



NORGE

(12) **PATENT**

(19) NO

(11) **306082**

(13) B1

(51) Int Cl⁶ G 02 F 1/035, H 04 B 10/24

Patentstyret

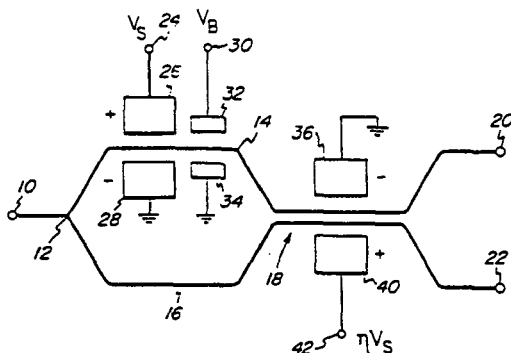
(21) Søknadsnr	19914317	(86) Int. inng. dag og	
(22) Inng. dag	04.11.1991	søknadsnummer	
(24) Løpedag	04.11.1991	(85) Videreføringsdag	
(41) Alm. tilgj.	07.05.1992	(30) Prioritet	06.11.1990, US, 609808
(45) Meddelt dato	13.09.1999		

(73) Patenthaver	General Instrument Corp, 101 Tournament Drive, Horsham, PA 19044, US
(72) Oppfinner	Yudhi Trisno, Milpitas, CA, US
(74) Fullmektig	Jens F. C. Langfeldt, Bryns Patentkontor AS, 0106 Oslo

(54) **Benevnelse** **Optisk modulator, samt fremgangsmåte for eksternt å modulere en optisk bølgebølge**

(56) **Anførte publikasjoner** US 4940305, WO 85/01123

(57) **Sammendrag** En eksternt elektrooptisk modulator er tilveiebragt og som gir høy linearitet og lav intermodulasjonsforvrengning. En Mach Zehnder modulator (26, 28, 32, 34) etterfølges av en direktiv kopler (18; 36, 40). Mach Zehnder modulatorens moduleres med et første elektrodepar (26, 28) på en første polaritet. Det modulerende signalet skaleres med en faktor η og tilføres et separat elektrodepar (36, 40) for den direkte kopleren (18) på en andre polaritet som er motsatt den første polariteten. Separat DC forspenningselektroder (32, 34) kan tilveiebringes i Mach Zehnder modulatorens. Modulatoren er særlig passende for bruk i optiske transmissjonssystemer for kabelfjernsynsbruk.



Den foreliggende oppfinnelse vedrører en optisk modulator, der det anvendes en teknikk for å linearisere utmatningen fra en ekstern optisk intensitetsmodulator.

5 Nærmere bestemt vedrører oppfinnelsen en optisk modulator som omfatter:

midler for å splitte et optisk signal for kommunikasjon over første og andre baner, idet minst nevnte første bane omfatter et elektrooptisk materiale; midler for å tilføre et elektrisk
10 felt av en første polaritet over nevnte første bane for å fasemodulere signalet deri; og en elektrooptisk direktiv kopler koplet til nevnte første og andre baner.

Dessuten omfatter oppfinnelsen en fremgangsmåte for eksternt
15 å modulere en bæreølge.

Nylig har det vært en økende interesse for utviklingen av analoge, amplitudemodulerte optiske kommunikasjonssystemer. Sammenlignet med digitale systemer, gir analoge kommunika-
20 sjonssystemer en effektiv bruk av båndbredde. Dette er særlig nyttig innenfor applikasjoner knyttet til kabelfjernsyns (CATV) transmisjonssystem, hvor det er nødvendig å sende et stort antall av videokanaler gjennom et optiske filter. Kompatibilitet med eksisterende utstyr oppnås ved å anvende
25 det samme signalformatet for optisk transmisjon som brukes for signaltransmisjon ved hjelp av koaksialkabel.

For å sende et informasjonssignal (f.eks. et fjernsynssignal) over en optisk fiber, må en lysstråle ("bæreølge") moduleres
30 med informasjonssignalet. Den "elektrooptiske effekt" er med fordel blitt anvendt til å tilveiebringe modulatorer for dette formålet. Eksempelvis er elektrooptiske modulatorer som gjør bruk av miniatyrledende konstruksjoner kjent, hvilke opererer med en lav modulasjonseffekt.

35

I elektrooptiske modulatorer, vil den lineære dobbeltbrytning som bevirkes av det elektriske feltet i et elektrooptisk

materiale frembringe en endring i brytningsindeksen for materialet, hvilket i sin tur påfører en fasemodulasjon på en lysstråle som forplanter seg gjennom materialet. Fasemodulasjonen omdannes til intensitetsmodulasjon ved tilføyelsen av polarisatorer eller optiske kretser. Ideelt, bør en elektrooptisk modulator ha et lineært forhold mellom dens optiske utgangseffekt og den anvendte modulasjonsspenning.

I en elektrooptisk modulator av "Mach Zehnder" typen, blir en optisk bæreølge (laserstråle) delt i to baner. Minst en bane er elektrisk fasemodulert. De to signalene blir så rekombinert i et interferometer til å gi en intensitetsmodulert bæreølge. Typisk, blir litiumniobat (LiNbO_3) anvendt som det elektrooptiske materialet. Bølgeledere i slike materialer blir lett dannet ved indiffusjon av titan.

Utgangseffektens kurve for en Mach Zehnder modulator er ulinear. Praktiske analoge optiske kommunikasjonssystemer krever imidlertid en stor linearitet. I den forbindelse vises det til W.I. Way, "Subcarrier Multiplexed Lightwave System Design Considerations for Subscriber Loop Applications", J. Lightwave Technol., Vol. 7, s. 1806-1818 (1989). Modulatorulineariteter bevirker uakseptable harmoniske og intermodulasjonsforvrengninger. Når det er nødvendig å kommunisere et stort antall av kanaler, slik som i en CATV anvendelse, kan intermodulasjonsforvrengninger ("IMD" = intermodulation distortions) bevirke alvorlige begrensninger på systemets ytelse. I prinsippet kan andre ordens IMD filtreres ut dersom båndbredden er mindre enn en oktav. Imidlertid opererer CATV transmissjonssystemer med båndbredder som har mange oktaver. Tredje ordens IMD kan kun elimineres ved bruk av anordninger som har lineære karakteristikk.

Injeksjonslasere er eksempelvis ikke perfekte lineære. De kan begrenses ved hjelp av andre ordens eller tredje ordens IMD. Ved å anvende forspenninger godt over terskelen og små optiske modulasjonsdybder, kan valgte injeksjonslasere såvidt

tilfredsstille spesifikasjoner for restsidedbånde amplitudemodulasjons CATV system. Denne begrensning er omtalt i G.E. Bodeep og T.E. Darcie, "Semiconductor Lasers Versus External Modulators: A Comparison of Nonlinear Distortion for
5 Lightwave Subcarrier CATV Applications", I.E.E.E. Photonics Technol. Lett., Vol. 1, s. 401-403 (1989).

Elektroniske prekompenseringskretser er blitt foreslått for å forbedre lineariteten og redusere nevnte IMD i laserkommunikasjonssystemer. En kvasilineær elektrooptisk modulator basert på en forkortet direktiv kopler ble foreslått i K.T. Koai og P.L. Liu, "Digital and Quasi-Linear Electrooptic Modulators Synthesized from Directional Couplers", IEEE J. Quantum Electron., QE-12, s. 2191-2194 (1986). På grunn av at
10 den foreslåtte modulator i denne artikkel anvender en kort elektrode i den direkte kopleren, kreves en stor modulasjonsspenning. Den resulterende ineffektivitet for et slikt system er ikke godtagbar for praktisk CATV signalfordeling.

I et annet tidligere kjent system, ble et Mach Zehnder interferometer med blandede tverrgående elektriske ("TE") og tverrgående magnetiske ("TM") polarisasjoner anvendt til å kansellere tredje ordens IMD. L.M. Johnson og H.V. Roussell, "Reduction of Intermodulation Distortion in Interferometric
15 Optical Modulators", Opt. Lett., Vol. 13, s. 928-930 (1988). Denne løsning krever en stor DC forspenning og et nøyaktig TE-TM effektforhold. I tillegg, lider den av lav modulasjonsvirkningsgrad på grunn av at et mindre elektrooptisk uttrykk anvendes. Utgangseffekten er summen av to polarisasjonskomponenter.
20
25
30

Det vil være fordelaktig å tilveiebringe en optisk krets nivå-kompenseringsteknikk for å linearisere utmatningen fra en ekstern optisk intensitetsmodulator. Det vil være ytterligere
35 fordelaktig å tilveiebringe en slik modulator der IMD forvrengninger reduseres til et akseptabelt lavt nivå.

Slik apparatur vil ha særlig anvendelse innenfor optisk fiber CATV fordelingssystemer, der et flertall av fjernsynskanal-signaler multiplekseres og føres over en enkelt fiber. Det vil også være fordelaktig å tilveiebringe en slik anordning som
5 er økonomisk, lett å produsere, og pålitelig. Den foreliggende oppfinnelse tilveiebringer en slik anordning.

I henhold til den foreliggende oppfinnelsen kjennetegnes den innledningsvis nevnte optiske modulatorens ved midler for å
10 tilføre et elektrisk felt som har en andre polaritet motsatt nevnte første polaritet over nevnte kopler, for å kople optiske signaler fra nevnte første og andre baner til et utgangssignal.

15 Midler er tilveiebragt for å forspenne den første banen ved et infleksjonspunkt til å gi en i alt vesentlig 45° faseforskyvning når intet modulerende signal er tilstede. Forspenningsmidlene kan omfatte et sett av elektroder for å tilføre et elektrisk felt over den første banen. I en foretrukket
20 utførelsesform er forspenningsfeltet av den samme "første" polaritet som anvendes for fasemodulasjonen.

Midlene for å tilføre det elektriske feltet som har den første polariteten kan omfatte et første sett av modulerende
25 signalelektroder som er hosliggende den første banen. Midlene for å tilføre det elektriske feltet med den andre polariteten kan omfatte et andre sett av modulerende signalelektroder som er hosliggende nevnte kopler. I en foretrukket utførelsesform blir det optiske signalet likt splittet i nevnte første og
30 andre baner med en optisk effektsplitter av Y-form.

Den andre banen i den optiske modulatorens kan også omfatte et elektrooptisk materiale. Et elektrisk felt som tilføres over den andre banen vil så fasemodulere signalet deri. Fasemodulasjon
35 av signalet i både nevnte første og andre baner kan tilveiebringe en anordning med større følsomhet.

Fasemodulasjonen som tilveiebringes av nevnte elektriske felt som har nevnte første og andre polaritet har sin opprinnelse i et felles modulerende signal. I en foretrukket utførelsesform blir størrelsen av det felles modulerende signalet skalert til å modulere feltet som har den andre polariteten på et noe forskjellig nivå enn feltet med den første polariteten. Denne teknikk anvendes til å minimalisere forvrengninger i utgangssignalet. Den direkte kopleren i den foretrukne utførelsesform har en nominell effektiv koplingslengde lik $\pi/4$.

Den innledningsvis nevnte fremgangsmåten kjennetegnes, ifølge oppfinnelsen ved trinnene:

å splitte en optisk bæreølge i første og andre deler for innmating til en Mach Zehnder modulator, å modulere minst nevnte første del i nevnte Mach Zehnder modulator ved å tilføre et modulerende signal til et første sett av elektroder som er tilhørende Mach Zehnder modulatorens på en første polaritet, å tilføre nevnte første og andre deler fra Mach Zehnder modulatorens til en direktiv kopler, og å kombinere nevnte første og andre deler i nevnte direkte kopler ved å tilføre nevnte modulerende signal til et andre sett av elektroder som er tilhørende den direkte kopleren ved en andre polaritet som er motsatt nevnte første polaritet.

Ifølge en utførelsesform av fremgangsmåten blir midler for å tilføre et elektrisk felt som har en andre polaritet motsatt nevnte første polaritet over nevnte kopler til å kople optiske signaler fra nevnte første og andre baner til et utgangssignal.

Figur 1 er et skjema over en første utførelsesform av den foreliggende oppfinnelse der en optisk bæreølge i en første bane fasemoduleres forut for en elektrooptisk direktiv kopler.

Figur 2 er en alternativ utførelsesform av den foreliggende oppfinnelse, der den optiske bærebølgen fasemoduleres i første og andre baner, forut for en elektrooptisk direktiv kopler.

5

Figur 3 er et diagram som illustrerer koeffisientene for andre og tredje ordens uttrykk rundt DC forspenningspunktet i en modulator i henhold til den foreliggende oppfinnelse.

10

Figur 4 er et diagram som sammenligner tredje ordens harmoniske forvrengninger i forhold til modulasjonsdybde for et konvensjonelt Mach Zehnder interferometer med hensyn til to utførelsesformer av en modulator i henhold til den foreliggende oppfinnelse.

15

Den foreliggende oppfinnelse tilveiebringer en modulator med linearisert optisk intensitet som kan fremstilles fra en optisk effektsplitter av Y-form som har et første elektrodepar og en direktiv kopler som har et andre elektrodepar. Elektrodeparene er forspent på motsatte polariteter med hensyn til hverandre. Som en følge derav, vil signalet som driver hvert par ha en forskjellig helning ved kvadraturpunktet som tilsvarende forspenningspolariteten i paret. Korrigering av harmoniske ulineariteter skyldes tilveiebringelsen av en ønsket koplingskoeffisient ved den direktive kopleren. Ettersom all kompensering tilveiebringes i et enkelt substrat, oppnås det en rimelig anordning.

20

25

Figur 1 illustrerer en første utførelsesform av en lineær elektrooptisk modulator i henhold til den foreliggende oppfinnelse. En optisk bærebølge (f.eks. laserstråle) innmates på en terminal 10 og splittes ved hjelp av en optisk effektsplitter 12 med Y-form i en første bane 14 og en andre bane 16. Et par modulasjonssignalelektroder 26, 28 tilveiebringer et elektrisk felt over første bane 14 når et modulerende signal V_s innmates på terminal 24. Feltet over den første banen 14 ville ha en første polaritet som angitt i

30

35

figur 1. Et separat par av forspenningselektroder 32, 34 tilveiebringes for å etablere et forspenningsfelt over første bane 14 ved tilførsel av en forspenningsspenning V_B på terminal 30. Forspenningsspenningen forspenner første bane 14 ved innfleksjonspunktet $\pi/4$ (dvs. for å gi en 45° faseforskyvning på det optiske signalet som forplanter seg derigjennom).

En direktiv kopler som er generelt betegnet 18 kopler lys fra nevnte første og andre baner 14, 16 for henholdsvis utmatning på terminaler 20, 22. Likesom den første banen 14, er den direkte kopleren fremstilt av et elektrooptisk materiale som reagerer på et elektrisk felt som er tilveiebragt over dette. Det elektriske feltet leveres av et elektrodepar 36, 40. Det modulerende signalet V_S som er skalert med en faktor η innmates på terminal 42 til å gi et elektrisk felt over den direkte kopleren med en polaritet som er motsatt det elektriske feltet over den første banen 14.

Figur 2 illustrerer en alternativ utførelsesform av den foreliggende oppfinnelse der et elektrisk felt er tilveiebragt over den andre banen 16 i Mach Zehnder modulatoren ved hjelp av ytterligere elektroder 29, 35. Innmatningen av signalspenningen V_S på terminal 31 etablerer et felt mellom elektrode 28a og elektrode 29 som har den angitte polaritet. Den andre banen 16 er forspent ved hjelp av et elektrisk felt mellom elektrodene 34a og 35 når forspenningen V_B innmates til terminal 37. Tilveiebringelsen av elektroder hosliggende både nevnte første og andre baner gir en modulator som har større følsomhet.

Fagfolk vil forstå at modulatoren ifølge den foreliggende oppfinnelse er hovedsakelig en Mach Zehnder modulator etterfulgt av en direktiv kopler. Hver anordning er hver for seg kjent innenfor teknikken. Se eksempelvis den nevnte artikkel av Koai og Liu som det er vist til ovenfor. I henhold til den foreliggende oppfinnelse blir disse anordnin-

ger kombinert i en ny konstruksjon hvor et felles modulerende signal tilføres begge anordninger via separate elektroder og med motsatte polariteter. Anvendelsen av separate DC forspenningselektroder 32, 34 på Mach Zehnder delen unngår oppvarming i hovedelektroden 26. De separate forspennings-
 5 elektroderne krever ikke en avslutningsmotstand, og derfor blir kun en minimal effektmengde forbrukt, sammenlignet med alternativet å tilføre forspenningen sammen med signalspenningen til elektroden 26.

10 Mach Zehnder delen av den foreliggende modulator har den følgende respons:

$$I = I_0 \cos^2(\Delta\beta L),$$

15 hvor $2 \Delta\beta L$ er faseforskjellen mellom signalene i baner 14 og 16. I_0 er den innmatede optiske effekt. Den direkte koplerdelen i modulatorene gir:

$$20 \quad I = I_0 \frac{k^2}{k^2 + \Delta\beta^2} \sin^2(\sqrt{k^2 + \Delta\beta^2} L),$$

25 hvor k er koplingskonstanten, L er lengden og $\Delta\beta = (\beta_1 - \beta_2)/2$. β_1 og β_2 er bølgevektorene i de to bølgelederne. Forspent ved infleksjonspunktet lik $\pi/4$, kan hver del tatt separat gi en null for andre harmoniske og intermodulasjonsforvrengninger. Imidlertid er tredjeharmoniske og intermodulasjonsforvrengninger på eller nær sine maksima i konvensjonelle separate Mach Zehnder og direkte kopleranordninger.

30 I henhold til den foreliggende oppfinnelse deler den optiske effektsplitteren 12 som har Y-form den optiske effekten ved terminal 10 likt i to armer av Mach Zehnder modulatorene, hvilken virker som en faseforskyver. Den direkte kopleren
 35 som etterfølger Mach Zehnder modulatorene har et nominelt koplingskonstant lengdeprodukt kL lik $\pi/4$, dvs. halvparten av en koplingslengde. Utmatningen kan tas fra den ene eller den

andre av de to utgangsbølgelederne på terminaler 20, 22. Modulasjonssignalet som tilføres faseforskyveren frembringer en $\Delta\beta$. Det samme modulasjonssignalet med en omsnudd polaritet og en multiplikasjonsfaktor, η , tilføres den direkte 5 kopleren. Denne multiplikasjonsfaktor kan optimaliseres for minimale forvrengninger i henhold til verdien av kL .

Utmatningen kan skrives som:

$$10 \quad I = I_0 [\alpha_0 + \alpha_1(x - \Delta\beta) + \alpha_2(I - \Delta\beta)^2 + \alpha_3(x - \Delta\beta)^3 + \alpha_4(x - \Delta\beta)^4 + \alpha_5(x - \Delta\beta)^5 + \dots]$$

hvor I_0 representerer inngangseffekten, x er AC modulasjonssignalet, og $\Delta\beta$ er i alt vesentlig DC forspenningen. Koeffisienten i det lineære uttrykket bestemmer modulatorens 15 virkningsgrad.

Koeffisientene av andre ordens og tredje ordens uttrykk for modulatorene i figur 1 er vist i figur 3 som en funksjon av $\Delta\beta$. Den direkte koplerseksjonen antas å ha $kL = \pi/4$. η 20 antas å være 0,947. Som vist i figur 3, er både andre ordens uttrykk 60 (representert ved sirkler) og tredje ordens uttrykk 62 (representert ved punkter) null eller nær null ved $\Delta\beta = 0$. Det vil forstås at det er andre kombinasjoner av kL og η som kan også gi nullede andre ordens og tredje ordens 25 uttrykk. Avhengig av verdiene av η og kL som brukes, kan koeffisientene for tredje ordens uttrykket være null på en eller to verdier av $\Delta\beta$.

Sammenlignet med et Mach Zehnder interferometer, krever den 30 foreliggende modulator, som gjør bruk av optimale verdier av kL og η , over to ganger modulasjonsspenningsstørrelsen for å oppnå en lignende modulasjonsdybde. Imidlertid, er tredje ordens harmoniske og intermodulasjonsforvrengninger størrelsesordner som er lavere enn de for et konvensjonelt Mach 35 Zehnder interferometer.

Når modulering skjer ved hjelp av et sinusformet signal, kan det harmoniske innhold i utmatningen fra en modulator som er konstruert ifølge foreliggende oppfinnelse finnes ved å beregne en hurtig Fourier transformasjon. Figur 4 illustrerer

5 tredje harmoniske forvrengninger, definert som $20 \log$ (harmonisk innhold/lineært uttrykk) i forhold til den optiske modulasjonsdybden for et konvensjonelt Mach Zehnder interferometer (heltrukken kurve 70) og for to forskjellige lineære modulatorer i henhold til den foreliggende oppfin-

10 nelse. En slik modulator, som er representert ved kurve 72, har $kL = 0,2\pi$ og $\eta = 1,281$. Den andre modulatoren, representert ved kurve 74, har $kL = \pi/4$ og $\eta = 0,95$. Når modulasjonssignalet består av to toner, er IMD tilstede i tillegg til harmoniske forvrengninger. Med den samme modulasjonsdyb-

15 den for begge toner, er tredje ordens IMD tre ganger (dvs. 9,54 dB høyere enn) den tredje ordens harmoniske forvrengning som er plottet i figur 4. Antar man at en -95 dB tredje ordens IMD behøves for CATV applikasjoner, er den optiske modulasjonsdybden som er tilgjengelig fra den lineære

20 modulator ifølge den foreliggende oppfinnelse lik 13% for $kL = \pi/4$ og 8% for $kL = 0,2\pi$. Mach Zehnder interferometeret alene kan kun gi en optisk modulasjonsdybde lik 1,3%. Blant kombinasjonene av kL og η som testes, er den største optiske modulasjonsdybde, som kan oppnås ved å bruke $kL = 0,988$ og η

25 $= 0,629$, 16%. Resultater som er vist i figur 4 angir at det ikke er nødvendig å ha $kL = \pi/4$. Eventuelt avvik kan delvis kompenseres ved å justere η . Imidlertid, kan modulasjonsvirkningsgraden ytterligere reduseres. Dersom eksempelvis $kL = 0,2\pi$, økes modulasjonsspenningen med en faktor lik 1,47 sammenlignet med $kL = \pi/4$. Forvrengninger er også større, slik som vist i figur 4. Fallene i figur 4 skyldes detaljer i avhengighet av den tredje ordens koeffisienten α_3 på $\Delta\phi$. Posisjonene for disse fall kan varieres. For en gitt kL , ved avstemning av η , kan et av disse fall beveges til en større

30 modulasjonsdybde. Med andre ord, kan forvrengningsopptreden forbedres ved store modulasjonsdybder dersom en liten forverring i forvrengningsopptreden på små modulasjonsdyb-

der kan tolereres. Andre ordens forvrengningene for slike elektrooptiske modulatorer er alltid under -120 dB når de forspennes på deres infleksjonspunkter.

5 Det bemerkes at verdien av η (som etablerer skaleringen av det modulerende signalet som tilføres det direkte koplerens elektroder) må kontrolleres nøye. Et avvik av kun 2,5% fra den optimale verdien kan øke tredje ordens forvrengninger med 20 dB.

10

Det vil nå forstås at den foreliggende oppfinnelse gir en lineær elektrooptisk ekstern amplitudemodulator. Både andre ordens og tredje ordens uttrykk kan nulles samtidig ved null DC forspenning. Andre ordens forvrengninger er godt under de
15 som kreves for CATV transmissjonssystemer. Med en optisk modulasjonsdybde av inntil 16% for hver kanal, er tredje ordens IMD av størrelsesorden -95 dB oppnåelig. Bruken av en elektrooptisk modulator, slik som beskrevet i forbindelse med diodepumpede faststofflasere, gir overlegen opptreden i
20 forhold til direkte modulerte injeksjonslasere for CATV anvendelser.

25

30

35

P a t e n t k r a v

1.

Optisk modulator som omfatter:

- 5 midler (12) for å splitte et optisk signal for kommunikasjon over første og andre baner (14; 16), idet minst nevnte første bane (14) omfatter et elektrooptisk materiale;
- midler (24, 26, 28) for å tilføre et elektrisk felt av en første polaritet over nevnte første bane (14) for å fasemodulere signalet deri; og
- 10 en elektrooptisk direktiv kopler (18) koplet til nevnte første og andre baner (14; 16),
- k a r a k t e r i s e r t v e d
- midler (36, 40, 42) for å tilføre et elektrisk felt som har
- 15 en andre polaritet motsatt nevnte første polaritet over nevnte kopler, for å kople optiske signaler fra nevnte første og andre baner (14, 16) til et utgangssignal.

2.

- 20 Optisk modulator som angitt i krav 1, k a r a k t e r i s e r t v e d dessuten å omfatte:
- midler (30, 32, 34) for å forspenne nevnte første bane til å gi en i alt vesentlig 45° faseforskyvning.

3.

- 25 Optisk modulator som angitt i krav 2, k a r a k t e r i s e r t v e d at nevnte forspenningsmidler (30, 32, 34) omfatter et sett av elektroder (32, 34) for å tilføre et elektrisk felt over nevnte første bane.

30

4.

- Optisk modulator som angitt i et hvilket som helst av de foregående krav, k a r a k t e r i s e r t v e d
- at nevnte midler (24, 26, 28) for å tilføre nevnte elektriske
- 35 felt med første polaritet omfatter et første sett av modulerende signalelektroder (26, 28) som er hosliggende nevnte første bane; og

nevnte midler (36, 40, 42) for å tilføre nevnte elektriske felt med andre polaritet omfatter et andre sett av modulerende signalelektroder (36, 40) som er hosliggende nevnte kopler (18).

5

5.

Optisk modulator som angitt i et hvilket som helst av de foregående krav, karakterisert ved at nevnte splittingsmidler omfatter en optisk effektsplitter (18) av Y-form.

10

6.

Optisk modulator som angitt i et hvilket som helst av de foregående krav, karakterisert ved at nevnte andre bane (16) omfatter et elektrooptisk materiale, og at modulatorens dessuten omfatter midler (29, 31; 35, 37) for å tilføre et elektrisk felt over nevnte andre bane for å fasemodulere signalet i denne.

15

7.

Optisk modulator som angitt i et hvilket som helst av de foregående krav, karakterisert ved at nevnte elektriske felt med første og andre polaritet tilveiebringes ved hjelp av et felles modulerende signal.

20

8.

Optisk modulator som angitt i krav 7, karakterisert ved at forvrengninger i utgangssignalet minimaliseres ved å skalere størrelsen av nevnte felles modulerende signal til å gi nevnte felt med andre polaritet med en noe forskjellig størrelse enn nevnte felt med første polaritet.

25

30

9.

Optisk modulator som angitt i et hvilket som helst av de foregående krav, karakterisert ved at

35

nevnte splittingsmidler deler den optiske effekten for nevnte signal likt i nevnte første og andre baner (14, 16).

10.

- 5 Optisk modulator som angitt i et hvilket som helst av de foregående krav, k a r a k t e r i s e r t v e d at nevnte direktive kopler (18) har en nominell effektiv koplingslengde lik $\pi/4$.

10 11.

Fremgangsmåte for eksternt å modulere en optisk bæreølge, k a r a k t e r i s e r t v e d trinnene:

å splitte en optisk bæreølge i første og andre deler for innmatning til en Mach Zehnder modulator (14, 16);

- 15 å modulere minst nevnte første del i nevnte Mach Zehnder modulator ved å tilføre et modulerende signal til et første sett av elektroder (26, 28) som er tilhørende Mach Zehnder modulatoren på en første polaritet;

20 å tilføre nevnte første og andre deler fra Mach Zehnder modulatoren til en direktiv kopler (18); og

å kombinere nevnte første og andre deler i nevnte direktive kopler (18) ved å tilføre nevnte modulerende signal til et andre sett av elektroder (36, 40) som er tilhørende den direktive kopleren (18) ved en andre polaritet som er motsatt
25 nevnte første polaritet.

12.

Fremgangsmåte som angitt i krav 11, k a r a k t e r i s e r t v e d det ytterligere trinn:

- 30 å skalere størrelsen av nevnte modulerende signal forut for tilførsel av dette til nevnte andre sett av elektroder (36, 40).

13.

- 35 Fremgangsmåte som angitt i krav 11 eller 12, k a r a k t e r i s e r t v e d det ytterligere trinn:

å forspenne nevnte Mach Zehnder modulator (14, 16) til å gi en i alt vesentlig 45° faseforskyvning på nevnte første del når intet modulerende signal er tilstede.

5

10

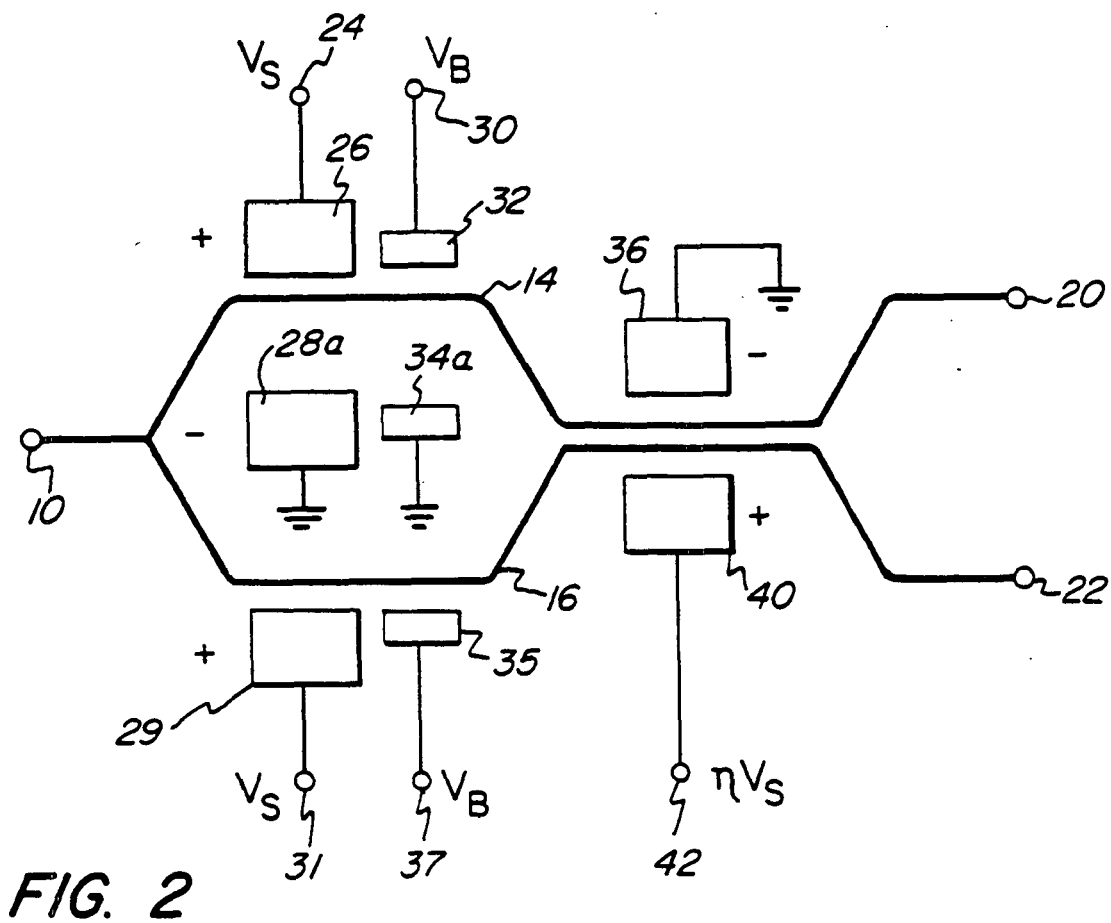
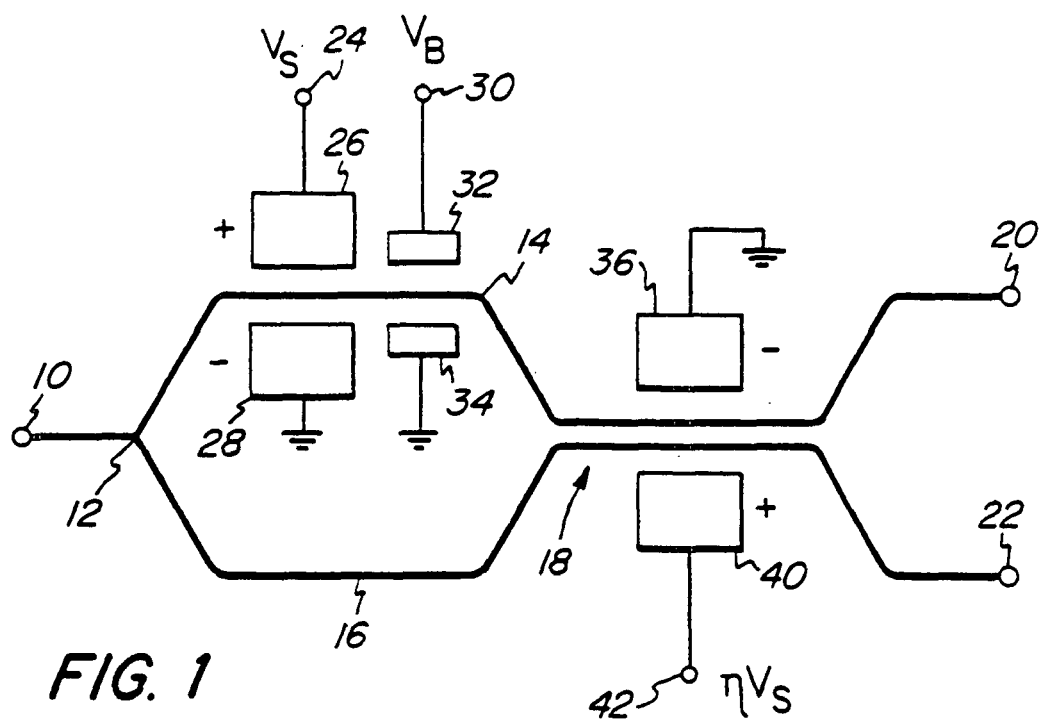
15

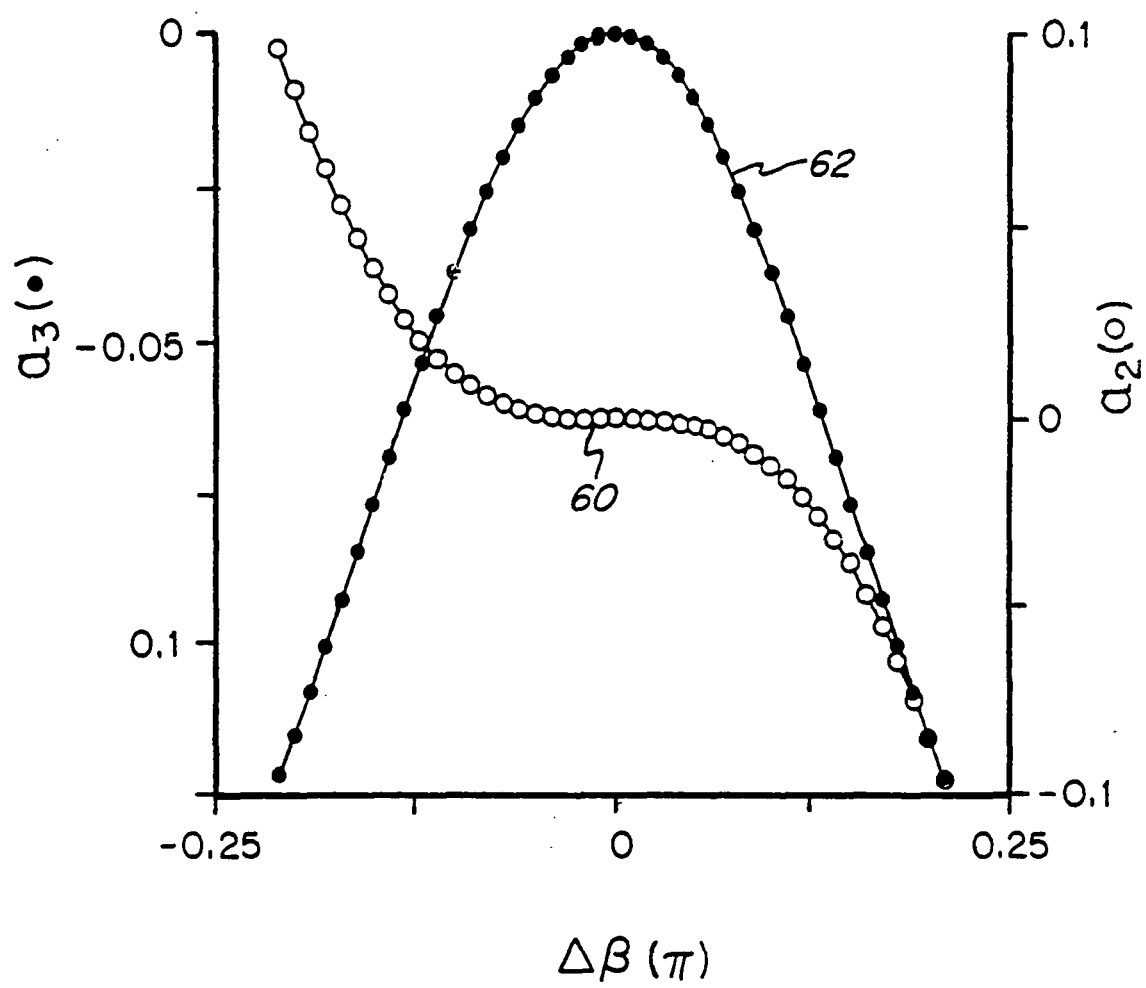
20

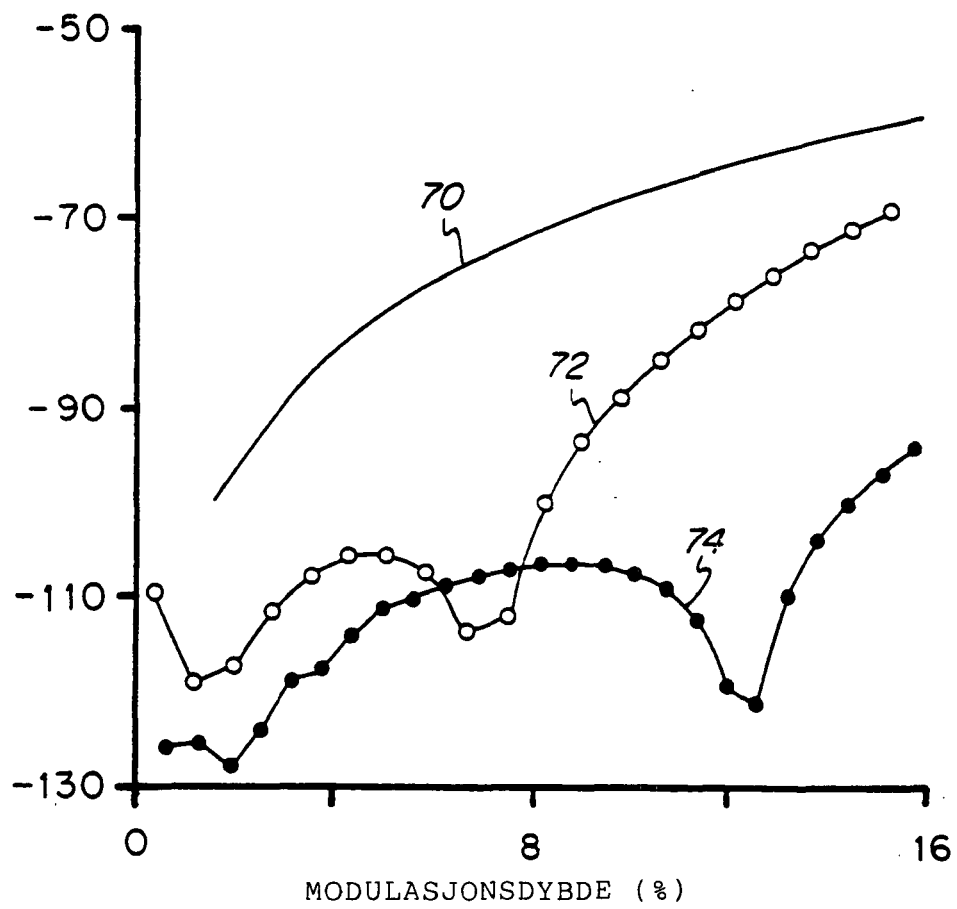
25

30

35



**FIG. 3**

**FIG. 4**