

2
P.R.L.
POLSKA
RZECZPOSPOLITA
LUDOWA



URZĄD
PATENTOWY
PRL

OPIS PATENTOWY

58935

Patent dodatkowy
do patentu _____

Zgłoszono: 01.III.1968 (P 125 547)

Pierwszeństwo: _____

Opublikowano: 26.I.1970

Kl. 21 g, 53/00

MKP H 01 s



Twórca wynalazku: mgr Stanisław Kozikowski

Właściciel patentu: Polska Akademia Nauk (Instytut Fizyki), Warszawa
(Polska)

Kątowe źródło światła spójnego

1

Przedmiotem wynalazku jest kątowe źródło światła spójnego dające dwie wiązki światła spójnego pod dowolnym kątem względem siebie.

Dotychczas w technice laserowej stosuje się rezonatory typu Fabry-Perot z różnymi konfiguracjami zwierciadeł. W każdym z tych układów na osi optycznej znajduje się czynny ośrodek laserowy, w którym następuje akcja laserowa. W ogólności z obydwu stron lasera poprzez zwierciadła, które tworzą rezonansową komorę Fabry-Perot, pojawiają się silne wiązki światła spójnego, a ich wzajemny stosunek natężeń zależy od transmisji zwierciadeł. Kąt jaki tworzą te wiązki wynosi zawsze 180° . Przez każde ze zwierciadeł wychodzi więc tylko jedna wiązka światła laserowego, rozumiana jako wiązka o danym kierunku w przestrzeni (zaniedbując oczywiście możliwość traktowania różnych rodzajów drgań jako samodzielnych wiązek światła).

Celem wynalazku jest opracowanie takiego kątowego źródła promieniowania spójnego, aby jedno ze zwierciadeł wyjściowych takiego lasera można było traktować jako źródło emitujące dwie wiązki światła doskonale spójnego przestrzennie pod pewnym kątem względem siebie, który będzie można zmieniać dowolnie w granicach od 0° do 180° .

Cel ten został osiągnięty poprzez nowe rozwiązanie rezonatora laserowego. Polega ono na tym, że zwierciadła końcowe rezonatora nie znajdują się na jednej osi, a więc nie tworzą prostego re-

2

zonatora typu Fabry-Perot. Jedno z rozwiązań polega na „złamaniu” osi optycznej rezonatora typu Fabry-Perot. Częściowo przezroczysta płytka zawracająca „łamię” jak gdyby oś zwykłego rezonatora Fabry-Perot, na pozór wnosząc do konwencjonalnego układu Fabry-Perot jedynie straty dyfrakcyjne. Jednakże sytuacja taka miałaby miejsce jedynie wtedy, gdyby odbicie tej płytki było równe 100%, a jedno ze zwierciadeł końcowych było półprzezroczyste przy całkowitym odbiciu drugiego ze zwierciadeł końcowych rezonatora tak, jak ma to miejsce w zwykłym laserowym rezonatorze Fabry-Perot.

Tutaj natomiast obydwie zwierciadła końcowe mają zerowe transmisje (choćby niekoniecznie), a płytka zawracająca jest półprzezroczysta. Dlatego też jakościowo jest to zupełnie nowy układ rezonatora — mianowicie taki, który z jednego zwierciadła końcowego daje dwie wiązki światła laserowego pod pewnym kątem α , którego wartość daje się dowolnie zmieniać (o ile oczywiście traktować płytkę zawracającą na równi ze zwierciadłem końcowym w zwykłym rezonatorze laserowym z uwagi na pełnioną rolę aparatury wyjściowej światła laserowego).

Co więcej natężenia obydwu wiązek, przy jednorodnym napyleniu warstwy zwierciadlanej na płycie zawracającej, powinny być te same, a ponieważ wiązki te wychodzą z tego samego punktu, powinny być idealnie spójne przestrzennie, a także samo i spójne czasowo z uwagi na ściśle zachowa-

nie korelacji fazowej pomiędzy dwiema wiązkami powstałymi z jednej wiązki pierwotnej poprzez podział amplitudowy (natężeniowy). Można również wykazać, że straty dyfrakcyjne przy odbiciu na płycie światłodzielną „łamiącej” rezonator są mniejsze niż w przypadku natężeniowego dzielenia wiązki światła laserowego poza rezonatorem.

Jednakże te straty dyfrakcyjne mogą — w przypadku ośrodka laserowego o bardzo małym wzmocnieniu — być nawet przyczyną niewzbudzenia się akcji laserowej, jako że zwiększenie się strat dyfrakcyjnych powoduje podniesienie się progu wzbudzenia. Ażeby więc skompensować te straty należy w układach o małym wzmocnieniu pomiędzy płytkę zawracającą a drugim zwierciadłem końcowym umieścić także ośrodek laserowy, albo podnosić moc wzbudzenia.

Drugie rozwiązanie polega na adoptowaniu do tego celu układu typu interferometru Michelsona, a właściwie zupełnie nowego układu, w którym można dopatrzeć się cech zarówno układu typu interferometru Michelsona, jak i rezonatora typu Fabry-Perot. Gdyby układu tego użyć jako układu pasywnego otrzymalibyśmy kołowe pierścienie interferencyjne, a więc tak jak w interferometrze Fabry-Perot, jednakże geometria układu jest tutaj prawie identyczna jak w przypadku interferometru Michelsona. Z uwagi na to, że tutaj promień pada na płytkę światłodzielną pod dowolnym kątem, a nie jak w interferometrze Michelsona — pod kątem 45° , jak również ze względu na to, że tutaj zwierciadła końcowe są półprzezroczyste (w układzie interferometru Michelsona są one całkowicie odbijające).

Dzięki rozwiązaniu według wynalazku przy pierwszym rozwiązaniu uzyskuje się jednoczesną emisję dwóch wiązek laserowych identycznych co do natężenia i polaryzacji, pod dowolnymi kątami względem siebie. Oczywiście możliwa jest jednoczesna emisja 4-ch wiązek laserowych — przy zachowaniu pewnych niezerowych transmisji zwierciadeł końcowych rezonatora, jednakże dwie dalsze wiązki otrzymywane teraz ze zwierciadeł końcowych miałyby te same kierunki co dwie wiązki wychodzące z płytki zawracającej, a różniłyby się tylko zwrotami i natężeniami od tych ostatnich, jednakże takie rozwiązanie jest również dopuszczalne.

W przypadku drugiego rozwiązania uzyskuje się jednoczesną emisję dwóch wiązek o dowolnych stosunkach natężeń w zależności od transmisji zwierciadeł końcowych rezonatora i pod dowolnymi kątami. Rzecz jasna przy dostatecznie dużym wzmocnieniu stosowanego w tym układzie ośrodka laserowego i przy niezerowych transmisjach zwierciadeł końcowych, można uzyskać jeszcze dwie wiązki laserowe analogicznie jak w pierwszym rozwiązaniu.

Ponadto układ ten jest bardzo operatywny, gdyż jednocześnie może gwarantować kąty pomiędzy wiązkami o wartościach α i $180^\circ - \alpha$, co może oddawać nieocenione usługi w pewnych kategoriach pomiarów. Rozwiązanie według wynalazku stanowi idealne źródło światła do zapisu obrazu holograficznego w układzie dwuwiązkowym. Wynalazek zosta-

nie bliżej omówiony na przykładach wykonania przedstawionych na rysunku, na którym fig. 1 przedstawia rozwiązanie z jednym ośrodkiem laserowym, fig. 2 — z dwoma ośrodkami laserowymi, fig. 3 — inny przykład wykonania.

Przedstawione na fig. 1 i 2 rozwiązanie składa się z dwóch zwierciadeł końcowych ZK_1 i ZK_2 , umieszczonych nie na jednej osi, oraz ośrodka laserowego OL , przy czym rozwiązanie przedstawione na fig. 2 zawiera jeszcze jeden ośrodek laserowy OL_1 umieszczony między płytką zawracającą półprzezroczystą PZ a zwierciadłem ZK_2 . Oznaczeniami PW_1 i PW_2 są oznaczone promienie wyjściowe. Linia ciągła przedstawia oś optyczną rezonatora katowego, a linia przerywana — kierunki laserowych promieni wyjściowych. Dowolną wartość kąta α pomiędzy dwiema wiązkami wejściowymi PW_1 i PW_2 otrzymuje się poprzez odpowiednie skrócenie półprzezroczystej płytki zawracającej PZ względem kierunku osi optycznej i odpowiadające temu skróceniu przesunięcie drugiego zwierciadła końcowego ZK_2 tak, ażeby znalazło się ono prostopadle do kierunku osi optycznej odbitej w płytce zawracającej. Przesunięcie to dotyczy również ośrodka laserowego OL_1 o ile ma on być umieszczony również pomiędzy zwierciadłem ZK_2 a płytką PZ .

W przypadku drugiego rozwiązania przedstawionego na fig. 3 daną wartość kąta α pomiędzy promieniami wyjściowymi PW_1 i PW_2 zapewnia się odpowiednim skróceniem płytki światłodzielną PS i jednoczesnym przemieszczeniem zwierciadeł końcowych ZK_1 i ZK_2 do położenia prostopadłego względem nowego kierunku osi optycznej odbitej w płytce światłodzielną.

W obydwu rozwiązaniach obrót płytki światłodzielną PS , czy też płytki zawracającej PZ może być sprzęgnięty z przesuwem zwierciadeł końcowych tworzących dodatkową oś optyczną układu, a więc w przypadku pierwszego rozwiązania — część osi optycznej pomiędzy zwierciadłem ZK_2 i płytką PZ , a w przypadku drugiego rozwiązania — oś optyczną pomiędzy zwierciadłem ZK_1 i ZK_2 . Można tego dokonać w bardzo prosty sposób, a mianowicie zapewniając przekładnię obu tych obrotów w stosunku 1:2, ponieważ zmiana kąta nachylenia płytki PZ lub PS względem osi optycznej o $\Delta\alpha$ musi odpowiadać przesunięciu dodatkowej osi optycznej o kąt $2\Delta\alpha$. Oczywiście przy każdorazowej zmianie kąta α trzeba będzie przeprowadzać płynne justowanie korekcyjne układu.

Do działania generatora laserowego w ogólności potrzebne jest pewne wzmocnienie światła (przekraczające poziom strat w układzie) jakie zapewnią tu ośrodek laserowy OL , oraz sprzężenie zwrotne realizowane przez rezonator. W przypadku pierwszego rozwiązania przedstawionego na fig. 1 i 2 rezonator stanowią zwierciadła końcowe ZK_1 i ZK_2 pomiędzy którymi — za pośrednictwem płytki zawracającej PZ — następuje wyostrażanie rezonansów komory. Promienie wyjściowe wychodzą z płytki zawracającej (półprzezroczystej) pod tymi samymi kątami względem niej, a więc w jednakowym stopniu ulegają polaryzacji przy przechodzeniu przez tę płytkę.

Ponieważ natężenie światła laserowego wewnątrz rezonatora jest takie samo na odcinku zwierciadło ZK_1 — płytkę PZ jak na odcinku zwierciadło ZK_2 — płytkę PZ , a płytkę zawracającą jest napyłona jednorodnie, więc i natężenia obydwu wiązek wyjściowych PW_1 i PW_2 są takie same, a zatem otrzymujemy dwie identyczne wiązki laserowe wychodzące z jednego punktu pod dowolnym kątem α względem siebie. Analiza drgań powstających w tym układzie będzie analogiczna jak w przypadku prostego rezonatora Fabry-Perot, a modyfikowana jedynie przez dyfrakcję na płytce zawracającej PZ , a zatem opis działania układu sprowadza się tutaj do opisu działania dobrze znanego układu lasera o prostym układzie rezonatora typu Fabry-Perot.

W przypadku drugiego rozwiązania przedstawionego na fig. 3 teoretyczna analiza powstających w układzie drgań będzie wymagała uwzględnienia poszczególnych dyfrakcji na wszystkich zwierciadłach końcowych i wielokrotnych dyfrakcji na płytce światłodzielącej. Gdy odległości: ZK_1^1 — PS , ZK_2^1 — PS i ZK_2^2 — PS są takie same, pozorne obrazy zwierciadeł ZK_1^1 i ZK_2^2 jakie powstają dzięki odbiciom osi optycznej w płytce światłodzielącej PS , dla obserwatora umieszczonego od strony zwierciadła ZK_1 pokryją się ze zwierciadłem ZK_2^2 , a więc pozornie będzie to prosty rezonator Fabry-Perot, o zwierciadłach końcowych ZK_1 i pewnym wypadkowym zwierciadle, a jego działanie — jak powiedziano wyżej — będzie się różnić od prostego rezonatora Farby-Perot jedynie innymi wartościami dyfrakcji na zwierciadle końcowym. Jednakże w przypadku rzeczywistym dostaniemy tu dwie wiązki wyjściowe o dowolnym wzajemnym stosunku natężeń i o tej samej polaryzacji, wychodzące z jednego punktu płytki światłodzielącej pod dowolnym kątem α względem siebie.

Możliwe jest także uzyskanie trzeciej wiązki o tym samym kierunku co jedna z dwóch dotychczasowych ale o przeciwnym zwrocie z tym, że w ogólności nie będą tu już tak dobrze zachowane stosunki polaryzacyjne. Odnosi się to również do wiązki o przeciwnym zwrocie do drugiej z wiązek wyjściowych. Justowanie układu tego rezonatora sprowadza się do takiego ustawienia jego zwierciadeł końcowych, ażeby ich obrazy widziane z kierunku zwierciadła końcowego ZK_1 pokrywały się ze zwierciadłem końcowym ZK_2^2 tworząc wypadkowe zwierciadło końcowe i z kolei, ażeby wielokrotne odbicia zwierciadła końcowego w zwierciadle ZK_1 pokrywały się ze sobą.

Gdy warunek ten będzie spełniony, w układzie takiego rezonatora — przy odpowiednim zasilaniu ośrodka laserowego OL — nastąpi akcja laserowa i poprzez półprzezroczyste zwierciadła końcowe ZK_1^1 i ZK_2^2 dostaniemy dwie wiązki światła laserowego o natężeniach określonych poprzez transmisję tych zwierciadeł końcowych, o tych samych stosunkach polaryzacyjnych — ze względu na przechodzenie przez płytkę światłodzielącą PS pod tym samym kątem, i doskonale spójne przestrzennie — jako wychodzące z tego samego punktu płytki światłodzielącej, a także bardzo dobrze spójne czasowo — jako światło lasera, a więc źródła emitującego bardzo długie ciągi falowe.

Zastrzeżenia patentowe

1. Kątowe źródło światła spójnego **znamiennie tym**, że składa się z ośrodka laserowego (OL) umieszczonego na osi optycznej rezonatora kątowego i zawartego między zwierciadłem końcowym (ZK_1) prostopadłym do osi optycznej rezonatora, a płytką zawracającą (PZ) umieszczoną pod regulowanym kątem w stosunku do osi optycznej tak, aby promień odbity od płytki zawracającej (PZ), na drodze którego umieszczone jest prostopadle do niego drugie zwierciadło końcowe (ZK_2), był pod kątem (α) do osi optycznej rezonatora.

2. Kątowe źródło światła według zastrz. 1 **znamiennie tym**, że zawiera drugi ośrodek laserowy (OL_2) umieszczony na osi promienia odbitego pod kątem (α) od płytki zawracającej (PZ), pomiędzy płytką zawracającą (PZ) i drugim zwierciadłem końcowym (ZK_2).

3. Odmiana kątowego źródła światła zawierająca ośrodek laserowy i zwierciadło końcowe według zastrz. 1 **znamiennie tym**, że płytkę światłodzielącą (PS) ustawiona jest pod kątem do osi optycznej rezonatora tak, że odbity promień od płytki światłodzielącej (PS) jest pod regulowanym kątem (α) do osi optycznej rezonatora, a dwa przemieszczone zwierciadła końcowe (ZK_1^1 i ZK_2^2) są prostopadle umieszczone do odbitego od płytki (PS) promienia po dwóch stronach płytki (PS), zaś trzecie (ZK_2^1) jest umieszczone na osi optycznej rezonatora po stronie przeciwnej płytki światłodzielącej (PS) w stosunku do ośrodka laserowego (OL) i zwierciadła końcowego (ZK_1).

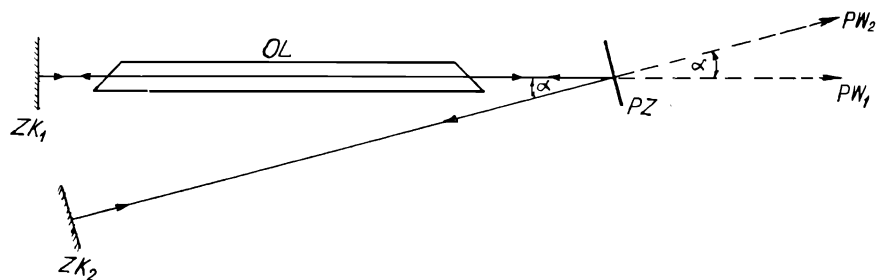


Fig. 1

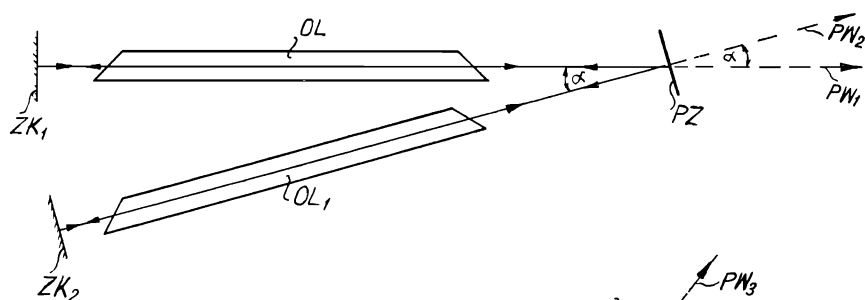


Fig. 2

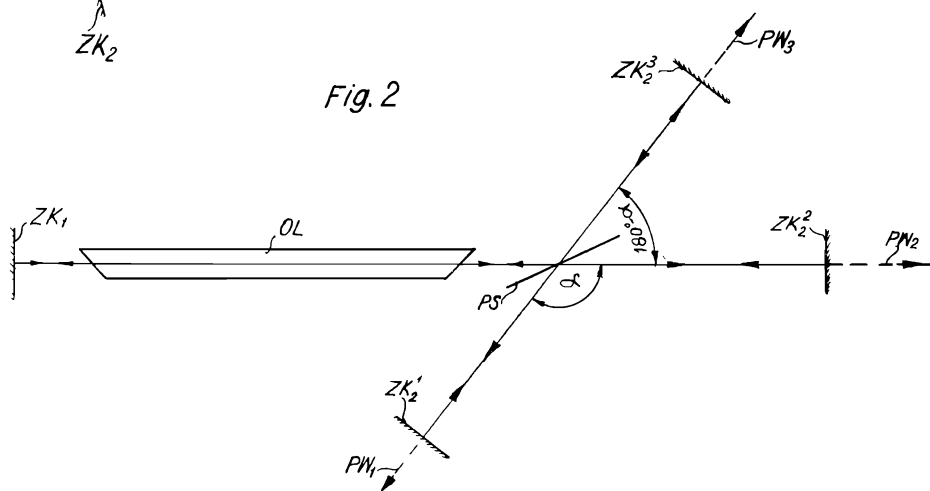


Fig. 3