

POLSKA
RZECZPOSPOLITA
LUDOWA



URZĄD
PATENTOWY
PRL

OPIS PATENTOWY

64341

Patent dodatkowy
do patentu

Zgłoszono: 19.III.1970 (P 139 498)

Pierwszeństwo:

Opublikowano: 29.II.1972

Kl. 21 g, 37/20

MKP H 01 j, 3/18

UKD

Twórca wynalazku: Witold Słwko

Właściciel patentu: Politechnika Wrocławska, Wrocław (Polska)

Elektronooptyczny układ odwzorowujący

1

Przedmiotem wynalazku jest elektronooptyczny układ odwzorowujący o powiększeniu mniejszym od jedności ze skorygowaną aberacją sferyczną, przeznaczony zwłaszcza do urządzeń z mikrowiązką elektronową tj. urządzeń typu jak mikroskop elektronowy z wiązką sondującą, mikroobrabiarka elektronowiazkowa, urządzenie do ekspozycji przy pomocy wiązki elektronowej itp. W urządzeniach tych ostatnia soczewka ogniskująca wiązkę na płaszczyźnie obróbki lub obserwacji jest soczewką o stosunkowo długiej ogniskowej, stąd obciążoną znaczną aberacją sferyczną, która jest błędem szczególnie uciążliwym.

Dotychczas stosowane rozwiązania, mające na celu ograniczenie aberacji sferycznej urządzeń z mikrowiązką elektronową, polegają na używaniu odpowiednio skonstruowanych soczewek magnetycznych o możliwie krótkiej ogniskowej, o stosowaniu optymalnie dobranych przesłon aperturowych ograniczających wiązkę.

Możliwości zmniejszenia aberacji sferycznej soczewek o symetrii obrotowej, na drodze optymalizacji ich konstrukcji zostały jednak już wyczerpane, zaś będące ich analogami bezaberracyjne soczewki nie posiadające symetrii obrotowej nie znajdują zastosowania ze względu na bardzo skomplikowaną budowę. Ograniczanie aberacji przez skracanie ogniskowej soczewki, lub stosowanie przesłon aperturowych znacznie ograniczających wiązkę, jest tylko półśrodkiem wymagającym rozwiązań kompromisowych, w pierwszym bowiem przypadku ulega również ograniczeniu użyteczne pole obróbki lub obserwacji, w drugim zaś zmniejszony zostaje prąd wiązki.

2

Istniejące rozwiązania, układów elektronooptycznych aberacji sferycznej skompensowanej przy pomocy odpowiednich elementów korekcyjnych w tym również zwierciadeł dotyczą głównie mikroskopów elektronowych to znaczy układów o powiększeniu dużo większym od jedności i nie znalazły zastosowania ze względu na trudności techniczne wynikające ze specyfiki tych urządzeń.

Celem wynalazku jest korekcja aberacji sferycznej układów elektronooptycznych o powiększeniu mniejszym od jedności, zaś zadaniem wynalazku jest opracowanie zestawu elementów elektronooptycznych pozwalającego na osiągnięcie tego celu.

Zadanie to zostało rozwiązane przez skonstruowanie elektronooptycznego układu odwzorowującego o powiększeniu mniejszym od jedności ze skorygowaną aberacją sferyczną, który stanowi elektronowa soczewka tworząca obraz rzeczywisty w użytecznej płaszczyźnie obrazowej posiadająca współczynnik aberacji sferycznej mniejszy od zera i dająca powiększenie liniowe mniejsze od jedności, oraz umieszczone przed tą soczewką elektronowe zwierciadło o współczynniku aberacji sferycznej większym od zera. Powiększenia i współczynniki aberacji sferycznej elektronowej soczewki i elektronowego zwierciadła dobrane są tak by spełnić warunek kompensacji aberacji sferycznej całego układu. Między nowym zwierciadłem i elektronową soczewką umieszczony jest stygmat.

Zasadniczą korzyścią ze stosowania układu według wynalazku jest znaczna poprawa parametrów urządzeń z mikrowiązką elektronową przy zachowaniu prostoty

ich konstrukcji. Do parametrów, które ulegają poprawie należy minimalna średnica wiązki, maksymalna gęstość prądu wiązki i obszar odchyłania wiązki. Poza tym zastosowanie zwierciadła jako elementu korekcyjnego umożliwia budowę urządzenia z mikrowiązką elektronową o elektrostatycznym układzie odwzorowującym, dotychczas nie stosowanym ze względu na dużą aberację sferyczną, a cechującym się prostotą konstrukcji i niskimi wymaganiami w stosunku do urządzeń zasilających.

Przedmiot wynalazku jest pokazany w przykładach wykonania na rysunku na którym fig. 1 przedstawia schemat rozmieszczenia zasadniczych elementów i bieg promieni elektronowych w najprostszym układzie o skorygowanej aberacji sferycznej, fig. 2 przedstawia schemat rozmieszczenia zasadniczych elementów i bieg promieni elektronowych w takim układzie z krótkoogniskowym zespołem o regulowanym powiększeniu w postaci zwierciadła elektronowego, zaś fig. 3 przedstawia schemat rozmieszczenia zasadniczych elementów i bieg promieni elektronowych w takim układzie z krótkoogniskowym zespołem o regulowanym powiększeniu w postaci soczewki elektronowej.

Układ według wynalazku składa się z elektronowej soczewki 1 elektronowego zwierciadła 2 elektronowej wyrzutni 3 i stygmatora 4. Obraz powstaje w użytecznej płaszczyźnie obrazowej 5.

Odmiana układu wyposażona jest dodatkowo w krótkoogniskowy zespół o regulowanym powiększeniu w postaci elektronowego zwierciadła 6. Druga odmiana układu wyposażona jest dodatkowo w krótkoogniskowy zespół o regulowanym powiększeniu w postaci elektronowej soczewki 7.

Układ według wynalazku działa w następujący sposób. Wiązka elektronowa wychodząca z punkтового, źródła elektronów jakie stanowi odpowiednia elektronowa wyrzutnia 3 wpada pod niewielkim kątem w obszar elektronowego zwierciadła 2 które tworzy rzeczywisty lub pozorny obraz pośredni. Wiązka ulegając odbiciu trafia dalej w obszar elektronowej soczewki 1 która tworzy końcowy obraz rzeczywisty w użytecznej obrazowej płaszczyźnie 5. Elektronowa soczewka 1 jest soczewką o zmodyfikowanym współczynniku aberacji sferycznej C'_{s2} mniejszym od zera i daje powiększenie liniowe V_1 mniejsze od jedności. Elektronowe zwierciadło 2 posiada z kolei wypadkowy (z uwzględnieniem poprzedzających go zespołów) zmodyfikowany współczynnik aberacji sferycznej C'_{s2} większy od zera. Powiększenia i współczynniki aberacji sferycznej elektronowej soczewki 1 i elektronowego zwierciadła 2 są dobrane tak aby

spełnić warunek kompensacji aberacji sferycznej całego układu elektrooptycznego,

$$V_1^4 \cdot C'_{s2} + C'_{s1} \cong 0.$$

Przez zmodyfikowany współczynnik aberacji sferycznej rozumie się tutaj współczynnik wiążący promień krążka rozproszenia Δr spowodowanego aberacją sferyczną danego elementu (lub zespołu elementów) z kątem aperturowym wiązki od strony obrazu α , gdy przedmiotem jest punktowe źródło elektronów, według zależności

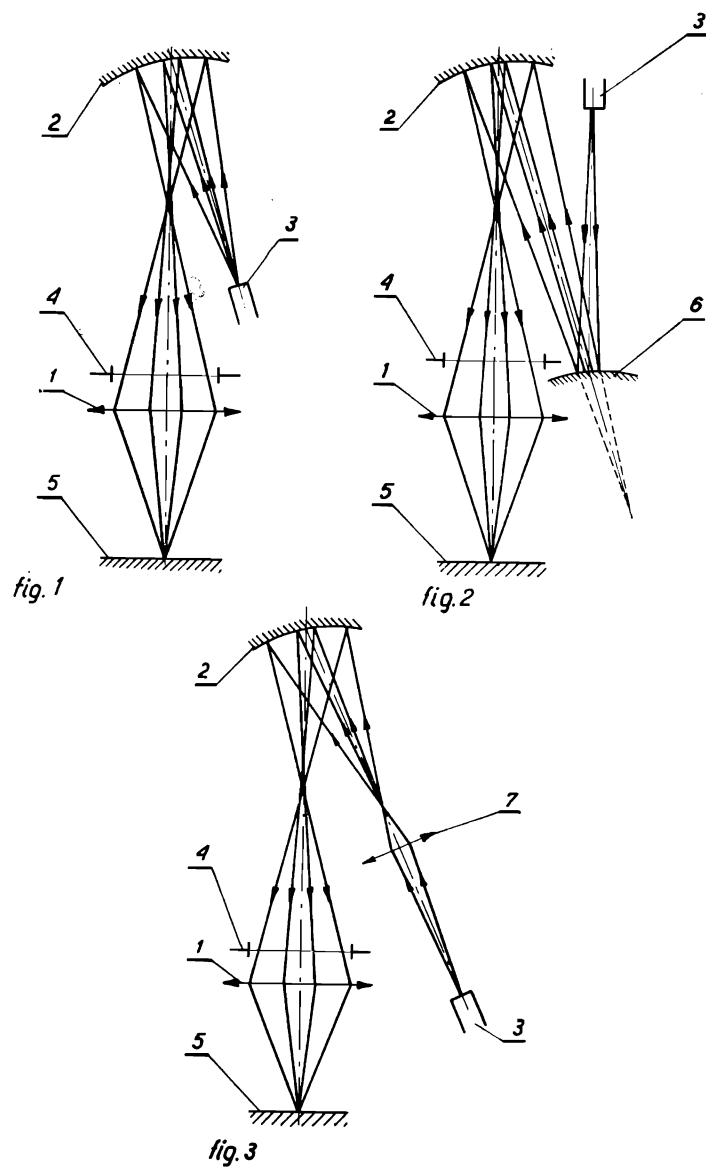
$$\Delta r = C'_s \cdot \alpha^3.$$

Krążek rozproszenia aberacji sferycznej rozpatrywany jest w płaszczyźnie obrazowej Gaussa danego elementu (lub zespołu). Między elektronową soczewką 1 i elektronowym zwierciadłem 2 umieszczony jest stygmator 4 kompensujący astygmatyzm spowodowany nieosiowym przebiegiem wiązki lub innymi czynnikami.

Ponieważ powiększenia elektronowej soczewki 1 i i elektronowego zwierciadła 2 związane są warunkiem kompensacji aberacji sferycznej układu, powiększenie wypadkowe układu nie może być zmieniane w sposób dowolny. Zmianę wypadkowego powiększenia układu umożliwiają umieszczone w odmianach układu krótkoogniskowe zespoły o regulowanym powiększeniu w postaci elektronowego zwierciadła 6 lub elektronowej soczewki 7.

Zastrzeżenie patentowe

Elektrooptyczny układ odwzorowujący o powiększeniu mniejszym od jedności ze skorygowaną aberacją sferyczną, składający się z wyrzutni elektronowej, zespołu optycznego o regulowanym powiększeniu stygmatora **znamienny tym**, że końcowym elementem układu, tworzącym obraz rzeczywisty w użytecznej płaszczyźnie obrazowej jest elektronowa soczewka (1) o współczynniku aberacji sferycznej mniejszym od zera, dająca powiększenie liniowe mniejsze od jedności lub bliskie jedności, zaś przed elektronową soczewką (1) umieszczone jest elektronowe zwierciadło (2) o współczynniku aberacji sferycznej większym od zera, a wielkość współczynników aberacji sferycznej i powiększenia elektronowej soczewki (1) i elektronowego zwierciadła (2) są tak dobrane by doprowadzić do kompensacji aberacji sferycznej całego układu.



Kl. 21 g, 37/20

64341

MKP H 01 j, 3/18

Cena zł 10.—