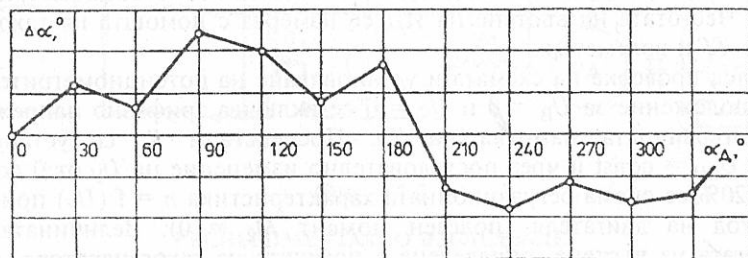
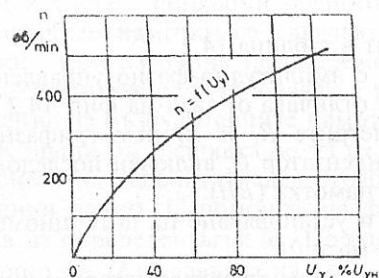


ОБРАБОТКА НА ОПИТНИТЕ РЕЗУЛТАТИ

1. Като се използват изразът (14.2) и данните от таблица 14.1, се изчислява грешката $\Delta\alpha$ и резултатите се нанасят в същата таблица.



Фиг. 14.4



Фиг. 14.5

Построява се зависимостта на грешката $\Delta\alpha = f(\alpha_n)$ при $U_B = U_{ВН}$. Примерна крива на грешката е показана на фиг. 14.4.

2. По данните от таблици 14.2 и 14.3 се начертават регулационните характеристики на ИД $n = f(U_\gamma)$ при амплитудно и амплитудно-фазно регулиране, аналогични с показаната на фиг. 14.5.

Контролни въпроси

1. Какви видове селсини различавате в зависимост от конструктивното им изпълнение?
2. За какво са предназначени селсините и кои са основните им режими на работа?
3. Защо при съгласувано положение на двойка селсини в системата за синхронна връзка липсват въртящи моменти?
4. Какво е влиянието на разсъгласуването върху въртящите моменти на селсините от една система?
5. Какви видове асинхронни изпълнителни двигатели познавате?
6. Каква е разликата между амплитудно и амплитудно-фазно управление на изпълнителен двигател?

ЛАБОРАТОРНО УПРАЖНЕНИЕ N 15

ИЗСЛЕДВАНЕ НА ХАРАКТЕРИСТИКИТЕ НА ДИОДИ И ТИРИСТОРИ

ЦЕЛ НА УПРАЖНЕНИЕТО

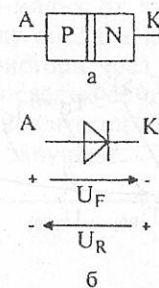
1. Запознаване с устройството и принципа на действие на основните ключови полупроводникови елементи - диод и тиристор.
2. Снемане на основните им характеристики и определяне на някои техни параметри.

ТЕОРЕТИЧНА ПОСТАНОВКА

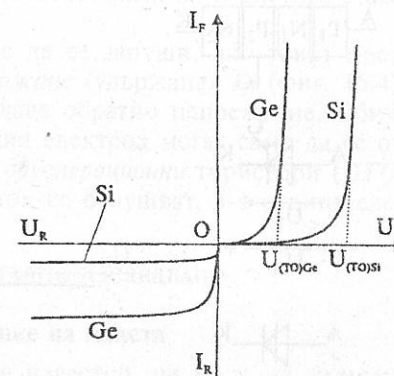
Диодът и тиристорът са основните *ключови* полупроводникови елементи. Те имат две противоположни състояния. При *отпушено* състояние статичното и диференциалното им съпротивление е малко и през тях може да протича ток. В *запушено* състояние статичното и диференциалното им съпротивление е много голямо и през елемента протича много малък ток.

1. Полупроводников диод

Диодът е *двуслоен* полупроводников елемент (фиг. 15.1a). Изводът от *P* слоя се нарича *АНОД*, а от *N* слоя - *КАТОД*. Условното означение е показано на фиг. 15.1б. Съвременните диоди се изработват най-често от силиций и по-рядко от германий, селен, галиев арсенид и др.



фиг. 15.1



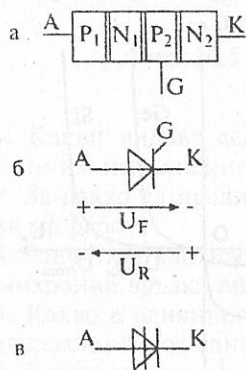
фиг. 15.2

Диодът има един *PN* преход, който определя неговите характеристики и свойства. Той е несиметричен нелинеен елемент, т.е. токът през него зависи съществено от посоката на подаденото напрежение (волтамперната характеристика (в.а.х.) в I и III квадрант съществено се различава) (фиг. 15.2). Ако по-високият потенциал е на анода (фиг. 15.16), напрежението U_F , токът I_F и свързването се наричат *прави*. При прави напрежения по-малки от праговото $U_{(TO)}$, токът е много малък и диодът е запушен. При прави напрежения над праговото диодът е отпушен, т.е. правото статично и диференциално съпротивление са малки. Праговото напрежение зависи от вида на диода. При германиевите диоди $U_{(TO)Ge} \approx 0,3 \pm 0,4V$, а при силициевите $U_{(TO)Si} \approx 0,6 \pm 1V$.

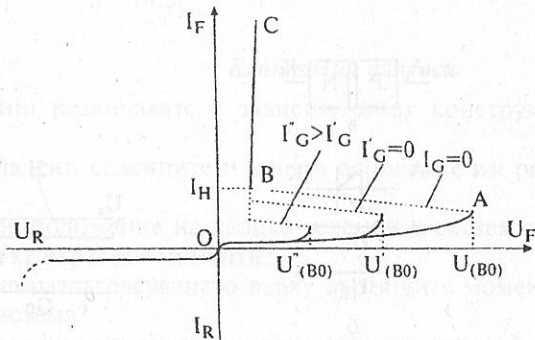
Ако приложеното напрежение е с по-висок потенциал на катода (фиг. 15.16), то свързването и съответните величини се наричат *обратни*. Статичното и диференциалното съпротивление в този случай са много големи и диодът е запушен. За обратния ток е характерно, че има много малка стойност, слабо зависи от обратното напрежение, силно зависи от температурата и от материала, от който е изработен диода. При силициевите диоди той е много по-малък (хиляди пъти), отколкото при германиевите.

2. Тиристор

Тиристорът е *четирислоен* полупроводников елемент (фиг. 15.3а), изработван от силиций. Изводът от крайният слой *P1* се нарича АНОД (*A*), а от крайния слой *N2* - КАТОД (*K*). От средния слой *P2* се извежда управляващия извод (*G*). Тиристорът има три *PN* прехода - $P_1(N_1)$, $P_2(N_1-P_2)$ и $P_3(P_2-N_2)$. Условното му означение е пока-



фиг. 15.3



фиг. 15.4

зано на фиг. 15.3б. Когато не е изведен управляващ електрод, елементът се нарича *динистор* (фиг. 15.3в).

И тук напрежението U_R с по-висок потенциал на катода (фиг. 15.3б) се нарича обратно. Тогава преходите P_1 и P_3 са в обратно свързване, а P_2 - в право. Еквивалентно съпротивление между анода и катода е много голямо, тиристорът е запушен и волтамперната характеристика е като на диода (фиг. 15.4 - трети квадрант).

Разликата между тиристора и диода се проявява при право свързване. При $I_G = 0$ или при динистор за прави напрежения до напрежението на включване $U_{(BO)}$ (участъка *OA*) преходите P_1 и P_3 са в право свързване, а P_2 - в обратно. Еквивалентното съпротивление между анода и катода е много голямо (заради прехода P_2) и тиристорът е запушен. При достигане на напрежението на включване $U_{(BO)}$ преходът P_2 се отпушва вследствие на лавинообразно натрупване на неосновни токоносители от съседните области. След като и трите *PN* прехода са в право свързване, еквивалентното съпротивление между анода и катода става малко и тиристорът се отпушва. Работната точка преминава върху участъка *BC*, като положението ѝ се определя от параметрите на веригата, в която е включен тиристорът. Участъкът *AB* се характеризира с отрицателно диференциално съпротивление и е преходен между отпушено (*BC*) и запушено (*OA*) състояние и обратно.

Когато през управляващия електрод се пропусне управляващ ток $I_G \neq 0$, неговите токоносители ще спомогнат лавинообразния процес да започне при по-ниско напрежение на включване $U_{(BO)}$. Така с увеличаване на управляващия ток $I_G'' > I_G'$ се намалява напрежението на включване $U_{(BO)}'' < U_{(BO)}' < U_{(BO)}$ (фиг. 15.4). При достатъчно големи управляващи токове правият клон на в.а.х. на тиристора става като на диода.

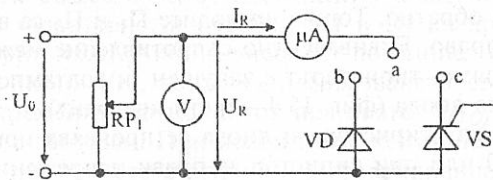
Един отпушен тиристор може да се запуши, ако токът през него стане по-малък от *тока на задържане* (удържане) I_H (фиг. 15.4), или ако между анода и катода се подаде обратно напрежение. Обикновените тиристори чрез управляващия електрод могат само да се отпушват. Напоследък се произвеждат *двооперационни* тиристори (*GTO*), които с положителен управляващ ток се отпушват, а с отрицателен могат да се запушват.

ЕКСПЕРИМЕНТАЛНО ИЗСЛЕДВАНЕ

1. Описание на макета

От курса по електротехника е известно, че в.а.х. на нелинейните елементи се снимат чрез амперметър и волтметър, свързани по подходящ начин. Макетът съдържа две такива измервателни схеми. В гор-

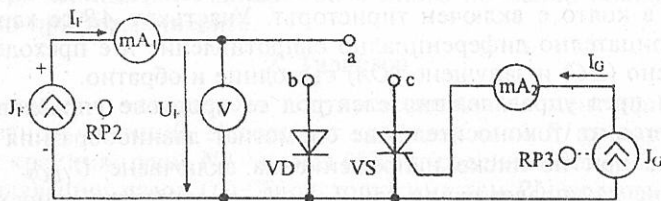
ната част е разположена схемата за изследване на диода VD и тиристора VS при обратно свързване (фиг. 15.5).



фиг. 15.5

В този случай и при двата елемента обратният ток малко се изменя, затова е по-удобно с потенциометъра $RP1$ да се задава обратното напрежение U_R и да се отчита обратния ток I_R .

В долната част на макета е разположена схемата за изследване на диода и тиристора при право свързване (фиг. 15.6).



фиг. 15.6

В този случай диапазонът на изменение на правото напрежение на диода е малък, а правият клон на в.а.х. на тиристора е многозначен по-отношение на тока и съдържа участък с отрицателно диференциално съпротивление (фиг. 15.4). Затова по-удобно е анодният I_F и управляващият I_G ток да се задават от управляеми електронни източници на ток и да се отчита напрежението U_F . В.а.х. на идеалния източник на ток е права, успоредна на оста на напрежението, т.е. токът им винаги е константа и е равен на електродвижещия ток J_F . При регулируемите източници на ток стойността на тока им може да се променя - в случая с потенциометъра $RP2$ на източника J_F и с потенциометъра $RP3$ - на източника J_G .

2. Снемане на в.а.х. на полупроводников диод.

А. *Обратно свързване* Към схемата от фиг. 15.5 се свързват измервателните уреди и с проводник (мостче) се свързват точките "а" и "b". С потенциометъра $RP1$ се задава поредица стойности на обратното напрежение U_R и се отчита обратния ток I_R . Резултатите се нанасят в таблица 15.1.

Таблица 15.1

U_R	v		
I_R	μA		
R_{CVR}	$k\Omega$		
R_{DR}	$k\Omega$		

Таблица 15.2

I_F	mA		
U_F	v		
R_{CVF}	Ω		
R_{DF}	Ω		

Б. *Право свързване* Към схемата от фиг. 15.6 се свързват волтметъра и милиамперметъра mA_1 . С мостче се свързват точките "а" и "b". С потенциометъра $RP2$ се задава поредица стойности на правия ток I_F на диода VD и се отчита правото напрежение U_F . Резултатите се нанасят в таблица 15.2.

3. Снемане в.а.х. на тиристор

А. *Право свързване* Към схемата от фиг. 15.6 се свързва и милиамперметъра mA_2 , а с мостче се свързват точките "а" и "с". С потенциометъра $RP3$ се задава $I_G = 0$, а с потенциометъра $RP2$ се задава поредица от стойности на правия ток I_F и се отчита напрежението U_F . Установява се напрежението на включване $U_{(BO)}$ - това е максималното право напрежение. Същите измервания се повтарят при няколко отлични от нула стойности на управляващия ток I_G . Резултатите се нанасят в таблица 15.3.

Таблица 15.3

$I_G = 0$		$I_G =$		$I_G =$		$I_G =$	
I_F	U_F	I_F	U_F	I_F	U_F	I_F	U_F
mA	V	mA	V	mA	V	mA	V

Таблица 15.4

U_R	I_R
V	mA

Б. *Обратно свързване* В схемата от фиг. 15.5 се свързват измервателните уреди и с мостче се свързват точки "а" и "с". С потенциометъра $RP1$ се задава поредица от стойности на обратното напрежение U_R и се отчита тока I_R . Резултатите се нанасят в таблица 15.4.

ОБРАБОТКА НА ОПИТНИТЕ РЕЗУЛТАТИ

1. По данните от опита за снемане на обратния клон на в.а.х. (таблица 15.1) се начертава характеристиката и се изчислява обратното статично съпротивление на диода. За линейния участък на характеристиката се определя диференциалното съпротивление на диода.

$$R_{\text{ст } R} = \frac{U_R}{I_R}, \quad R_{\text{д } R} = \frac{dU_R}{dI_R} = \frac{\Delta U_R}{\Delta I_R}.$$

2. От сметените данни при право свързване на диода (таблица 15.2) се начертава правия клон на в.а.х. и аналогично се изчисляват статичното и диференциалното право съпротивление.

$$R_{\text{ст } F} = \frac{U_F}{I_F}, \quad R_{\text{д } F} = \frac{dU_F}{dI_F} = \frac{\Delta U_F}{\Delta I_F}.$$

3. По данните от таблица 15.3 и таблица 15.4 се начертава семейството в.а.х. на тиристора при различни управляващи токове.

4. Като се ползват начертаните в.а.х. на тиристора, се начертава зависимостта $U_{(BO)}(I_G)$.

5. По данните от таблица 15.2 се построява $R_{\text{ст } F}(I_F)$, а от таблица 15.1 - зависимостта $R_{\text{ст } R}(U_R)$.

6. От в.а.х. на тиристора се отчита тока на задържане I_H при $I_G = 0$.

7. На базата на получените опитни резултати, построените графични зависимости и направените изчисления да се направят изводи за свойствата на диода и тиристора при право и обратно свързване и влиянието на управляващия ток I_G на тиристора.

Контролни въпроси

1. Защо при снемане на правите клонове на в.а.х. на диода и тиристора (фиг. 15.6) се използва AV схема, а при обратния клон (фиг. 15.5) - VA схема?

2. Има ли във в.а.х. на тиристора точки, за които диференциалното съпротивление е нула? А при диода?

3. Може ли при право свързване тиристорът да бъде запушен? А диодът?

4. Каква минимална стойност може да достигне напрежението на включване на тиристора $U_{(BO)}$?

5. Начертайте в.а.х. на идеалния източник на ток. Изходните характеристики на кой полупроводников елемент имат подобен вид?

ЛАБОРАТОРНО УПРАЖНЕНИЕ № 16

ИЗСЛЕДВАНЕ НА ГАЛВАНОМАГНИТНИ ЕЛЕМЕНТИ

ЦЕЛ НА УПРАЖНЕНИЕТО

1. Да се определят параметрите и експериментално да се получат данни за основните характеристики на галваноманитните елементи, преобразувател на Хол и магнитодиод.

2. Да се анализира идеята за приложението на такива преобразуватели на магнитно поле в електронните устройства, използвани в транспортните средства.

ТЕОРЕТИЧНА ПОСТАНОВКА

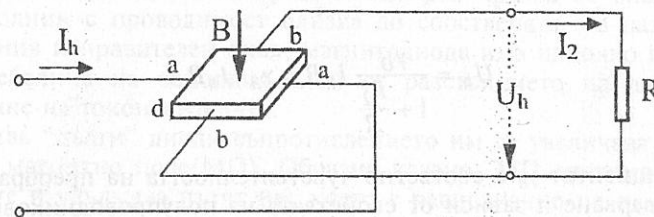
Полупроводникови елементи, основани на ефекта на Хол и други галваноманитни ефекти (на Гаус, магнитосъпротивителен, магнитодиоден, магнитоконцентрационен, магниторекомбинационен) се използват в автоматизирани управления, за магнитни записи на информация, в безконтактни клавиатури и преобразуватели на преместване.

В това упражнение се изследват преобразувател на Хол с линейна характеристика тип *SVB566* и магнитодиод тип *КД304В*.

1. Изследване на преобразувател на Хол.

Ще разгледаме накратко физическите принципи на ефекта, открит в 1879 г. от американския студент по физика Едвин Хол.

През полупроводникова пластина (фиг. 16.1) с дебелина d протича ток I_h между изводи "aa", а същевременно перпендикулярно на равнината на протичане на тока се прилага магнитно поле с индукция B . На изводите "bb" се появява т.н. напрежение на Хол U_h , чиято полярност зависи от посоката на магнитната индукция, а големината му - от тока I_h и магнитната индукция B .



Фиг. 16.1