



(12)

## CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: **a 2011 01252**

(22) Data de depozit: **28.11.2011**

(41) Data publicării cererii:  
**28.06.2013** BOPI nr. 6/2013

(71) Solicitant:  
• UNIVERSITATEA TEHNICĂ DIN  
CLUJ-NAPOCA, STR. MEMORANDUMULUI  
NR.28, CLUJ-NAPOCA, CJ, RO

(72) Inventatori:  
• FILIP NICOLAE, STR. EUGEN IONESCO  
NR. 122A, CLUJ-NAPOCA, CJ, RO

(74) Mandatar:  
CABINET DE PROPRIETATE  
INDUSTRIALĂ CIUPAN CORNEL,  
STR. MESTECENILOR NR. 6, BL. 9E, AP. 2,  
CLUJ NAPOCA, JUDEȚUL CLUJ

## (54) DISPOZITIV PENTRU CONVERSIA ZGOMOTULUI ÎN ENERGIE ELECTRICĂ

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un dispozitiv acustico- electric, destinat captării zgomotului ambiental, produs de traficul rutier sau de diferite echipamente tehnologice, și conversiei acestuia în energie electrică de joasă putere. Dispozitivul conform invenției este alcătuit dintr-un suport (1) care susține o matrice (2) de captare, cu niște traductori (3) electromagnetici și piezoelectrice, care transformă energia acustică în semnale electrice, care sunt colectate cu ajutorul unor conexiuni (4) și al unui sistem (5) multicanal, la un acumulator (6) sau la un consumator; matricea (2) de captare conține 11 traductori (3), fiecare fiind prevăzut cu un element (7) de convergență, diferențiat geometric în funcție de frecvența centrală.

Revendicări: 3  
Figuri: 6

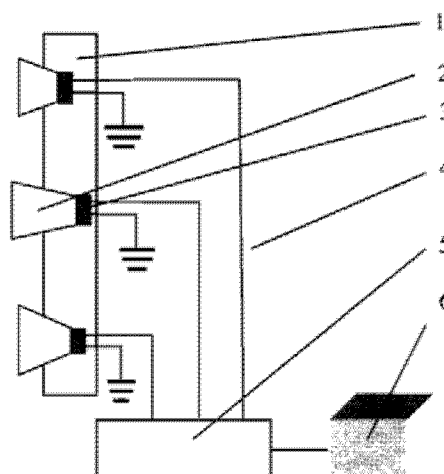


Fig. 1

Cu începere de la data publicării cererii de brevet, cererea asigură, în mod provizoriu, solicitantului, protecția conferită potrivit dispozițiilor art.32 din Legea nr.64/1991, cu excepția cazurilor în care cererea de brevet de invenție a fost respinsă, retrasă sau considerată ca fiind retrasă. Întinderea protecției conferite de cererea de brevet de invenție este determinată de revendicările conținute în cererea publicată în conformitate cu art.23 alin.(1) - (3).



## Dispozitiv pentru conversia zgomotului în energie electrică

Invenția se referă la un dispozitiv destinat absorbției zgomotului ambiental, produs de traficul rutier sau de diferite echipamente tehnologice și conversiei acestuia în energie electrică de joasă putere.

Recuperarea de energie acustică și conversia în electricitate reprezintă o preocupare intensă, de actualitate care s-a concretizat prin câteva dispozitive prototip și brevete.

Este cunoscut din anul 1977 un brevet american (**US nr. 3.736.533**) care propune un traductor piezoelectric, capabil să capteze energia acustică prin orientarea unei fante de captare semnal acustic orientată sub un unghi sub  $90^0$  față de elementul piezoelectric care transformă vibrația acustică de presiune sonoră în vibrație mecanică ce produce o diferență de potențial recuperată printr-un dispozitiv electronic.

Dezavantajul soluției tehnice prezentate în Brevetul US 3. 736.533 este legat de faptul ca dispozitivul este destinat conversiei zgomotelor situate în domeniul frecvențelor înalte din spectrul sonor (peste 4000 Hz), fiind ineficient în captarea frecvențele joase.

Brevetul **EP 1 736 247 A2** propune recuperarea de unde acustice de înaltă frecvență prin utilizarea unui dispozitiv de tip capacitiv, utilizând doi electrozi planari, cu înveliș de siliciu, montați în sandvici, astfel încât un electrod superior este plasat în fata unui electrod inferior. Între cei doi electrozi se plasează un strat dielectric care conține cavități în zona dintre electrozi și un film de prevenire a scurtcircuitului dintre electrodul superior și cel inferior, având o constanta electrica de timp de ordinul microsecundelor. Electrodul superior captează vibrațiile produse de undele sonore, între electrodul superior și cel inferior existând sarcini electrice care sunt colectate printr-un circuit electric.

Dezavantajul dispozitivului constă în faptul că nu acoperă întregul domeniu al frecvențelor audibile care fac subiectul poluării sonore, fiind destinat zgomotului emis în cavități ermetice și în faptul că prezintă eficiență în recuperarea undelor a căror presiune sonoră este situată peste un prag inferior de minim 70 dB.

În acest domeniu există și alte cercetări și realizări care se află în stadiul de prototip. Cea mai concludentă aparține firmei Nokia care testează un dispozitiv capabil să recupereze semnalele sonore ale vocii umane, care să fie convertite în semnal electric capabil să alimenteze telefonul mobil, crescându-i astfel autonomia de funcționare. S-au obținut tensiuni de maxim 50 mV, pentru nivele de presiune sonoră de 100 dB.

Sunt cunoscute de asemenea inițiative privind recuperarea energiei din zgomotul emis pe autostrăzi, prin integrarea în barierele de zgomot a unor turbine eoliene ce sunt acționate de presiunea sonoră incidentă pe suprafața paletelor turbinei.

Dezavantajul comun al soluțiilor cunoscute este acela ca nici unul din brevetele menționate nu sunt dedicate recuperării de zgomot în bandă largă, pentru a acoperi domeniul audibil și în consecință nu contribuie eficient la reducerea zgomotului ambiental.

Problema pe care o rezolvă invenția de față este de a realiza un dispozitiv destinat absorbției zgomotului ambiental din domeniul audibil 16 Hz – 20 KHz, cu nivele de presiune sonoră de la medii spre înalte și conversiei acestuia în energie electrică, dispozitivul având pragul inferior de conversie la nivelul a 70 dB(A) iar la cel superior până la 120 dB(A), corespunzător nivelului maxim al zgomotului produs de traficul rutier, conversia de energie acustică în energie electrică fiind însoțită de o reducere a zgomotului în spatele zonei de amplasare a dispozitivului.

**Dispozitivul pentru conversia zgomotului în energie electrică**, conform invenției, este alcătuit dintr-un tablou care conține mai mulți traductori electromagnetici și piezoelectrice, fiecare traductor fiind prevăzut cu un ghid de convergență, de formă conică, care are rolul de transformare a undelor sferice captate în unde plane, având ca efect creșterea puterii vibrațiilor mecanice care se descarcă pe traductori și produc semnale electrice care sunt colectate printr-un sistem multicanal cu circuite redresoare cu dubla alternanță la un acumulator sau la un consumator, spectrul larg de absorbție și conversie a zgomotului obținându-se prin diferențierea elementelor conice și a traductorilor utilizați într-un tablou.

Dispozitivul propus, permite captarea și conversia selectivă a zgomotului ambiental, prin utilizarea unei matrici ce conține 11 elemente conice. Rolul elementelor conice descrise și dimensionate distinct este de a realiza transformarea undelor sferice care se propagă în mediu și sunt captate, în unde plan paralele. Transformarea undelor sferice propagate în mediu în unde plane, oferă un câștig de putere acustică care se descarcă pe traductori electromagnetici și piezoelectrice, a căror impedanță proprie corespunde frecvențelor centrale din banda de 1/1 octave, funcție de care au fost dimensionate elementele de captare conice. Din cercetarile de laborator efectuate de autor a rezultat ca traductorii de semnal propusi au sensibilitatea maximă la frecvența de rezonanță, acoperind cu o eficiență ridicată și frecvențele laterale care însumează lățimea de bandă de octava. Semnalul acustic produce o vibrație mecanică a membranei traductorului care este convertită în semnal electric, descărcat individual, pe un sistem de captare multicanal (cu 11 canale) și care conține circuite

redresoare cu dublă alternanță. Prin redresare, din curent alternativ se obține un semnal electric continuu ce poate fi descărcat pe un consumator.

La recuperarea zgomotului și obținerea de curent electric, se detaliază următoarea succesiune de fenomene: conversia semnalului acustic în vibrație mecanică și conversia vibrației mecanice în semnal electric.

Noutatea adusă de dispozitivul propus rezidă din următoarele: este un dispozitiv de recuperare în spectru larg de unde acustice; utilizează transformarea undelor sferice propagate în mediu în unde plane, capabile să furnizeze un semnal suficient de puternic pentru a acționa membrana traductorilor; elementele de captare a zgomotului sunt particularizate, dimensiunile acestora rezultând printr-o relație proprie de calcul care fructifică similitudinile electro-acustice urmărind amplificarea puterii undei incidente pe traductor.

În continuare se prezintă un exemplu de realizare a invenției în legătura cu figurile 1, 2, ..., 6, care reprezintă:

- figura 1, schema dispozitivului
- figura 2, forma ghidului de convergență
- figura 3, schema de colectare a semnalelor, vedere frontală
- figura 4, schema de colectare a semnalelor, vedere în perspectivă
- figura 5, schema electrică a unui element redresor
- figura 6, modul de amplasare a dispozitivului pentru conversia zgomotului produs de traficul rutier.

Dispozitivul pentru conversia zgomotului în energie electrică (fig. 1) este alcătuit dintr-un suport 1, care susține o matrice de captare 2, cu niște traductori electromagnetici și piezoelectrics 3, care transformă energia acustică în semnale electrice care sunt colectate cu ajutorul conexiunilor 4 și a unui sistem multicanal 5 la un acumulator 6, sau la un consumator.

Matricea de captare 2 se obține prin amplasarea pe suportul 1, după o schemă definită, a unui număr de 11 traductori 3. Fiecare traductor 3 este prevăzut cu un element de convergență 7, care este diferențiat geometric în funcție de frecvența centrală pe care este acordat. Prin frecvența centrală s-a definit frecvența standardizată în banda de 1/1 octave, având valorile: 16, 31.5, 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 și 16000 Hz.

Pentru a acoperii întregul domeniu de frecvențe audibile de la 16-16000 Hz, s-a împărțit domeniul în 11 subdomenii, corespunzătoare frecvențelor centrale standardizate din banda 1/1 octave.

S-au conceput 11 tipuri de elemente de convergență 7, notate „tip 1”, „tip 2”, ..., „tip11”, câte un element de convergență pentru fiecare subdomeniu (tabelul 1).

Dimensiunile elementelor de convergență s-au calculat pe baza unui algoritm dezvoltat pe criterii de fizică acustică.

La stabilirea algoritmului s-au considerat elementele geometrice (fig. 2) și condiția de transmisibilitate a pâlniei acustice dată de raportul impedanțelor intrare-ieșire conform relației:

$$\tau = \frac{Z_{final}}{Z_{int rare}} = \frac{S_{final}}{S_{int rare}} \left[ \frac{l}{x_0} \cdot \frac{k^2 \cdot l \cdot x_0 + 1}{(k \cdot l)^2 + 1} + j \frac{l}{x_0} \cdot \frac{k(x_0 - l)}{(k \cdot l)^2 - 1} \right],$$

unde: k este numărul de undă, corespunzător frecvenței centrale pentru care s-au determinat elementele geometrice.

Unghiul de deschidere al pâlniei  $\alpha$  se determină cu relația:

$$\alpha = \arctg\left(\frac{r}{x_0}\right),$$

iar  $x_0$  se determină cu relația:

$$x_0 = \frac{c_0}{2 \cdot \pi \cdot f_j},$$

unde  $c_0$  este viteza sunetului la temperatura mediului ambiantal de 18<sup>0</sup>C;  $f_j$  reprezintă frecvența centrală din banda de octavă pentru care se face calculul.

Într-un exemplu de realizare a invenției (fig. 3 și fig. 4), nelimitativ, matricea de captare 2 folosește 11 traductori de tip electromagnetic și piezoelectric. Fiecare traductor este prevăzut cu câte un element de convergență 7, notate „tip 1”, „tip 2”, ..., „tip11”. Astfel, se utilizează câte un traductor cu un element de convergență specific pentru fiecare subdomeniu corespunzătoare frecvențelor centrale standardizate din banda 1/1 octave.

Ghidul de undă are o formă de trunchi de con și a fost dimensionat funcție de cerința de amplificare a undei sonore și, în același timp, pentru a asigura transformarea undei sferice în undă plană, cu efect de creștere a presiunii sonore.

Elementele caracteristice ale ghidului de undă sunt următoarele (fig. 4):

- $R$  raza la suprafața de captare semnal;
- $r$  raza la suprafața de emisie pe senzorul piezoelectric;
- $h$  înălțimea trunchiului de con;
- $\alpha$  semiunghiul la vârf al conului de captare.

Dimensiunile caracteristice calculate pentru conurile de captare se prezintă în tabelul 1.

Tipul	Frecvența centrală $f$ [Hz]	$R$	$r$	$l$	$\alpha$
1	16,5	0.1	0.016	0.749	6.399
2	31,5	0.26	0.129	0.871	8.553
3	63	0.16	0.065	0.968	5.605
4	125	0.08	0.008	0.984	4.602
5	250	0.14	0.032	0.936	6.582
6	500	0.255	0.172	0.485	9.711
7	1000	0.08	0.032	0.935	2.939
8	2000	0.222	0.129	0.743	7.135
9	4000	0.16	0.064	0.872	6.282
10	8000	0.193	0.125	0.968	4.018
11	16000	0.11	0.015	0.985	5.509

Algoritmul de poziționare a senzorilor de tip electromagnetici și piezoelectrice are în vedere următoarele caracteristici ale undei acustice:

- frecvența centrală de captare în banda de 1/1 octave;
- caracteristicile de undă (lungime de undă și număr de undă) pentru frecvențele centrale de captare;
- distanța recomandată receptor – convertor, față de punctul de emisie a zgomotului (drum – cale de rulare auto);

- cerințe minimale privind amplasarea sistemelor de detecție (matrice de captare).

Poziționarea senzorilor pe matrice se face pe criteriu dimensional, având în vedere ca frecvențele cu incidența cea mai mare în componența semnalului compus de zgomot să fie dispuse în zona centrală a matricei.

Amplasarea panoului dispozitivului se poate face conform figurii 6, în zone cu câmp liber de propagare, în apropierea arterelor de trafic, fiind recomandate distanțele de amplasare  $D$  care să respecte următoarea relație:

$$D = b \cdot (k) + 4 \cdot \frac{c(t)}{f_r}$$

Unde:  $b$  – lățimea unei benzi de circulație pe sens,

$k$  - nr. de benzi pe un sens de deplasare;

$c(t)$  - viteza sunetului determinată funcție de temperatura ambientală medie;

$f_r$  – frecvența de referință din banda de 1/1 octave, recomandată a se lua în considerare din banda de frecvență în care se înregistrează pe segmentul de drum amplitudini medii maxime.

Referitor la frecvența de referință se recomandă, din analizele efectuate în vederea testării echipamentului propus pentru brevetare, următoarele valori:

$f_r = 500$  Hz, pentru zgomot global continuu  $> 85$  dB(A);

$f_r = 1000$  Hz pentru zgomot global continuu  $< 85$  dB(A).

Prin aplicarea invenției rezulta următoarele avantaje:

- obținerea de energie din surse „libere” (deșuri energetice);
- înlocuiește panourile fonoabsorbante limitând cheltuielile privind atenuarea de zgomot în zone în care se înregistrează o poluare sonoră semnificativă, prin conversie de energie, zgomotul se reduce proporțional cu puterea electrică obținută și randamentul conversiei;
- obținerea energiei electrice necesară asigurării sistemelor de monitorizare, informare și dirijare a traficului pentru autostrăzi și drumuri expres.

## REVEDICĂRI

1. Dispozitiv pentru conversia zgomotului în energie electrică alcătuit dintr-un suport (1) care susține o matrice de captare (2) prevăzută cu niște traductori (3), electromagnetici și piezoelectrics care transforma energia acustică în semnale electrice, **caracterizat prin aceea că** matricea de captare (2) se obține prin amplasarea pe suportul (1), după o schemă definită, a unui număr de 11 traductori (3), fiecare traductor fiind prevăzut cu un element de convergență (7), care este diferențiat geometric în funcție de frecvența centrală standardizată în banda de 1/1 octave, semnalele electrice de la traductori sunt colectate cu ajutorul conexiunilor (4) și a unui sistem multicanal (5) la un acumulator (6), sau la un consumator.
2. Dispozitiv pentru conversia zgomotului în energie electrică electrice, conform revendicării 1, **caracterizat prin aceea că**, diferențierea geometrică a elementelor de convergență (7) s-a realizat pe baza unui algoritm dezvoltat pe criterii de fizică acustică, din condiția de transmisibilitate a pâlniei acustice dată de raportul impedanțelor intrare-ieșire conform relației:

$$\tau = \frac{Z_{final}}{Z_{int rare}} = \frac{S_{final}}{S_{int rare}} \left[ \frac{l}{x_0} \cdot \frac{k^2 \cdot l \cdot x_0 + 1}{(k \cdot l)^2 + 1} + j \frac{l}{x_0} \cdot \frac{k(x_0 - l)}{(k \cdot l)^2 - 1} \right],$$

unde:  $k$  este numărul de undă, corespunzător frecvenței centrale pentru care s-au determinat elementele geometrice, semiunghiul  $\alpha$ , de deschidere al pâlniei determinându-se cu relațiile:

$$\alpha = \arctg\left(\frac{r}{x_0}\right),$$

$$x_0 = \frac{c_0}{2 \cdot \pi \cdot f_j},$$

unde  $c_0$  este viteza sunetului la temperatura mediului ambiental de 18°C, iar  $f_j$  reprezintă frecvența centrală din banda de octavă pentru care se face calculul.

3. Dispozitiv pentru conversia zgomotului în energie electrică electrice, conform revendicării 1, **caracterizat prin aceea că** pentru acoperirea domeniului de frecvențe audibile de la 16-16000 Hz, s-au conceput 11 tipuri de elemente de convergență (7), notate „tip 1”, „tip 2”, ..., „tip11”, câte un element de convergență pentru fiecare subdomeniu corespunzător



frecvențelor centrale standardizate din banda 1/1 octave, forma elementelor de convergență fiind de trunchi de con definită de raza  $R$ , corespunzătoare părții exterioare de captare a undelor sonore, de raza  $r$ , corespunzătoare zonei de contact cu traductorul și de semiunghiul la vârf  $\alpha$ , sau care pot fi definite de razele  $R$  și  $r$  și de înălțimea conului  $l$ , dimensiunile celor 11 tipuri de elemente de convergență (7) fiind redată în tabelul de mai jos:

Tipul	Frecvența centrală $f$ [Hz]	$R$	$r$	$l$	$\alpha$
1	16,5	0.1	0.016	0.749	6.399
2	31,5	0.26	0.129	0.871	8.553
3	63	0.16	0.065	0.968	5.605
4	125	0.08	0.008	0.984	4.602
5	250	0.14	0.032	0.936	6.582
6	500	0.255	0.172	0.485	9.711
7	1000	0.08	0.032	0.935	2.939
8	2000	0.222	0.129	0.743	7.135
9	4000	0.16	0.064	0.872	6.282
10	8000	0.193	0.125	0.968	4.018
11	16000	0.11	0.015	0.985	5.509

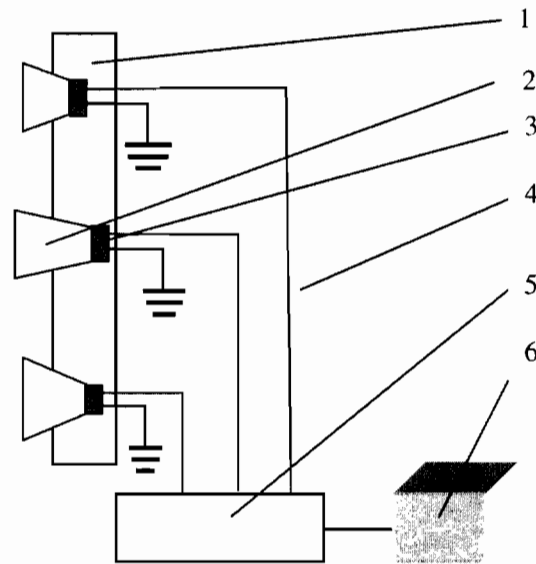


Figura 1

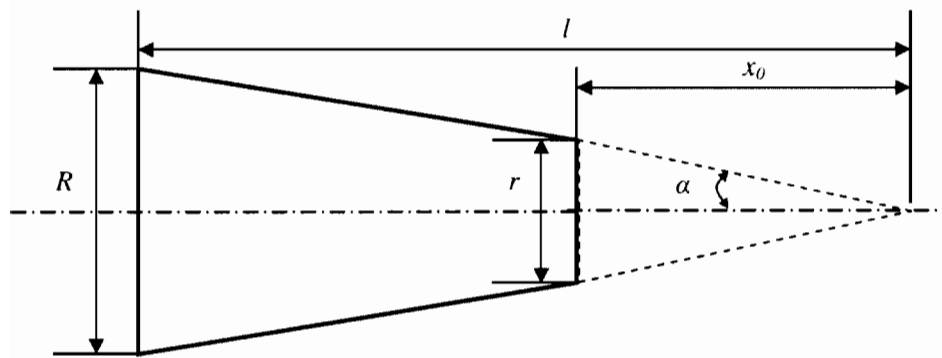


Figura 2

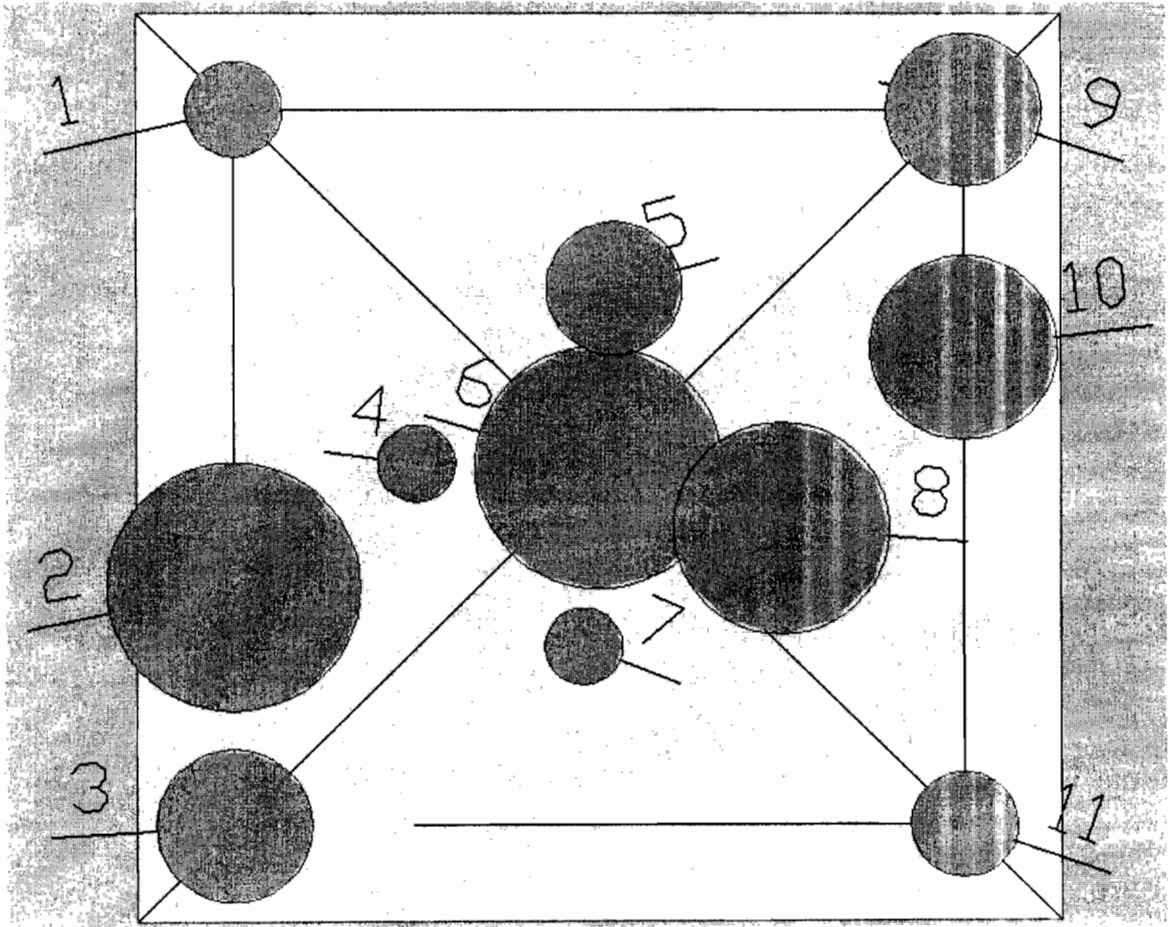


Figura 3

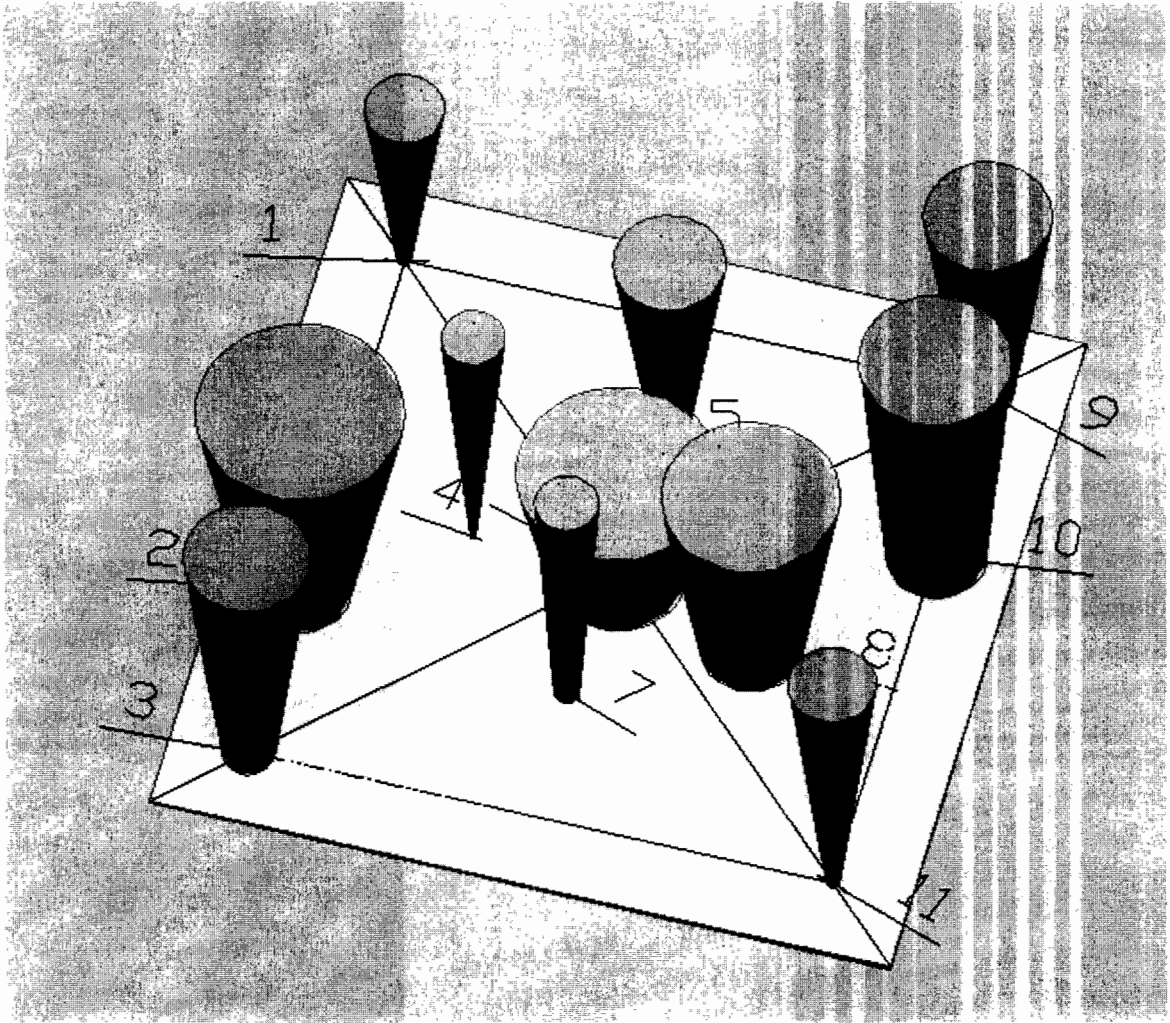


Figura 4

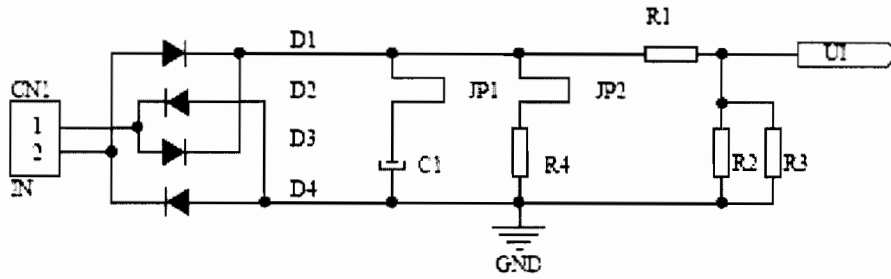


Figura 5

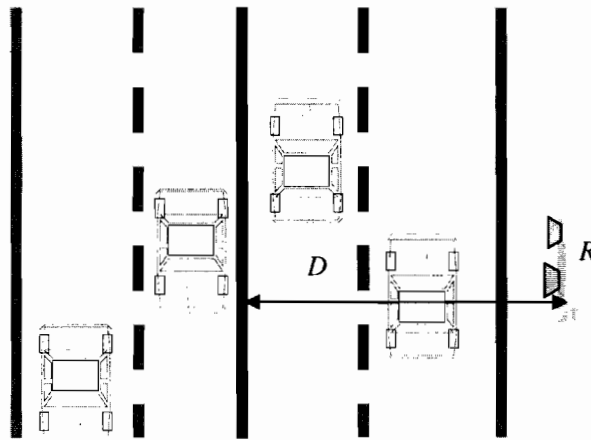


Figura 6