado nele tanto os sinais de comunicação USB como os sinais RX/TX o que permite enviar os dados para (8) e/ou para (9). A porta PA0 de (24) é usada para gerar o pulso de leitura cuja duração é o tempo  $T$  de 1 segundo, em princípio, mas pode ter qualquer outra duração necessária para excitar (13). A porta PA1 de (24) é utilizada para gerar uma onda quadrada a partir do seu temporizador cuja freqüência dependerá da freqüência de trabalho de (16). A porta PB0 de (24) tem como finalidade controlar (11) para que o sistema seja chaveado de leitura óptica para leitura elétrica e vice-versa pelo programa residente em (24). A porta PB1 é utilizada para contar os pulsos digitais vindos de (5) durante o tempo  $T$  que é o valor da freqüência  $f_m$ . Ao final da contagem, este valor constitui o valor de  $i_m$  digitalizado e fica armazenado num registrador de (24) para ser convertido no valor da dose UV. As portas PC6, PC7, PA2 e PA3 são para enviar os dados à (10). As portas PB2 e PB3 efetuam comunicação com (9). Pelos bits de dados D0-D7 de (24) pode-se enviar o resultado da medição para (7), (8), (9) e (10).

Este sistema eletrônico de dosimetria UV baseia-se, na prática, na comparação entre as leituras antes e após o sensor ser exposto à dose UV, respectivamente denominadas de  $L_i$  e  $L_f$ . Estas leituras correspondem à propriedade óptica ou elétrica de um sensor de UV qualquer. O período de exposição ou de dosimetria pode ser qualquer: 1 dia, 1 semana, 1 mês, etc. A relação entre as leituras  $L_i$  e  $L_f$  pode ser linear ou não, mas o programa residente em (24) contém a curva de calibração para calcular a dose  $D_{UV}$  em  $\text{mJ}/\text{cm}^2$ . Com este valor também é possível mostrar o índice de radiação ultravioleta  $I_{UV}$  dentro de uma região (cidade, área de cultivo, praia, etc.) via leitura de vários sensores de UV distribuídos nessa região de interesse.

## REIVINDICAÇÕES

- 1 “SISTEMA ELETRÔNICO DE DOSIMETRIA DE RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA”  
**caracterizado por** constituir-se de circuito controlador do sistema (6) o qual comanda um  
circuito de sinal óptico (1), um circuito de sinal elétrico (3) e circuito de chaveamento (11)  
5 para efetuar a medição da dose de radiação ultravioleta a partir do sinal vindo do circuito  
digitalizador (5) e apresentar o resultado da medição em circuito mostrador (7).
- 2 “SISTEMA ELETRÔNICO DE DOSIMETRIA DE RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA” de  
acordo com a reivindicação 1, **caracterizado pelo** fato do sistema poder ser utilizado para  
medição da dose de radiação ultravioleta via propriedades de impedância elétrica de (16).
- 10 3 “SISTEMA ELETRÔNICO...” de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado pelo** fato  
do sistema poder ser utilizado para medição da dose de radiação ultravioleta via propriedades  
físicas ou químicas que afetem as propriedades de impedância elétrica de (16).
- 4 “SISTEMA ELETRÔNICO...” de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado pelo** fato  
do sistema poder ser utilizado para medição da dose de radiação ultravioleta via propriedades  
15 ópticas de (13).
- 5 “SISTEMA ELETRÔNICO...” de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado pelo** fato  
do sistema poder ser utilizado para medição da dose de radiação ultravioleta via propriedades  
físicas ou químicas que afetem as propriedades ópticas de (13).
- 6 “SISTEMA ELETRÔNICO...” de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado pelo** fato de  
20 (6) ser interligado a (8) via canal USB e interligado a (9) via padrão serial qualquer ou sem fio  
qualquer, ou paralela qualquer onde a comunicação de (6) para (8) ou (9) é controlada por um  
programa computacional qualquer.
- 7 “SISTEMA ELETRÔNICO...” de acordo com as reivindicação 1, **caracterizado pelo** fato  
de (6) ser interligado a circuito de memória qualquer (10) para armazenar os dados e serem  
25 lidos posteriormente em outros sistemas ou computador qualquer.

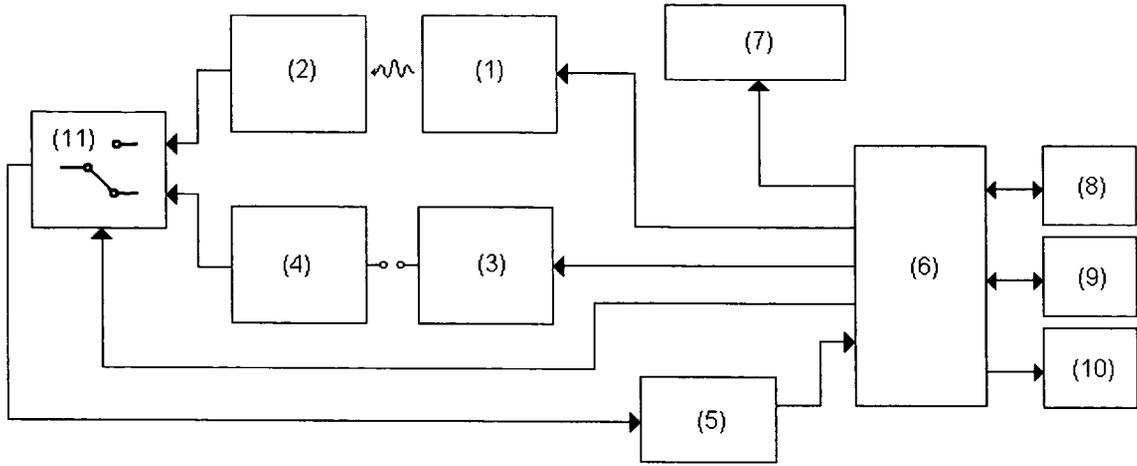


FIGURA 1

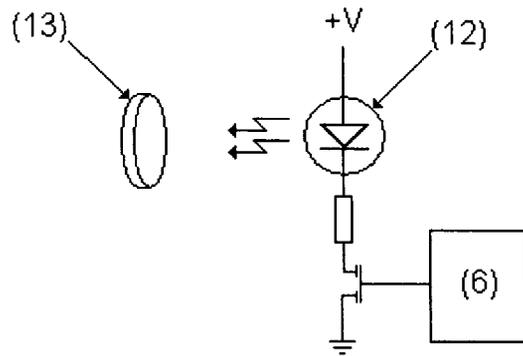


FIGURA 2

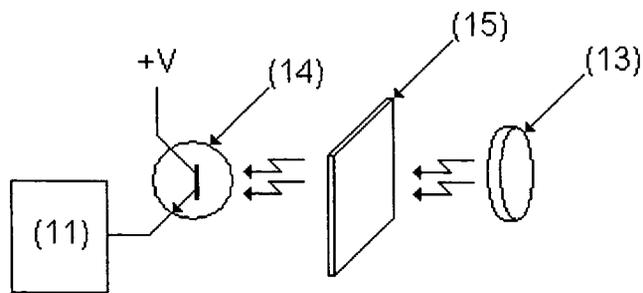


FIGURA 3

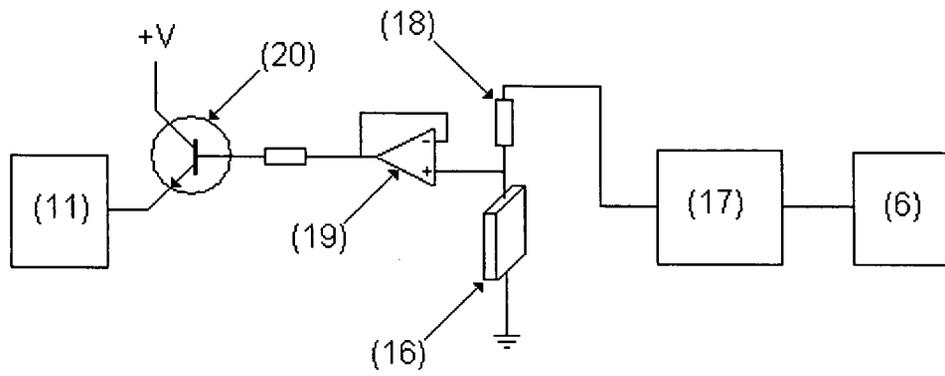


FIGURA 4

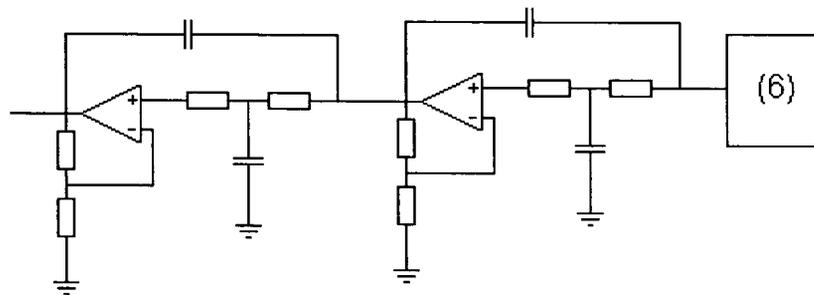


FIGURA 5

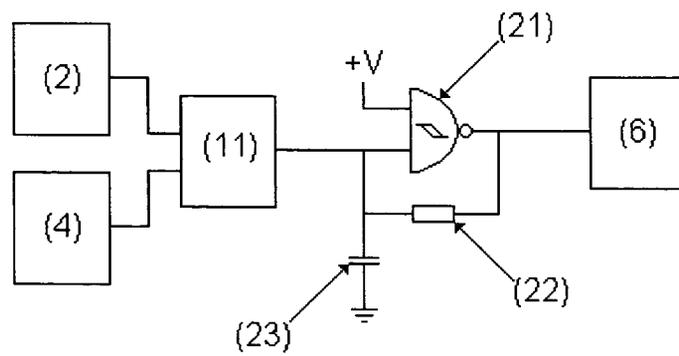


FIGURA 6

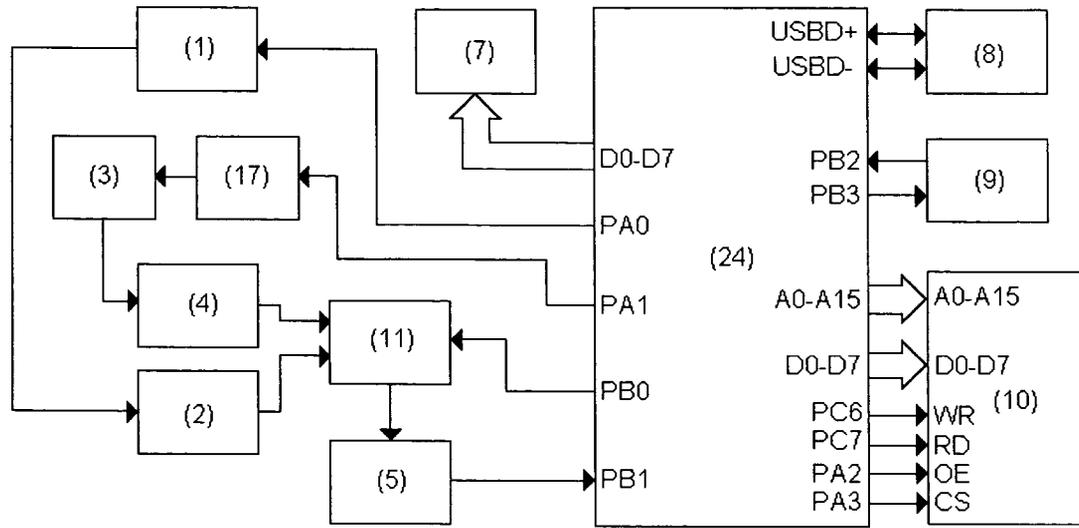


FIGURA 7

## RESUMO

### **“SISTEMA ELETRÔNICO DE DOSIMETRIA DE RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA”.**

A presente invenção refere-se a um sistema eletrônico que tem a função de medir a dose de radiação ultravioleta que um indivíduo recebe durante um período de tempo via  
5 alguma propriedade física ou química de um sensor de radiação ultravioleta qualquer. A propriedade a ser mensurada no sensor pode ser a transparência óptica, a luminescência em qualquer cor, a impedância elétrica, a polarizabilidade dos átomos, a acidez, entre outras.

O início e o fim de uma leitura da dose ultravioleta é comandado por (6) que também recebe o dado para ser processado, efetua o cálculo da dose UV, comanda um mostrador (7),  
10 realiza comunicação com (8) via interface USB ou com (9) via comunicação serial qualquer, ou sem fio qualquer, ou paralela qualquer, além de poder armazenar os dados em (10). Quando (24) inicia o procedimento eletrônico de medição está acionando (1) ou (3), o que for previamente selecionado por (11), produzindo um sinal de corrente elétrica proveniente de (2) ou (4). Este sinal é digitalizado por (5) e (24) via conversão analógica-digital por contagem de  
15 pulsos e o resultado da medição é mostrado em (7) ou enviado para (8) ou (9) ou (10).