



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **68436** (13) **U**
(51) МПК
G01S 13/95 (2006.01)

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: u 2011 10688	(72) Винахідник(и): Скворцов Тарас Олександрович (UA), Ємельянов Леонід Якович (UA), Фисун Андрій Васильович (UA), Рогожкін Євген Васильович (UA)
(22) Дата подання заявки: 05.09.2011	
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: 26.03.2012	
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 26.03.2012, Бюл.№ 6	(73) Власник(и): ІНСТИТУТ ІОНОСФЕРИ НАН ТА МОН УКРАЇНИ, вул. Червонопрапорна, 16, м. Харків-2, 61002, Україна (UA)

(54) СПОСІБ ВИЗНАЧЕННЯ КОНЦЕНТРАЦІЇ ЕЛЕКТРОНІВ В ІОНОСФЕРІ

(57) Реферат:

Спосіб визначення концентрації електронів в іоносфері полягає в тому, що іоносферу зондують радіоімпульсом, який складається з двох елементів, перший з яких є довгим і має кругову поляризацію та несучу частоту f_1 , а другий є коротким і має несучу частоту f_2 , яка зсунута відносно f_1 , приймають некогерентно розсіяний іоносферою сигнал радіоприймачем, який має два частотних канали, що настроєні на частоти f_1 та f_2 , визначають кореляційні функції або спектри сигналу, прийнятого каналом радіоприймача, настроєним на частоту f_1 , для різних висот h та нормований висотний профіль потужності $P(h)$ сигналу, прийнятого каналом радіоприймача, настроєним на частоту f_2 . Далі за кореляційними функціями або спектрами визначають електронну $T_e(h)$ і йонну $T_i(h)$ температури та визначають електронну концентрацію на висотах в області максимуму іонізації іоносфери згідно з виразом $N(h) = K \cdot P(h) \cdot h^2 \left(1 + \frac{T_e(h)}{T_i(h)} \right)$, де

K - коефіцієнт пропорційності. При цьому короткий елемент зондуючого радіоімпульсу має лінійну поляризацію, а розсіяні іоносферою сигнали з протилежними круговими поляризаціями приймають двома радіоприймачами. Далі вимірюють різницю фаз φ сигналів, прийнятих на частоті f_2 в приймальних каналах з протилежними круговими поляризаціями та визначають електронну концентрацію N на висотах нижче максимуму іонізації іоносфери згідно з виразом

$$N(h) = \frac{cf^2}{161.6\pi f_m} \cdot \frac{d\varphi}{dh}$$
, де f - робоча частота, f_m - гіромагнітна частота, c - швидкість світла.

UA 68436 U

Корисна модель належить до галузі радіофізики, зокрема до визначення характеристик іоносфери методом некогерентного розсіяння (НР) радіохвиль.

Відомо, що для визначення концентрації електронів в іоносфері використовують метод некогерентного розсіяння. Основними способами реалізації методу НР є спосіб з вимірюванням за ефектом Фарадея (кута обертання площини поляризації лінійно поляризованого сигналу) та спосіб з вимірюванням потужності і спектра розсіяного сигналу.

Спосіб з вимірюванням за ефектом Фарадея має низьку точність на великих висотах, де електронна концентрація N є малою, а розсіяний сигнал є слабким.

Спосіб з використанням вимірювання потужності і спектра розсіяного сигналу [1] є аналогом запропонованої корисної моделі. При використанні найбільш досконалих варіантів цього способу радар НР випромінює та приймає сигнал з круговою поляризацією, для того щоб ефект Фарадея не заважав проведенню якісних вимірювань.

Суть аналога полягає у тому, що випромінюють радіоімпульсний зондуєчий сигнал. Після цього приймають некогерентно розсіяний іоносферою сигнал та визначають потужність $P(h)$ і кореляційні функції або спектри сигналу для різних висот h . По формі спектра або кореляційній функції визначають електронну $T_e(h)$ та іонну $T_i(h)$ температури, далі обчислюють електронну концентрацію N згідно з виразом

$$N(h) = K \cdot P(h) \cdot h^2 \left(1 + \frac{T_e(h)}{T_i(h)} \right) \quad (1)$$

де K - коефіцієнт пропорційності.

Для вимірювання концентрації електронів на великих висотах зондуєчий імпульс повинен містити досить велику енергію. Крім того, для вимірювання температур тривалість імпульсу має бути довше часу кореляції флуктуації іоносферної плазми. Тому в аналогу використовується довгий зондуєчий імпульс.

Використання такого імпульсу є причиною основного недоліку аналога, а саме - недостатнє просторове розрізнення при вимірюванні параметрів іоносфери в області максимуму іонізації іоносфери та нижче (100-400 км), де параметри іоносфери швидко змінюються з висотою.

Для усунення цього недоліку запропоновано спосіб [2], який ґрунтується на використанні складеного сигналу. Цей спосіб є найближчим по суті і розглядається авторами як прототип.

Суть прототипу полягає у тому, що іоносферу зондують радіоімпульсом з круговою поляризацією, який складається з двох елементів, перший з яких є довгим і має тривалість T_1 та несучу частоту f_1 а другий є коротким і має тривалість $T_2 = (0,05-0,15)T_1$, та несучу частоту f_2 , яка зсунута відносно f_1 .

Приймають некогерентно розсіяний іоносферою сигнал радіоприймачем, який має два частотних канали, що настроєні на частоти f_1 та f_2 . Одночасно визначають кореляційні функції або спектри сигналу, прийнятого каналом радіоприймача, настроєним на частоту f_1 для різних висот h та нормований висотний профіль потужності $P(h)$ сигналу, прийнятого каналом радіоприймача, настроєним на частоту f_2 .

Далі за кореляційними функціями або спектрами визначають електронну $T_e(h)$ і іонну $T_i(h)$ температури.

За значеннями потужності, виміряної з просторовим розрізненням, характерним для короткого елемента імпульсу, та температур, визначених з просторовим розрізненням, характерним для довгого елемента імпульсу визначають електронну концентрацію згідно з виразом (1).

При цьому вважають, що відношення температур іонів $T_i(h)$ і електронів $T_e(h)$, що використовується у виразі (1), змінюється з висотою значно повільніше, ніж концентрація електронів. Тому для висот нижче максимуму електронної концентрації використовують значення цього відношення від 1 (для висот менше 130 км) до величин, отриманих за рахунок інтерполяції значень відношення, визначених за кореляційними функціями або спектрами сигналу, прийнятому каналом радіоприймача, настроєним на частоту довгого елемента імпульсу.

Недоліком прототипу є все ж недостатня точність вимірювання електронної концентрації на висотах нижче максимуму іонізації іоносфери, що пов'язано з тим, що відношення температур не вимірюють, а отримують шляхом інтерполяції з використанням математичних моделей іоносфери. Ці моделі не завжди є адекватними реальному стану іоносфери для даного часу доби, сезону, сонячної та магнітної активності.

Задачею запропонованого винаходу є підвищення точності вимірювання електронної концентрації нижче максимуму іонізації іоносфери.

Корисна модель ґрунтується на тому, що на висотах нижче максимуму іонізації електронна концентрація визначається шляхом вимірювання різниці фаз між сигналами з протилежними круговими поляризаціями (круговими поляризаціями з протилежними напрямками обертання вектора електричного поля), використовуючи ефект Фарадея (фазова затримка хвилі з круговою поляризацією в іоносферній плазмі при наявності магнітного поля залежить від напрямку обертання).

Відомо, що сигнал з лінійною поляризацією є сумою двох синфазних сигналів з однаковою амплітудою та протилежною круговою поляризацією. При цьому швидкість звичайної та незвичайної хвиль в іоносфері є різною та залежить від коефіцієнтів заломлення іоносфери, а саме

$$n_{1,2}(h) = \sqrt{1 - \frac{f_0^2(h)}{f^2} \cdot \frac{1}{1 \pm \frac{f_M}{f}}} \approx 1 - \frac{f_0^2(h)}{2f^2} \pm \frac{f_0^2(h)}{2f^2} \cdot \frac{f_M}{f}$$

де f - робоча частота, $f_0(h) = \sqrt{80,8 \cdot N(h)}$ - критична частота, яка залежить від концентрації електронів, f_M - гіромагнітна частота.

При зондуванні іоносфери сигналом з лінійною поляризацією можна спостерігати розсіяні сигнали з правою та з лівою круговою поляризацією. При цьому різниця фаз між ними дорівнює

$$\varphi = \frac{2\pi f_M}{c} \int_0^h \frac{80,8 \cdot N(h)}{f^2} dh \quad (2)$$

де c - швидкість світла.

Електронну концентрацію на висотах нижче максимуму іонізації іоносфери можна визначити шляхом диференціювання (2), тобто

$$N(h) = \frac{cf^2}{161,6\pi f_M} \cdot \frac{d\varphi}{dh} \quad (3)$$

Суть запропонованого винаходу корисної моделі наступна.

Як і в прототипі іоносферу зондують радіоімпульсом, який складається з двох елементів, перший з яких є довгим і має тривалість T_1 та несучу частоту f_1 , а другий є коротким і має тривалість $T_2 = (0,05-0,15)T_1$ та несучу частоту f_2 , яка зсунута відносно f_1 . При цьому елемент з великою тривалістю має кругову поляризацію.

Приймають некогерентно розсіяний іоносферою сигнал радіоприймачем, який має два частотних канали, що настроєні на частоти f_1 та f_2 . Одночасно визначають кореляційні функції або спектри сигналу, прийнятого каналом радіоприймача, настроєним на частоту f_1 , для різних висот h та нормований висотний профіль потужності $P(h)$ сигналу, прийнятого каналом радіоприймача, настроєним на частоту f_2 .

Далі за кореляційними функціями або спектрами визначають електронну $T_e(h)$ і іонну $T_i(h)$ температури.

За значеннями потужності, виміряної з просторовим розрізненням, характерним для короткого елемента імпульсу, та температур, визначених з просторовим розрізненням, характерним для довгого елемента імпульсу визначають електронну концентрацію вище максимуму електронної концентрації згідно з виразом (1).

Однак, на відміну від прототипу, короткий елемент зондуємого радіоімпульсу з тривалістю T_2 та несучою частотою f_2 має лінійну поляризацію і являє собою суму двох сигналів з протилежними круговими поляризаціями, а розсіяні іоносферою сигнали з протилежними круговими поляризаціями приймають двома радіоприймачами, причому один з радіоприймачів є додатковим відносно прототипу та настроєним на частоту f_2 .

Далі вимірюють різницю фаз φ сигналів, прийнятих на частоті f_2 в приймальних каналах з протилежними круговими поляризаціями та визначають електронну концентрацію N на висотах нижче максимуму іонізації іоносфери згідно з виразом (3).

Таким чином, запропонований спосіб відрізняється від прототипу тим, що короткий елемент зондуємого імпульсу має лінійну поляризацію, а розсіяний сигнал приймають в двох каналах з протилежною круговою поляризацією. Ця відмінність є істотною ознакою і забезпечує підвищення точності визначення електронної концентрації на висотах максимуму іонізації іоносфери та нижче з використанням інформації за ефектом Фарадея.

Джерела інформації:

1. Метод некогерентного рассеяния радиоволн. Брюнелли Б. Б., Кочкин М. И., Пресняков И. Н. и др. Л., «Наука», 1979. 188 с.

2. Пат. 63076 Україна, МПК G01N27/00. Спосіб визначення параметрів іоносфери / Черняк Ю. В. Таран В. І., Лисенко В. М.; опубл. 15.01.2004, Бюл. № 1, 2004.

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

5

Спосіб визначення концентрації електронів в іоносфері, який полягає в тому, що іоносферу зондують радіоімпульсом, який складається з двох елементів, перший з яких є довгим і має кругову поляризацію та несучу частоту f_1 , а другий є коротким і має несучу частоту f_2 , яка зсунута відносно f_1 , приймають некогерентно розсіяний іоносферою сигнал радіоприймачем, який має два частотних канали, що настроєні на частоти f_1 та f_2 , визначають кореляційні функції або спектри сигналу, прийнятого каналом радіоприймача, настроєним на частоту f_1 , для різних висот h та нормований висотний профіль потужності $P(h)$ сигналу, прийнятого каналом радіоприймача, настроєним на частоту f_2 , далі за кореляційними функціями або спектрами визначають електронну $T_e(h)$ і йонну $T_i(h)$ температури та визначають електронну концентрацію на висотах в області максимуму іонізації іоносфери згідно з виразом

10

15

$$N(h) = K \cdot P(h) \cdot h^2 \left(1 + \frac{T_e(h)}{T_i(h)} \right),$$

де K - коефіцієнт пропорційності,

який **відрізняється** тим, що короткий елемент зондуючого радіоімпульсу має лінійну поляризацію, причому розсіяні іоносферою сигнали з протилежними круговими поляризаціями приймають двома радіоприймачами, вимірюють різницю фаз φ сигналів, прийнятих на частоті f_2 в приймальних каналах з протилежними круговими поляризаціями та визначають електронну концентрацію N на висотах нижче максимуму іонізації іоносфери згідно з виразом

20

$$N(h) = \frac{cf^2}{161.6\pi f_m} \cdot \frac{d\varphi}{dh},$$

де f - робоча частота, f_m - гіромагнітна частота, c - швидкість світла.

25

Комп'ютерна верстка Л.Литвиненко

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Урицького, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

ДП "Український інститут промислової власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601