



(12)

## BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: **a 2014 00170**

(22) Data de depozit: **28/02/2014**

(45) Data publicării mențiunii acordării brevetului: **30/03/2021** BOPI nr. **3/2021**

(41) Data publicării cererii:  
**30/10/2015** BOPI nr. **10/2015**

(73) Titular:  
• **INSTITUTUL NAȚIONAL DE  
CERCETARE-DEZVOLTARE PENTRU  
OPTOELECTRONICĂ - INOE 2000,  
STR.ATOMIȘTILOR NR.409, MĂGURELE,  
IF, RO**

(72) Inventatori:  
• **SAVASTRU DAN, STR.IANI BUZOIANI  
NR.3, BL.16, SC.A, AP.2, SECTOR 1,  
BUCUREȘTI, B, RO;**  
• **MICLOȘ SORIN, CALEA GRIVIȚEI  
NR.160, BL.B, SC.A, ET.9, AP.42,  
SECTOR 1, BUCUREȘTI, B, RO;**

• **POPESCU AURELIAN, STR. ȘELIMBĂR  
NR.27, MĂGURELE, IF, RO;**  
• **SAVASTRU ROXANA, STR.IANI  
BUZOIANI NR.3, BL.16, SC.A, AP.2,  
SECTOR 1, BUCUREȘTI, B, RO**

(56) Documente din stadiul tehnicii:  
**US 2008/0129541; QINGYU LIN Ș.A.,  
"COMBINED LASER-INDUCED  
BREAKDOWN WITH RAMAN  
SPECTROSCOPY: HISTORICAL  
TECHNOLOGY DEVELOPMENT AND  
RECENT APPLICATIONS", TAYLOR &  
FRANCIS GROUP LLC, PP.487-508, 2013;  
EP 2196792**

(54) **PROCEDEU ȘI DISPOZITIV DE SESIZARE A GHEȚII  
DE PE CĂILE RUTIERE**



# RO 130626 B1

1           Invenția se referă la un procedeu de sesizare a gheții de pe căile rutiere de la bordul  
unui autovehicul aflat în mișcare și la un dispozitiv care aplică procedeuul.

3           Siguranța circulației autovehiculelor pe timp de iarnă, mai ales pe artere rutiere de  
mare viteză (autostrăzi) depinde în mod esențial de avertizarea conducătorului autovehi-  
5           culului asupra prezenței gheții sau poleiului pe acel drum, la o distanță de autovehicul sufi-  
cient de mare pentru a permite o reacție promptă a conducătorului sau a unui sistem auto-  
7           matizat. Această distanță considerăm că poate fi stabilită la 100 m, dar ea poate 11 modi-  
ficată corespunzător cerințelor autovehiculului respectiv.

9           Până în prezent singura metodă de avertizare asupra posibilității existenței gheții sau  
poleiului pe căile rutiere constă în măsurarea temperaturii la exteriorul autovehiculului și la  
11          emiterea unei avertizări atunci când aceasta scade sub o anumită valoare stabilită (de  
exemplu sub +4°C).

13          Dezavantajul major al acestei metode constă în faptul că ea nu detectează prezența  
gheții sau poleiului pe artera rutieră ci doar semnalează existența unei temperaturi suficient  
15          de scăzute pentru a permite apariția înghețului. Existența condițiilor favorabile apariției gheții  
sau poleiului nu înseamnă însă că fenomenul respectiv chiar s-a produs, cu atât mai puțin  
17          amplerea sa.

19          Problema tehnică pe care o rezolvă prezenta invenție constă în sesizarea prezenței  
gheții pe arterele rutiere de la bordul unui autovehicul aflat în mișcare la o distanță de acesta  
suficientă pentru a asigura un timp de răspuns corespunzător.

21          Procedeu de sesizare a gheții de pe căile rutiere de la bordul unui autovehicul aflat  
în mișcare cuprinde următoarele etape: se iluminează o fâșie scurtă și lată aproximativ cât  
23          lățimea drumului cu un fascicul provenit de la un laser ce emite radiație verde, în impulsuri,  
cu comutație a factorului de calitate (Q-switch), de înaltă energie, folosind optică cilindrică,  
25          la o anumită distanță aleasă convenabil în fața autovehiculului, excitând Raman porțiunea  
de drum analizată, se colectează lumina provenită de la zona iluminată cu ajutorul unui  
27          obiectiv, prevăzut cu un filtru de absorbție care taie radiația laserului de excitare dar lasă să  
treacă radiația din spectrul Raman, și o focalizează pe fanta unui spectrograf, care produce  
29          dispersia cromatică a luminii ce intră prin fantă în spectrograf pe senzorul unei camere CCD,  
legată la un PC, care analizează imaginea transmisă de camera CCD, stabilește prezența  
31          gheții, temperatura și grosimea ei, transmite informațiile computerului de bord al autove-  
hiculului.

33          Dispozitiv de sesizare a gheții de pe căile rutiere de la bordul unui autovehicul aflat  
în mișcare prin procedeu definit în revendicarea 1, se constituie dintr-un laser ce emite în  
35          impulsuri de radiație verde de înaltă energie, o lentilă cilindrică care formează pe artera  
rutieră o zonă iluminată, de excitare, un obiectiv, prevăzut cu un filtru optic de absorbție ce  
37          lasă să treacă lungimile de undă mari lunetă de expandare a fasciculului laser, care reali-  
zează imaginea zonei de excitare de pe drum pe fanta orizontală a unui spectrograf, care  
39          realizează descompunerea spectrală a imaginii formate pe fanta sa de intrare, o cameră  
CCD pe al cărei senzor se formează imaginea produsă de spectrograf, un PC sau microcon-  
41          troller care citește imaginea transmisă de camera CCD, analizează informația astfel  
achiziționată, stabilește prezența gheții, temperatura și grosimea ei, preia informația de tem-  
43          peratură exterioară de la senzorul al autovehiculului și, dacă această temperatură este infe-  
rioară unui prag stabilit, pornește sursa de alimentare a dispozitivului, pentru a evita funcțio-  
45          narea dispozitivului atunci când temperatura exterioară este în mod evident prea ridicată  
pentru a se produce polei sau gheață.

# RO 130626 B1

Invenția prezintă următoarele avantaje:	1
- sesizează prezența gheții pe artera rutieră;	
- zona în care se caută prezența gheții se află la 100 m în fața autovehiculului;	3
- poate furniza informații referitoare la temperatura și grosimea stratului de gheață.	
Se dă în continuare un exemplu de realizare a invenției în legătură cu fig. 1...3 care reprezintă:	5
- fig. 1, prezintă deplasarea Raman <b>a</b> pentru gheață și <b>b</b> pentru apă, funcție de temperatură;	7
- fig. 2, prezintă un mod de realizare a invenției;	9
- fig. 3, prezintă principiul de funcționare a dispozitivului de sesizare a gheții pe arterele rutiere.	11
Procedeeul se bazează pe spectroscopia Raman a unei zone din artera rutieră aflată în fața autovehiculului. Se cunosc spectre Raman complexe <b>Y. Marechal, "The molecular structure of liquid water delivered by absorption spectroscopy in the whole IR region completed with thermodynamics data", .1. Mol. Structure 1004 (2011) 146-155.</b> Analiza acestora, împreună cu modificările provocate de variațiile de temperatură și/sau presiune sau de prezența unor soluții, este considerată a fi capabilă să furnizeze informație detaliată referitoare la structurarea apei lichide. Spectroscopia Raman este o metodă promițătoare pentru detecția la distanță a prezenței gheții, apei și chiar a temperaturii sale, a se vedea <b>S. M. Pershin, A. F. Bunkin, V. A. Lukyanchenko, "Evolution of the spectral component of ice in the OH band of water at temperatures from 13 to 99 °C", Quantum Electron. 40, 1146-1148 (2010), N. P. Andreeva, A. F. Bunkin, S. M. Pershin, "Deformation of the Raman scattering spectrum of Ih ice under local laser heating near 0 °C", Opt. Spectrosc. 93, 252-256 (2002) și Q. Sun, "The Raman OH stretching bands of liquid water", Vib. Spectrosc. 51, 213-217 (2009).</b>	13
	15
	17
	19
	21
	23
	25
Spectroscopia Raman este o tehnică spectroscopică folosită pentru a observa modurile vibraționale, rotaționale și alte moduri de frecvență joasă dintr-un sistem. Ea se bazează pe difuzia neelastică a luminii monocromatice, provenită de obicei de la un laser ce emite în domeniul vizibil, infraroșu apropiat sau ultraviolet apropiat. Lumina laser interacționează cu vibrațiile moleculare, fononi sau alte excitații din sistem, având drept rezultat că energia fotonilor laser este deplasată în sus sau în jos. Deplasarea energiei dă informații asupra modurilor vibraționale din sistem. Tipic, proba se iluminează cu un fascicul laser. Lumina provenită de la zona iluminată este colectată cu un obiectiv și trimisă printr-un monocromator.	27
	29
	31
	33
Lungimile de undă apropiate de linia laser datorate difuziei Rayleigh elastice sunt filtrate în timp ce restul luminii colectate este dispersată pe un detector. Instrumentația modernă folosește în mod aproape universal filtre trece-bandă sau filtre trece-sus pentru rejecția laserului și spectrografe și detectori CCD.	35
	37
Efectul Raman atunci când lumina lovește o moleculă și interacționează cu norul de electroni și cu legăturile acelei molecule. Când molecula se relaxează, ea emite un foton și se întoarce la o stare rotațională sau vibrațională diferită. Diferența dintre energia stării originale și cea a noii stări duce la o deplasare a frecvenței fotonilor emiși față de lungimea de undă de excitație. Efectul Raman, care este un fenomen de difuziune a luminii, este un fenomen diferit de absorbție (și de fluorescență) în care molecula este excitată la un nivel de energie discret (nu virtual). Dacă starea vibrațională finală a moleculei este mai energetică decât starea inițială fotonul emis va fi deplasat la o frecvență mai mică pentru ca energia totală a sistemului să se conserve. Acest tip de deplasare se numește deplasare Stokes.	39
	41
	43
	45

# RO 130626 B1

1 Dacă starea vibrațională finală a moleculei este mai puțin energetică decât starea inițială  
fotonul emis va fi deplasat la o frecvență mai mare. Acest tip de deplasare se numește depla-  
3 sare anti-Stokes.

Deplasările Raman sunt date de obicei în numere de undă, care au unități inversa  
5 lungimii ( $\text{cm}^{-1}$ ). Deplasarea Raman se poate calcula astfel:

$$7 \quad \Delta w = \frac{1}{\lambda_0} - \frac{1}{\lambda_1}$$

9 unde  $\Delta w$  este deplasarea Raman exprimată în număr de undă,  $\lambda_0$  este lungimea de undă de  
excitare iar  $\lambda_1$  este lungimea de undă a spectrului Raman.

11 Deplasarea Raman fiind dată în  $\text{cm}^{-1}$  iar lungimile de undă în nm, se poate scrie că:

$$13 \quad \Delta w(\text{cm}^{-1}) = \left( \frac{1}{\lambda_0(\text{nm})} - \frac{1}{\lambda_1(\text{nm})} \right) \times \left( \frac{10^7 \text{ nm}}{\text{cm}} \right)$$

15

Gheața are o deplasare Raman cunoscută, care depinde și de temperatură. De  
17 exemplu, știind că la  $0^\circ\text{C}$  deplasarea Raman a gheții este de  $3148 \text{ cm}^{-1}$  (fig. 1a), iar lungimea  
de undă de excitare este 527 nm, rezultă o lungime de undă a spectrului Raman de  
19 631,8 nm.

Gheața aflată pe carosabil poate fi deosebită de asfalt, diverse alte substanțe și chiar  
21 de apă, deoarece fiecare substanță are propria deplasare Raman. În fig.1b este prezentată  
variația deplasării Raman pentru apă funcție de temperatură. La aceeași temperatură, de  
23  $0^\circ\text{C}$ , și la aceeași lungime de undă de excitare de 527 nm, când deplasarea Raman a apei  
este de  $3352 \text{ cm}^{-1}$ , rezultă o lungime de undă a spectrului Raman de 640,1 nm, adică o  
25 diferență de 8,3 nm, sesizabilă cu un spectrograf.

Procedeu, conform invenției, în legătură cu fig. 3, constă din iluminarea unei fâșii  
27 scurte și late (aproximativ 6-10 cm x 3,5-4 m) al arterei 3 rutiere, la o distanță de 100 m în  
fața autovehiculului, cu un fascicul provenit de la un laser 1 ce emite radiație verde, în  
29 impulsuri, cu comutație a factorului de calitate (Q-switch), de înaltă energie, folosind optică  
2 cilindrică, excitând Raman porțiunea de drum analizată. Lumina provenită de la zona ilumi-  
31 nată este colectată de un obiectiv 4, prevăzut cu un filtru de absorbție care taie radiația  
laserului de excitare dar lasă să treacă radiația din spectrul Raman. Obiectivul focalizează  
33 pe fanta unui spectrograf 5, care produce dispersia cromatică a luminii ce intră prin fantă în  
spectrograf pe senzorul unei camere 6 CCD, legată la un PC sau un microcontroler. Alimen-  
35 tarea laserului, a spectrografului și a camerei 6 CCD se face printr-o sursă ce este pornită  
doar atunci când senzorul de temperatură al autovehiculului indică o temperatură inferioară  
37 unui prag stabilit (de exemplu,  $+4^\circ\text{C}$ ), deoarece funcționarea dispozitivului atunci când  
temperatura exterioară este prea ridicată nu se justifică. Imaginea achiziționată de la camera  
39 CCD de către PC este analizată și se caută prezența gheții la lungimile de undă deplasate  
Raman calculate. În cazul depistării acestora, se generează un semnal de avertizare, care  
41 poate fi folosit la eventuale automatizări. În plus, din analiza spectrului Raman astfel obținut  
se pot extrage informații asupra stratului de gheață: temperatura și grosimea sa, care pot fi  
43 afișate de computerul de bord al autovehiculului.

Dispozitivul conform invenției este alcătuit dintr-un laser cu emisie de impulsuri de  
45 radiație verde de înaltă energie, o optică cilindrică, un filtru optic de absorbție ce lasă să  
treacă lungimile de undă mari, o optică de focalizare (obiectiv), un spectrograf cu fantă ori

# RO 130626 B1

zontală, o cameră CCD, un PC (sau un microcontroler), senzorul de temperatură al autovehiculului și din sursa de alimentare a dispozitivului care este pornită la o temperatură exterioară inferioară unui prag setat. 1  
3

O formă preferată de realizare a invenției se prezintă în continuare, în legătură cu fig. 2. Dispozitivul de sesizare a gheții pe arterele rutiere realizat conform invenției este alcătuit dintr-un laser **1** ce emite în impulsuri de radiație verde de înaltă energie (se poate folosi un laser cu lungimea de undă de 527 nm și o energie pe impuls de circa 150 μJ), o lentilă **2** cilindrică care formează pe artera rutieră o zonă **3** iluminată, de excitare, un obiectiv **4** (poate fi o lentilă Fresnel), prevăzut cu un filtru optic de absorbție ce lasă să treacă lungimile de undă mari lunetă de expandare a fasciculului laser (de exemplu, un filtru portocaliu OG570), care realizează imaginea zonei de excitare de pe drum pe fanta orizontală a spectrografului **5**, un spectrograf **5** care realizează descompunerea spectrală a imaginii formate pe fanta sa de intrare, o cameră CCD **6** pe al cărei senzor se formează imaginea produsă de spectrograf **5**, fiecare linie reprezentând o altă lungime de undă, un PC sau microcontroler **7** care citește imaginea transmisă de camera **6** CCD și analizează informația astfel achiziționată. De asemenea, acest PC **7** preia informația de temperatură exterioară de la senzorul **8** autovehiculului și, dacă această temperatură este inferioară unui prag stabilit, pornește sursa **9** de alimentare a dispozitivului, pentru a evita funcționarea dispozitivului atunci când temperatura exterioară este în mod evident prea ridicată pentru a se produce polei sau gheață. 5  
7  
9  
11  
13  
15  
17  
19

# RO 130626 B1

## Revendicări

1

3

1. Procedeu de sesizare a gheții de pe căile rutiere de la bordul unui autovehicul aflat în mișcare, **caracterizat prin aceea că** se iluminează o fâșie scurtă și lată aproximativ cât lățimea drumului cu un fascicul provenit de la un laser (1) ce emite radiație verde, în impulsuri, cu comutație a factorului de calitate, de înaltă energie, folosind optică cilindrică, în impulsuri, cu comutație a factorului de calitate, de înaltă energie, folosind optică cilindrică, la o anumită distanță aleasă convenabil în fața autovehiculului, excitând Raman porțiunea de drum analizată, se colectează lumina provenită de la zona iluminată cu ajutorul unui obiectiv (4), prevăzut cu un filtru de absorbție care taie radiația laserului (1) de excitare dar lasă să treacă radiația din spectrul Raman, și o focalizează pe fanta unui spectrograf (5), care produce dispersia cromatică a luminii ce intră prin fantă în spectrograf (5) pe senzorul unei camere (6) CCD, legată la un microcontroler (7), care analizează imaginea transmisă de camera (6) CCD, stabilește prezența gheții, temperatura și grosimea ei, transmite informațiile computerului de bord al autovehiculului.

11

13

15

2. Dispozitiv de sesizare a gheții de pe căile rutiere de la bordul unui autovehicul aflat în mișcare prin procedeul definit în revendicarea 1, **caracterizat prin aceea că** este alcătuit dintr-un laser (1) ce emite în impulsuri de radiație verde de înaltă energie, o lentilă (2) cilindrică care formează pe artera (3) rutieră o zonă iluminată, de excitare, un obiectiv (4), prevăzut cu un filtru optic de absorbție ce lasă să treacă lungimile de undă mari lunetă de expandare a fasciculului laser, care realizează imaginea zonei de excitare de pe drum pe fanta orizontală a unui spectrograf (5), care realizează descompunerea spectrală a imaginii formate pe fanta sa de intrare, o cameră (6) CCD pe al cărei senzor se formează imaginea produsă de spectrograf, un microcontroler (7) care citește imaginea transmisă de camera (6) CCD, analizează informația astfel achiziționată, stabilește prezența gheții, temperatura și grosimea ei, preia informația de temperatură exterioară de la senzorul (8) al autovehiculului și, dacă această temperatură este inferioară unui prag stabilit, pornește sursa (9) de alimentare a dispozitivului, pentru a evita funcționarea dispozitivului atunci când temperatura exterioară este în mod evident prea ridicată pentru a se produce polei sau gheață.

17

19

21

23

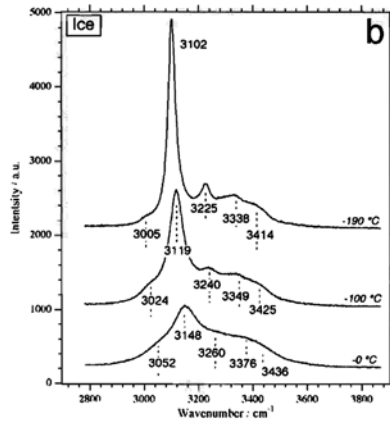
25

27

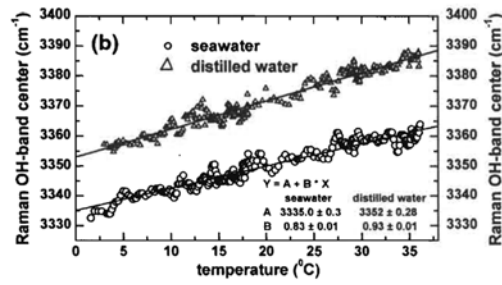
(51) Int.Cl.

G08G 1/09 (2006.01),

G01N 21/65 (2006.01)



a)



b)

Fig. 1

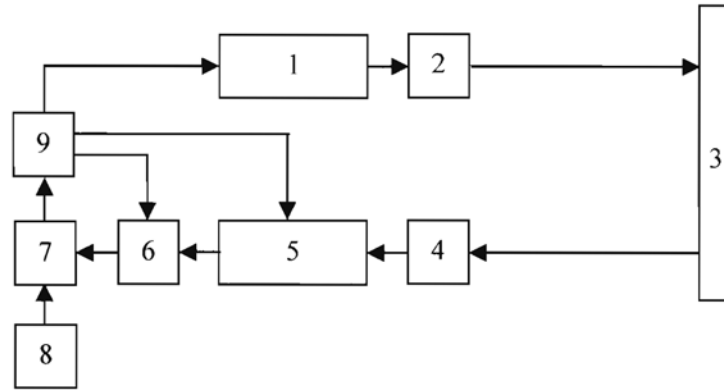


Fig. 2

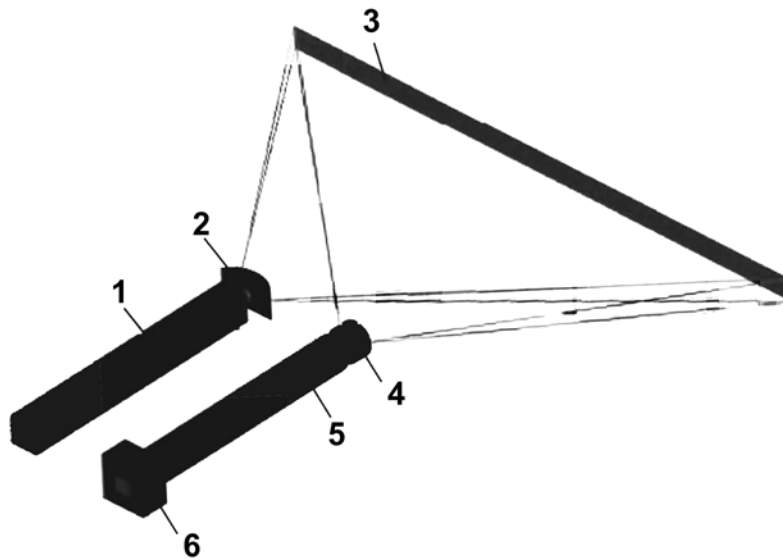


Fig. 3

