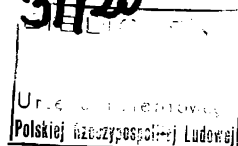




Horj

31/20



POLSKIEJ RZECZYPOSPOLITEJ LUDOWEJ OPIS PATENTOWY

Nr 44767

Kl. 57 c, 4

Hazeltine Corporation

Little, Neck, New Jork, Stany Zjednoczone Ameryki

Sposób badania filmów kolorowych oraz urządzenie do stosowania tego sposobu

Patent trwa od dnia 22 maja 1958 r

Pierwszeństwo: 28 maja 1957 r. (Stany Zjednoczone Ameryki).

Wynalazek dotyczy sposobu badania filmów kolorowych zwłaszcza przebiegu kopiowania fotograficznego zestawu barw tak, aby kopia wykazywała właściwe zestawienie tych barw.

Przy wytwarzaniu filmów kolorowych trzeba najpierw wykonać zdjęcie negatywowe, które po wywołaniu służyłoby jako podkładka do wytworzenia kopii pozytywowej na drodze fotograficznej. Sposób ten różni się od tak zwanego procesu odwracania tym, że konieczne są dwa stopnie do wytworzenia pozytywu, podczas gdy w procesie odwracania pozytyw wytwarza się bezpośrednio, to znaczy w połączeniu ze zdjęciem. Z dwustopniowego sposobu nie można jednak zrezygnować dla celów kinowych, ponieważ trzeba dysponować negatywem, który by służył jako podkładka do wykonania większej liczby kopii pozytywowych. Sposób ten wykazuje jednak tę wadę, że różne zdjęcia negatywowe wykonuje się w różnych warunkach świetlnych tak, że przy wytwarzaniu pozytywu konieczne jest

przeprowadzenie odpowiedniej regulacji natężenia oświetlenia i zestawu barw, aby pozytyw nie posiadał wymienionych usterek. Ustalenie rodzaju wymienionej korekty przez obserwowanie negatywu jest nadzwyczaj trudne, po pierwsze dlatego, że miejsca jasne i ciemne w porównaniu z oryginałem są zamienione, a po drugie ponieważ barwy oryginalne zostały zastąpione w negatywie odpowiednimi barwami uzupełniającymi. Czerwona barwa obrazu negatywowego uwidacznia się jako niebiesko-zielona, barwa zielona, jako barwa purpurowa (magenta), farba błękitna — jako żółta barwa.

Obecnie stosowany sposób wytwarzania filmów kolorowych polega na tym, że przez oglądanie negatywu przeprowadza się próby w celu ustalenia rodzaju koniecznej korekty. Następnie sporządza się odpowiedni pozytyw, przez co można sobie wyobrazić wady wybranej korekty. Pozytyw odpowiednio zmienia się i w ten sposób sporządza drugi pozytyw. Sposób ten powtarza

się tak długo, aż otrzyma się właściwy pozytyw. Korekta składa się normalnie z odpowiedniego dobrania natężenia i zestawu barw, to znaczy spektralnego rozdziału energii źródła światła zastosowanego do oświetlenia negatywu. Może się zdarzyć, że konieczne jest sprządzenie pięciu a nawet sześciu prób pozytywu, co oczywiście bardzo podraża wytwarzanie pozytywu.

Wynalazek pozwala na wyeliminowanie wad i niedogodności znanych sposobów badania filmów kolorowych i odznacza się tym, że elektryczne wartości barwy (napiecie, natężenie itp.) wytwarza się w zależności od poszczególnej podstawowej barwy obrazu, przy czym przewiduje się wzajemny wpływ co najmniej dwóch wartości barw w celu uwzględnienia linii spektralnych barw znajdujących się na filmie kopiującym przy wykonywaniu zdjęcia i projekcji, w celu wytworzenia odmiennych wartości barw, które mogą być skierowane do urządzenia odtworzającego obraz kolorowy.

Wynalazek jest wyjaśniony bardziej szczegółowo w dalszej części opisu w związku z rysunkiem przedstawiającym przykład wykonania urządzenia według wynalazku.

Na rysunku fig. 1 przedstawia schematycznie sposób wytwarzania kopii pozytywu z filmu negatywowego, fig. 2 — przegląd właściwości absorpcyjnych barwników filmu pozytywowego i negatywowego na fig. 1, fig. 3 i 4 — przedstawiają krzywe wykresu objaśniające sposób uwidoczniony na fig. 1, fig. 5 przedstawia układ połączeń urządzenia według wynalazku, fig. 6 — schemat układu do wzmacniacza nieliniowego, który przedstawia możliwą postać wykonania wzmacniacza urządzenia według fig. 5, fig. 7 — schemat układu części układu na fig. 6, fig. 8 — schemat możliwej postaci wykonania drugiego wzmacniacza nieliniowego urządzenia według fig. 5, fig. 9 — 12 przedstawiają krzywe wykresu objaśniające sposób działania urządzenia według fig. 5, fig. 13 przedstawia uproszczony schemat blokowy objaśniający działania urządzenia według fig. 5, a fig. 14 — schemat blokowy układu wyrównującego do korekty różnych czułości zdjęciowej kolorów.

Zrozumienie przedmiotu wynalazku jest uwarunkowane znajomością normalnych sposobów kopiowania przy wytwarzaniu kopii pozytywowej z filmu negatywowego i dlatego takie kopiowanie jest bliżej wyjaśnione na fig. 1. Pierwszym krokiem tego sposobu jest oświetlenie filmu pozytywowego 10 światłem, które przeszło przez negatyw 11. Film negatywowo składa się

z przeźroczystych warstw, przy czym warstwa *a* zawiera barwnik niebiesko-zielony, warstwa *b* — purpurowy, a warstwa *c* — żółty. Fig. 2 pokazuje w przejrzysty sposób, jak poszczególne warstwy negatywu 11 wpływają na różne składowe barw. Natężenie każdej składowej barwy, która dochodzi do filmu pozytywowego jest odwrotnie proporcjonalne do stopnia zaczernienia odpowiedniego barwnika negatywu. Pod terminem „zaczernienie“ należy rozumieć wielkość odpowiadającą wartości ujemnego dziesiętnego logarytmu z wartości przepuszczalności barwnika dla odpowiedniej barwy, co bliżej objaśnia następujący opis. Dla każdego punktu obrazu pochłanianie światła *E* docierającego do pozytywu 10 stoi więc w odwrotnym stosunku do oryginału zarówno pod względem natężenia barwy, gdzie wskazuje np. dużą zawartość czerwieni, a czerwona składowa dochodząca do pozytywu 10 jest bardzo słaba.

Ilości światła odpowiadające barwom podstawowym, dochodzące do pozytywu 10, wpływają na warstwę emulsji srebra pozytywu 10 selektywnie czułą na barwy podstawowe. Czułość zdjęcia tych emulsji wykazuje spektralne krzywe rozdziału, które zasadniczo nie przecinają się tak, że każda emulsja w pierwszym rzędzie współdziała tylko z odpowiednią barwą podstawową, przy czym oprócz tego współdziałanie przy jednakowym natężeniu barw podstawowych jest zasadniczo jednakowo silne.

Naświetlony pozytyw 10 poddaje się następnie chemicznej obróbce, polegającej głównie na działaniu jednej albo kilku kąpeli wywołujących tak, że naświetlone warstwy emulsji zostają zredukowane do srebrnych zdjęć. Sposób chemiczny jest zaznaczony na fig. 1 za pomocą skrzynki 13. W filmie dzięki temu sposobowi powstają barwne obrazy odpowiadające barwom podstawowym, przy czym emulsja czuła na działanie barwy czerwonej wytwarza obraz zielono-niebieski, a obydwie pozostałe emulsje w podobny sposób wytwarzają obrazy dopełniające. Zaczernienie barwnego obrazu jest w każdym przypadku określone oświetleniem odpowiedniej warstwy emulsji. Po wytworzeniu barwnych obrazów usuwa się obrazy srebrne na drodze chemicznej w znany sposób.

W celu obserwowania obrazu zamieszczonego na filmie pozytywowym 14 rzutuje się do obserwatora białe światło ze źródła światła 15 przez film 14. Barwniki filmu wykazują różnicowe odtworzenie tak, że składowe barw światła *L* dochodzącego do obserwatora stoją w odwrot-

nym stosunku do zaczernienia odpowiednich barwników według fig. 2.

Wykonanie według fig. 1 jest ważne, co jest samo przez się zrozumiałe także w tym przypadku, jeżeli film zaopatrzone jest w nieprzeźroczystą warstwę nośną, przy czym obserwator znajduje się po tej samej stronie filmu co źródło światła.

W celu całkowitego zrozumienia sposobu według fig. 1, trzeba jeszcze obserwować dwie właściwości filmu pozytywowego. Wiadomo, że spektralne krzywe absorpcji barwników przecinają się tak, że każdy barwnik pobiera także małą ilość obydwóch nieodpowiadających mu barw podstawowych. Wynika z tego pewien rodzaj krzyżowego sprzężenia barw podstawowych, wykazujące tendencje do obniżania stopnia nasycenia barwami odtwarzanego obrazu. Typowa krzywa absorpcji barwnika zielono-niebieskiego przebiega jak krzywa 3a na fig. 3. Przy większym zaczernieniu tego barwnika z powodu zwiększenia ilości padającego nań światła, zwiększa się w filmie 14 także wtórna absorpcja barw zielonej i błękitnej, co przedstawia krzywa 3b. To samo dotyczy również innych obydwóch barwników.

Drugą ważną właściwością filmu pozytywowego, którą należy uwzględnić, jest nachylenie jego krzywej zaczernienia (transfer gradient). Na fig. 4 krzywa 4a przedstawia wartość zaczernienia D jako funkcję logarytmu ilości światła E dla takiego barwnika, działającego na barwnik. Dla każdego barwnika istnieje przy tym pewna zależność według następującego równania:

$$D = k + \beta \log E \quad (1)$$

gdzie β — oznacza (zmienne) nachylenie albo pochodną krzywej wykresu na fig. 4, a k — liczbę stałą.

Z równania (1) wynika następujące określenie wartości światła L dochodzącego do obserwatora:

$$L = k'E^{-\beta} \quad (2)$$

Powyższe równania 1 i 2 odnoszą się oczywiście tylko do barw podstawowych. k' jest stałą, a ujemny znak wykładnika odpowiada odwróceniu fazy, co następuje przy obserwowaniu filmu pozytywowego, które redukuje poprzednie odwrócenie fazy, występujące w związku z wytworzeniem kopii filmu 10. Otrzymuje się więc obraz pozytywowcy zgodny z oryginałem. Nachylenie krzywej zaczernienia filmu jest więc wyrazem nieliniowości tego filmu, czułości war-

stwy emulsji na zdjęcia jak też sposobu odtwarzania.

Największe nachylenie krzywej zaczernienia w zakresie krzywej 4a oznaczono symbolem γ który wskazuje miarę przeciętnej nieliniowości filmu. Krzywa wykazuje jednak w części dolnej 4b krzywej 4b jak też w części górnej 4c tej krzywej znaczne odchylenie jej od tego nachylenia, które występuje przy największej lub najmniejszej ilości padającego światła. Film stosuje się zwykle w zakresach dolnym i średnim, podczas gdy na ogół unika się odchylonego zakresu górnego 4c.

Przez wprowadzenie wartości γ zamiast β do równania (2) równanie to przyjmuje następującą postać.

$$L = k'E^{-\gamma} \quad (2a)$$

Równanie to, w którym γ oznacza liczbę stałą, wyraża w przybliżeniu dokładne przedstawienie zachowania się filmu pozytywowego. Wartości γ dla różnych barwników jak też inne stałe powyższych równań nie muszą posiadać jednakową wartość.

Wspomniano już, że negatyw 11 może być podczas dokonywania zdjęcia wystawiony na różny stopień naświetlania. Odpowiednią korektę można przeprowadzić w czasie kopiowania przez odpowiednie ustalenie czasu naświetlania albo intensywności źródła światła oraz przez zmianę jego barwy. Dla trzech barw podstawowych przewiduje się różne źródła światła, z których każde może być nastawiane oddzielnie.

Należy zauważyć, że wzmocnienie np. czerwonej barwy światła padającego na pozytyw prowadzi do wzmocnienia barwy błękitno-zielonej filmu 14, któremu odpowiada osłabienie barwy czerwonej docierającej do obserwatora tak, że natężenie światła dochodzącego do obserwatora jest odwrotnie proporcjonalne do natężenia źródła światła.

Fig. 5 przedstawia urządzenie według wynalazku, umożliwiające przedstawienie elektryczne pozytywowej kopii danego negatywu. Szczególnie uwidacznia się to z części urządzenia znajdujących się w obrębie objętym przerywaną linią 20, których działanie odpowiada działaniu części znajdujących się w obrębie objętym przerywaną linią 16 na fig. 1. Przy spełnieniu tego założenia przyjętej wartości natężenia światła wychodzącego E będzie odpowiadać ta sama wartość światła wychodzącego L .

Przedstawione urządzenie obejmuje lampę oscyloskopową 21 z trzema strumieniami elek-

tronów, które współdziałają z poszczególne przydzieloną im substancją świetlną na ekranie, co osiąga się w znany sposób za pomocą przesłony umieszczonej za ekranem. W celu odtworzenia zawartości w obrazie barwy czerwonej służy katoda 22 z siatką sterującą 23, dla odtworzenia zawartości w obrazie barwy zielonej służy katoda 24 z siatką sterującą 25, a dla odtworzenia niebieskiej barwy — katoda 26 z siatką sterującą 27. Jasne jest, że można stosować inne rodzaje urządzeń odtwarzających obraz.

Film negatywowo oznaczono cyfrą 23. Dla każdej barwy podstawowej (należy tu rozumieć w ogóle zasięg spektru), trzeba ustalić więc jedną wielkość barwy rodzaju elektrycznego, odpowiadającą zawartości w obrazie tej barwy podstawowej. W tym celu negatyw należy oświetlić, według jednej z dwóch różnych metod. W urządzeniu przedstawionym na fig. 5 źródło światła stanowi lampa 30, która wytwarza płamę świetlną ruchem przerywanym. Składa się ona korzystnie z białego światła i jest ogniskowana za pomocą soczewki 31 na negatywie 28. Po przejściu pasma filmu światło pada na parę skrzyżowanych, częściowo przepuszczalnych zwierciadeł 32 i 33, z których zwierciadło 32 odbija na czerwono i jest przepuszczalne dla barwy błękitnej i zielonej, podczas gdy zwierciadło 33 odbija niebieską barwę i jest przepuszczalne dla barwy czerwonej i zielonej tak, że światło wchodzące *E* pochodzące z filmu negatywowego 28 zostaje rozłożone na barwy podstawowe — czerwoną, zieloną i niebieską. Składowa barwa czerwona przechodzi przez soczewkę 34R i czerwony filtr 35R i dochodzi do powielacza elektronowego 36R z katodą czułą na barwę czerwoną. Na wyjściu powielacza elektronowego otrzymuje się w ten sposób elektryczny odpowiednik wielkości barwy, to znaczy wielkość odpowiadającą właściwości barwy filmu oryginalnego. Zostaje ona doprowadzana do wzmacniacza 37R.

W podobny sposób wytwarza się w odpowiednich kanałach przenoszących wielkości barwy zielonej i błękitnej, których składowe oznaczone są jak odpowiednie elementy kanału dla czerwieni, z tą różnicą, że symbol *R* zastąpiono symbolem *G* lub *B*.

Inna postać wykonania wymienionych elementów może posiadać źródło światła podobne jak na fig. 1, które oświetla białym światłem cały film negatywowo 28, podczas gdy fotoelektryczna część do wykonywania zdjęć może posiadać postać jednej lampy chwytającej obraz np. z ortikonu.

W każdym przypadku właściwości optyczne i elektryczne filmów barwnych oraz fotoelektryczne urządzenie do wykonywania zdjęć powinny być tego rodzaju, aby przeniesienie każdej barwy podstawowej odpowiadało odpowiedniej czułości zdjęciowej pozytywu. W pewnych przypadkach może być przy tym korzystne zastosowanie specjalnego urządzenia korygującego, opisane niżej w związku z fig. 14.

Przy wyjściu każdego wzmacniacza 37 znajduje się dzielnik napięcia 38, korzystnie wycechowany, umożliwiający samodzielne ustawienie amplitudy wielkości barwy wytworzonej dla każdej barwy podstawowej.

Urządzenie według wynalazku obejmuje również wzmacniacz nieliniowy 40R, którego głównym zadaniem jest doprowadzenie nieliniowości odpowiednio do krzywej według fig. 4 w czasie przenoszenia wartości barwy. Wielkość nieliniowości tych wzmacniaczy zależy od tego, jakie nieliniowości znajdują się w innych częściach urządzenia oraz od wartości γ . W pewnych przypadkach nieliniowość wymagana od wzmacniaczy 40, może być bardzo mała albo pominięta tak, że wzmacniacze te można zastąpić wzmacniaczami liniowymi albo nawet można je wyeliminować.

W celu lepszego zrozumienia przytoczono niżej możliwie wielostronny przykład wykonania urządzenia, w którym układ przedstawiony na fig. 6 zastępuje wzmacniacz 40 przedstawiony na fig. 5. Układ obejmuje trzy możliwości przenoszenia każdej z wielkości barw, przy czym są one analogiczne.

Stosuje się takie oznaczenia, w których odpowiednią przenoszoną barwę oznacza literą dodaną na końcu, podczas gdy dla części jednakowo zbudowanych stosuje się te same oznaczenia cyfrowe. Przez oznaczenie zacisków jednoznacznie podano w jaki sposób należy umieścić układ według fig. 6 w urządzeniu przedstawionym na fig. 5. Układ obejmuje dla każdej barwy podstawowej logarytmiczny wzmacniacz 400, który przemienia doprowadzone do jego wejścia napięcie odpowiadające natężeniu światła w napięcie wyjściowe odpowiadające logarytmowi tego napięcia. Charakterystyka napięcia wyjściowego V'' jako funkcja napięcia wejściowego V' przebiega zgodnie z krzywą 400a. Odpowiednie układy dla takich wzmacniaczy przedstawiono w książce „Principles of Color Television” str. 217–224, 1956 r. Układy oznaczono w niej jako układy korygujące — γ , w których działaniem polega zasadniczo na wyciąganiu pierwiastka kwa-

dratowego. Obydwie odpowiednie krzywe, to znaczy funkcje pierwiastka kwadratowego i funkcje logarytmiczne, mają tak podobny przebieg, że przy odpowiednim doborze wstępnych napięć można przeprowadzić to logarytmowanie za pomocą znanego układu.

Wzmacniacz nieliniowy wykazuje zgodnie ze swoim charakterem przy różnych poziomach wstępnego napięcia różne wartości miary wzmacnienia tak, że konieczne jest ustalenie przy wejściu poziomu napięcia, to znaczy w tym miejscu musi znajdować się składowa stała prądu.

Napięcia wyjściowe wzmacniacza 400 są proporcjonalne do wartości $\log E$ dla każdej barwy podstawowej. Są one doprowadzone do liniowych wzmacniaczy 401, których charakterystyki mają postać krzywej 401a. Przez odpowiednie dobranie stopnia wzmacniania wzmacniacza 401 można osiągnąć przeniesienie z określoną wartością γ . Odpowiada to przenieszeniu odpowiadającego dokładnie ze środkowej części krzywej na fig. 4.

Jest jednak przyjęte, jak już wspomniano wyżej, wykorzystywanie filmu barwnego także w dolnym zakresie krzywej 4b, gdzie nachylenie krzywej zaczernienia odbiega od wartości γ . W celu uzyskania takiego przeniesienia zastosowano wzmacniacze nieliniowe 402, których przebieg charakterystyki pokrywa się z krzywą 402a. Liczba wzmacnienia w zakresie stromego liniowego wzrostu krzywej 402a powinna razem z miarą wzmacnienia odpowiednio do krzywej 401a odpowiadać odtwarzanej wartości γ , podczas gdy zakrzywiona dolna część krzywej 402a zapewnia przeniesienie odpowiednio do części krzywej 4b na fig. 4.

Wzmacniacz 402R został przedstawiony, tytułem przykładu na fig. 7. Obejmuje on układ 405 do ustalania poziomu napięcia przy wejściu do lampy wzmacniającej 406, zgodnie z tym co powiedziano poprzednio. Układ 405 jest normalnym układem sterowanym impulsami, którego diody 407 i 408 stają się przepuszczalne w przedziałach ruchu zwrotnego. Następuje to za pomocą impulsów ruchu zwrotnego, pochodzących z obwodów odchylających, o których będzie mowa poniżej. Podczas jednego impulsu określa się poziom napięcia w znany sposób z napięcia pobranego z nastawianego dzielnika napięcia.

Poziom napięcia wejściowego lampy 406 w stosunku do wartości napięcia wstępnego, wytworzonego przez obwód napięcia wstępnego 410, dobiera się tak, że jedna dioda 411 połączona z katodą lampy 406 staje się nieprzepusz-

zalna w przypadku jeżeli nie istnieje napięcie wstępne, wywołane przez światło. W tym przypadku czynny jest opornik katodowy 412 do wytworzenia silnego ujemnego sprzężenia zwrotnego, przez co zostaje zmniejszona wielkość wzmacnienia lampy 406. Napięcie wyjściowe na oporniku 413 posiada wtedy mniejszą wielkość. Ten stan działania urządzenia trwa aż napięcie wejściowe stanie się wystarczająco wysokie, spadek napięcia na oporniku 412 przewyższy napięcie wstępne obwodu 410. Dioda 411 staje się przy tym przepuszczalna i bocznikujący kondensator 414 połączony przez nią z katodą uzemia katodę. Następuje znaczne obniżenie ujemnego sprzężenia zwrotnego i odpowiedni wzrost wielkości wzmacnienia lampy 406 tak, że dla różnych amplitud napięcia wejściowego wynikają różne wielkości wzmacnienia. Zasadniczo pokrywające się z krzywą 402a. Sposób działania diody 411 wykazuje w rzeczywistości bardzo stopniowe przejście z jednego stanu pracy do drugiego tak, że nie powstaje wyraźne przebiegięcie krzywej. Wzmacniacz 402R może posiadać jeszcze jeden dodatkowy liniowy stopień 416 do odwracania fazy, ażeby napięcie wyjściowe było zgodne w fazie z napięciem wejściowym.

W razie potrzeby spowodowania przeniesienia odpowiednio do części krzywoliniowej 4c, wówczas można zastosować jeszcze jeden podobny wzmacniacz. Wtedy powinno zmienić biegunkowość diody 411.

Liniowe wzmacnienie nie musi być zgromadzone w wzmacniaczach 401, lecz może być rozdzielone na wzmacniaczach następujących po wzmacniaczach 400. Poza tym można zrezygnować ze wzmacniacza części dolnej 402, jeżeli nie jest konieczne odtwarzanie zakrzywienia 4b w dolnym zakresie krzywej. To zakrzywienie może być także równocześnie we wzmacniaczach 400.

U wyjścia wzmacniaczy 40 urządzenia według fig. 5 znajduje się układ mieszający 41, zawierający opornik 42 dla każdej barwy podstawowej, przez który zostaje doprowadzony do nieliniowego wzmacniacza 45 odpowiednik wielkości barwy. Oprócz tego znajdują się połączone na krzyż oporniki 43G i 43B, przez które są dodawane do czerwonej wartości barwy określone części wartości barwy zielonej lub niebieskiej. Podobne zadania mają pozostałe oporniki 43 i 44. Udział obydwóch innych wartości barw dodawanych do każdej wartości barwy zależy od stopnia pokrywania się spektralnych krzywych barwników. U zielonej wartości barwy np. do-

dawana część czerwonej wartości barwy zależy także od tego, jaką absorpcję czerwieni wykazuje barwnik czerwony filmu pozytywowego 14 tak, że pomiar układu mieszającego zależy od właściwości materiału pozytywu.

Wzmocniacze 45 posiadają charakterystykę wykładniczą, przy czym jednak należy ewentualnie uwzględnić krzywą lampy oscyloskopowej 21 tak, że krzywa wynikająca z połączenia szeregowego tych obydwóch części wykazuje przebieg krzywej wykładniczej. W tym celu nieliniowości wzmacniaczy 45 i lamp 41 powinny być tego samego rodzaju, to znaczy jeżeli jedna jednostka pracuje z większą wartością wzmocnienia, wtedy powinno to obowiązywać dla drugiej. Zrozumiałe jest, że z powodu nieliniowości musi być obecna składowa stała prądu. Poza tym wykładniczy przebieg krzywej wymaga, aby każda jednostka, to znaczy zarówno wzmacniacz 45, jak i odpowiednia część lampy oscyloskopowej posiadała przy wyskim natężeniu światła, wyższą wartość wzmocnienia. Dla najwyższego albo najmniejszego natężenia światła stosuje się dalej bez uwzględnienia barw oznaczenia „biał” względnie „czern”. Powinna więc biel obrazu odpowiadać najwyższą wartość miary przeniesienia.

W przypadku gdy wzmacniacze 45 znajdują się przy odpowiednich katodach lamp odtwarzających obraz 21, to charakterystyki wzmacniaczy przebiegają jak pokazano na fig. 11, to znaczy zasadniczo według krzywej logarytmicznej. Przedstawiono na fig. 12 odpowiedni przebieg charakterystyki lampy oscyloskopowej, w której natężenie światła L przedstawiono jako funkcję napięcia katodowego V_c .

Na fig. 8 uwidoczniłoby postać wykonania podanego przykładowo wzmacniacza 45R. Posiada on dołączony do wejściowych zacisków 46 liniowy stopień 50, którego napięcie wyjściowe jest doprowadzone do lampy wzmacniającej 51. Lampa 51 posiada razem z lampą 53 wspólny opornik katodowy 52. Dzielnik napięcia 54 służy do doprowadzenia wstępnych napięć siatkowych do lamp 51 i 53. Punkt połączenia 55 oporników 56 i 57, służący do doprowadzenia napięć wstępnych, jest uziemione poprzez kondensator 58 dla napięć zmiennych.

Wzmocnione napięcie wyjściowe lampy 51 zostaje doprowadzone poprzez kondensator sprzęgający 59 do wtórника katodowego 60, składającego się z dwóch lamp 61 i 62. Na wyjściu kondensatora 59 znajduje się układ 64 do wytwarzania składowej stałej prądu na wejściu wtórника katodowego 60. Ponieważ

jest on połączony podobnie jak przy prądzie stałym poprzez opornik katodowy 66 z katodą 22 lampy oscyloskopowej, również ta lampa otrzymuje przez to składową stałą prądu. Układ 64 obejmuje parę diod 67 i 68 o przeciwnych biegunach, które dzięki impulsom zwrotnym doprowadzanym przez zaciski wejściowe 69 i 70, stają się okresowo przepuszczalne, przez co następuje ustalenie poziomu napięcia według ustawienia na dzielniku napięcia 71.

Wzmacniacz według fig. 8 obejmuje również nieliniowy człon sprzężenia zwrotnego o dużym wzmocnieniu, do którego należy lampa 74 o wysokim współczynniku wzmocnienia. Lampa ta wytwarza nieliniowe wzmocnienie napięcia wyjściowego wtórника katodowego 60 i równocześnie odwraca fazę tego napięcia. Napięcie wyjściowe lampy 74 zostaje doprowadzone poprzez lampę 53 do wspólnego opornika katodowego 52, przy czym lampa 53 pracuje jako wtórnik katodowy. Z powodu odwrócenia faz w lampie 74 napięcie sprzężenia zwrotnego doprowadzone do opornika 52 znajduje się w tej samej fazie co napięcie wejściowe lampy 51, to znaczy sprzężenie zwrotne jest ujemne. Nieliniowość lampy sprzężenia zwrotnego 74 wpływa jednak na funkcję wzmacniacza. Ta lampa ma korzystnie charakterystykę typu wykładniczego i pracuje z większym wzmocnieniem przy zwiększonej amplitudzie wejściowej na siatce sterującej. Temu odpowiada wyższe wzmocnienie członu sprzężenia zwrotnego przy większej amplitudzie napięcia wejściowego lampy 51, to znaczy współczynnik wzmocnienia układu zmniejsza się przy zwiększonej amplitudzie wejściowej, ponieważ ujemne sprzężenie zwrotne staje się przy tym silniejsze. Otrzymuje się więc krzywą roboczą, jak na fig. 11.

Wspomniano już wyżej w związku ze wzmacniaczami 40, że urządzenie do badania filmu powinno wykazywać jako całość nieliniowość odpowiadającą wartości γ filmu pozytywowego i ewentualnie także jedno albo dwa dodatkowe zakrzywienia odpowiednie do zakresów 4b i 4c krzywej zaczernienia oraz ta nieliniowość może występować całkowicie albo częściowo we wzmacniaczu 40. Zakrzywienie odpowiednie do dolnej części 4b krzywej powinno się znajdować przed układem mieszającym 41. Odnosnie nieliniowości w odtwarzaniu wartości γ stosunki te przedstawiają się inaczej, ponieważ nieliniowość ta może występować częściowo we wzmacniaczach 45 i w lampie 21.

Jeżeli nie musi się uwzględnić dolnego za-

kresu, to możliwe jest, że nieliniowość wzmacniaczy 45 w połączeniu z lampą oscyloskopową wystarczy do odtworzenia wartości γ . W tym przypadku wzmacniacze 40 mogłyby składać się z logarytmicznych wzmacniaczy 400 z pominięciem wzmacniaczy 401 i 402. Nieliniowość odpowiadająca wartości γ jest przy tym zawarta częściowo w wzmacniaczach 400. Rozdzielenie jej pomiędzy logarytmiczne wzmacniacze i wzmacniacze wykładnicze (łącznie z lampą oscyloskopową) jest zależne od wartości γ filmu. Im większa jest ta wartość, tym mniejsza jest nieliniowość wymagana od wzmacniaczy 400. Przy dużych wartościach γ można nawet zrezygnować z tych wzmacniaczy 400. Jeżeli wartość γ filmu wynosi około 4, wtedy w wzmacniaczach 40 musi być jeszcze trochę nieliniowości, aby odtwarzanie było bez zarzutu. Ta nieliniowość powinna odpowiadać stosunkowi o około 10 db między najwyższym i najniższym stopniem wzmocnienia.

Aby nieliniowość wzmacniaczy 40 miała wpływ na wartość γ , istotne jest, aby zmienna wielkość wzmocnienia tych wzmacniaczy wykazała swoją najwyższą wartość wówczas, kiedy wzmacniacze 45 wykazują najwyższą wielkość wzmocnienia, to znaczy gdy lampa oscyloskopowa wytwarza światło o największym natężeniu. Zdarza się także w tych wzmacniaczach, że nieliniowość może być rozdzielona, np. jeżeli do wykonywania zdjęć zastosuje się ortikon, który posiada odpowiednią dla tego celu nieliniowość. W każdym razie istotne jest, aby miara przenoszenia światła pochodzącego z negatywu i światła wychodzącego z lampy odtwarzającej obraz, zgadzała się z nieliniową miarą przenoszenia dla odpowiedniej barwy pozytywu.

W razie stosowania urządzenia do wytwarzania pozytywu ze zdjęć negatywowych, wtedy oczywiście trzeba zwracać uwagę na to, aby urządzenie jako całość wywoływało odwrócenie fazy.

Urządzenie posiada układ odchylający do wytwarzania odpowiednich napięć odchylających dla lamp 30 i 21. Napięcia te zostają doprowadzone do uzwojeń odchylających 81 lub 82 i wywołują równomierne przerywanie przez promienie elektronowe lamp. W przedziale zwrotnym zostają promienie katodowe stłumione za pomocą impulsów siatki sterującej, które są wytwarzane w generatorach impulsów 84 i 85, zsynchronizowanych z układem odchylającym.

Zostanie bliżej opisane działanie urządzenia 5, umożliwiające odtwarzanie fotograficznego sposobu wytwarzania kopii pozytywowej. Wspo-

mniano już, że elektryczno-optyczne urządzenia do dokonywania zdjęć wytwarzają elektryczne odpowiedniki wielkości barw, które odpowiadają każdej barwie podstawowej obrazu, to znaczy odpowiadają zakresowi widma spektralnego. Powstaje przez to np. u wyjścia foto lampy 36A napięcie, przedstawione za pomocą krzywej A na fig. 9. Części a tej krzywej odpowiadają przerwanemu rzędowi, podczas gdy części b powstają w czasie powrotnego biegu rzędu, gdzie przez działanie impulsu z generatora impulsu 84 zostaje wyłączony przerywacz 30 plamki świetlnej. W czasie tych okresów, napięcie A przyjmuje wartość najmniejszą, która dla światła odpowiada wartości zerowej. Wyższe wartości natężenia światła odpowiadają wzrostowi krzywej poniżej poziomu czerni. Wynika z tego, że w przypadkach, kiedy określoną wartość światła należy podporządkować określonemu potencjałowi, wtedy konieczne jest ażeby składowa stała prądu została również przeniesiona. Przerywacz 30 plamki świetlnej odpowiada w swoim działaniu lampie 12 z tą różnicą, że przerywa punkty obrazu w następujących po sobie odstępach czasu. Częściowo przepuszczalne zwierciadła, barwne filtry i fotopowielacze odpowiadają czułym na barwę emulsjom filmu pozytywowego 10. Spektralna krzywa czułości dla każdej barwy podstawowej w czasie odpowiedniego przenieszenia, powinna możliwie dokładnie zgadzać się z odpowiednią krzywą dla emulsji filmu pozytywowego. Nie jest przy tym konieczne, aby krzywe czułości zdjęciowej odpowiadały dokładnie krzywom filmu pozytywowego, lecz wystarczy gdy wynik końcowy był w obojgu przypadkach jednakowy. Jeżeli nawet czułości zdjęciowe dokładnie odpowiadają sobie, wtedy urządzenie może być stosowane dla każdego rodzaju filmu negatywowego w innym przypadku zastosowanie urządzenia wykonanego w określony sposób ogranicza się do specjalnego typu filmu negatywowego. W związku z tym należy zauważyć, że czułość zdjęciowa emulsji filmowych zależy od spektralnego rozdziału energii źródła światła 12. Podobnie dotyczy przerywacza 30 przedstawionego na fig. 8. Należy zatem uwzględnić krzywą rozdziału źródła światła w połączeniu z czułością. Będzie to niżej wyjaśnione w związku z urządzeniem do korekty czułości zdjęciowej według fig. 14.

Napięcia wyjściowe powielacza 36 zostają doprowadzone do wzmacniaczy 37, których miarę wzmocnienia można nastawić tak, aby spowodować wyrównanie różniących się nieco czułości różnych kanałów wielkości barw. W zwykłym

przerwywaczu plamki świetlnej jest np. światło przeważnie zielone, a w zakresie czerwieni i błękitu słabsze. Można to wyrównać tym, że miary wzmocnienia wzmacniaczy 37R i 37B uczyni się większe, niż wzmacniacza 37G. Dzielniki napięcia 38 powinny umożliwić niezależnie od siebie nastawienie miary wzmocnienia trzech wielkości barw. O znaczeniu tej możliwości nastawiania będzie mowa poniżej.

Działanie wzmacniaczy 40 zostanie teraz wyjaśnione dla ogólniejszego przypadku tak, że może być odtworzony przy przeniesieniu na zakrzywienie w zakresie 4b krzywej na fig. 4. Przebieg charakterystyki wzmacniaczy powinien zgadzać się wtedy z krzywą β na fig. 10. Niezależnie od zakresu najmniejszych napięć wejściowych chodzi tutaj, jak widać z tej figury, o zasadniczą krzywą logarytmiczną. Jeżeli nie uwzględnimy zakrzywionego zakresu 4b krzywej na fig. 4, wtedy krzywa będzie miała przebieg, przedstawiony przerywaną linią B', a więc rzeczywście całkowicie logarytmiczny. W każdym przypadku przeniesienie przez wzmacniacze 40 daje napięcie wyjściowe zasadniczo odpowiadające logarytmowi napięcia wejściowego, to znaczy napięcie wyjściowe odpowiada zaczernieniu zamiast natężeniu światła, ponieważ między tymi dwiema wielkościami istnieje, jak wiadomo, zależność logarytmiczna. Krzywą B z fig. 10 można osiągnąć przy zastosowaniu wzmacniaczy 40 przedstawionych na fig. 6. W czasie przenoszenia przez stopnie nieliniowe trzeba uważać na poziom napięcia. W omawianym przypadku wartość czerni krzywej A na fig. 9, to znaczy części C tej krzywej odpowiadają poziomowi napięcia, który należy utrzymywać na stałym poziomie, przy czym urządzenia stabilizujące składową stałą prądu powinny być czynne w zależności od tego poziomu. Jeżeli zostanie spełniony ten warunek, wtedy napięcie wyjściowe wzmacniacza 400 będzie proporcjonalne do stopnia zaczernienia, ze względu na swój logarytmiczny charakter, które odpowiada natężeniu pobranego światła. Logarytmiczne napięcia zostają wzmocnione we wzmacniaczach 401, których miary wzmacniania są nastawione tak, że otrzymuje się pożądaną wartość γ , odpowiednio do środkowej części krzywej na fig. 4. Po tym następuje wzmocnienie we wzmacniaczach zakrzywienia 402, których charakterystyki odpowiadają krzywej 402a tak, że napięcia wyjściowe na zaciskach 40d, e, f na fig. 4 dokładnie odpowiadają wartości zaczernienia jednej warstwy filmu pozytywowego 14. Jest zrozumiałe, że wzmacniacze 401 nie muszą stanowić odrębnych jednostek, lecz odpowiednie liniowe

wzmocnienie może być rozdzielone na stopniach następujących po sobie. To samo dotyczy wzmacniaczy 401 i 402. Wzmacniacze 400R i 402R można np. zastąpić jednym wzmacniaczem o takich samych właściwościach przenoszenia.

Napięcia „zaczernienia“ doprowadza się następnie do układu mieszającego 41, w którym do każdej wielkości barwy albo napięcia zaczernienia dodaje się część obydwóch innych, co powinno nastąpić zgodnie ze spektralnymi zasięgami aktywności barwników filmu pozytywowego. Odnosnie np. czerwonej wielkości barwy opornik 42R jest znacznie mniejszy, niż oporniki 43G i 43B tak, iż napięcie u wejścia wzmacniacza 45R odpowiada zasadniczo wielkości czerwonej barwy zgodnie z faktem, że czerwony i żółty barwnik filmu pozytywowego absorbuje także czerwien w małym zakresie tak, że czerwone światło dochodzące do obserwatora nie jest ustalone wyłącznie przez zaczernienie barwnika zielono-niebieskiego, lecz oprócz tego także w pewnej mierze przez zaczernienie obydwu innych barwników. Zaczernienie tych barwników zależy z drugiej strony od natężenia światła zielonego albo niebieskiego, które dochodzi do zielonej lub niebieskiej emulsji. Zgodnie z tym układ mieszający 41 dodaje do wartości czerwonej barwy odpowiednie części wielkości zielonej i niebieskiej barwy. Zestawienie to może nastąpić dlatego liniowo, ponieważ są to właśnie napięcia zaczernienia, które doprowadza się do układu mieszającego tak, że sumaryczne zestawienie następuje w taki sam sposób, jak w przypadku zaczernienia warstw absorpcyjnych połączonych jedna za drugą.

Wtórne wielkości barw znajdujące się na wyjściu układu mieszającego zostają następnie doprowadzone przez wzmacniacze 45 do każdej z katod 22, 24 i 26. Powstający przez to obraz na ekranie lampy 21 jest ze względu na swój charakter pozytywnym, ponieważ urządzenie do badania jako całość dokonało odwrócenia fazy.

Wzmacniacze 45 posiadają, jak już wspomniiano, charakterystykę odpowiadającą krzywej C na fig. 11. Przy wykonaniu według fig. 8 wynika nieliniowość dla jednego z tych wzmacniaczy przez nieliniową właściwość członu sprzężenia zwrotnego, dokładniej mówiąc przez lampę 74 tego członu.

Poziom napięcia na wejściu ustala się za pomocą układu 64, który zostaje uruchomiony podczas ruchu wstecznego wskutek doprowadzanych impulsów, dlatego napięcie wyjściowe na zacisku 47 zamyka składową stałą prądu. Zostaje

ono doprowadzone do lampy oscyloskopowej 21, której charakterystyka wykazuje przebieg zgodny z krzywą D na fig. 12.

Odpowiednio do charakteru nachylenia jej krzywej następuje odwrócenie fazy tak, że dany poziom, który we wcześniejszych stopniach odpowiada wartości czerni teraz odpowiada wartości bieli odtwarzanego obrazu pozytywowego. Obraz pozytywowo jest odwrotny do negatywu zarówno odnośnie natężenia światła jak też składu barw. Jeżeli np. określony punkt obrazu posiada barwę niebiesko-zieloną oznacza to, że światło doprowadzone do powielacza składa się zasadniczo z zieleni i błękitu. Odwrócenie fazy powoduje w tym przypadku to, że w odtworzonym obrazie występuje głównie tylko czerwień, a nie ma zieleni ani błękitu. Niebiesko-zielony punkt obrazu negatywowego odpowiada zatem czerwonemu punktowi obrazu pozytywowego.

Wspomniano już, że nieliniowość lampy oscyloskopowej sumuje się z nieliniowością wzmacniaczy 45 tak, że należy uwzględnić charakterystykę wypadkową tych obydwóch stopni. Ta charakterystyka powinna mieć przebieg wykładniczy odpowiednio do właściwości barwnika filmu pozytywowego przy różnicowym odtwarzaniu barwy. Przy jednej warstwie barwnika przepuszczane światło jest proporcjonalne do przepuszczalności tak, że np. dla barwnika niebiesko-zielonego w stosunku do czerwieni obowiązuje następujące równanie:

$$L_R = L_s T_c \quad (3)$$

gdzie L_R oznacza czerwoną składową przepuszczonego światła, L_s — światło wytworzone przez źródło 15 a T_c — przepuszczalność barwnika niebiesko-zielonego. Między zaczernieniem D barwnika i przepuszczalnością T istnieje związek:

$$D = -\log T, \quad (4)$$

przy czym rozpatruje się logarytm dziesiętny. Z obydwóch równań (3) i (4) wynika zależność:

$$L_R = L_s (10^{-D_c}) \quad (5)$$

Wypadkowe natężenie światła jest więc funkcją wykładniczą zaczernienia. Ponieważ napięcia wejściowe wzmacniaczy 45 odpowiadają zaczernieniu, jasne jest, że musi mieć miejsce wzmocnienie wykładnicze.

W filmie kolorowym stosunki przedstawiają się podobnie jak przy jednej warstwie barwnika

z tą różnicą, że chodzi o trzy połączone jedna po drugiej warstwy barwnika, przy czym oprócz tego istnieje „sprzęganie krzyżowe“ między barwnikiem, ponieważ każdy barwnik oprócz wpływu na własną barwę podstawową wpływa także na obydwie inne barwy podstawowe. Dla tego przypadku obowiązuje zależność:

$$L_o = L_s T_f \quad (6)$$

gdzie L_o oznacza ilość światła przepuszczonego z filmu, a T_f — przepuszczalność filmu.

Przepuszczalność filmu T_f składa się z iloczynu przepuszczalności poszczególnych składników według równania:

$$T_f = T_c T_m T_y T_x \quad (7)$$

gdzie c , m , y i x oznaczają warstwę nośną filmu dla błękitu — zieleni, czerwieni, żółci itd.

Należy zauważyć odnośnie wielkości T , że jest ona zależna od spektralnego składu światła.

Z równania (4) wynika wypadkowe zaczernienie D_f filmu według równania:

$$D_f = -\log T_f = -\log (T_c T_m T_y T_x) \quad (8)$$

z czego wynika:

$$D_f = -\log T_c - \log T_m - \log T_y - \log T_x \quad (9)$$

albo

$$D_f = D_c + D_m + D_y + D_x \quad (10)$$

Widać z tego, że zaczernienia sumują się.

Z równania (8) wynika:

$$T_f = 10^{-D_f} \quad (11)$$

Po podstawieniu tej wartości do równania (6) uzyskuje się:

$$L_o = L_s \cdot 10^{-D_f} \quad (12)$$

Z tego wynika przy zastosowaniu równania (10):

$$L_o = L_s \cdot 10^{-D_c} \cdot 10^{-D_m} \cdot 10^{-D_y} \cdot 10^{-D_x} \quad (13)$$

Wykładniczy sposób pracy barwników wyrażony równaniem (13) musi być odtworzony przez urządzenie do badania filmu posiadające właściwość odpowiedniego przenoszenia wykładniczego, przy czym to odtworzenie powinno następować po dokonanych zmieszaniu w układzie 41, ponieważ układ 41 pracuje sumująco, co jest założeniem, że chodzi tutaj o napięcie zaczernienia.

Poniżej zostanie wyjaśnione odtworzenie wartości γ filmu pozytywowego przy przenoszeniu wielkości barwy. W związku z tym zasadnicze znaczenie posiada szeregowe połączenie logarytmicznych stopni wzmocnienia i stopni wykładniczych, ponieważ zakładając, że istnieje określona miara wzmocnienia między stopniami; taki układ posiada charakterystykę odpowiadającą funkcji potęgowej, której wykładnik może być dobrany tak, aby odpowiadał pożądanej wartości γ . To najprościej przedstawiono na fig. 13, na której logarytmiczny stopień 90, liniowy stopień 91 i wykładniczy stopień 92 są połączone szeregowo w wymienionej kolejności. W tym przypadku pomija się zakrzywioną część 4b krzywej na fig. 4. Chodzi więc tutaj o uzyskanie wartości γ . Stopień 90 posiada charakterystykę logarytmiczną 90a odpowiadającą równaniu:

$$e_1 = \log e_1 \quad (14)$$

a charakterystyka liniowa 91a stopnia 91 odpowiada równaniu:

$$e_2 = \gamma e_1 \quad (15)$$

przy czym γ oznacza stałą.

Charakterystyka wykładnicza 92a stopnia 92 odpowiada równaniu:

$$e_3 = 10 e_2 \quad (16)$$

Litery e_1 , L_2 , L_3 itd. oznaczają napięcia w punktach oznaczonych na fig. 13. Stosując równania (14) do (16) otrzymuje się następującą zależność między e_4 i e_1 :

$$e_4 = 10 - \gamma \lg e_1 \quad (17)$$

albo

$$e_4 = e_1^{-\gamma} \quad (18)$$

to znaczy, że chodzi tutaj o funkcję potęgową z wykładnikiem γ .

Jeżeli przewiduje się odwrócenie fazy, to znak wykładnika w równaniu (18) zmienia się i równanie to przyjmuje następującą postać:

$$e_4 = e_1 - \gamma \quad (19)$$

Porównanie równania (19) z następującym równaniem

$$L = K' E^{-\gamma} \quad (20)$$

które zgadza się z równaniem (2a), i przedstawia charakterystykę filmu pozytywowego. Wskazuje on, że możliwe jest odtworzenie wartości γ

filmu pozytywowego, jeżeli γ z równania (19) posiada odpowiednią wartość. To co powiedziano dotyczy każdej barwy podstawowej z osobną.

W praktyce oczywiście występują odchylenia od zasadniczych wartości przedstawionych na fig. 13 tak, że np. należy uwzględnić ewentualnie istniejące wzmocnienie w stopniu logarytmicznym albo wykładniczym oraz charakterystykę według pierwiastka kwadratowego lampy 21.

Pożądaną miarę wzmocnienia γ oraz rodzaj i sposób rozdzielania jej na różnych nieliniowych stopniach każdego kanału przenoszenia, można ustalić za pomocą miary wzmocnienia różniczkowego, koniecznego dla każdego stopnia nieliniowego. Wyrażenie „wzmocnienie różniczkowe” odnosi się do nachylenia charakterystyki przenoszenia stopnia w określonym punkcie. Zakładając, że znane są warunki pracy jednego stopnia można obliczyć zakres kombinacji wzmocnienia różniczkowego, to znaczy stosunek między jego największą i najmniejszą wartością. W każdym przypadku bierze się przy tym pod uwagę tylko rzeczywiście dający się wykorzystać zakres, każda wchodząca w rachubę charakterystykę, np. barwnika filmu albo stopnia wzmocnienia. Ma to zasadnicze znaczenie, ponieważ, praktycznie biorąc, zakres pracy filmu negatywowego, a tym samym także wielkość barw wytworzonych przez powielacz, najczęściej znacznie przewyższa zakres pracy filmu pozytywowego. W urządzeniu do badania filmu według wynalazku, trzeba uwzględnić tę właściwość filmu pozytywowego. Zakłada się np., że film pozytywowo posiada wartość $\gamma = 4$ oraz, że stojący do dyspozycji zakres kontrastu odtwarzanego obrazu odpowiada stosunkowi 100:1. Przy zależności według równania (20) między światłem padającym E i światłem wychodzącym L można określić wzmocnienie różniczkowe wyrażone w decybelach jak funkcja L (w decybelach) za pomocą następującego równania, które otrzymuje się przez różniczkowanie i przez uproszczenie równania (20):

$$\frac{dL}{dE} = \frac{\gamma + 1}{\gamma} L + K_2 \quad (21)$$

Stosunek kontrastu 100:1 mierzony w decybelach odpowiada wahaniu od 0 do 40. Wstawienie tych wartości do równania (21) przy użyciu γ o wartości równej 4 oraz odjęcie obydwóch tak otrzymanych wyników daje to, że zakres wahań, który konieczny jest do

wzmocnienia różniczkowego, to znaczy stosunek największego wzmocnienia do najmniejszego, wynosi 50 decybeli.

W podobny sposób można wyrazić, że różniczkowe wzmocnienie części wykładniczej urządzenia według wynalazku stoi w następującym prostym stosunku do światła wychodzącego:

$$\frac{dL}{dV} = L, \quad (22)$$

gdzie V oznacza napięcie wejściowe stopnia wykładniczego. Dla zakresu kontrastu o 40 decybelach równanie (22) podaje, że odpowiedni stosunek wzmocnień różniczkowych stopni wykładniczych także osiągnie wartość 40 decybeli. Stosunek nachylenia największego do najmniejszego w zakresie pracy krzywej nieliniowej 92b na fig. 13 powinien więc wynosić 40 decybeli. Pozostaje jeszcze 10 decybeli zmian wzmocnienia, które umieszcza się w stopniu logarytmicznym.

Stosunek największego do najmniejszego nachylenia charakterystyki jest miarą nieliniowości. Wynika więc, że największa część nieliniowości przy założonych stosunkach będzie znajdowała się w części wykładniczej urządzenia do badania filmu, podczas gdy mniejsza część znajduje się we wzmacniaczu logarytmicznym. Porównanie równań (21) i (22) wskazuje, że przy większych wartościach γ zawsze większa część nieliniowości przypada na stopnie wykładnicze i odpowiednio mniejsza część na stopnie logarytmiczne. Jeżeli γ posiada wartość znacznie większą niż 4, wtedy zapotrzebowanie na nieliniowość w stopniach logarytmicznych jest tak mała, że może być pominięta, a stopień logarytmiczny może być zastąpiony stopniem liniowym. Przy wartości γ równej 4 można, o ile to jest możliwe, obejść się bez stopnia logarytmicznego, jednak nie należy tego czynić, jeżeli chce się uzyskać odtworzenie bez zarzutu z odpowiednią wartością stosunku kontrastu.

W lampie oscyloskopowej nieliniowość odpowiada stosunkowi największego do najmniejszego wzmocnienia różniczkowego o około 20 decybelach tak, że o ile część wykładnicza powinna w sumie posiadać 40 decybeli, wówczas pozostałych 20 decybeli należy przewidzieć dla wzmacniaczy nieliniowych. Stopnie nieliniowe należy korzystnie wykonać tak, aby uzyskać nieliniowość tego samego rodzaju, to znaczy, różne stopnie pracują równocześnie przy największym lub najmniejszym wzmocnieniu różniczkowym.

Warunki te w danym przypadku są spełnione, co widać z krzywych na fig. 10, 11 i 12. Pomiędzy przy tym odtworzenie w zakresie dolnym krzywej, to znaczy wyszło się z krzywej B' na fig. 10. Wartość maksymalna wzmocnienia odpowiada przy tym bieli w odtworzonym obrazie.

Pomiar wielkości wzmocnienia różnych części urządzenia należy przeprowadzić z uwzględnieniem warunku, że każdy nieliniowy stopień pracuje w zakresie z pożądaną wielkością zmian nieliniowości. Jest przy tym najbardziej korzystne zacząć od lampy oscyloskopowej 21 i pracować dalej do tyłu, ponieważ pomiar stopnia lampy obrazowej ustala się stosunkowo jednoznacznie przez zakres kontrastu. W przytoczonym przypadku wydajność światła lampy oscyloskopowej powinna posiadać zakres kontrastu 100:1, co odpowiada stosunkowi 40 decybeli. W ten sposób określa się napięcie wstępne i zakres wahań napięcia wstępnego dla każdego strumienia katodowego lampy. Wielkość wzmocnienia wzmacniaczy 45 trzeba dobrać tak, aby napięcie wyjściowe odpowiadało temu wymaganiu, przy czym oprócz tego nieliniowość powinna odpowiadać zmianie wzmocnienia 20 decybeli.

Napięcia wejściowe wzmacniaczy 45 muszą wykazywać do tego odpowiednią amplitudę i przez to zostają określone także napięcia wyjściowe wzmacniaczy 40, o których założono, że są logarytmiczne. Dla tych wzmacniaczy należy oprócz tego uwzględnić to, że powinny one wykazywać nieliniowość odpowiednio do stosunku wzmocnienia o 10 decybelach.

W uprzednich rozważaniach nie uwzględniono zakrzywienia w zakresie dolnym krzywej na fig. 4. Zakrzywienie to zostaje wywołane odpowiednią zmianą wielkości wzmocnienia albo nieliniowości, odpowiadającą wartości γ w odpowiednim zakresie zmian napięć wielkości barw. Przykład przeprowadzenia tego w postaci wzmacniaczy 40 objaśniono w związku z fig. 6.

Stopnie logarytmiczne jak wspomniano miały za zadanie przemienić napięcia odpowiadające intensywności albo natężeniu światła w napięcia odpowiadające odpowiedniej wartości zaczerpnienia. W pozornej sprzeczności do tego jest fakt, że przy większych wartościach γ pożądana jest mniejsza wielkość nieliniowości we wzmacniaczach 40. Jednak sprzeczność ta jest tylko pozorna, ponieważ gdy miara nieliniowości pożądana we wzmacniaczach 40 spada, wtedy jest to jednoznaczne z tym, że wzmacniacze te

muszą pracować w mniejszym zakresie ich charakterystyki logarytmicznej. Rodzaj pracy jest logarytmiczny, jednak przy bardzo małym zakresie pracy można uważać wzmacniacz logarytmiczny w przybliżeniu za równorzędny ze wzmacniaczem liniowym.

Z powyższego widać, że na ekranie lampy oscyloskopowej powstaje obraz pozytywowy, który dokładnie jest taki sam jak obraz, który przy zachowaniu odpowiednich warunków odnośnie oświetlenia i właściwości barwników itd. możnaby otrzymać sposobem fotograficznym. Teraz będzie wyjaśnione, jak za pomocą urządzenia według wynalazku należy przeprowadzić sposób fotograficzny tak, aby nie musiał on być powtórzony. W związku z tym należy zauważyć, że błąd w naświetlaniu albo błąd w barwie filmu negatywowego można zwyczajnie wyrównać przez odpowiednią zmianę intensywności albo przez zmianę barwy źródła światła 12. Najczęściej uważa się za najbardziej korzystne przeprowadzanie wyrównania podczas naświetlania zamiast sposobem chemicznym, według którego trudno jest zauważyć określoną zmianę tak, że nie jest pożądane przeprowadzenie zmian w tym sposobie. Można więc prawie zawsze osiągnąć pożądane wyrównanie.

Urządzenie według wynalazku jest w tym celu zaopatrzone w układ, umożliwiający odtwarzanie zmiany intensywności albo zmiany barwy źródła światła stosowanego podczas kopiowania. W danej postaci wykonania urządzenia służą do tego celu dzielniki napięcia 38, zaopatrzone w gałki do nastawiania ze skalą. Skala podaje odpowiednie natężenie światła i barwy przy fotograficznym kopiowaniu tak, że przez ustawienie gałek skali tak, aby obraz lampy oscyloskopowej był bez zarzutu, można odczytać bezpośrednio z tych ustawionych wartości skal, jak należy przeprowadzić sposób fotograficzny, aby obraz wytworzony w ten sposób zgadzał się z obrazem na ekranie lampy oscyloskopowej. W normalnym sposobie kopiowania poprawki przeprowadza się w ten sposób, że dla każdej z trzech barw przewidziane jest dające się regulować urządzenie tłumiące, za pomocą którego zostaje zmieniona intensywność barwy. W celu dopasowania do tego sposobu gałki urządzenia można je zaopatrzyć w skalę odpowiadającą miarze tłumienia.

Przy zastosowaniu elektrycznych dzielników napięcia zakłada się, że zarówno fotopowielacz, jak też inne stopnie poprzedzające dzielniki na-

pięcia są zasadniczo liniowe, aby cechowania również były liniowe. Jeżeli stosuje się cechowania nieliniowe, wówczas dane służące do nastawiania składowych światła kopiującego można ustalić albo za pomocą obliczeń matematycznych, albo za pomocą dość obszernych tablic. Tablice muszą posiadać duży zakres, ponieważ każda z trzech gałek dzielnika napięcia musi być nastawiana niezależnie od innych tak, że istnieje duża możliwość kombinacji. Inna możliwość polega na optycznym regulowaniu wielkości wzmocnienia, np. za pomocą kalibrowanych filtrów optycznych włączonych między filmem negatywowym 28 i powielaczem 36. Filtry te można ustawić wówczas, gdy pożądany obraz pozytywowy ukaże się na ekranie lampy 21, i że nastawione wartości filtru podają wtedy pożądaną zmianę sposobu fotograficznego. We wszystkich przypadkach występuje ta zasadnicza zaleta wynalazku, że nie jest konieczne sporządzanie próbnego egzemplarza filmu pozytywowego.

Wspomniano już, że warunkowo może być związane z trudnościami części wejściowe urządzenia, to znaczy przerywacz 30, zwierciadła 32 i 33, filtry barwne 35, powielacz 36 i wzmacniacze 37 winny być w dokładnej zgodności z czułościami zdjęć różnych czułych na barwę emulsji filmu pozytywowego. W takich przypadkach można wyrównać niezgodności za pomocą urządzenia korygującego.

Szczególnie w przerywaczach z ruchomymi plamkami świetlnymi istnieje trudność w tym względzie, ponieważ spektralny rozdział energii światła nie jest na ogół równomierny odnośnie krzywych czułości barwników filmu barwnego. Substancja świecąca, zastosowana w przerywaczach tego rodzaju, wytwarza głównie światło zielone. Jeżeli kanały do zdjęć dla czerwieni albo błękitu są tak wymierzone, że odpowiadają one jednej z tych barw, wówczas odpowiednie napięcia wyjściowe powielaczy 36R albo 36B nie porównując z poziomem zakłócenia posiadają wystarczająco wielką amplitudę. Stosunek sygnału do zakłóceń jest bardzo niski i zakłócenia wpływają w ujemny i widoczny sposób na odtwarzany obraz.

W celu usunięcia tej wady można rozszerzyć zakres czułości kanału dla czerwieni oraz kanału dla błękitu tak, że rozciągnie się on do zakresu zielonego. Przez to zostaje podwyższony stosunek sygnału do zakłóceń, jednak wymienione kanały nie odpowiadają teraz dokładnie

czułościom zdjęcia emulsji filmu pozytywowego dla czerwieni i błękitu, albo innymi słowami np. wielkość barwy otrzymanej z powielacza 36R odpowiada mieszaninie czerwieni i zieleni.

Jeżeli rzeczywiste właściwości zdjęciowe filmu pozytywowego, które w porównaniu ze zmienioną czułością urządzenia do badania i właściwościami sprzężenia krzyżowego wywołanego barwnikami filmu negatywowego są znane, wówczas można wymienione kolorymetryczne błędy poprawić za pomocą urządzenia do korekty typu przedstawionego na fig. 14. Jak wynika z oznaczeń zacisków włączających, urządzeniem do korekty można zastąpić wzmacniacze 37 na fig. 5. Do usunięcia błędów kolorymetrycznych urządzenie zawiera dla każdej barwy podstawowej jeden obwód mieszający 100. Do każdego obwodu mieszającego zostają doprowadzone od strony wejściowej trzy wielkości barwy. Obwód mieszający 100R powinien np. odejmować od wielkości czerwonej barwy, określone ułamki zielonej i niebieskiej wielkości barwy, aby wynikająca przy tym wielkość odpowiadała właściwej wartości czerwieni. W przytoczonym przypadku, w którym źródło światła wytwarza przeważnie światło zielone, zielona wielkość barwy jest głównie tą barwą, od której należy odjąć czerwoną wielkość barwy.

Jak w urządzeniu przedstawionym na fig. 5 można zastosować logarytmiczne i wykładnicze stopnie wzmocnienia w celu odtworzenia ewentualnie istniejących nieliniowości w czułościach zdjęciowych emulsji barwnika filmu pozytywowego. Także jeżeli konieczne jest uwzględnienie wzajemnego wpływu barwników filmu negatywowego, trzeba przemienić wielkości barwy w wielkości zaczernienia, zanim zostaną one doprowadzone do obwodu mieszającego w celu wyrównania wymienionego wzajemnego wpływu. Pomiar tych nieliniowych stopni następuje według zasad wyjaśnionych już w związku z fig. 5.

Zastrzeżenia patentowe

1. Sposób badania kolorowych filmów celem ustalenia właściwości barw kopii otrzymywanych fotograficznie, np. kopii pozytywu filmowego powstałej z negatywu filmowego na drodze elektrycznej przy użyciu aparatury do odtwarzania obrazów kolorowych przez wytwarzanie elektrycznych wielkości charakterystycznych barwy (napięcia, prądu) w zależności od każdej z poszczególnych barw podstawowych obrazu, i przenoszenia tych wielkości do aparatury odtwarzania obrazu poprzez obwody przenoszące, w których te wielkości elektryczne są przetwarzane podobnie, jak odpowiadające im wielkości nadsładowanego sposobu fotograficznego, znamienny tym, że co najmniej jedną z właściwości obwodów przenoszących zmienia się tak, aż obraz ukazujący się na aparaturze od odtwarzania obrazu osiągnie żądane odtworzenie obrazu filmu kolorowego, a proces fotografowania przeprowadza się możliwie z największą zgodnością z elektrycznym odtworzeniem kopii pozytywu filmowego.
2. Sposób według zastrz. 1, znamienny tym, że wywiera się wzajemny wpływ co najmniej dwóch wielkości charakterystycznych celem uwzględnienia wzajemnego wpływu materiałów, z których tworzą się poszczególne barwy na kopii filmowej przy zdjęmowaniu lub odtwarzaniu obrazu, wskutek czego zostają wytworzone zmienione wielkości charakterystyczne barwy, doprowadzone do aparatury odtwarzania obrazu kolorowego.
3. Sposób według zastrz. 2, znamienny tym, że wzajemny wpływ wielkości charakterystycznych wywiera się w układzie matrycowym, w którym co najmniej jedną z wielkości charakterystycznych barwy łączy się przez dodanie lub odjęcie z co najmniej jedną inną wielkością charakterystyczną barwy, po czym napięcie wyjściowe układu matrycowego doprowadza się do wzmacniacza o wykładniczej charakterystyce w celu wytwarzania zmienionych wielkości charakterystycznych barwy.
4. Sposób według zastrz. 1 – 3, znamienny tym, że wielkości charakterystyczne barwy przenosi się za pomocą układu o charakterystyce nieliniowej celem uwzględnienia nieliniowości kopii filmowej.
5. Sposób według zastrz. 4, znamienny tym, że nieliniowość przenoszenia stosuje się odpowiednio do zmiennego nachylenia krzywych zaczernienia różne wartości, które są odtwarzane.
6. Sposób według zastrz. 1 – 5, znamienny tym, że wielkości charakterystyczne barw są wytwarzane tak, aby uzyskać wyrównanie różnych czułości kopii dla różnych barw podstawowych przy uwzględnieniu czułości kopii filmowej.

7. Sposób według zastrz. 1–6, znamienno tym, że wzajemny wpływ wartości zaczernienia uzyskuje się przez doprowadzanie tych wartości do układu mieszającego.
8. Sposób według zastrz. 7, znamienno tym, że wielkości charakterystyczne barwy przekształca się przed doprowadzaniem ich do układu mieszającego w wielkości zaczernienia, odpowiadające logarytmom tych wartości.
9. Sposób według zastrz. 8, znamienno tym, że wzajemny wpływ wielkości zaczernienia następuje w układzie matrycowym.
10. Sposób według zastrz. 1–9, znamienno tym, że przetworzone wielkości charakterystyczne barwy przesyła się za pomocą układu o wykładniczej charakterystyce przenoszenia, zgodnie z charakterystyką wykładniczą materiałów kopii filmowej, z których tworzy się poszczególne barwy.
11. Sposób według zastrz. 1–10, znamienno tym, że przy przenoszeniu przez stopień nieliniowy ustala się napięcie wejściowe z uwzględnieniem poziomu potencjału.
12. Sposób według zastrz. 1–11, znamienno tym, że dla otrzymania z negatywu filmowego obrazu, odpowiadającego kopii pozytywu filmowego wytwarza się zmianę biegunowości.
13. Urządzenie do stosowania sposobu badania filmów kolorowych, według zastrz. 1–12, znamienno tym, że posiada środki nastawcze dla zmiany co najmniej jednej z właściwości obwodów przenoszących celem umożliwienia odtwarzania zmian obrazu, które są zgodne ze zmianami, jakie powinienby posiadać obraz wytworzony fotograficznie przy uprzednio określonych zmianach w sposobie fotografowania.
14. Urządzenie według zastrz. 13, znamienne tym, że posiada środki umożliwiające uzyskanie wzajemnego wpływu co najmniej dwóch wielkości charakterystycznych barw celem uwzględnienia wzajemnego wpływu materiałów, z których tworzą się barwy na kopii filmowej w czasie jej naświetlania lub przy jej odtwarzaniu, przez co powstają zmienne wielkości charakterystyczne barwy, które doprowadza się do aparatury odtwarzania obrazu kolorowego.
15. Urządzenie według zastrz. 14, znamienne tym, że posiada układ matrycowy, w którym co najmniej jedna z wielkości charakterystycznych barwy ulega przetworzeniu przez dodanie lub odjęcie co najmniej jednej innej wielkości charakterystycznej barwy, przy czym napięcia wyjściowe układu matrycowego zostają doprowadzone do wzmacniaczy o charakterystyce wykładniczej, w których następuje wytwarzanie zmienionych wielkości charakterystycznych barwy.
16. Urządzenie według zastrz. 11–13, znamienne tym, że krzywa charakterystyczna przenoszenia posiada przebieg nieliniowy odpowiadający nieliniowości kopii filmowej, co pozwala na nadawanie nieliniowości, odpowiednio do zmiennego nachylenia krzywych zaczernienia, różnych wartości w przedziale mocy odtwarzanych wartości.
17. Urządzenie według zastrz. 13–16, znamienne tym, że posiada aparat korekcyjny dla wzajemnego wpływu wielkości charakterystycznych barw w celu uwzględnienia różnicy pomiędzy czułością kopii filmowej i czułością urządzenia do badania filmu ze względu na różne barwy podstawowe.
18. Urządzenie według zastrz. 13–17, znamienne tym, że posiada jako aparat korekcyjny układ mieszający lub środki do wzajemnego wpływu wielkości charakterystycznych barw, przy czym doprowadzone są one do strony wejściowej układu mieszającego, a na jego stronie właściwej zjawiają się zmienione wielkości charakterystyczne barw.
19. Urządzenie według zastrz. 18, znamienne tym, że zawiera logarytmiczny stopień przenoszenia, w którym wielkości charakterystycznych barw przed doprowadzeniem do układu mieszającego, są przekształcone w napięcia zaczernienia odpowiadające ich logarytmom.
20. Urządzenie według zastrz. 19, znamienne tym, że posiada układ mieszający, składający się z układu matrycowego do każdej z wielkości charakterystycznych barw zostaje dodany określony ułamek jednej lub obu innych wielkości charakterystycznych.
21. Urządzenie według zastrz. 13–20, znamienne tym, że zawiera układ matrycowy pozwalający na doprowadzenie zmienionych wielkości charakterystycznych barwy do stopnia przenoszenia o charakterystyce wykładniczej, której wykładniczy przebieg jest dopasowany do wykładniczego charakteru materiałów, z których tworzą się barwy na kopii filmowej.

22. Urządzenie według zastrz. 13—20, znamienne tym, że zawiera stopień układu nieliniowego, w którym następuje ustalenie napięć wejściowych i poziomu potencjału.
23. Urządzenie według zastrz. 18—21, znamienne tym, że posiada środki do oświetlania filmu kolorowego białym światłem o nierównomiernym spektralnym rozkładzie energii, przy czym aparat korekcyjny do wzajemnego wpływu wielkości charakterystycznych barw tak jest wykonany ze względu na wspomniane nierównomierności, że powoduje ich zniwelowanie.
24. Urządzenie według zastrz. 13—22, znamienne tym, że posiada co najmniej jeden kanał przenoszenia, służący do wytwarzania jednej wielkości charakterystycznej barwy, zaopatrzonego w filtr barwy, przez który światło przepuszczone przez film kolorowy, przechodzi przed doprowadzeniem go do fotoelementu.
25. Urządzenie według zastrz. 13—23, znamienne tym, że posiada wycechowane środki nastawcze, dla niezależnego nastawiania stopnia wzmocnienia każdej z charakterystycznych wielkości barw.
26. Urządzenie według zastrz. 24, znamienne tym, że posiada środki nastawcze, składające się z nastawialnych dzielników napięciowych.
27. Urządzenie według zastrz. 24, znamienne tym, że posiada środki nastawcze, składające się z układów regulujących tłumienność światła, doprowadzanego do kolorowej taśmy filmowej, odpowiadającego każdej barwie podstawowej.
28. Urządzenie według zastrz. 13—26, znamienne tym, że posiada stopnie nieliniowe do przenoszenia przekształconych wielkości charakterystycznych barw, które uwzględniają nieliniowość urządzenia do odtwarzania obrazu np. lampy oscyloskopowej.
29. Urządzenie według zastrz. 18—27, znamienne tym, że zawiera aparat korekcyjny, który przy wytwarzaniu wielkości charakterystycznych barwy podstawowej, dla której źródło światła służące do naświetlania kolorowej taśmy filmowej, jest stosunkowo ubogie w energię, przy wykorzystaniu przemienionej barwy podstawowej w powiększonym przedziale spektralnym bogatszym w energię, pozwala na uzyskanie wielkości charakterystycznych przemienionych z powrotem w wielkości odpowiadające barwie podstawowej filmu kolorowego przez odjęcie określonej części jednej lub dwóch wielkości charakterystycznych barwy.

Hazeltine Corporation

Zastępca: mgr inż. Adolf Towpik
rzecznik patentowy

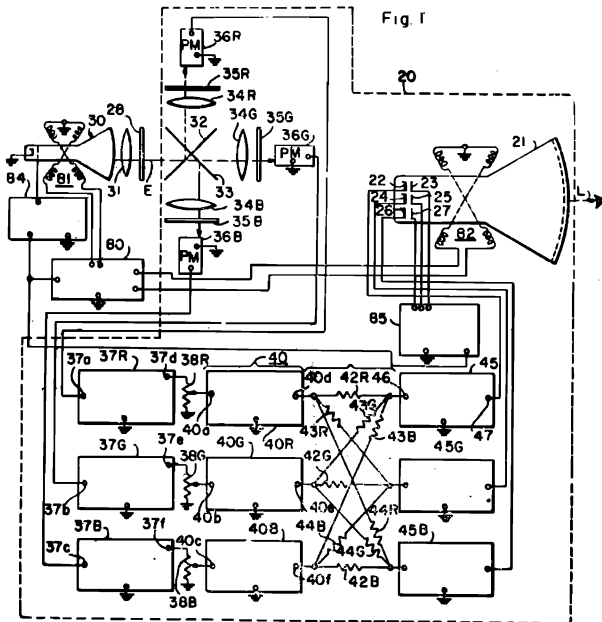
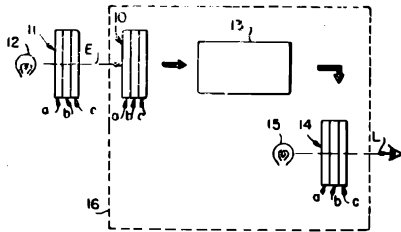


Fig. 5

a	R
b	G
c	B

FIG 2

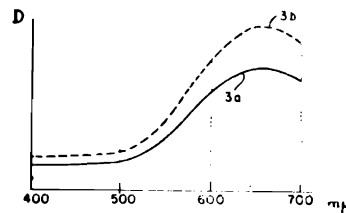


FIG. 3

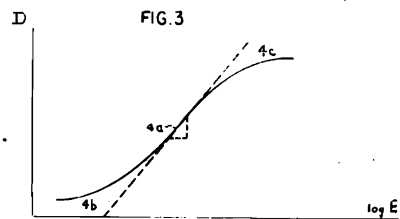


FIG 4

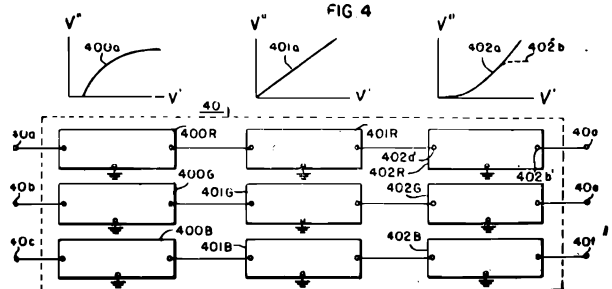


FIG. 6

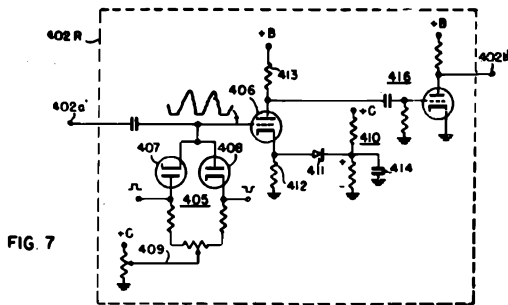


FIG. 7

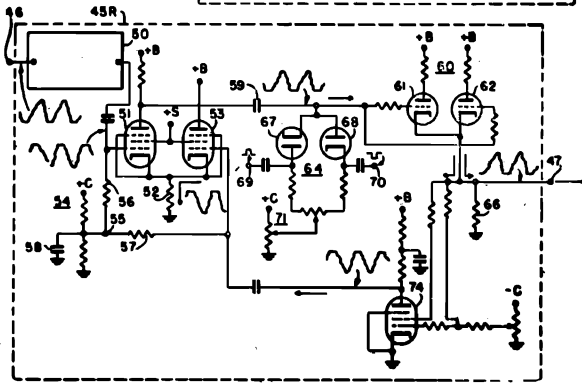


FIG. 8

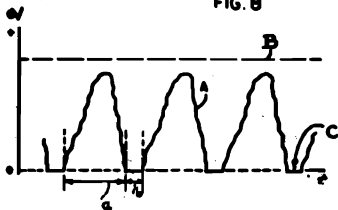


FIG. 9

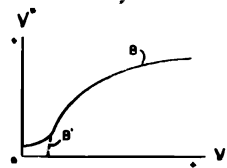


FIG. 10

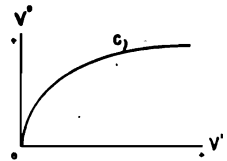


FIG. 11

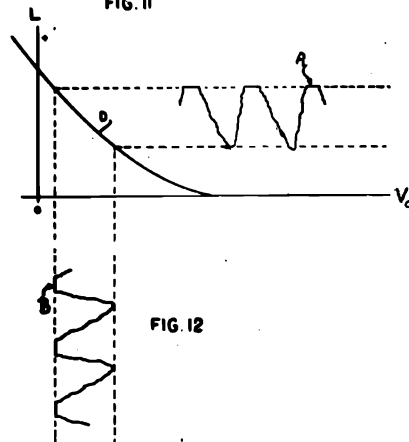


FIG. 12

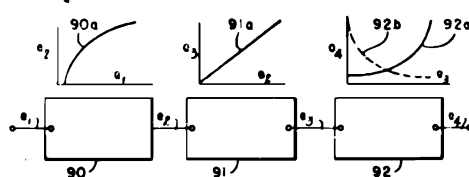


FIG. 13

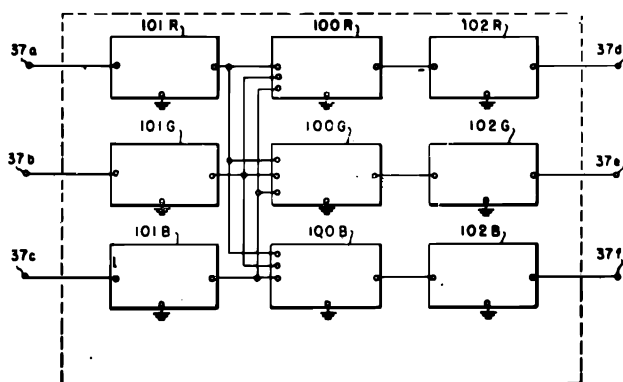


FIG. 14