



ÚŘAD PRO VYNÁLEZY
A OBJEVY

POPIS VYNÁLEZU

K AUTORSKÉMU OSVĚDČENÍ

206 445

(11) (B1)

(51) Int. Cl.³
G 01 R 31/26

(22) Přihlášeno 17 12 79

(21) (PV 8889-79)

(40) Zveřejněno 29 08 80

(45) Vydáno 15 02 83

(75)

Autor vynálezu

KLASNA MILOŠ, PRAHA

(54) Zapojení měřiče koncentrace rekombinačních center na PN přechodu

Vynález se týká zapojení měřiče koncentrace rekombinačních center na PN přechodu.

Většina parametrů výkonových polovodičových součástek závisí ve značné míře na vlastnostech příměsí (Au, Pt, Pd, Rh a pod.), tvořících lokalizované energetické úrovně blízko středu zakázaného pásu polovodiče, tj. rekombinační centra.

Jednou z metod, vhodných k vyšetřování koncentrace a energetického spektra rekombinačních center v polovodičových součástkách je tzv. metoda konstantní kapacity. Tato metoda využívá časové závislosti dynamické kapacity vyčerpané oblasti PN přechodu po přiložení závěrného napětí.

Časová závislost kapacity PN přechodu je způsobena specifickými vlastnostmi atomů příměsí, jež vytvářejí v křemíku příměšovou hladinu blízko středu zakázaného pásu, která má charakter pasti.

Bezprostředně po přiložení závěrného napětí vážou tyto pasti část vodivostních elektronů a podobně jako ionizované akceptory v N typu kompenzují svým záporným nábojem část kladného náboje ionizovaných donorů. Postupně se elektrony vázané na pasyech uvolňují s časovou konstantou např. $0,85 \cdot 10^{-3}$ s pro zlato při teplotě 300 K a jsou hned odváděny elektrickým polem z vyčerpané vrstvy. Její tloušťka se přitom snižuje

a naopak roste hustota prostorového náboje a zvyšuje se maximum intenzity elektrického pole na PN přechodu.

Ve vnějším elektrickém obvodu se tyto změny projeví vzrůstem statické i dynamické kapacity.

Pro snadnější interpretaci naměřených výsledků je výhodnější udržovat konstantní dynamickou kapacitu a měřit rozdíl napětí na PN přechodu před uvolněním vázaných nábojů a po jejich uvolnění.

V průběhu vývoje měření koncentrace rekombinačních center bylo využíváno hlavně můstkových zapojení. Chybový signál, který vznikne při rozvážení můstku je užit jako zpětnovazební signál pro zdroj závěrného napětí tak, aby se závěrné napětí přiložené na měřený PN přechod (diodu) změnilo v takovém smyslu, že měřicí můstek bude opět vyvážen. Můstek je doplněn obvodem pro zkracování PN přechodu na dobu nutnou k zachycení elektronů rekombinačními centry. Průběhy závěrného napětí jsou snímány zapisovačem, protože se většinou měří PN přechod při teplotě kapalného dusíku, kdy časová konstanta změny dynamické kapacity je řádu sekund.

Kromě tohoto základního obvodu je měření koncentrace rekombinačních center se používá obvodů využívajících měření kapacity PN přechodu zapojeného v oscilačním obvo-

du s vyhodnocováním změny kapacity ze změny oscilačního kmitočtu. Rovněž je používána voltampérová metoda měření kapacity PN přechodu.

Nevýhodou výše popsaných řešení je buď nákladné přístrojové vybavení nutné k sestavení měřicího pracoviště nebo nutnost použití nízké pracovní teploty např. teploty kapalného dusíku. Pro účely mezioperační kontroly vyrobených PN přechodů je nutné použít zapojení, které umožní vyloučit nutnost měření za nízkých teplot a umožní přímé vyhodnocování rozdílu závěrného napětí před a po uvolnění vázaných nábojů.

Výše popsané nedostatky odstraňuje zapojení měřiče koncentrace rekombinačních center na PN přechodu podle vynálezu, jehož podstata spočívá v tom, že na výstup generátoru vysokofrekvenčního napětí je zapojen napěťový dělič, tvořený impedancí a měřeným PN přechodem. Střed napěťového děliče je spojen se vstupem pásmové propusti, jejíž výstup je přes usměrňovač se zesilovačem zapojen na první vstup sčítacího členu, na jehož druhý vstup je jednak přes omezovací odpor zapojen jezdec potenciometru, zapojeného na zdroj referenčního napětí a jednak výstup prvního zkratovacího klíče. Výstup sčítacího členu je spojen se vstupem stejnosměrného zesilovače, jehož výstup je přes integrační odpor spojen se středem napěťového děliče, který je dále spojen jednak s osciloskopem, jednak s paměťovým měřičem difference napětí, které jsou zapojeny na výstup impulsního generátoru, propojeného jednak se vstupem prvního zkratovacího klíče a jednak se vstupem druhého zkratovacího klíče, jehož výstup je zapojen na měřený PN přechod.

Výhodou zapojení měřiče koncentrace rekombinačních center podle vynálezu je automatická regulace kapacity na konstantní střední hodnotu s možností přímého měření rozdílu závěrných napětí. Výsledky měření nejsou závislé na konstrukčním uspořádání měřeného prvku, tj. na vlastnostech kontaktů, emitorů a na tloušťkách báze. Zapojení měřiče je velmi jednoduché a ekonomicky nenáročné.

Na přiloženém výkresu je znázorněno blokové schéma zapojení měřiče koncentrace rekombinačních center na PN přechodu podle vynálezu.

K výstupu generátoru 1 vysokofrekvenčního napětí je zapojen napěťový dělič sestávající z impedance 2 a měřeného PN přechodu 3. Střed napěťového děliče je spojen se vstupem pásmové propusti 4, jejíž výstup je přes usměrňovač 5 se zesilovačem zapojen na prv-

ní vstup sčítacího členu 6. Na druhý vstup sčítacího členu 6 je jednak přes omezovací odpor 7 zapojen jezdec potenciometru 8, zapojeného na zdroj referenčního napětí a jednak výstup prvního zkratovacího klíče 9. Výstup sčítacího členu 6 je zapojen na vstup stejnosměrného zesilovače 10, jehož výstup je přes integrační odpor 11 spojen se společným bodem napěťového děliče, tvořeného impedancí 2 a měřeným PN přechodem 3. Společný bod napěťového děliče je dále spojen jednak s osciloskopem 12 a jednak s paměťovým měřičem 13 difference napětí, které jsou zároveň zapojeny na výstup impulsního generátoru 14. Výstup impulsního generátoru 14 je dále spojen jednak se vstupem prvního zkratovacího klíče 9 a jednak se vstupem druhého zkratovacího klíče 15, jehož výstup je zapojen na měřený PN přechod.

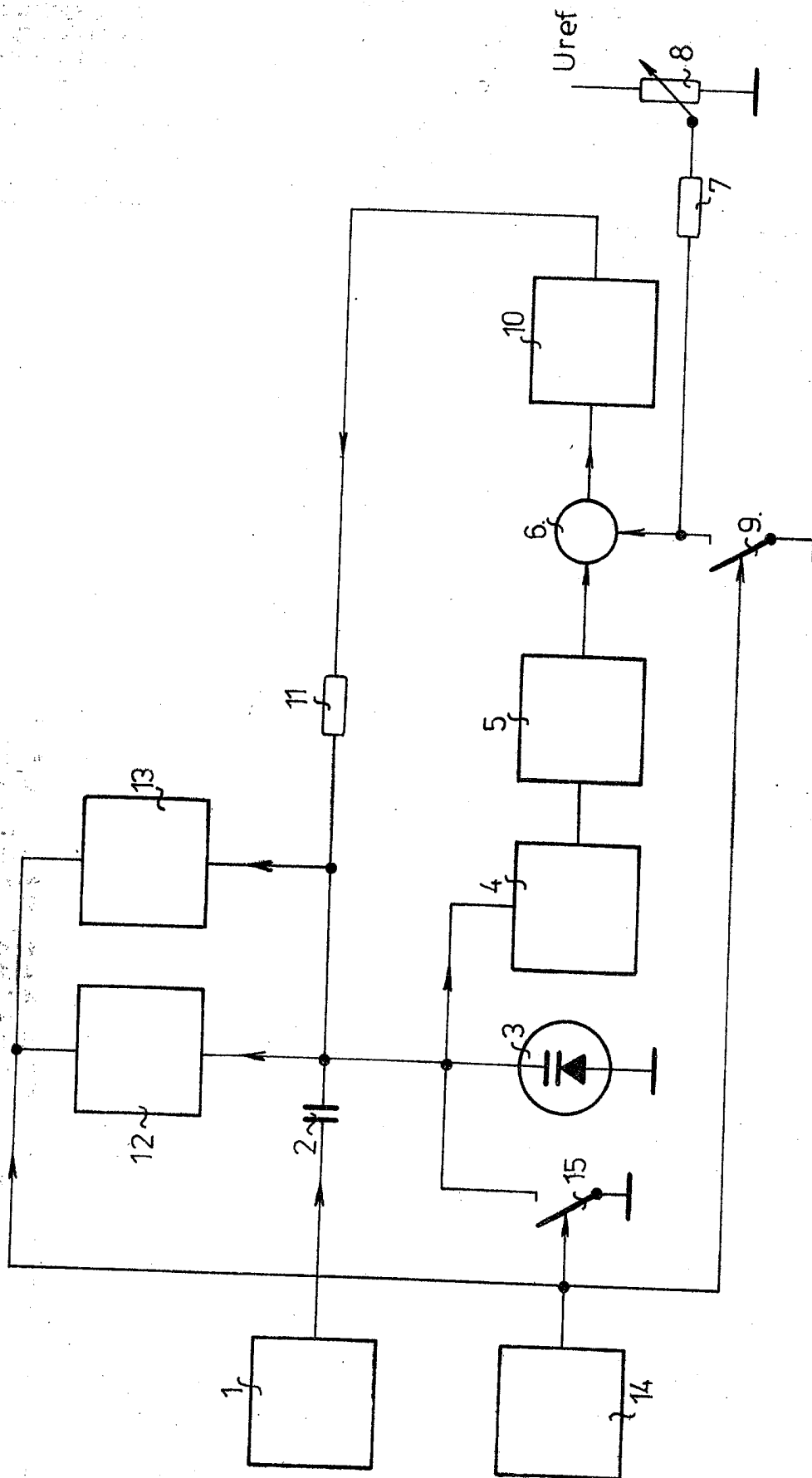
Funkce zapojení měřiče koncentrace rekombinačních center na PN přechodu podle vynálezu je následující:

Měřený PN přechod 3 je napájen z generátoru 1 vysokofrekvenčního napětí přes impedanci 2 přibližně stejné hodnoty jako PN přechod, který je přes integrační odpor 11 závěrně předeprnut ze stejnosměrného zesilovače 10. Stejnosměrný zesilovač 10 zesílením rozdílu mezi žádanou hodnotou vysokofrekvenčního napětí, nastavenou potenciometrem 8 přes omezovací odpor 7 a skutečnou hodnotou vysokofrekvenčního napětí, získanou oddělením vysokofrekvenčního napětí pásmovou propustí 4 jejím zesílením a usměrněním usměrňovačem 5 se zesilovačem nastaví závěrné napětí měřeného PN přechodu 3 tak, aby vysokofrekvenční napětí na měřeném PN přechodu 3 bylo konstantní, tzn., aby byla konstantní i dynamická kapacita měřeného PN přechodu 3. Kumulace a uvolňování vázaných nábojů měřeného PN přechodu 3 se děje prostřednictvím druhého zkratovacího klíče 15 a synchronně s tím i zadávání žádané hodnoty vysokofrekvenčního napětí do sčítacího členu 6 pomocí prvního zkratovacího klíče 9, přičemž periodické spínání prvního a druhého zkratovacího klíče 9 a 15 je řízeno z impulsního generátoru 14. Zkratovací klíče 9 a 15 mohou být realizovány různým způsobem např. přechodovým tranzistorem. Závěrné napětí měřeného PN přechodu 3 před uvolněním vázaných nábojů a po jejich uvolnění se snímá přímo z měřeného PN přechodu 3 s tím, že rozdíl těchto napětí, odpovídající koncentraci příměsí se vyhodnocuje přímo paměťovým měřičem 13 difference napětí nebo osciloskopem 12.

PŘEDMĚT VYNÁLEZU

Zapojení měřiče koncentrace rekombinačních center na PN přechodu, obsahující generátor vysokofrekvenčního napětí, impulsní generátor, pásmovou propust, usměrňovač se zesilovačem, sčítací člen, zkratovací klíče,

stejnosměrný zesilovač, osciloskop a paměťový měřič difference napětí, vyznačené tím, že na výstup generátoru (1) vysokofrekvenčního napětí je zapojen napěťový dělič, tvořený impedancí (2) a měřeným PN přechodem



Obr. 1

(3), přičemž střed napěťového děliče je spojen se vstupem pásmové propusti (4), jejíž výstup je přes usměrňovač (5) se zesilovačem zapojen na první vstup sčítacího členu (6), na jehož druhý vstup je jednak přes omezovací odpor (7) zapojen jezdec potenciometru (8), zapojeného na zdroj referenčního napětí a jednak výstup prvního zkratovacího klíče (9) a dále výstup sčítacího členu (6) je spojen se vstupem stejnosměrného zesilovače (10), jehož

výstup je přes integrační odpor (11) spojen se středem napěťového děliče, který je dále spojen jednak s osciloskopem (12), jednak s pásmovým měřičem (13) difference napětí, které jsou zapojeny na výstup impulsního generátoru (14) propojeného jednak se vstupem prvního zkratovacího klíče (9) a jednak se vstupem druhého zkratovacího klíče (15), jehož výstup je zapojen na měřený PN přechod (3).

1 výkres