

(19)



SUOMI - FINLAND

(FI)

PATENTTI- JA REKISTERIHALLITUS
PATENT- OCH REGISTERSTYRELSEN
FINNISH PATENT AND REGISTRATION OFFICE

(10) **FI 902702 A7**

(12) **JULKISEKSI TULLUT PATENTTIHAKEMUS
PATENTANSÖKAN SOM BLIVIT OFFENTLIG
PATENT APPLICATION MADE AVAILABLE TO THE
PUBLIC**

(21) Patentihakemus - Patentansökan - Patent application 902702

(51) Kansainvälinen patenttiluokitus - Internationell patentklassifikation -
International patent classification
H04B 10/06

(22) Tekemispäivä - Ingningsdag - Filing date 30.05.1990

(23) Saapumispäivä - Ankomstdag - Reception date 30.05.1990

(41) Tullut julkiseksi - Blivit offentlig - Available to the public 10.12.1990

(43) Julkaisupäivä - Publiceringsdag - Publication date 13.06.2019

(32) (33) (31) Etu oikeus - Prioritet - Priority

09.06.1989 GB 8913306

(71) Hakija - Sökande - Applicant

1 • STC Plc, 1B Portland Place London W1N 3AA, United Kingdom, ISO-BRITANNIA, (GB)

(72) Keksijä - Uppfinnare - Inventor

1 • Jahromi, Fazlollah Roohizadegan, United Kingdom, ISO-BRITANNIA, (GB)

(74) Asiamies - Ombud - Agent

Papula Oy, Mechelininkatu 1 a, 00180 Helsinki

(54) Keksinnön nimitys - Uppfinningens benämning - Title of the invention

Optinen vastaanotin

Optisk mottagare

OPTISIA VASTAANOTTIMIA

Tämä keksintö koskee optisia vastaanottimia, joita käytetään optisten kuitujen telekommunikaatiojärjestelmissä.

Kolme peruskomponenttia mihin tahansa optisiin kuituyhteyksiin perustuviin järjestelmiin ovat:

- i. lähetin, joka muuttaa lähetettävän sähköisen signaalin optiseen muotoon,
- 10 ii. optinen kuitu, joka toimii aaltoputkena lähetetylle optiselle signaalille, ja
- iii. vastaanotin, joka ensin havaitsee lähetetyn optisen signaalin ja muuttaa sen sähköiseen muotoon.

Tyypilliseen optiseen vastaanottimeen kuuluu valoilmaisin esim. estosuuntaan esijännitetty vyöryvalodiodi (APD Avalanche PhotoDiode) tai PIN-diodi, joka on kytketty suuri-impedanssisen vahvistimen, yleensä transimpedanssi vahvistimen, tuloihin. Takaisinkytkentäpiiriä vahvistimen lähdöstä käytetään tavallisesti antamaan valoilmaisimessa käytetylle esijännitteelle automaattinen vahvistuksen säätö.

Käytännössä optisten vastaanottimien täytyy käsitellä signaalin voimakkuuksien hyvin laajoja vaihteluita. Kun voimakkaita optisia signaaleja havaitaan, ne tavallisesti johtavat etupään vahvistimen ylikuormittumiseen. Optisen vastaanottimen maksimi herkkyyden ja minimi ylikuormituspisteen välistä aluetta kutsutaan vastaanottimen dynaamiseksi alueeksi.

Tämän keksinnön tarkoituksena on pyrkiä tarjoamaan välineet optisen vastaanottimen dynaamisen alueen laajentamiseksi siirtämällä ylikuormituksen kriteeriä toiminta-alueella vaikuttamatta vastaanottimen herkkyyteen.

Aikakeskiarvoistetun valovirran tasavirtakomponentin, joka on aikaansaatu vastaanotetusta optisesta signaalista, tutkiminen osoittaa, että lineaarinen suhde on olemassa. Kuitenkin kun vastaanotettu optinen teho

ilmaistaan dBm-yksiköissä suhteessa aikaansaatuun valovirtaan, saadaan eksponentiaalinen käyrä, kuten kuvasta 1 nähdään.

Tämä käyrä on olennainen ylikuormitusongelman ymmärtämiseksi, koska se selvästi osoittaa virran muutoksen laadun, jota etupään vahvistimen täytyy käsitellä tulossaan.

Puolijohdediodin ominaiskäyrien tutkiminen osoittaa, että myötäsuuntaan esijännitetty virran muutos diodin läpi suhteessa sen yli kehitettyyn jännitteeseen on myös epälineaarinen ja seuraa eksponentiaalista käyrää, kuten kuvasta 2 nähdään.

Keksinnön mukaisesti optinen vastaaotin, jossa on estosuuntaan esijännitetty valoilmaisin, on toteutettu siten, että siihen kuuluu jännitteestä riippuva impedanssi, joka on järjestetty siten, että valoilmaisimen valovirta kulkee sen kautta ohi vasteena valoilmaisimen esijännitteen kasvaneeseen jännitepudotukseen.

Keksinnön toteutus esimerkkejä kuvataan nyt viittaamalla oheisiin piirrustuksiin, joissa

kuva 1 esittää puolijohde valodiodin valovirran ja optisen tehon välistä suhdetta;

kuva 2 esittää myötäsuuntaisen esivirran ja puolijohdediodin yli vaikuttavan jännitteen välistä suhdetta;

kuvat 3a ja 3b esittävät vaihtoehtoisia järjestelyitä puolijohdediodin asettamiseksi sarjaan puolijohdevaloilmaisimen kanssa optisessa vastaanottimessa;

kuvat 4a ja 4 b esittävät kuvien 3a ja 3b järjestelyiden muunnoksia, joissa vastus on diodin kanssa rinnan;

kuva 5 esittää Schottky puolijohdediodin liitoskapasitanssin ja vastasuuntaisen etujännitteen välistä suhdetta;

kuva 6 esittää optisen vastaanottimen luonnosta piirikaaviota;

kuva 7 esittää vaihtoehtoisen optisen vastaan-

ottimen luonnosmaista piirikaaviota.

Keksinnön avulla aikaansaadaan erityisesti ratkaisu ylikuormitusongelmaan, koska valovirran eksponentiaalista muutosta voidaan seurata asettamalla diodi
 5 D_0 sarjaan valodiodin D_a kanssa, kuten esitetään kuvissa 3a ja 3b, ja asettamalla oikea esijännite.

Vastuksen R_w asettaminen rinnan diodin D_0 kanssa, kuten kuvassa 4 tekee mahdolliseksi diodin D_0 esijännitteen säätämisen, joka on tarkoitus saavuttaa,
 10 koska valovirta, jonka valodiodi D_a aikaansaa, vaatii etuvirtaa vastuksen R_w ja diodin D_0 kautta.

Hyvin alhaisilla valotasolla aikaansaatu valovirta on hyvin pieni, luokkaa μA . Tässä vaiheessa etuvirtaa syötetään vastuksen R_1 kautta, mutta kun
 15 valotaso nousee, etuvirta I_1 , joka kulkee vastuksen R_1 kautta, aiheuttaa jännite-eron sen yli.

Kun katsotaan kuvaa 2, voidaan nähdä, että tämä jännite-ero toimii kuten etujännite V_b diodin D_0 yli, joka sitten asteittaisesti saattaa diodin toimimaan
 20 optisen signaalin aikakeskiarvotason mukaisesti.

Tämän vastuksen toinen etu on, että tietyllä herkkyydellä suuri osa valodiodin D_a etuvirrasta syötetään vastuksen R_1 kautta. Tämä minimoi diodin D_0 kohinavaikutuksen ja myös liitoskapasitanssin C_e , joka
 25 vaikuttaa signaalin vaihtovirtakomponenttiin.

Tähän asti on otettu huomioon vain optisen signaalin aikakeskiarvoinen tasavirtavaikutus. Kuitenkin on olemassa myös vaihtovirtakomponentti, joka kasvaa optisen signaalin tason kasvaessa ja johtaa etupään
 30 vahvistimen ylikuormittumiseen.

Käytännöllisen ratkaisun tulisi tästä syystä myös sisältää maksimaalisen vaihtovirtasignaalin tason rajoitusvälineet etupään vahvistimen tulossa. Ratkaisun ei kuitenkaan pidä vaikuttaa vaihtovirtasignaaliin hyvin
 35 alhaisilla signaalitasoilla. Siihen nähden, mitä aikaisemmin todettiin, voidaan nähdä, että maksimi herkkyys saavutetaan, kun valodiodin minimikuormitus vallitsee.

Niinpä herkkyyden toteuttamiseksi mitä tulee valodiodiin, diodin D_0 täytyy edustaa hyvin suurta impedanssia. Tämä merkitsee vaihtovirtasignaaleille sitä, että diodilla D_0 täytyy olla hyvin pieni komponenttikapasitanssi. Tämä tekijä tulee kriittisemmäksi vastaanottimen herkkyydelle, kun toimintataajuutta lisätään.

Puolijohdediodien tarkastelu osoittaa, että Schottky diodit edustavat hyvin pieniä liitoskapasitansseja, kun ne ovat estosuuntaan esijännitettyjä tai esijännite on 0, joten Schottky diodia voidaan käyttää. On huomattu, että diodin kapasitanssi kasvaa eksponentiaalisesti diodia myötäsuuntaan esijännitettäessä, kuten kuvasta 5 nähdään. Juuri tätä vaaditaan, koska kun diodin aikaansaamaan valosähköisen signaalin amplitudi kasvaa, vaaditaan, että osa vaihtovirtasignaalista ohjataan pois etupään vahvistimesta. Diodi D_0 tarjoaa myös tällaisen tien. Maadotettu kondensaattori, joka on yhdistetty diodin toiseen päähän, tarjoaa vaihtovirralla ohitustien maahan siten, että valodiodin vaihtovirtasignaaleille esitetty impedanssi vastaa vain diodin D_0 dynaamista impedanssia sen toimintapisteessä.

Kuvan 6 kaaviossa valoilmaisin D_a on kytketty vastaanottimen etupään vahvistimen A_2 tuloihin. Vahvistimen takaisinkytkentäpiiriin kuuluu signaalitason ilmaisin S_{1a} , josta saadaan vahvistuksensäätösignaali etujännitepiirille B_1 . Etujännite V_1 annetaan valoilmaisimelle vastuksen R_1 kautta. Valoilmaisin D_a ohitetaan diodin D_0 avulla, joka on sarjassa kondensaattorin C ja vastuksen R_0 kanssa. Diodi D_0 on yhdistetty esijännitelähteeseen vastuksen R_2 ja diodin D_2 kautta.

Pienillä valotasolla valoilmaisimen D_a aikaansaama valovirta I_p on hyvin pieni, josta syystä etuvirta I_1 , joka tarvitaan virtaamaan vastuksen R_1 ja diodin D_a kautta, on myös aivan pieni. Tässä vaiheessa suurin osa etuvirrasta syötetään vastuksen R_1 kautta ja vain hyvin pieni virta kulkee diodin D_0 läpi, kun diodin D_0

impedanssi on hyvin suuri. Kun valoilmaisimeen D_a tuleva optisen signaalin taso kasvaa, niin valovirta I_p kasvaa. Tämä johtaa suurempaan virtaan I_1 , joka virtaa vastuksen R_1 kautta, ja aiheuttaa vastuksen R_1 yli jännitteen V_1 kasvun. Tästä syystä, kun jännite V_1 muuttuu kohti jännitettä V_m (diodin D_m ja vastuksen R_m yli vaikuttava jännite) plus V_z (diodin D_o ylivaikuttava jännite), silloin diodi D_o alkaa asteittain johtaa. Kun $V_1 = V_m + V_z$, diodi D_o on myötäsuuntaan esijännitetty ja virta I_a läpi diodin D_m ja vastuksen R_m alkaa muuttua valoilmaisimen D_a vallitsevaksi etuvirtasyötöksi. Tässä vaiheessa diodin D_o impedanssi on pienentynyt ja osa valoilmaisimen D_a aikaansaamasta valovirrasta on ohjattu kondensaattorin C ja vastuksen R_o kautta maahan, ja näin vahvistimeen A_z annetun tulossignaalin amplitudia rajoitetaan. Impedanssin pienentäminen johtuu diodin D_o epälineaarisisesta käyttäytymisestä. Yleensä Schottky diodi on valittu sen alhaisen liitoskapasitanssin, matalan vuotovirran ja virrasta riippuvan dynaamisen impedanssin sopivan muutoksen vuoksi. Piiriin on yhdistetty takaisinkytkentäsäätö, jonka avulla etujännite V_1 pidetään yhtä suurena kuin $V_m + V_z$, kun signaalitaso kasvaa, josta syystä etuvirran virtausta diodin D_o läpi ja myös sen impedanssia signaalivirtaan nähden säädetään.

On huomattava, että kuvan 6 piiri toimisi yhä, jos vastus R_1 poistetaan. Herkkyys pienenee vähän mutta, koska virta diodin D_o läpi on hyvin pieni, se yhä edustaa suurta impedanssia valoilmaisimen virralle.

Vastaanottimen ylikuormitukselle on kaksi pääsyytä. Yksi syy on riittävän etuvirran puute, joka etuvirta annetaan valoilmaisimelle pienillä optisen signaalin tasoilla. Toinen syy on se, että etupään vahvistin A_z kyllästyy suurella tulossignaalin tasolla. Jos toinen syy ei ole rajoittava kriteeri, kondensaattori C voidaan poistaa.

Keksinnön toiminnan periaatetta on selostettu

esimerkin avulla, jossa esimerkissä käytetään kuvan 6 erityistä piiriä. On kuitenkin monia muita piirijärjestelyjä, jotka ovat ilmeisiä alan ammattimiehille, ja joiden avulla voidaan saavuttaa samat tulokset. Esimerkiksi jännitteestä riippuva impedanssi, josta esimerkkinä on kuvan 6 diodi D_0 , voitaisiin toteuttaa sen sijaan transistorilla ja sitä voitaisiin säätää signaalitason ilmaisimen signaalilla.

Vaihtoehtoisessa piirissä, joka on esitetty kuvassa 7, valoilmaisim D_0 on kytketty symmetriseen muotoon vahvistinta A_r varten, jossa kokoonpanossa kiinteä etujännite saadaan vastusten R_{11} ja R_{12} kautta. Valovirran ohitus toteutetaan nyt jännitteestä riippuvien diodien D_{01} ja D_{02} kautta, joilla diodeilla saadaan aikaan signaalivirrat molempiin suuntiin. (Huomaa, että käytännössä diodien sarjapareja käytetään kapasitanssivaikutusten pienentämiseen.). Kiinteän etujännitesyötön diodin D_1 avulla saadaan aikaan dynaaminen impedanssi, joka parantaa valoilmaisimen herkkyyttä. Diodi D_{-1} on lisätty kompensoimaan lämpötilavaihteluiden muutoksia diodiin D_1 . Diodit D_{-1} ja D_{-2} ovat kytkentädiodeja. Diodien D_{-1} ja D_{-2} myötäsuuntainen etujännite V_r säätää kohdan, jossa ylikuormitusdiodit alkavat vaikuttaa.

25

30

35

PATENTTIVAATIMUKSET

1. Optinen vastaanotin, jossa on vastasuuntaan esijännitetty valoilmaisin (D_A), t u n n e t t u
 5 siitä, että jännitteestä riippuva impedanssi on järjestetty ohittamaan valoilmaisimen valovirran vaihtovirtakomponentti vasteena kasvavaan optisen signaalin tasoon ja antamaan esijännite valoilmaisimelle.

2. Patenttivaatimuksen 1 mukainen optinen
 10 vastaanotin, t u n n e t t u siitä, että jännitteestä riippuvaan impedanssiin, joka ohittaa valoilmaisimen (D_A), kuuluu diodi (D_∞), joka on sarjassa kapasitanssin (C) kanssa, ja vastaanottimeen kuuluu välineet ohitusdiodin (D_∞) myötäsuuntaiseksi esijännittämiseksi vasteena kasvavaan optisen signaalin tasoon.
 15

3. Patenttivaatimuksen 1 mukainen optinen vastaanotin, t u n n e t t u siitä, että jännitteestä riippuvaan impedanssiin, joka ohittaa valoilmaisimen (D_A), kuuluu ensimmäinen ja toinen diodi ($D_{\infty 1}$, $D_{\infty 2}$),
 20 jotka on kytketty symmetriseen muotoon valoilmaisimeen nähden, jotka ensimmäinen ja toinen diodi ohikytkevät valoilmaisimen virran kapasitanssin kautta, ja johon vastaanottimeen kuuluu välineet ensimmäisen ja toisen diodin myötäsuuntaiseksi esijännittämiseksi vasteena
 25 kasvavaan optisen signaalin tasoon ja siitä vastaavasti riippuen.

4. Patenttivaatimuksen 1 mukainen optinen vastaanotin, t u n n e t t u siitä, että jännitteestä riippuva impedanssi on transistori-impedanssi, jota
 30 säädetään signaalin tason ilmaisimen lähtösignaalilla.

5. Optinen ilmaisin, t u n n e t t u siitä, että integroitu jännitteestä riippuva impedanssi on kytketty sähköisesti sarjaan valoilmaisimen kanssa.

6. Patenttivaatimuksen 5 mukainen optinen
 35 ilmaisin, t u n n e t t u siitä, että integroitu impedanssi on diodi, jolla on matala liitoskapasitanssi.

Kuva 5: Kapasitanssi C verrattuna vastasuuntaiseen jännitteeseen V_R (tyypilliset arvot);

- 5 Kuva 6: D_a = valoilmaisin APD, PIN jne
 R_L = kuormitusvastus R_L on suurempi kuin R_m
 D_o = Schottky diodi
 C = oikosulkukondensaattori
 R_o = oikosulkusignaalin rajoittaja
10 D_m = diodikytkin
 R_m = syöttövirran rajoittaja
 I_p = valovirta
 I_L = piensignaalietauvirta
 I_a = suursignaalietauvirta
15 V_m = syöttöjännite, joka on kiinteä tai säädetty vastaantimen automaattisen vahvistussäätöpiirin avulla
 V_p = valoilmaisimen etujännite
 V_a = diodin D_o etujännite. Sitä voidaan myös
20 säätää signaalista riippuvalla etujännitteensäätöpiirillä.

Fig.1.

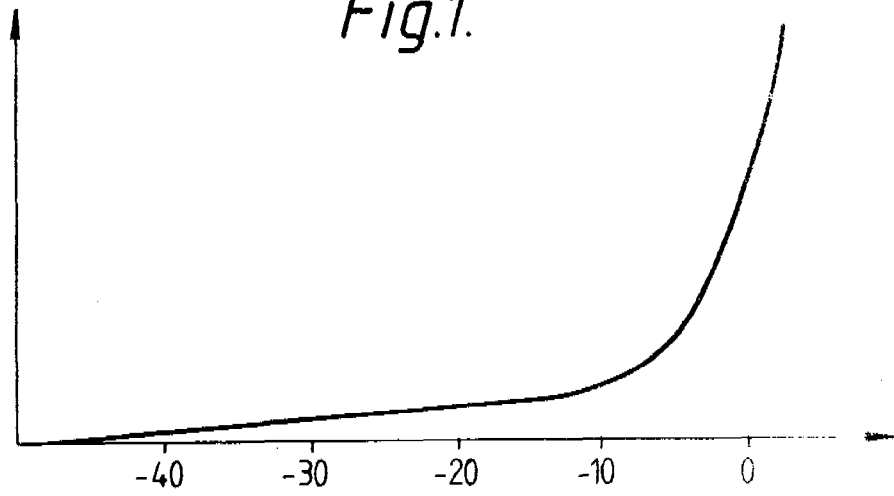


Fig.2.

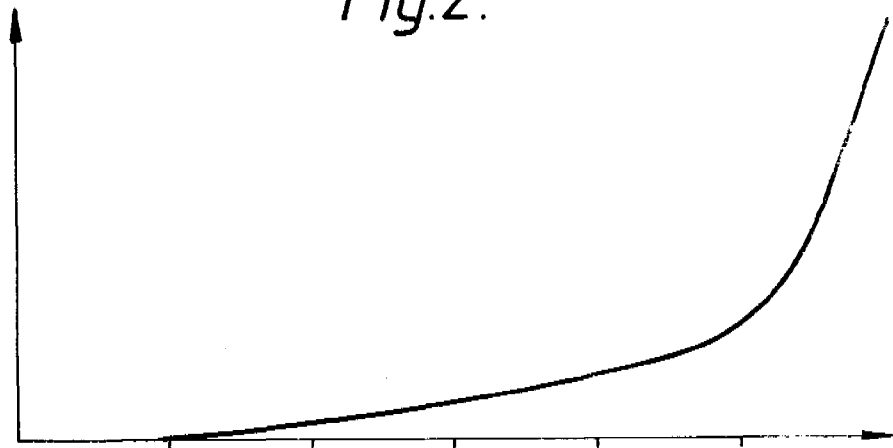


Fig.3a.

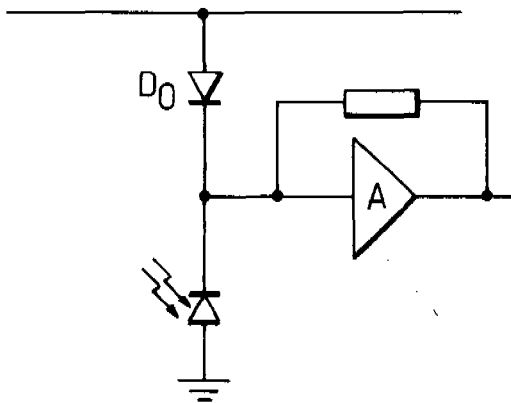


Fig.3b.

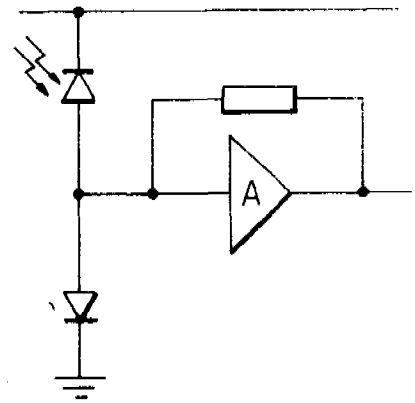


Fig.5.

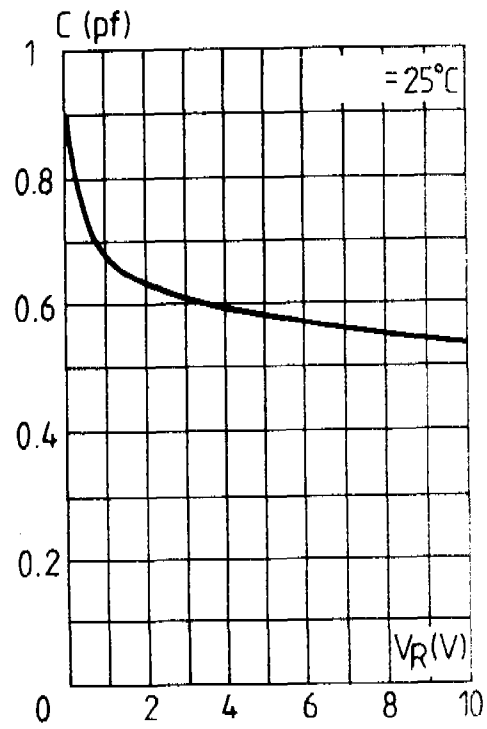


Fig.4a.

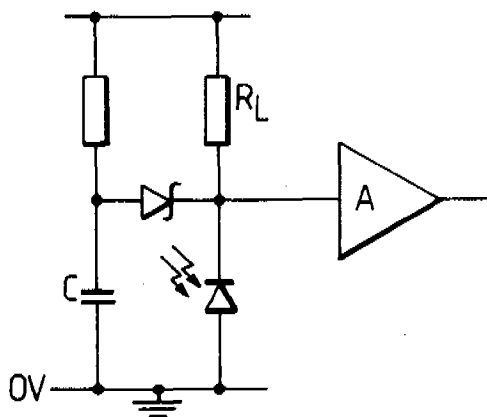


Fig.4b.

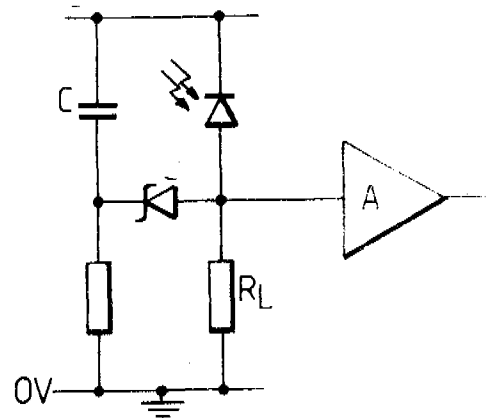


Fig.6.

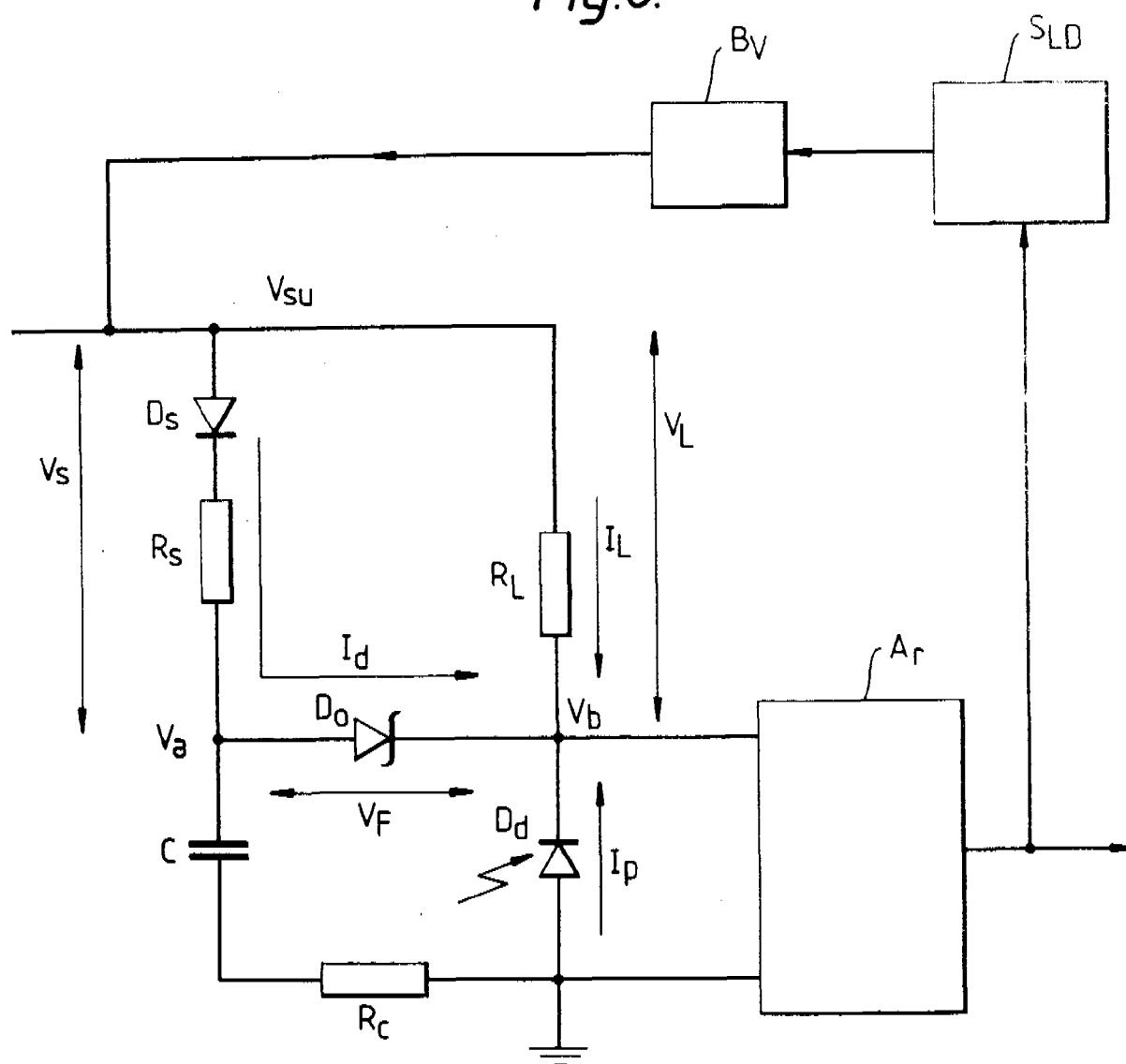


Fig.7.

