



(12)

BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: **a 2015 00309**

(22) Data de depozit: **04/05/2015**

(45) Data publicării mențiunii acordării brevetului: **30/05/2018** BOPI nr. **5/2018**

(41) Data publicării cererii:
26/02/2016 BOPI nr. **2/2016**

(73) Titular:
• **TERRASIGNA S.R.L.**, STR. ZIZIN NR. 1,
BL. F10C, SC. 4, AP. 104, SECTOR 3,
BUCUREȘTI, B, RO

(72) Inventatori:
• **MOLDOVAN ADRIAN-SEPTIMIU**,
STR.SELIMBAR NR.32A, MĂGURELE, IF,
RO;
• **ȘERBAN FLORIN**, STR. FOIȘORULUI
NR. 17, BL. F10C, SC. 2, AP. 52,
SECTOR 3, BUCUREȘTI, B, RO;
• **PONCOS VALENTIN IOAN**,
STR. PERCHIULUI NR. 8, ONEȘTI, BC, RO;

• **TOMA ȘTEFAN ADRIAN**, STR. SECUIILOR
NR. 13, BL. 19, SC. 3, ET. 1, AP. 82,
SECTOR 4, BUCUREȘTI, B, RO;
• **TELEAGA DELIA COSMINA**,
STR. DRAGOȘ VODĂ NR. 47, ET. 2, AP. 3,
SECTOR 2, BUCUREȘTI, B, RO;
• **ANGHEL ANDREI**, BD. PRIMĂVERII
NR. 26, SECTOR 1, BUCUREȘTI, B, RO;
• **CACOVEANU REMUS**, STR. SIBIU NR. 5,
BL. E3, SC. 1, ET. 9, AP. 60, SECTOR 6,
BUCUREȘTI, B, RO;
• **STAN ANDREI**,
BD. MIHAIL KOGĂLNICEANU NR. 45,
BUCUREȘTI, B, RO

(56) Documente din stadiul tehnicii:
CN 101551455; EP 1141748 B1;
US 5659318 A

(54) **RADAR MONOSTATIC INTERFEROMETRIC DIGITAL
CU COMPRESIE A IMPULSULUI ȘI APERTURĂ SINTETICĂ
In-SAR, CU APLICABILITATE ÎN MONITORIZAREA
DEPLASĂRILOR SUB-MILIMETRICE ALE STRUCTURILOR
MASIVE ȘI ALUNECĂRILOR DE TEREN**



RO 130942 B1

1 Invenția se referă la un radar monostatic interferometric cu compresie a impulsului
și apertură sintetică In-SAR, Interferometric Synthetic Aperture Radar, cu prelucrare digitală
3 avansată a semnalelor, cu aplicabilitate în monitorizarea de la distanță a deplasărilor
structurilor masive, clădiri, poduri, baraje, și a deplasărilor terenului, alunecări de teren,
5 produse ca efect al dilatărilor, acțiunii vântului, eroziunii solului, precum și al altor cauze.

 Sunt cunoscute și există referințe despre radare In-SAR care sunt destinate
7 monitorizării structurilor masive și alunecărilor de teren. Acestea au o construcție similară,
principal, caracteristică sistemelor radar cu apertură sintetică. Aceste sisteme pot monitoriza
9 deplasări sub-milimetrice ale țintelor vizate și oferă ca rezultat final hărți ale suprafeței
urmărite, codificate color, în care culoarea reprezintă deformările, respectiv deplasările
11 înregistrate pe perioada monitorizării. Astfel de sisteme pot urmări scene aflate la distanțe
de ordinul kilometrilor și operează, uzual, în benzile Ku și X.

13 Dezavantajul principal al acestor sisteme este reprezentat de prețul ridicat al
acestora, iar acest aspect se reflectă și asupra prețului la care deținătorii lor pot oferi
15 serviciile de monitorizare către autoritățile competente sau către terți. Un alt dezavantaj al
sistemelor cunoscute este acela că rezultatul măsurătorilor este influențat de neliniaritățile
17 care se manifestă în lanțul de emisie, astfel încât faza semnalelor recepționate este afectată
de erorile pe care le generează aceste neliniarități.

19 Problema tehnică pe care o rezolvă invenția constă în diminuarea efectelor
neliniarității de frecvență a impulsului radar emis, cu efect pozitiv în creșterea preciziei
21 măsurătorilor.

 Radarul monostatic, interferometric, digital, cu compresie a impulsului și apertură
23 sintetică In-SAR, cu funcționare în banda 5,4...6,0 GHz, utilizând modulație de frecvență
cvasiliniară, înlătură dezavantajele prezentate prin aceea că este alcătuit dintr-o unitate
25 digitală, o unitate analogică și o unitate de deplasare mecanică liniară, a căror funcționare
este controlată de un calculator care comunică cu aceste trei unități, determinând generarea
27 impulsurilor radar, iar unitatea digitală conține un sistem de achiziție la care este conectat
un convertor analog-digital de mare viteză, care digitizează sincron, pe două canale de
29 conversie analog-digitală, atât semnalul retroîmprăștiat de către obiectele din scena scanată,
cât și o copie a semnalului transmis, astfel încât, după procesarea software a semnalului,
31 se diminuează efectele neliniarității de frecvență a impulsului radar emis.

 Radarul monostatic interferometric digital cu compresie a impulsului și apertură
33 sintetică In-SAR, conform invenției, prezintă următoarele avantaje:

- 35 - reprezintă o soluție tehnică cu grade de tehnicitate și compactizare ridicate;
- 37 - prezintă avantajul procesării avansate a semnalului, întrucât sunt digitizate ambele
canale de radiofrecvență (emisie și recepția), iar rezultatul digitizării este memorat și
39 disponibil prelucrării semnalului;
- are o topologie heterodină care îi conferă stabilitate, selectivitate și sensibilitate
ridicate;
- 41 - permite conectarea unor front-end-uri radar adaptate specificului aplicației prin
modificarea benzii de operare, cu păstrarea integrală a platformelor software, digitală și
mecanică;
- 43 - utilizează componente electronice pentru microunde care scad costul de producție
în mod semnificativ;
- 45 - utilizează antene de tip patch-array, realizate în tehnologie microstrip, care îi
conferă o compactitate crescută;
- 47 - are procesor SAR încorporat care permite prelucrarea semnalelor și aplicarea
algoritmilor de compresie în distanță și azimut pentru obținerea *in situ* a imaginilor SAR
49 focalizate;

RO 130942 B1

- folosește o soluție de prelucrare digitală a semnalelor, ceea ce îi conferă o mare versatilitate;	1
- platformele hardware utilizate sunt gestionate printr-un software dezvoltat sub limbajul de programare grafică LabVIEW, asigurându-se astfel capabilitatea de utilizare a radarului inclusiv în scopuri didactice;	3 5
- oferă, la un preț scăzut, performanțe similare sistemelor consacrate.	
Prin utilizarea unui sistem de digitizare performant, atât pentru digitizarea semnalului recepționat și a celui emis, cât și prin prelucrarea digitală a semnalelor, se elimină necesitatea de a utiliza componente extrem de performante și implicit costisitoare în unitatea analogică. În mod uzual, atenția este dirijată asupra selectării unor componente de radiofrecvență de înaltă performanță, în ceea ce privește stabilitatea frecvenței și a fazei. În cazul prezentei invenției, abordarea se focalizează pe digitizarea și memorarea fluctuațiilor și neliniarităților acestor componente, așa cum apar în semnalul emis, și nu pe diminuarea acestora. Prelucrarea digitală a acestor informații, folosind tehnici software de procesare avansată a semnalelor, permite compensarea parțială a acestor neliniarități și alegerea unor componente aflate într-o categorie de prețuri scăzute, având ca rezultat obținerea unor performanțe tehnice similare cu acelea ale sistemelor produse pe plan internațional, însă la un cost de producție diminuat.	7 9 11 13 15 17
Astfel, se îmbunătățește semnificativ precizia măsurătorilor și, prin utilizarea unor componente pentru microunde accesibile ca preț, performanțele sistemului sunt menținute la nivelul performanțelor obținute cu sisteme produse pe plan internațional.	19 21
Radarul este construit într-o structură compactă care conține un front-end radar adaptabil aplicației, reprezentat de unitatea de emisie și unitatea de recepție, construite într-o topologie heterodină, convertoare analog-digitale de mare viteză și o unitate de stocare temporară a semnalelor digitizate, acest bloc fiind montat pe o axă de deplasare liniară. Funcționarea radarului și deplasarea acestuia de-a lungul axei liniare, în azimut, sunt coordonate de un computer dedicat achiziției și procesării semnalelor și, respectiv, controlului unității de deplasare a radarului, astfel încât, pentru fiecare nouă poziție a radarului pe axa de deplasare, se obține un profil radar al scenei scanate. Profilele radar obținute de-a lungul deplasării azimutale ale blocului radar sunt stocate pe hard-disk-ul computerului, iar la sfârșitul unei scanări sunt procesate prin tehnici software specifice pentru a obține imaginea radar cu apertură sintetică a scenei scanate, în cadrul acestui proces fiind folosit un algoritm de focalizare a imaginii. Algoritmul de procesare a datelor în urma aplicării căruia rezultă o imagine radar focalizată este cunoscut sub numele de "procesor SAR". Imaginile SAR obținute sunt prezentate sub forma unei hărți 3D codificate color, care prezintă pozițiile țintelor în distanță și azimut, și în care culoarea reprezintă energia reflectată de respectivele ținte.	23 25 27 29 31 33 35 37
Radarul propus utilizează o schemă de digitizare și memorare a semnalului emis (replică), pe care o utilizează apoi, ca informație obținută în timp real, pentru a realiza deconvoluția semnalului recepționat. În acest fel, derivatele termice și neliniaritățile de frecvență ale chirpului generat sunt compensate într-o mare măsură. Calitatea informației obținute, din acest punct de vedere, depinde doar de stabilitatea de fază a oscilatorului controlat în tensiune și a oscilatorului local.	39 41 43
Se descrie, în continuare, un exemplu de realizare a invenției în legătură cu fig. 1, care reprezintă schema bloc a radarului monostatic interferometric digital, cu compresie a impulsului și apertura sintetică In-SAR, cu aplicabilitate în monitorizarea deplasărilor submilimetrice ale structurilor masive și a alunecărilor de teren.	45 47

RO 130942 B1

1 Radarul monostatic interferometric digital cu compresie a impulsului și apertura
sintetică In-SAR, conform invenției, este alcătuit dintr-o unitate digitală **A**, controlată de un
3 computer **1** care controlează funcționarea radarului prin intermediul unei interfețe USB **6** și
al unei interfețe Ethernet **7**, interfața USB **6** fiind conectată la o interfață **4** prin care sunt
5 generate semnale de triggerare pentru un generator **5** de tensiune liniar variabilă și,
respectiv, prin care este controlată o unitate de deplasare mecanică **C**, care cuprinde un
7 controler de deplasare **10** prin care se asigură mișcarea radarului pe axa de deplasare liniară
24. Interfața Ethernet **7** este conectată la un sistem de achiziție **2**, la care este conectat un
9 convertor analog-digital **3** de mare viteză care digitizează pe două canale **8** și **9** semnalele
analogice primite de la unitatea analogică **B**, care este compusă, pe calea de emisie, dintr-un
11 oscilator **11** controlat în tensiune, un filtru trece-bandă **12**, un cuplor direcțional **13**, un
amplificator **14**, o antenă de emisie **22**, un splitter **15** și un mixer **16**, respectiv, pe calea de
13 recepție, dintr-o antenă de recepție **23**, un amplificator de recepție **21** și un mixer **20**, cele
două căi având comun un oscilator local **17**, un amplificator de separare **18** și un splitter **19**.

15 Funcționarea radarului monostatic interferometric digital cu compresie a impulsului
și apertura sintetică In-SAR este controlată de către computerul **1**, care poate fi un laptop,
17 conectat la unitatea digitală **A** care cuprinde sistemul de achiziție **2** și interfața **4** și, respectiv,
la unitatea analogică **B**, care cuprinde controlerul de deplasare **10**. Computerul **1** transmite,
19 prin interfața USB **6**, un mesaj care determină generarea semnalelor de triggerare de către
interfața **4**, prin care sunt generate semnale de triggerare. Aceste semnale de triggerare sunt
21 aplicate simultan generatorului **5** de tensiune liniar variabilă și sistemului de achiziție **2**,
determinând resetarea rampei de tensiune care este aplicată oscilatorului **11** controlat în
23 tensiune, formându-se astfel un semnal de frecvență variabilă în timp, numit chirp. Semnalul
este filtrat printr-un filtru trece-bandă **12** pentru a se atenua produsele armonice superioare
25 și inferioare, apoi este aplicat cuplorului direcțional **13**, ce are rolul de a preleva o parte
reducă din acest semnal și de a o transmite către splitter **15**, pe de o parte, în timp ce, pe de
27 altă parte, transmite semnalul către amplificator **14**, ce are cuplată, la ieșire, o antenă de
emisie **22** care transmite acest semnal către scena vizată. Frațiunea de semnal prelevată
29 și aplicată splitterului **15** este iar divizată egal între două ieșiri ale acestuia, una dintre ele
fiind conectată la mixerul canalului de emisie **16**, iar cealaltă la calea de recepție spre ieșirea
31 amplificatorului de recepție **21**. Mixerul **16** primește pe o intrare copia (fragmentul)
semnalului emis, iar pe cealaltă intrare, un semnal de frecvență constantă, care provine de
33 la oscilatorul local **17** și care este amplificat de către amplificatorul de separare **18**, apoi
divizat în două părți, de putere egală, de către splitter **19**. La nivelul mixerului **16** are loc
35 schimbarea de frecvență, astfel încât chirpul este transpus în banda de bază 0...600 MHz
prin mixarea sa cu semnalul oscilatorului local.

37 Semnalul de emisie transpus în banda de bază este aplicat canalului **8** corespunzător
convertorului analog-digital **3** de mare viteză, care funcționează sincron cu al doilea canal
39 **9**.

41 Semnalul emis prin antena de emisie **22** este reflectat de către țintele aflate în scena
scanată și este recepționat de către antena de recepție **23**, apoi amplificat de către
43 amplificatorul de recepție **21**. Din punct de vedere temporal, primul semnal recepționat este
acela injectat din canalul de emisie prin ieșirea splitterului **15** direct pe calea de recepție, la
45 ieșirea amplificatorului de recepție **21**, constituindu-se astfel în semnal de referință, adică
distanța zero. Semnalele recepționate sunt aplicate mixerului de recepție **20**, împreună cu
semnalul oscilatorului local, provenit din splitter **19**, astfel încât, la ieșirea mixerului **20**,
47 semnalele recepționate sunt transpuse în banda de bază 0...600MHz, fiind aplicate canalului
9 corespunzător convertorului analog digital **3**.

RO 130942 B1

Astfel, prin cele două canale ale sale, 8 și 9 , convertorul analog-digital 3 convertește	1
atât o copie a semnalului emis, cât și semnalele recepționate, rezultatul acestor conversii	
fiind transmis către sistemul de achiziție 2 , la nivelul căruia are loc o stocare temporară a	3
datelor, care sunt apoi transmise prin interfața Ethernet 7 către computerul 1 , unde sunt	
prelucrate de către aplicația LabVIEW și apoi sunt scrise pe hard-disk.	5
În continuare, computerul 1 inițiază pe interfața USB 6 o comunicație cu controlerul	
de deplasare 10 care comandă mișcarea radarului pe axa de deplasare liniară 24 până într-o	7
nouă poziție de măsură. Când radarul a ajuns în noua poziție de măsură, aplicația software	
reia algoritmul prezentat mai sus, generând alt impuls de triggerare, prelevând un nou set	9
de date, prelucrându-le și scriindu-le pe hard-disk.	
După parcurgerea întregii aperturi a axei de deplasare liniară, aplicația deschide	11
fișierele scrise în timpul scanării folosind un algoritm de compresie a impulsurilor pentru	
obținerea, în primă fază, a imaginii comprimate în distanță (range compression) și apoi	13
pentru a efectua comprimarea în azimut pentru obținerea unei imagini SAR (Synthetic	
Aperture Radar) focalizate, în care țintele sunt identificate prin distanță, azimut și secțiune	15
transversală radar, într-o imagine codificată color.	
Obținerea interferogramelor are loc prin diferențierea informației de fază a semnalului	17
recepționat, de la o scanare la alta a aceleiași scene, punându-se în evidență deviația fazei	
fiecărui pixel al imaginii între două scanări succesive. În acest fel, se pun în evidență, pe	19
termen scurt, mediu sau lung, deplasările relative ale țintelor din scena scanată, față de	
radarul In-SAR.	21

RO 130942 B1

1

Revendicare

3

Radar monostatic, interferometric, digital, cu compresie a impulsului și apertură sintetică In-SAR, cu funcționare în banda 5,4...6,0 GHz, utilizând modulație de frecvență cvasiliniară, alcătuit dintr-o unitate digitală (A), o unitate analogică (B) și o unitate de deplasare mecanică liniară (C), a căror funcționare este controlată de un computer (1) care comunică cu cele trei unități (A, B, C) determinând generarea impulsurilor radar, **caracterizat prin aceea că** unitatea digitală (A) conține un sistem de achiziție (2) la care este conectat un convertor analog-digital (3) de mare viteză, care digitizează sincron pe două canale de conversie analog-digitală (8 și 9), atât semnalul retroîmprăștiat de către obiectele din scena scanată, cât și o copie a semnalului transmis, astfel încât, după procesarea software a semnalului, se diminuează efectele neliniarității de frecvență a impulsului radar emis.

5

7

9

11

13

