

Спосіб безпосереднього перетворення енергії електромагнітних хвиль
оптичного діапазону в енергію електричного струму

Пропонована заявка на патент на винахід належить до виробництва і перетворення електричної енергії, зокрема до виробництва електричної енергії безпосереднім перетворенням світлової енергії (енергії електромагнітних хвиль оптичного діапазону) в енергію електричного струму.

Відомий спосіб безпосереднього перетворення енергії електро-магнітних хвиль (ЕМХ) оптичного діапазону в енергію електричного струму, реалізований в так званих сонячних батареях [1], заснований на явній фотогальванічному ефекту, тобто просторового розділу оптично збуджених електронів і дірок через односторонній провідність неоднорідних напівпровідників. Електрони і дірки концентруються на різних кінцях напівпровідника, внаслідок чого і виникає електро-рушійна сила (е.р.с), що зумовлює без прикладення зовнішньої е.р.с. електричний струм у навантаженні, увімкненому паралельно освітленому напівпровіднику. Сонячні батареї мають відносно високий коефіцієнт корисної дії (к.к.д.) - до 20%, малу вагу, зручні у використанні, що зумовлює їх поширеність. Але *через* спектральну селективність сонячних батарей не використовується для перетворення енергії значна частина оптичного діапазону ЕМХ, яка йде на нагрів батарей і приводить до зниження їх к.к.д. Електроенергія, що її виробляють сонячними батареями, залишається дорогою, що, в умовах постійно зростаючого попиту на електроенергію, спонукає до пошуку інших способів безпосереднього перетворення енергії ЕМХ оптичного діапазону у енергію електричного струму.

Між тим, добре відомо, що електричний вектор падаючої ЕМХ на освітленій поверхні провідника (дзеркального чи поглинаючого тіла) викликає струм у напрямку цього вектора. Власне, саме цей ефект використовується в антенах радіотехнічних пристроїв для перетворення енергії ЕМХ радіодіапазону в енергію електричного струму. Але в оптичному діапазоні ЕМХ практичне використання цього струму неможливе внаслідок їх не когерентності, високої частоти і хаотичності змін у вектора поляризації

и

Для практичного використання струмів, наведених падаючою ЕМХ оптичного діапазону, пропонується локалізувати падаюче електричне поле в дві, просторово розділені, області провідника, в кожній з яких коливання електричного вектора падаючої ЕМХ мали би протилежний (один відносно іншого) напрямок. Тоді вільні електрони в кожній області будуть напрямлено переміщуватися у полі дії відповідного електричного вектора E , тим самим у згаданих областях потече пульсуючий струм в одному напрямку.

Для такої локалізації електричного поля на приймальному екрані-провіднику пропонується попередньо скерувати ЕМХ через середовище, оптичні властивості якого змінюються узгоджено з проходженням ЕМХ так, що для результуючого електромагнітного поля кожні півперіода змінюється напрямок його поширення.

Відомо, що за класичною електродинамікою, принципи якої придатні в цьому випадку, суттю взаємодії ЕМХ з речовиною є інтерференція падаючої (первісної) ЕМХ із вторинними хвилями, що виникають внаслідок коливань електронів (і йонів) речовини, зумовлених дією змінного поля первісної ЕМХ, що приводить до виникнення

результуючої ЕМХ. Зміна напрямку поширення результуючої ЕМХ в середовищі феноменологічно описується зміною показника заломлення n , який визначається за формулою

$$n = s - l + 47tNa, \quad (1)$$

де s - діелектрична проникність середовища, N

- число молекул в одиниці об'єму, a -

поляризованість молекули.

Таким чином, для зміни кожен півперіод напрямку поширення результуючого електромагнітного поля необхідно кожен півперіод або змінювати концентрацію молекул (в загальному випадку частинок - джерел вторинних хвиль: молекул, атомів, вільних електронів), тобто змінювати однорідність середовища; або кожен півперіод змінювати величину коефіцієнта поляризованості молекули (чи, іншими словами, - фазові співвідношення між інтерферуючими ЕМХ).

Звідси впливають наступні механізми реалізації запропонованого способу.

1. Однорідність середовища означає сталу кількість молекул, атомів, вільних електронів в однакових малих об'ємах, в яких під дією ЕМХ індукуються однакові електричні моменти, зміна яких у часі веде до випромінювання когерентних вторинних хвиль однакової амплітуди. Якщо в таке однорідне середовище, наприклад в р-п перехід напівпровідника, під дією електричного поля падаючої ЕМХ, зорієнтованої певним чином, інжектуються вільні носії в один півперіод падаючої хвилі, і виводяться звідти під дією поля р-п переходу і електричного поля ЕМХ в другий півперіод, то внаслідок зміни числа вільних носіїв, синхронно з поширенням ЕМХ кожен півперіод змінюється показник заломлення середовища. Таким чином, результуючі збурення електромагнітного поля протилежної полярності електричного вектора E просторово розділяються (поширюються під різними кутами).

2. Зміна поляризованості молекули, поляризації середовища і, відповідно, зміна показника заломлення середовища кожен півперіод для просторового розділення ЕМХ з електричним вектором протилежної полярності пропонується в такий спосіб.

Дія зовнішнього електричного поля на середовище в загальному випадку полягає в утворенні молекулярних диполів і орієнтації цих диполів вздовж напрямку електричного вектора. Молекулярний диполь за високих зовнішніх змінних полів необхідно розглядати як ангармонійний осцилятор, взаємодія з яким падаючої ЕМХ веде до появи результуючої ЕМХ несинусоїдальної форми - форма хвилі спотворюється при проходженні електричного вектора через свою максимальну величину. Спотворення форми результуючої ЕМХ викликані нелінійністю поляризації середовища. Для дипольних молекул поляризація насичується при меншому полі у випадку, коли напрямки електричного вектора ЕМХ і природної поляризації співпадають, ніж у випадку протилежної направленості. Тому для дипольних молекул існують ЕМХ з такою напруженістю електричного поля, коли насичення поляризації настає кожен другий півперіод, або кожен півперіод поляризація різна, що достатньо точно може бути дано як

(2)

де P - поляризація середовища,

$\chi^{(0)}$, $\chi^{(1)}$ - нелінійні сприйнятливості першого та другого порядків відповідно,
 $E = E_0 \cos(\omega t - kx)$ напруженість електричного поля падаючої хвилі,
 E_0 - амплітуда електричного поля падаючої хвилі,
 ω - кругова частота,
 t - час,
 $k = 2\pi/\lambda$ - хвильове число,
 X - довжина хвилі,
 x - пройдена хвилею відстань.

Те, що поляризація середовища кожен півперіод різна, означає зміну, кожному півперіоду, значення поляризованості молекули:

$$\frac{dP}{dE} = \chi^{(0)} + 2\chi^{(1)} E_0 \cos(\omega t - kx), \quad (3)$$

де a - поляризованість молекули,

$\chi^{(0)}$, $\chi^{(1)}$ - нелінійні сприйнятливості першого та другого порядків відповідно,
 E_0 - амплітуда електричного поля падаючої хвилі,
 ω - кругова частота,
 t - час,
 $k = 2\pi/\lambda$ - хвильове число,
 X - довжина хвилі,
 x - пройдена хвилею відстань.

Це, зважаючи на формулу (1), означає, що кожен півперіод значення показника заломлення середовища різне.

Проте напруженість електричного поля ЕМХ в оптичному діапазоні для незлазерних джерел випромінювання на кілька порядків нижча, ніж потрібна для досягнення подібних нелінійних ефектів, тому пропонується створити в середовищі, яке складається з молекул з постійним дипольним моментом, сильне постійне стаціонарне електричне поле, достатнє для ангармонійного характеру коливань молекулярного диполя, і направити під певним кутом до нього поляризовану зовнішню ЕМХ оптичного діапазону з вектором поляризації, що коливається у площині постійного стаціонарного поля. В результаті взаємодії напрямком поширення результуючої хвилі змінюється кожен півперіод, синхронно з зміною напрямку вектора напруженості електричного поля хвилі, так, що на приймальному екрані - провіднику падаюче електромагнітне поле буде локалізоване в двох областях з протилежними напрямками коливань вектора електричного поля E , під дією якого в кожній з цих областей вільні електрони здійснюють напрямлені переміщення, тобто тече пульсуючий струм в одному напрямку, величина якого пропорційна освітленості приймального екрана-провідника

1. Ландсберг Г.С. Оптика. -М.: "Наука", 1976 (аналог).
2. Ландсберг Г.С. Оптика. -М.: "Наука", 1976 (прототип).