మాడ్యూల్ - 8

28 అర్ధవాహకాలు మరియు అర్ధవాహక సాధనాలు

మానవుడు గుహలో నుండి బయటపడి, నాగరిక సమాజంలో స్థిరపడినప్పుడి నుండి సుఖంగా ఉండడానికి నిరంతర అన్వేషణ జరుగుతూనే ఉంది. నిప్పు మరియు చక్రం కనుగొనడం మానవ చరిత్రలో ముఖ్యమైన మలుపులుగ నిరూపించబడ్డాయి. బహుశా ఆ తరువాత సంభవించిన గుర్తించదగ్గ అభివృద్ధి బూడిద వర్ణ విప్లవం (Grey Rerolution). దీనివల్ల ప్రసార మాధ్యమం, రవాణా, మానవ జీవన విధానం మారాయి. మన గదిలో కూర్చోని సముద్రం ఆవల ఉన్న ఖండాలలోని వారితో కంప్యూటర్‌ను ఉపయోగించి విడియో–కాన్ఫరెన్స్ ద్వారా సంభాషించవచ్చు. మానవుడు ఇతర గ్రహాలకు చేరుకుని సౌరవ్యవస్థ అవతల గ్రహాంతరాలలో జీవి ఆచూకి కనుగొనడానికి ప్రయత్నిస్తూనే ఉన్నాడు.

మన నిత్యజీవితంలో వాడే ట్రాన్సిస్టర్ రేడియో, టి.వి., సెల్ ఫోన్‌లు, కంప్యూటర్‌లను అర్ధవాహక సాధనాలు అని పిలుస్తాము. సిలికాన్ మరియు జెర్మేనియంలు బాగా తెలిసిన అర్ధవాహక పదార్థాలు. సాధారణంగా అర్ధవాహకాల వాహకత్వం లోహాలకు మరియు బంధకాలకు మధ్య ఉంటుంది. అయినప్పటికి, పరమ శూన్యం వద్ద అర్ధవాహకాలు పూర్తిగా బంధకాల వలె పనిచేస్తాయి. కొన్ని మాలిన్య మూలకాలను కలపడాన్నే మాదీకరణం అంటారు. ఇది అర్ధవాహకం యొక్క వాహకత్వంపై ప్రభావం చూపుతుంది. మాదీకరణంలో కలిపిన వాహక రకంపై ఆధారపడి అర్ధవాహకాలను p-రకం లేదా n-రకంగా విభజిస్తారు.

ఒక పరిశుద్ధ అర్ధవాహకం (pure semiconductor) ఒక భాగాన్ని p–రకం మాలిన్యంతో మాదీకరించి మరియు మిగిలిన భాగాన్ని n–రకం మాలిన్యంతో మాదీకరిస్తే ఒక p-n సంధిని పొందుతాము. p-n సంధినే డయోడ్ అని కూడా అంటారు. బాగా ఉపయోకరమైన ఒక అర్ధవాహక సాధనం ద్విధృవ సంధి ట్రాన్సిస్టరు (bipolar junction transitor) ఈ పాఠ్యాంశంలో మీరు వివిధ రకాలైన అర్ధవాహకాల గూర్చి, వాటి ప్రవర్తన మరియు వాటిని ఏ విధంగా కలిపితే ఉపయోగకరమైన జీనర్ డయోడ్, సౌర ఘటం (Solar cell) , కాంతి డయోడ్ (Photo diode) కాంతినిచ్చే డయోడ్ (light emitting diode ట్రాన్సిస్టర్ మొదలైనటువంటి సాధనాలు ఏర్పరచవచ్చో తెల్సుకుంటారు. ఈ సరళమైన నిర్మాణాలను వోల్టేజి నియంత్రణకారులలో, డిస్‌ప్లే స్విచ్‌లలో, భద్రపరిచే పరికరాలలో, సమాచార వ్యవస్థలలో, కంప్యూటర్లలో, ఉపగ్రహాలలో, అంతరిక్ష నౌకలలో, మరియు పవర్ వ్యవస్థలలో (power systems) ఉపయోగిస్తారు.

లక్ష్యాలు

ఈ పాఠం చదివిన తరువాత మీరు కింది విషయాలు తెలుసుకుంటారు.

- n-రకం, p-రకం అర్ధవాహకాల మధ్య భేదాలు
- p-n సంధి డయోడ్‌లో లేమి పొర మరియు అవరోధ పొటెన్షియల్‌లు ఏర్పడటం
- పురోబయాస్ మరియు తిరోబయాస్‌లలో p-n సంధి డయోడ్ యొక్క I-V అభి లక్షణాల వర్ణన
- ట్రాన్సిస్టర్ పని చేసే విధానం యొక్క వివరణ
- ఒక ట్రాన్సిస్టర్‌లోని వివిధ ప్రాంతాలలో మాదీకరణ ప్రభావాన్ని, వాటి పరిమాణం మరియు విధులను వివరించడం
- p-n-p మరియు n-p-n ట్రాన్సిస్టర్‌ల మధ్య భేదాలు
- ట్రాన్సిస్టర్‌ను అనుసంధానం చేయగల వివిధ విన్యాసాలను తెలిపి, వాటి నివేశన మరియు నిర్గమన అభిలక్షణాలను వర్ణించడం.
- ఒక ట్రానిస్టర్ యొక్క వివిధ విన్యాసాలను వాటి నివేశన / నిర్గమన నిరోధం, వృద్ధి పరంగా పోల్చడం మరియు అనువర్తనాలు.

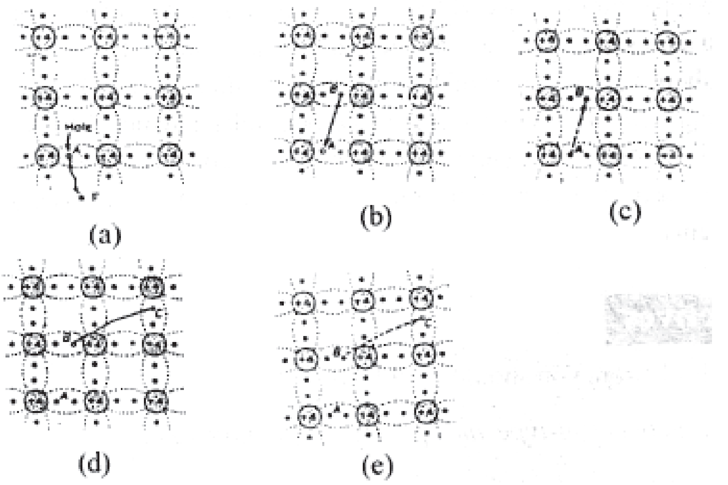
28.1 స్వభావజ మరియు అస్వభావజ అర్ధవాహకాలు

అర్ధవాహకాలను వాటి స్వచ్ఛత ఆధారంగా స్వభావజ (పరిశుద్ధ) మరియు అస్వభావజ (అపరిశుద్ధ) అర్ధవాహకాలుగ వర్గీకరించారు. ఇపుడు వీటిని గురించి నేర్చుకుందాం.

28.1.1 స్వభావజ అర్ధవాహకం

ఏ విధమైన మాలిన్యమూ లేని పరిశుద్ధమైన జెర్మేనియం, సిలికాన్‌లు స్వభావజ అర్ధవాహకాలు. ఈ మూలకాలలోని ఎలక్ట్రాన్లు అన్ని వాటి స్ఫటికాకార నిర్మాణంలో దృఢంగా బంధించబడి ఉంటాయని మీరు గుర్తుతెచ్చుకోండి. అంటే అవి స్వేచ్ఛగా కదలలేవు. స్వచ్ఛమైన సిలికాన్‌కు ఉష్ణరూపంలో శక్తిని ఇచ్చినపుడు, ఇది కొన్ని ఎలక్ట్రాన్లు బంధాల నుంచి తప్పించుకొని స్వేచ్ఛగా మారడానికి కారణమయి ప్రతి సందర్భంలో వాటి స్థానంలో ఒక రంధ్రాన్ని ఏర్పరుస్తుంది. (ఎలక్ట్రాను లేక పోవడం వల్ల ఏర్పడిన ఖాళిని ఎలక్ట్రాను మీద గల రుణావేశానికి సమానమైన ధనావేశం గల కణంగా పరిగణిస్తారు.) స్ఫటికంలో ఈ ఎలక్ట్రాన్లు అనియతంగా కదులుతూ ఉంటాయి. ఈ ఎలక్ట్రానులను మరియు రంధ్రాలను స్వేచ్ఛా వాహకాలని అంటారు. ఇవి కదులుతూ విద్యుత్ ప్రవాహాన్ని కలుగచేస్తాయి. అయితే స్వచ్ఛమైన సిలికాన్‌లో అతి తక్కువగా ఇవి ఉండటం వల్ల ఎక్కువగా ఉపయోగపడవు. ఒక స్వభావజ అర్ధవాహకంలో ఎలక్ట్రాన్లు మరియు రంధ్రాలు ఎల్లప్పుడూ జతలుగ ఉత్పత్తి అవుతాయని గమనించండి, స్వేచ్ఛా ఎలక్ట్రాన్ల రుణావేశం రంధ్రాల ధనావేశం చేత ఖచ్చితంగా సమతుల్యం చేయబడుతుంది. అయితే ఒక ప్రదేశం నుండి మరొక ప్రదేశంకు ఎలక్ట్రాను కదలడం వల్ల రంధ్రం తన స్థానాన్ని మాత్రమే మార్చుకుంటుంది. ఒక స్ఫటికంలోని స్వేచ్ఛా ఎలక్ట్రాను ఉష్ణశక్తి వల్ల చలించినపుడు అది

కేంద్రకంతో లేదా ఇతర స్వేచ్ఛా ఎలక్ట్రానులతో అభిఘాతం జరిపితే దాని మార్గం విచలనం చెందుతుంది. వాయువులోని అణువు చలనం వలె ఇది అనియత లేదా జిగ్-జాగ్ (zig - zag) చలనాన్ని ఇస్తుంది.



పటం 28.1 అర్ధవాహకంలోని ఎలక్ట్రాన్ల మరియు రంధ్రాల చలనం

పటం28.1 (a) ను పరిశీలించండి. A బిందువు వద్ద ఉత్పత్తి అయిన ఎలక్ట్రాను - రంధ్రం జతను తీసుకుందాం. స్ఫటికంలోని స్వేచ్ఛా ఎలక్ట్రాను అపసరం (డ్రిఫ్ట్) చెంది దాని స్థానంలో రంధ్రాన్ని ఏర్పరుస్తుంది. విచ్ఛిన్నం అయిన బంధంలో ఇపుడు ఒక ఎలక్ట్రాను మాత్రమే ఉంది. ఈ ఒంటరి ఎలక్ట్రాను మరొక ఎలక్ట్రాన్‌ను పొందడానికి ప్రయత్నించి, జత ఎలక్ట్రాన్ని పొంది సంయోజనీయ బంధాన్ని ఏర్పరుస్తుంది. B బిందువు వద్ద ఉన్న సమీప బంధంలోని ఎలక్ట్రాను, ఉష్ణశక్తి వల్ల తన సొంత బంధాన్ని విచ్ఛిన్నం చేసుకోవడానికి ఉత్తేజం చెంది, A వద్ద ఉండే రంధ్రం స్థానంలోకి చేరుకుంటుంది. ఫలితంగా A వద్ద రంధ్రం అదృశ్యమై, B వద్ద కొత్త రంధ్రం ఏర్పడుతుంది. (పటం 28.1 (C)). కాబట్టి B బిందువు నుండి A బిందువు వరకు ఎలక్ట్రాన్ యొక్క చలనం, రంధ్రాన్ని A నుండి B వరకు కదులునట్లు చేస్తుంది.

ఇప్పుడు మీరు ఈ విధంగా అడగవచ్చు. B వద్ద ఉన్న రంధ్రం దానికి పొరుగున C వద్ద ఉన్న బంధం నుండి వ్యాలెన్సి ఎలక్ట్రాన్‌ను ఆకర్షించి పట్టుకొంటే ఏం జరుగుతుంది? C నుండి B కి ఎలక్ట్రాన్ గమనం, B నుండి C కి రంధ్రం గమనానికి కారణమౌతుంది. [పటం 28.1 (d) మరియు (e) లను చూడండి]. అర్ధవాహకం గుండా విద్యుత్ ప్రవాహ దిశను రంధ్రాలు కదిలే దిశలోనే తీసుకోవడం సాంప్రదాయం.

పరమ శూన్య ఉష్ణోగ్రత వద్ద, వ్యాలెన్సి ఎలక్ట్రాన్‌లు అన్ని వాటి జనక పరమాణువులకు (parent atoms) పూర్తిగ బంధించబడి ఉండి స్వభావజ అర్ధవాహకం ఒక బంధకంవలె ప్రవర్తిస్తుంది. గది ఉష్ణోగ్రత వద్ద ఉండే ఉష్ణశక్తి పరమాణువు లోని వ్యాలెన్సి ఎలక్ట్రాన్‌లను దాని కేంద్రక ప్రభావం నుండి దూరంగా కదిలేలా చేస్తుంది. అందువల్ల సమయోజనీయ బంధం తెగిపోయి స్ఫటికంలో ఎలక్ట్రాన్ స్వేచ్ఛగా కదులుతుంది. ఫలితంగ ఒక ఖాళీ ఏర్పడుతుంది. దీనినే రంధ్రం అంటారు. ఈ విధంగా **ఉష్ణశక్తి వల్ల కొన్ని ఎలక్ట్రాన్-రంధ్రం జంటలు ఏర్పడి ఒక అర్ధవాహకం స్వల్ప వాహకత్వాన్ని ప్రదర్శిస్తుంది**. ఉదాహరణకు గది ఉష్ణోగ్రత వద్ద (300K) Ge సుమారు $2.5 \times 10^{19}\ m^{-3}$ స్వభావజ వాహక గాఢతను కలిగి ఉంటుంది. ఉష్ణోగ్రత పెరిగిన కొద్దీ ఎక్కువ సంఖ్యలో ఎలక్ట్రాన్ - రంధ్రాలు ఉత్పన్నమై వాహకత్వం పెరుగుతుంది. మరో విధంగా చెప్పాలంటే ఉష్ణోగ్రత పెరిగిన కొద్ది నిరోధకత్వం తగ్గుతుంది. అంటే అర్ధవాహకం రుణ ఉష్ణోగ్రత నిరోధక గుణకంను కలిగి ఉంటుంది.

28.1.2 అస్వభావజ అర్ధవాహకం

స్వభావజ అర్ధవాహకం ఎక్కువ నిరోధకత్వం కలిగి ఉంటుందని మనకు తెలుసు. మరియు దాని వాహకత్వం కొంత మార్పుకు అనుకూలంగ ఉంటుంది. ఈ కారణాల వల్ల స్వభావజ పరిశుద్ధ అర్ధవాహకాలతో కొంత ఉపయోగం గలదు. వీటిని ఉష్ణ లేదా కాంతి (sensitive) సునిశిత నిరోధంగా ఉపయోగించడం. స్వభావజ (పరిశుద్ధ) అర్ధవాహకానికి తక్కువ పరిమాణంలో రంధ్రాలు లేదా ఎలక్ట్రాన్‌ల సంఖ్యను పెంచే సరియైన ఇతర పదార్థాలను కలపడం ద్వారా ఈ హద్దును అధిగమించవచ్చు. ఇక్కడ అపరిశుద్ధ అనే పదాన్ని ఎందుకుపయోగించామంటే పరిశుద్ధ పదార్థానికి కొన్ని ఇతర మూలకాల అణువులను కలుపుతున్నామని గమనించండి.

పరిశుద్ధ లేదా స్వభావజ అర్ధవాహకానికి మాలిన్యాలను కలిపే ప్రక్రియనే **మాదీకరణం (doping)** అంటారు. మరియు కలిపిన అపరిశుద్ధ అణువును **మాదీకరణి (dopant)** అంటారు. ఈ విధంగా మాదీకరణం చేసిన అర్ధవాహకాలను **అస్వభావజ** అర్ధవాహకాలు అంటారు.

మాదీకరణులను సాధారణంగా ఆవర్తన పట్టికలోని **III** వ గ్రూపు (3 వ్యాలెన్సీ ఎలక్ట్రాన్‌లు కలిగి ఉన్నవి) లేదా **V వ గ్రూపు** (5 వ్యాలెన్సీ ఎలక్ట్రాన్‌లు కలిగి ఉన్నవి) నుండి తీసుకొంటారు. పటం 28.2 ఆవర్తన పట్టికలోని చిన్న భాగాన్ని చూపుతుంది. సాధారణంగా మాదీకరణానికి ఉపయోగించే పదార్థాలను చూపడానికి III వ, V వ గ్రూపులను ప్రత్యేకంగా చూపించారు.

II	III	IV	V	VI
	Al	Si	P	S
Zn	Ga	Ge	As	Se
Cd	In	Sn	Sb	Te
Hg				

పటం 28.2 ఆవర్తన పట్టిక ఒక భాగం. ఒక స్వభావజ అర్ధవాహకాన్ని మాదీకరణం చేయడానికి III వ మరియు Vవ గ్రూపు మూలకాలను ఉపయోగిస్తారు.

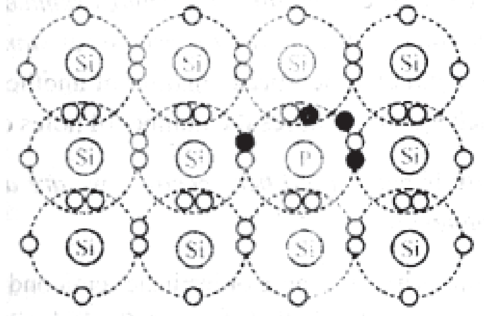
సాధారణంగా పరిశుద్ధ అర్ధవాహకానికి మనం అతి తక్కువ పరిమాణంలో మాలిన్య పరమాణువులను కలుపుతాం. ఇది స్వభావజ అర్ధవాహకం యొక్క 10^8 పరమాణువులకు ఒక మాలిన్య పరమాణువుగ ఉంటుంది. ఈ పరమాణువులు ఆవేశవాహకాల తుల్యతను మారుస్తాయి. ఇవి పరమాణువులకు స్వేచ్ఛా ఎలక్ట్రాన్లను కలుపుతాయి లేదా రంధ్రాలను ఉత్పత్తి చేస్తాయి. ఈ రెండింటిలో ఏదైన ఒకదానిని కలపడం వల్ల పదార్థం ఎక్కువ వాహకత్వం ఉండే విధంగా అవుతుంది. అందువల్ల అస్వభావజ అర్ధవాహకంలోని ఆవేశవాహకాలు అధికభాగం మాలిన్య పరమాణువుల నుండి ఉత్పన్నమవుతాయి.

28.1.3 *n*- మరియు *p*-రకం అర్ధవాహకాలు

Si ఎలక్ట్రాన్ విన్యాసం ($1S^2$, $2S^2$, $2P^6$, $3P^6$, $3S^2$, $3P^2$) నుండి, పది ఎలక్ట్రాన్‌లు కేంద్రకంతో పూర్తిగ బంధించబడ్డాయని మరియు నాలుగు ఎలక్ట్రాన్‌లు కేంద్రకం చుట్టూ బాహ్య కక్ష్యలో తిరుగుతున్నాయని మీరు గుర్తుకు తెచ్చుకోండి. స్వభావజ సిలికాన్ అర్ధవాహకంలో ఒక Si పరమాణువులో ఉండే నాలుగు వ్యాలెన్సీ ఎలక్ట్రాన్‌లు ఒక్కొక్కటి

పొరుగున ఉండే నాలుగు Si పరమాణువులతో ఒక్కొక్క ఎలక్ట్రాన్‌ను పంచుకొని స్థిరత్వాన్ని పొందుతుంది. (దీనినే సమయోజనీయ బంధం అంటారు). ఇది జెర్మేనియంకు కూడ వర్తిస్తుంది. దీని ఎలక్ట్రాన్ విన్యాసం $1S^2$, $2S^2$, $2P^6$, $3S^6$, $3P^6$, $3d^{10}$, $4S^2$, $4p^2$.

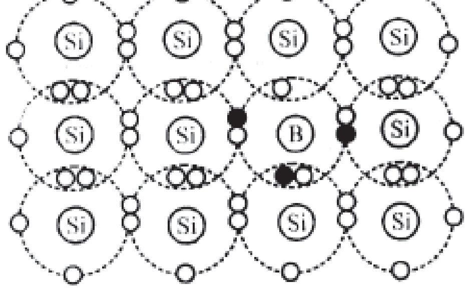
పటం 28.3లో చూపినట్లు సిలికాన్ (లేదా జెర్మేనియం) పంచ వ్యాలెన్సీ (బాహ్య కక్ష్యలో ఐదు ఎలక్ట్రాన్‌లు) అనగా బాస్వరం, ఆర్సెనిక్, ఆంటీమోని వంటి వాటితో మాదీకరణం చేసినప్పుడు, వాటి చుట్టు ఉండే నాలుగు ఎలక్ట్రాన్‌లు పొరుగున ఉండే నాలుగు Si పరమాణువులతో సమయోజనీయ బంధాలను ఏర్పస్తాయి. కాని ఐదవ (వ్యాలెన్సీ) ఎలక్ట్రాన్ ఆవిధంగ బంధించబడకుండ ఉండి, వహనానికి అందుబాటులో ఉంటుంది. (పటం 28.3) అందువల్ల ఒక సిలికాన్ (లేదా జెర్మేనియం) స్ఫటికాన్ని పంచ వ్యాలెన్సీ మూలకంతో మాదీకరణం చేసినప్పుడు, అది అధికంగ ఒక స్వేచ్ఛా ఎలక్ట్రాన్‌ను ఏర్పరుస్తుంది. కాబట్టి దానిని *n*-రకం అర్థవాహకం అంటారు. ఆ విధమైన మాలిన్యాలను దాత మాలిన్యాలుగ వ్యవహరిస్తారు.



పటం 28.3 *n*-రకం అర్థవాహకంలో సమయోజనీయ బంధం

n-రకం అర్థవాహకాలలో స్వేచ్ఛా ఎలక్ట్రాన్ల సంఖ్య రంధ్రాల సంఖ్య కన్న చాలా ఎక్కువ మరియు ఆ అక్షరం '*n*' రుణావేశాలను తెల్పుతుంది అని గమనించండి.

సిలికాన్ (లేదా జెర్మేనియం) ను బోరాన్ అల్యూమినియం, గాలియం లేదా ఇండియం వంటి త్రికవ్యాలెన్సీ (బాహ్య కక్ష్యలో మూడు ఎలక్ట్రాన్‌లు) ఉండే పరమాణువులతో మాదీకరణం చేస్తే మూడు వ్యాలెన్సీ ఎలక్ట్రాన్‌లు మూడు సిలికాన్ పరమాణువులతో సమయోజనీయ బంధాన్ని ఏర్పరుస్తూ ఒక ఎలక్ట్రాన్ లోపం ఏర్పడుతుంది. ఈ ఎలక్ట్రాన్ లోపాన్ని రంధ్రం అని వ్యవహరిస్తారు. దీనిని పటం 28.4లో చూపించారు. ఈ విధమైన అర్థవాహకాన్ని *p*-రకం అర్థవాహకం అని, మాలిన్యాలను గ్రాహక మాలిన్యాలని అంటారు.



పటం 28.4 *p*-రకం అర్థవాహకంలో సమయోజనీయ బంధం

ఇప్పుడు మీరీ విధంగా అడగవచ్చు. n- రకం అర్ధవాహకం రుణావేశం కల్గి ఉంటుందా? ఈ ప్రశ్నకు సమాధానం అవును అని చెప్పలేము.

వాస్తవానికి స్వేచ్ఛా ఎలక్ట్రాన్‌ల సంఖ్య అనేది రంధ్రాల సంఖ్య మరియు ధనావేశ అయానుల మొత్తానికి ఖచ్చితంగా సమానం. మరియు ఒక అర్ధవాహకం స్వభావజంగా ఉన్నా లేదా మాదీకరించిన, అది విద్యుత్ పరంగ తటస్థం.

ఒక p-రకం అర్ధవాహకంలో, గది ఉష్ణోగ్రత వద్ద గల ఉష్ణశక్తి వల్ల సమయోజనీయ బంధాలు తెగి ఏర్పడే రంధ్రాల కన్న గ్రాహక మాలిన్యాలు కలపడం వల్ల ఎక్కువ రంధ్రాలు ఉత్పన్నం అవుతాయి అని గమనించండి. అందువల్ల, రంధ్రాల ఫలిత గాఢత ఎలక్ట్రాన్ల కన్న చెప్పుకోదగినంత ఎక్కువగా ఉంటుంది. అంటే p-రకం అర్ధవాహకంలో రంధ్రాలు అధిక సంఖ్యాక అవేశవాహకాలు.

పాఠంలోని ప్రశ్నలు 28.1

1. 300K వద్ద పరిశుద్ధ సిలికాన్‌లో స్వభావజ వాహక ఆవేశ గాఢత $1.5 \times 10^{16}\ m^{-3}$ గా ఉంది. రంధ్రాల మరియు ఎలక్ట్రాన్ల గాఢత ఎంత?

   ....

2. దీనితో మాదీకరణం చేసినప్పుడు n-రకం అర్ధవాహకంను పొందుతాము.

   (i) త్రిక వ్యాలెన్సీ మాలిన్యం

   (ii) పంచవ్యాలెన్సీ మాలిన్యం

   (iii) చతుర్ వ్యాలెన్సీ మాలిన్యం

   (iv) త్రిక వ్యాలెన్సీ అదేవిధంగ చతుర్వాలెన్సీ

   ....

3. .... ను కలపడం ద్వారా ఒక స్వభావజ అర్ధవాహకాన్ని అస్వభావజ అర్ధవాహకంగ మార్చారు. ఈ ప్రక్రియను .... అంటారు.

   ....

4. n-రకం అర్ధవాహకంలో ఎలక్ట్రాన్లు మరియు p-రకం అర్ధవాహకంలో రంధ్రాలు .... వాహకాలు

   ....

5. ఒక అస్వభావజ అర్ధవాహకాన్ని స్వభావజ అర్ధవాహకంతో పోల్చినప్పుడు .... నిరోధకత్వం కల్గి ఉంటుంది.

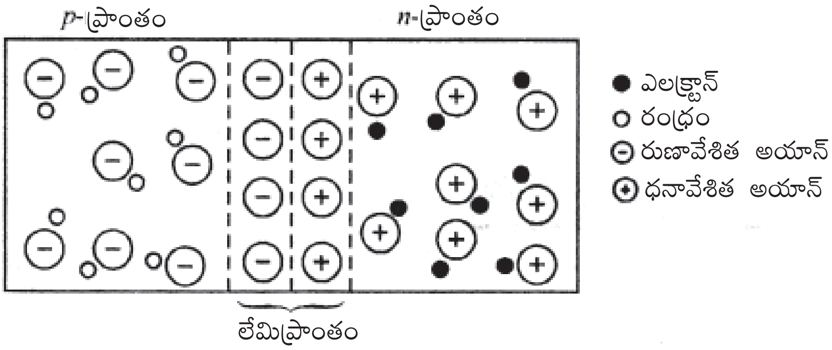
   ....

28.2 *p-n* సంధి

n-రకం మరియు p-రకం అర్ధవాహకాలలో అధిక సంఖ్యాక ఆవేశ వాహకాలు వరుసగా ఎలక్ట్రాన్లు మరియు రంధ్రాలు అని మీకిప్పుడు తెలుసు. n-రకం పదార్థాన్ని p-రకం పదార్థంతో తాకునట్లుగా ఉంచినపుడు ఏం జరుగుతుందని మీరు అనుకుంటున్నారు? మనవొక ఉపయోగకరమైన సాధనం పొందుతామా? ఐతే దాన్ని ఎలా పొందగలం? ఈ ప్రశ్నలకు సమాధానం కావాలంటే p-n సంధి ఏర్పడటం మరియు అది పనిచేసే విధానం గూర్చి చదువుదాం.

28.2.1 *p-n* సంధిని ఏర్పరచడం

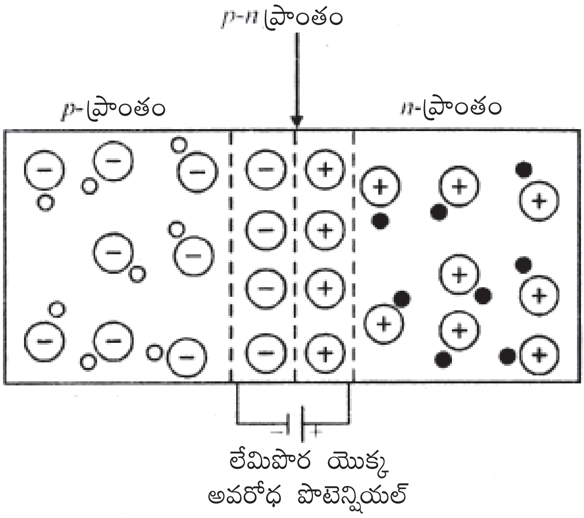
ఒక p-n సంధిని ఏర్పరచడానికి పటం 28.5 లో చూపినట్లు ఒక అర్ధవాహక స్ఫటికం ఒక చివర దాత మాలిన్యాలను మరొక చివర గ్రహీత మాలిన్యాలను ప్రవేశపెట్టడం బాగా అనుకూలమైన పద్ధతి.



పటం 28.5 లేమి ప్రాంతంతో *p-n* సంధి

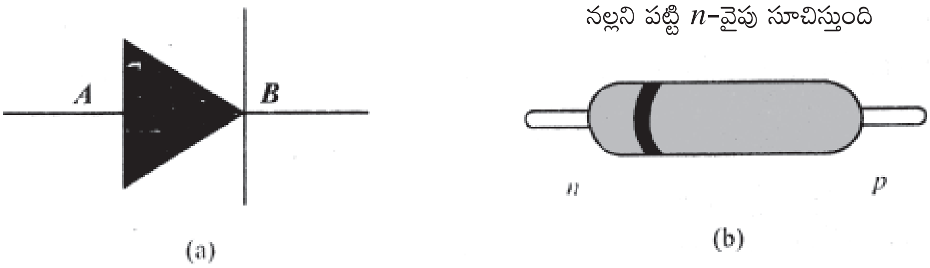
ఒక స్ఫటికం n – ప్రాంతంలో ఎలక్ట్రాన్ల గాఢత అధికంగాను p-ప్రాంతంలో రంధ్రాల గాఢత అధికంగాను ఉంటుందని మనకిప్పుడు తెలుసు. ఈ విధంగా ఉన్నందువల్ల ఎలక్ట్రానులు p-ప్రాంతంవైపు మరియు రంధ్రాలు n-ప్రాంతం వైపు విసరణ (diffuse) చెంది పునస్సంయోగం (recombination) చెందుతాయి. ప్రతి పునస్సంయోగం వల్ల ఒక రంధ్రం మరియు ఒక స్వేచ్ఛా ఎలక్ట్రాన్ తొలగించబడతాయి. దీని ఫలితంగా సంధి వద్ద n మరియు p-ప్రాంతాలలో వరుసగా ధనావేశిత మరియు ఋణావేశిత అయాన్‌లు ఏర్పడతాయి. ఈ ఆవేశాలన్ని పోగుపడి (accumulate) సంధిని దాటుతూ చలించే ఎలక్ట్రాన్లను మరియు రంధ్రాలను నిలిపి వేసే తెర వలె పనిచేస్తాయి. అందువల్ల కొన్ని పునస్సంయోగాల (recombinations) తరువాత సంధి వద్ద సన్నని ప్రాంతంలో కదిలే ఆవేశ వాహకాలు లేని ఒక సన్నని ప్రాంతం ఏర్పడుతుంది. ఇది దాదాపు 0.5 μm మందం ఉంటుంది. దీనినే లేమి పొర (depletion layer) లేదా స్థలా ఆవేశ (space - charge) ప్రాంతం అంటారు.

సంధి వద్ద పోగుపడిన ఆవేశాల వల్ల విద్యుత్ క్షేత్రం ఏర్పడుతుంది. ఇది స్థిర విద్యుత్ పొటెన్షియల్‌ను ఇస్తుంది. దీనినే అవరోధ పొటెన్షియల్‌గా పిలుస్తారు. పటం 18.6లో చూపినట్లుగా ఈ అవరోధం ధృవాలను కలిగి ఉంటుంది. బాహ్య విద్యుత్ క్షేత్రం లేనప్పుడు, సంధి గుండా ఆవేశవాహకాల విసరణను (diffcision) ఈ అవరోధం నిరోధిస్తుంది.



పటం 28.6 : లేమి పొర వల్ల అవరోధ పొటెన్షియల్

అవరోధ పొటెన్షియల్ అనేది అర్ధవాహక పదార్థం యొక్క అభి లక్షణం. ఇది Ge కు సుమారుగ 0.3 eV మరియు Si కు సుమారుగా 0.7 eV ఉంటుంది. ఈ సంధి ఒక డయోడు వలె పనిచేస్తుంది. దీని సంకేత రూపంను పటం 28.7 (a) లో చూపించారు. ఇక్కడ A అనేది *p*-ప్రాంతానికి అనురూపంగా ఉండి ఆనోడ్ వలె పని చేస్తుంది. అదే విధంగా B అనేది *n*- ప్రాంతాన్ని సూచిస్తూ, క్యాథోడ్‌కు అనురూపంగా ఉంటుంది. మార్కెట్‌లో లభ్యమయ్యే *p-n* సంధి డయోడ్ బొమ్మను పటం 28.7 (b) లో చూపించారు.



పటం 28.7 (a) *p-n* సంధి (డయోడు) సంకేతం. బాణం గుర్తు సంప్రదాయ విద్యుత్ ప్రవాహదిశను తెలియజేస్తుంది. (b) మార్కెట్‌లో లభించే ఒక *p-n* సంధి డయోడు.

అర్ధవాహక డయోడులను రెండు ఆంగ్ల అక్షరాల తర్వాత ఒక వరుస సంఖ్యతో సూచించడం మీరు గమనించే ఉంటారు. మొదటి అక్షరం పదార్థంను సూచిస్తుంది. పట్టి వెడల్పు 0.6 eV నుండి 1.0 eV వరకు ఉండే జెర్మేనియం వంటి పదార్థాల కొరకు A ను ఉపయోగిస్తారు. పట్టి వెడల్పు 1.0eV నుండి 1.3eV వరకు ఉండే సిలికాన్ వంటి పదార్థాల కొరకు B ను ఉపయోగిస్తారు. రెండవ అక్షరం ముఖ్యమైన అనువర్తనంను సూచిస్తుంది. A డిటెక్షన్ డయోడ్ (detection diode) ప్రాముఖ్యాన్ని B చర కెపాసిటెన్స్ కొరకు డయోడ్ (variable capacitance diode) ను E టన్నెల్ డయోడ్ (tunnel) diode కొరకు, Y ను ధిక్కరణ డయోడ్ కొరకు మరియు Z ను జీనర్ డయోడ్‌ను తెల్పడానికి ఉపయోగిస్తారు. ఇక క్రమ సంఖ్య అనేది సామర్థ రేటింగ్‌ను, శిఖర విలోమ వోల్టేజిని, గరిష్ట కరెంటు రేటింగ్‌ను మొదలైన

వాటిని సూచిస్తుంది. (ఖచ్చితమైన వివరాల కొరకు ఉత్పత్తిదారుని కాటలాగ్‌ను చూడండి). ఉదాహరణకు BY 127 ఒక సిలికాన్ దిక్కరణి డయోడ్‌ను తెల్పుతుంది, BZ 148 ఒక సిలికాన్ జీనర్ డయోడ్‌ను తెల్పుతుంది.

ఆనోడ్ మరియు కేథోడ్‌లను సులభంగా గుర్తించడానికి ఉత్పత్తిదారులు క్రింది వాటిలో ఒక మార్గాన్ని అవలంబిస్తారు.

- డయోడ్ ఉపరితలంపై సంకేతాన్ని పెయింట్ చేస్తారు.
- డయోడ్ ఉపరితలభాగంపై ఎరుపు మరియు నీలిరంగు గుర్తులను ఉపయోగిస్తారు. ఎరుపు రంగు ఆనోడ్‌ను సూచిస్తుంది. నీలం రంగు కేథోడ్‌ను సూచిస్తుంది.
- డయోడ్ ఉపరితలంపై కేథోడ్‌ను సూచించడానికి ఒక చివర ఒక చిన్న రింగ్‌ను ముద్రిస్తారు. పటం 28.7(b)లోని పట్టీ p-n సంధి యొక్క n–భాగంను సూచిస్తుంది.

డయోడ్ పాడవకుండా ఉండడానికి ఆసాధనంపై చూపబడిన రేటింగ్‌ల వ్యాప్తికి లోబడి పని చేయాల్సి ఉంటుంది.

పాఠంలోని ప్రశ్నలు 28.2

1. క్రింది ఖాళీలను పూరించండి.

   (a) p-n సంధి ఏర్పడినప్పుడు, సంధి ద్వారా .... విసరణ (diffuse) చెందుతాయి.

   (b) అప్రతికృత (un compensated) గ్రహీత మరియు దాత అయానులుగల ప్రాంతాన్ని ....

   (c) సిలికాన్‌లో అవరోధ పొటెన్షియల్ ....V మరియు జెర్మేనియంలో ఇది V

   (d) అనువర్తిత విద్యుత్ క్షేత్రం లేని p-n సంధిలో, ఎలక్ట్రానులు n–ప్రాంతం నుండి p-ప్రాంతంవైపు విసరణ చెందడానికి గల కారణం, p-ప్రాంతంతో పోల్చినప్పుడు n-ప్రాంతంలో ....ల గాఢత .... గ ఉంటుంది.

2. సరియైన సమాధానాన్ని ఎంచుకోండి.

   (a) సంధికి ఇరువైపుల గల ఆవేశాల వల్ల p-n సంధి వద్ద అవరోధ పొటెన్షియల్ ఏర్పడుతుంది. ఈ ఆవేశాలు

   (i) అధిక సంఖ్యాక వాహకాలు

   (ii) అల్ప సంఖ్యాక వాహకాలు

   (iii) స్థిరమైన దాత మరియు గ్రహీత అయాన్‌లు

   (iv) పై వాటిలో ఏదీ కాదు.

   ....

   (b) ఒక p-n సంధిలో బాహ్య పొటెన్షియల్ లేనప్పుడు సమతాస్థితి వద్ద సంధి ప్రవాహం.

   (i) అల్ప సంఖ్యాక వాహకాల విసరణం వల్ల మాత్రమే

(ii) అధిక సంఖ్యాక వాహకాల విసరణం వల్ల మాత్రమే

(iii) శూన్యం, ఆవేశాలు సంధిని దాటటం లేదు కనుక

(iv) శూన్యం, సమాన సంఖ్యలో వ్యతిరేక ఆవేశాలు సంధిని దాటుతున్నాయి కనుక

....

c) ఒక అర్ధవాహక డయోడులో, అవరోధ పొటెన్షల్ వికర్షించేది.

i) ఇరుప్రాంతాలలోని అల్ప సంఖ్యాక వాహకాలను

ii) ఇరుప్రాంతాలలోని అధిక సంఖ్యాక వాహకాలను

iii) అధిక సంఖ్యాక మరియు అల్ప సంఖ్యాక వాహకాలను రెంటిండిని

iv) పై వాటిలో ఏదీ కాదు.

....

3. లేమి ప్రాంతానికి ఆపేరెందుకు వచ్చింది? లేమి ప్రాంతం దేనితో తయారు చేయబడింది?

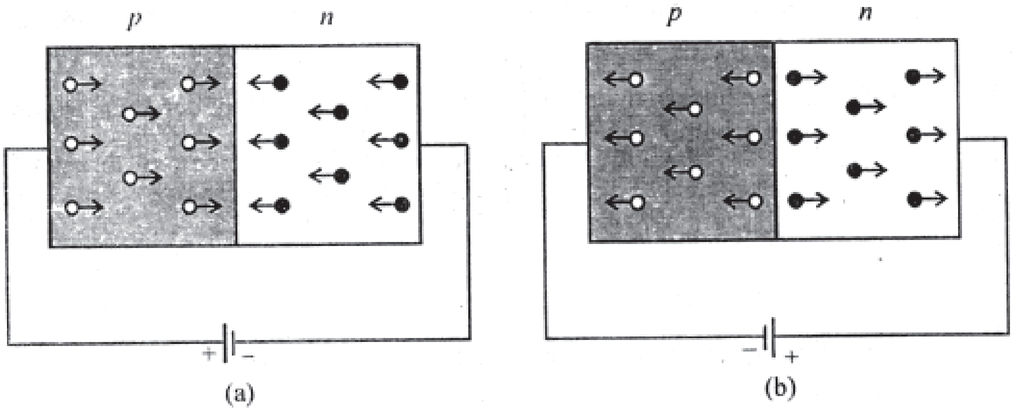
....

28.3 *p-n* సంధి పురోశక్మం మరియు తిరోశక్మం

వోల్టేజ్ అనువర్తనంను శక్మం అంటారు. *p-n* సంధిని వాహకంగా చేయడానికి మనం ఎలక్ట్రానులను *n*-రకం ప్రాంతం నుండి *p*-రకం ప్రాంతానికి కదిలేలా అలాగే రంధ్రాలను ఉత్క్రమ దిశలో కదిలేలా చేయాల్సి వుంది. ఇందు కొరకు సంధి వద్ద అవరోధ పొటెన్షియల్‌ను అధిగమించడానికి *p-n* సంధి చివరల వద్ద బ్యాటరీని కలపాలి. *p-n* సంధికి బ్యాటరీని రెండు విధాలుగా కలపవచ్చు.

- బ్యాటరీ ధనధృవాన్ని *p*-వైపు, రుణధృవాన్ని *n*–వైపు కలిపారు. దీనిని పురోశక్మం (forward bises) అంటారు. (పటం 28.2(a))
- బ్యాటరీ ధన ధృవాన్ని *n*- వైపు, రుణధృవాన్ని *p*- వైపుకు కలిపారు. దీనిని తిరోశక్మం (Reverse bias) అంటారు. (పటం 28.8(b))

సంధి పురోశక్మంలో ఉన్నప్పుడు, శక్మం అవరోధ పొటెన్షియల్‌ను అతిక్రమించి, రంధ్రాలను బలవంతంగా సంధివైపుకు ప్రయాణించేలా మరియు సంధిని దాటి *p*- ప్రాంతం నుండి, *n*-ప్రాంతంకు కదిలేలా చేస్తుంది. అలాగే ఎలక్ట్రానులను ఉత్క్రమ దిశలో సంధిని దాటేలా చేస్తుంది. డయోడ్‌లో పురోవిద్యుత్ ప్రవాహాన్ని ఏర్పరుస్తుంది. వోల్టేజ్‌తో, విద్యుత్ ప్రవాహం కొన్ని మిల్లీ ఆంపియర్ల వరకు పెరుగుతుంది. పురోబయాస్ స్థితిలో సంధి విద్యుత్ ప్రవాహానికి తక్కువ నిరోధాన్ని కలుగ జేస్తుంది. దీనిని పురోనిరోధం అంటారు. దీని పరిమాణాన్ని ఊహించగలరా? సంధి నిరోధం పరిమాణం 10Ω నుండి 30Ω వ్యాప్తిలో ఉంటుంది.



పటం 28.8 (a) పురోబయాస్ (b) తిరోబయాస్ లో ఉన్న p - n సంధి

p - n సంధి తిరోబయాస్‌లో ఉన్నప్పుడు, p-ప్రాంతంలో ఉన్న రంధ్రాలు, n-ప్రాంతంలో ఉన్న ఎలక్ట్రానులు సంధి నుండి దూరంగా జరుగుతాయి. అంటే వలయంలో విద్యుత్ ప్రవహించదని దీనర్థమా? కాదు, ఉష్ణ ఉత్తేజనం వలన స్వల్ప సంఖ్యలో ఎలక్ట్రాన్ – రంధ్రం జతలు ఉత్పత్తి అయినందువల్ల ఇప్పుడు కూడా కొద్దిపాటి విద్యుత్ ప్రవహిస్తుంది. అల్పసంఖ్యాక వాహకాల వల్ల ఏర్పడిన ఈ విద్యుత్తును తిరో సంతృప్తి విద్యుత్ ప్రవాహం లేదా లీకేజ్ విద్యుత్ ప్రవాహం అంటారు. వాణిజ్యపరంగా లభ్యమయ్యే డయోడ్‌లలో తిరోవిద్యుత్ ప్రవాహం దరిదాపుగా స్థిరంగా ఉంటూ, అనువర్తిత తిరోబయాస్ మీద ఆధారపడదు. దీని పరిమాణం Ge డయోడ్‌లకు కొన్ని మైక్రో ఆంపీయర్లలో, Si డయోడ్‌లకు నానో ఆంపియర్లలో ఉంటుంది.

p - n సంధి డయోడ్ పురోబయాస్‌లో తక్కువ నిరోధాన్ని, తిరోబయాస్‌లో ఎక్కువ నిరోధాన్ని కలుగజేస్తుంది. p-n సంధి డయోడ్ యొక్క ఈ ధర్మాన్ని ac నియంత్రకం కు ఉపయోగిస్తారు.

తిరోబయాస్ వోల్టేజ్ కొన్ని వందల వోల్ట్ లలో ఉన్నప్పుడు p-n సంధి గుండా విద్యుత్ త్వరితగతిన పెరిగి ఎక్కువ సామర్థ్యం దుర్వ్యయమవడం వల్ల దానికి నష్టం వాటిల్లుతుంది. ఏ వోల్టేజ్ వద్దయితే డయోడ్ విచ్ఛేదనం చెందుతుందో ఆ వోల్టేజ్‌ను విచ్ఛేదన వోల్టేజ్ (break down voltage) అంటారు. భౌతికంగా దీనిని కింది విధంగా వివరించవచ్చు. తిరోబయాస్ ను అనువర్తింపచేసినపుడు హెచ్చు విద్యుత్ క్షేత్రం సంధి వద్ద ఏర్పడుతుంది. ఈ క్షేత్రం (i) లభ్యమయ్యే అల్ప సంఖ్యాక వాహకాలను త్వరణం చెందిస్తుంది. అవి అర్ధవాహక పరమాణువులతో అభిఘాతం చెంది శక్తి బదిలీతో ఎక్కువ ఎలక్ట్రానులను విడుదల చేస్తాయి (అవలాంచీ ఫలితం) మరియు (ii) బంధాలలో బంధింపబడి ఉన్న ఎలక్ట్రానులపై బలమైన బలాన్ని ప్రయోగించుట వలన సమయోజనీయబంధాలను విచ్ఛేదనం చేస్తాయి. దీని ఫలితంగా అదనపు ఎలక్ట్రాన్ – రంధ్రం జతలు సంధి వద్ద ఏర్పడుతాయి (జీనర్ ఫలితం). ఈ రెండు పద్ధతులు, తిరోబయాస్ వోల్టేజ్ లోని కొద్దిపాటి పెరుగుదలకే హెచ్చు తిరోవిద్యుత్ ప్రవాహాన్ని ఇస్తాయి. ఈ పద్ధతిని జీనర్ విచ్ఛేదనం అంటారు.

పాఠంలోని ప్రశ్నలు 28.3

1. పురోబయాస్‌ను నిర్వచించండి.

....

2. తిరోబయాస్‌ను నిర్వచించండి.

....

3. ఖాళీలను పూరించండి.

(a) p - n సంధి డయోడ్‌కు పురోబయాస్‌ను అనువర్తింప చేసినపుడు లేమిపొర ప్రాంతం వెడల్పు ....

(b) p - n సంధి డయోడ్ తిరోబయాస్‌లో ఉన్నప్పుడు లేమి పొర ప్రాంతం వెడల్పు ....

(c) తిరోబయాస్ వోల్టేజి చాలా ఎక్కువైనపుడు, p - n సంధి గుండా విద్యుత్ ప్రవాహం అకస్మాత్తుగా .... ఈ వోల్టేజిని .... అంటారు.

4. సరైన దానిని ఎంచుకోండి.

(a) పురోబయాస్ లో నుంచబడిన సంధిలో

(i) n-ప్రాంతంలోని రంధ్రాలు, p-ప్రాంతం వైపుకు కదులుతాయి.

(ii) అల్పసంఖ్యాక వాహకాలలో కదలిక ఉంటుంది.

(iii) ఆవేశ వాహకాలు కదలవు

(iv) రెండు ప్రాంతాల (n మరియు p-ప్రాంతంలు) లోని అధిక సంఖ్యాక వాహకాలు వేరొక ప్రాంతంలోకి కదులుతాయి.

....

(b) తిరోబయాస్‌లో ఉన్న సంధిలో

(i) అవరోధ పొటెన్షియల్ ఉండదు.

(ii) అధిక సంఖ్యాక వాహకాలలో మాత్రమే కదలిక ఉంటుంది.

(iii) అల్ప సంఖ్యాక వాహకాలలో మాత్రమే కదలిక ఉంటుంది.

(iv) పైవేవి కాదు.

....

5. p - n సంధి డయోడ్‌లో ఏర్పడే రెండు రకాల తిరో విచ్ఛేదనంలను తెల్పి వాటి మధ్య భేదాన్ని తెల్పండి.

....

28.4 p - n సంధి డయోడ్‌ల అభిలక్షణాలు

ఎలక్ట్రానిక్ వలయాల్లో అర్ధవాహక పరికరాల వ్యావహారిక అనువర్తనాలు వాటి విద్యుత్ ప్రవాహ, వోల్టేజ్ (I-V) ల మధ్య సంబంధం మీద ఆధారపడుతుంది. అది చాలా ముఖ్యమైన వివరాలను వలయాన్ని తయారుచేసే వారికి అలాగే

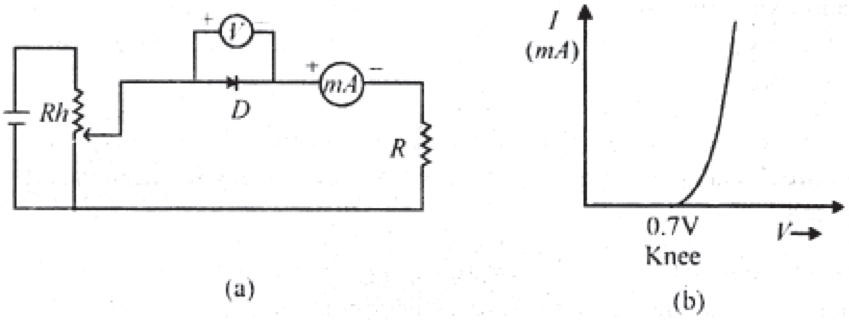
నిపుణులకు అందజేస్తుంది. కనుక V-I అభిలక్షణాల సహాయంతో ఒక నిర్ణీత వోల్టేజి వద్ద ఎంత విద్యుత్, సంధి డయోడ్ గుండా ప్రవహిస్తుందో మనం తెలుసుకోగలం.

28.4.1 పురోబయాస్ అభిలక్షణాలు

పటం 28.9 (a) ను చూడండి. *p-n* సంధి డయోడ్‌కు పురోబయాస్ అభిలక్షణాలను గీయడానికి బ్యాటరీ (B) ధన ధృవాన్ని డయోడ్ *p*-వైపును రియోస్టాట్ ద్వారా కలపడం మీరు గమనించండి (ప్రత్యామ్నాయంగా, మారే బ్యాటరీ ని ఉపయోగించవచ్చు) డయోడ్‌కు అనువర్తింపచేసే వోల్టేజ్‌ను రియోస్టాట్ సహాయంతో మార్చవచ్చు. వలయంలోని విద్యుత్ ప్రవాహాన్ని మిల్లీ అమ్మీటర్ (mA) కొలుస్తుంది. డయోడ్ వద్ద వోల్టేజ్‌ను వోల్టుమీటర్ కొలుస్తుంది. సంప్రదాయ విద్యుత్ ప్రవాహ దిశ, డయోడ్ బాణపు గుర్తు దిశలోనే ఉంటుంది. పురోబయస్ లో ఉన్న డయోడ్ విద్యుత్ దాని ప్రవాహానికి కొంత వ్యతిరేకతను ఎదుర్కొంటుంది, వోల్టేజ్‌ను పెంచితే త్వరితంగా పెరుగుతుంది, విద్యుత్ ప్రవాహ విలువను అవధిలో ఉంచడానికి వలయంలో నిరోధం (R) ను కలిపారు.

నిరోధంను వలయంలో చేర్చుకోక పోతే, హెచ్చు విద్యుత్తు దానిలో ప్రవహించుటవల్ల డయోడ్ శాశ్వతంగా పాడై పోతుంది.

పురోబయాస్ లో ఉన్న *p - n* సంధి I - V అభి లక్షణ వక్రాన్ని పటం 28.9(b)లో చూపించారు.



పటం 28.9(a) పురోబయాస్‌లో ఉన్న *p - n* సంధి డయోడ్ యొక్క I - V అభిలక్షణ వలయం.

(b) విలక్షణ అభిలక్షణ వక్రం.

అభిలక్షణ వక్రం మూలబిందువు గుండా పోదని గమనించండి. అలాకాక V-అక్షాన్ని సుమారు 0.7 V వద్ద తాకుతుంది. అంటే అవరోధ పొటెన్షియల్‌ను అధిగమించేంతటి బాహ్య వోల్టేజిని అనువర్తింపచేసినపుడే *p - n* సంధి వహనం చెందదని అర్థమవుతుంది. సంధిని వహనస్థితిలో ఉంచే పురోవోల్టేజిని నీ వోల్టేజ్ (knee voltage) అంటారు. ఇది Si *p-n* సంధికి సుమారు 0.7V, Ge *p-n* సంధికి సుమారు 0.3 V ఉంటుంది.

సంధి వద్ద రంధ్రం – ఎలక్ట్రాన్ పునస్సంయోగంను ప్రారంభించడానికి ఈ వోల్టేజ్ అవసరమవుతుంది. అనువర్తిత వోల్టేజ్ నీ వోల్టేజ్ కంటే ఎక్కువైనపుడు డయోడ్ గుండా విద్యుత్ రేఖీయంగా పెరుగుతుంది.

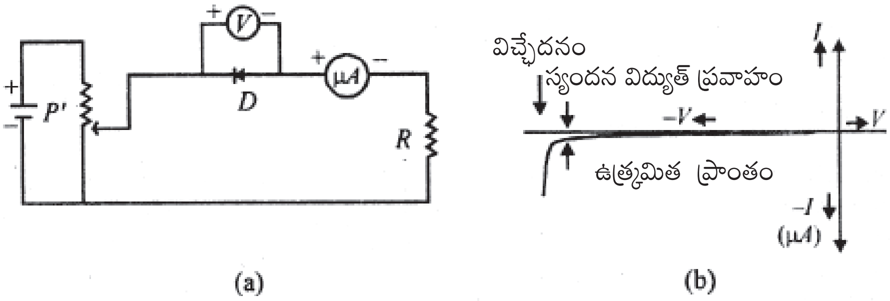
28.4.2 తిరోశక్మం అభిలక్షణాలు

p - n సంధికి తిరోశక్మ అభిలక్షణాలను గీయడానికి పటం 28.10(a) లో చూపిన వలయాన్ని ఉపయోగిస్తాం. దీనిని, పురో I-V అభిలక్షణాలకు ఉపయోగించే పటం 28.9(a) తో పోల్చి చూసినపుడు ఈ కింద తెలిపిన రెండు మార్పులను గమనిస్తారు.

(i) సంధి టెర్మినల్‌లను ఉత్క్రమితం చేశారు.

(ii) మిల్లీఅమ్మీటర్ బదులు మైక్రోఅమ్మీటర్ (μA) ను ఉపయోగించారు.

p - n సంధి పురోశక్మంలో ఒక విలక్షణ I - V అభిలక్షణాల వక్రంను పటం 28.10(b) లో చూపించారు.



పటం 28.10(a) p - n సంధి పురోశక్మంలో I - V అభిలక్షణాలను పొందటానికి వలయ పటం

(b) పురోశక్మ అభిలక్షణ వక్రం.

తిరోశక్మంలో విచ్ఛేదన వోల్టేజి కన్నా తక్కువ ఉండే అన్నీ వోల్టేజ్‌లకు సంధి ప్రవాహం పోల్చదగినంత తక్కువగా ఉంటుందని గమనించండి. విచ్ఛేదన వోల్టేజి వద్ద వోల్టేజిలోని తక్కువ పెరుగుదలకే ప్రవాహం త్వరగా పెరుగుతుంది. 28.9(b), 28.10 (b) పటాలను పోల్చినపుడు p - n సంధి డయోడ్, పురోశక్మంలో తక్కువ నిరోధాన్ని తిరోశక్మంలో ఎక్కువ నిరోధాన్ని చూపుతుందని తెలియజేస్తాయి. p - n సంధి డయోడు పురోశక్మంలో విచ్ఛేదన వోల్టేజి వద్ద అకస్మాత్తుగా కలిగే నిరోధంలోని తగ్గుదల వల్ల అకస్మాత్తుగా తిరోవిద్యుత్ ప్రవాహంలో పెరుగుదల ఉంటుంది.

దీని నుండి, p - n డయోడు ఒకే దిశలో వహనం చెందుతుందని మనం అనుకోవచ్చు అంటే పురోబయాస్‌లో n-రకం ప్రాంతం నుండి ఎలక్ట్రానులు p-రకం చివరకు ప్రవహిస్తూ, ఒకే దిశలో విద్యుత్తు వహనం ఉంటుంది. మెట్రో సబ్‌వేస్టేషన్‌లో టోల్‌గేట్ (turnstile) వద్ద ప్రజలు ఒకే దిశలో వెళ్ళడం మీరు చూసే ఉంటారు. ఎలక్ట్రానులను ఒకే మార్గంలో ఉంచే టోల్‌గేట్ డయోడ్ వాటిలో p - n సంధి డయోడు అనేక అనువర్తనాలను కలిగి ఉంది. వాటిలో

1. డయోడ్ ఏక దిశాత్మక వాహక ధర్మం, ac వోల్టేజిని dc వోల్టేజిగా మార్చే ఏక దిక్కరణిలో ఉపయోగపడుతుంది. సెల్‌ఫోన్‌లు, CD ప్లేయర్లు, లాప్‌టాప్ మొదలగు వాటిని పునర్విద్యుదావేశం (recharge) చేసే బ్యాటరీ ఎడాప్టర్లలో డయోడ్‌లను ఉపయోగిస్తారు. దీని గురించి ఇంకా విపులంగా తరువాతి పాఠంలో చదువుతారు.

2. బ్యాటరీలను ఉపయోగించే పరికరాలు డయోడ్‌ను కలిగి ఉంటాయి. డయోడ్ తిరోబయాస్‌లో ఉన్నపుడు బ్యాటరీ నుండి ఎటువంటి విద్యుత్ ప్రవాహం బయటకు పోకుండా డయోడ్ నిరోధిస్తుంది.

పాఠంలోని ప్రశ్నలు 28.4

1. నీ వోల్టేజ్ (knee voltage) భావనను వివరించండి.

....

2. (a) నీ వోల్టేజ్ సిలికాన్ డయోడ్‌లో ...., జర్మేనియంలో డయోడ్‌లో ఇది ....

   (b) p - n సంధి డయోడ్‌లో విద్యుత్ .... దిశలో మాత్రమే ప్రవహిస్తుంది.

   (c) జెర్మేనియం డయోడ్‌లో ఉత్క్రమ సంతృప్త ప్రవాహం (Reverse saturation current) ....

3. సరైన దానిని గుర్తించండి.

   (a) p - n సంధి డయోడ్ పురోశక్మం I-V అభిలక్షణం దీనిని తెలుపుతుంది

   (i) రేఖీయం కాని వక్రం

   (ii) రేఖీయ వక్రం

   (iii) రేఖీయ మరియు రేఖీయం కాని భాగం

   (iv) పైవేవి కాదు.

....

   (b) p - n సంధి పురోశక్మంలో ఉన్నపుడు వోల్టేజ్‌ను పెంచారు, వోల్టేజ్‌లోని స్వల్ప పెరుగుదలకే ప్రవాహం లో పెరుగుదల

   (i) వెంటనే జరుగుతుంది.

   (ii) పురోశక్మం అవరోధ పొటెన్షియల్ కంటే ఎక్కువైనపుడు మాత్రమే.

   (iii) సంధి వద్ద విచ్ఛేదనం జరిగినపుడు మాత్రమే

   (v) పైవేవి కాదు.

....

28.5 డయోడ్‌లలో రకాలు

p-n సంధి డయోడ్ మాదీకరణ స్థాయి, మాదీకరణ పదార్థం, జ్యామితి (పరిమాణం, వైశాల్యం మొ॥)లను మార్చడం ద్వారా దాని విద్యుత్ మరియు దృశాస్వభావం (optical behaviour) లను మార్చవచ్చు.

ఈ కింది పట్టికనుపయోగించి వేరువేరు డయోడ్‌లను పోల్చవచ్చు.

పేరు	సంకేతం	నిర్మాణ పద్ధతి	సూత్రం	ముఖ్యమైన పని	ముఖ్యమైన ఉపయోగం
జీనర్ డయోడ్		ఎక్కువ మాదీకరణం చేసిన *p* మరియు *n* ప్రాంతంలు కలిగి ఉన్న *p-n* సంధి డయోడ్ చాలా పలుచని లేమి పొర (< 10 nm)	జీనర్ విచ్ఛేదన ప్రక్రియ	ఉత్క్రమ విచ్ఛేదన వోల్టేజ్ ప్రాంతంలో పాడై పోకుండా నిరంతర ప్రవాహాన్ని ఏర్పరుస్తుంది.	వోల్టేజ్ స్టెబిలైజేషన్ లేదా నియంత్రకం
ఫోటో డయోడ్		*p-n* సంధి డయోడ్ కాంతి ఉద్గార అర్ధవాహక పదార్థాలను ఉపయోగిస్తారు. ఇది పలుచని *p*-ప్రాంతంను కలిగి ఉంటుంది. దీని మందం కనుగొనవలసిన వికిరణం తరంగ ధైర్ఘ్యం పై ఆధారపడి ఉంటుంది.	ఫోటో వోల్టాయిక్ ఫలితం	తిరోశక్మంలో దృశా నివేశనంను విద్యుత్ ప్రవాహంగా మారుస్తుంది.	T.V మరియు VCR రిమోట్ కంట్రోల్ నుండి వచ్చే సంకేతాల గ్రాహకరంగా
LED		పరారుణ లేదా దృగ్గోచర ప్రాంతాలకు సంబంధించిన పట్టీ శక్తులు గల పదార్థాలతో తయారైన *p-n* జంక్షన్ డయోడ్ (GASP లేదా I_nP)	ఎలక్ట్రోల్యుమినియస్	పురోశక్మంలో నివేశన విద్యుత్‌ను కాంతిగా మార్చడం	మల్టీమీటర్లలో, డిజిటల్ గడియారాలలో, పరికరాల డిస్‌ప్లేలలో, క్యాలుక్యులేటర్‌లలో, స్విచ్‌బోరులలో, దొంగతనాలను అరికట్టే అలారములలో, రిమోట్ కంట్రోల్ పరికరాలలో

సోలార్ ఘటము		జంక్షన్‌ను చేరకముందే కాంతి ఎక్కువ శోషణం చెందకుండా ఉండడానికి p లేదా n ప్రాంతాలను తక్కువ మందంతో తయారు చేసిన p-n జంక్షన్ డయోడ్	ఫోటో వోల్టాయిక్ ఫలితం	సూర్యశక్తిని విద్యుత్ శక్తిగా మార్చడం	1. ఉపగ్రహాలకు శక్తిని ఇచ్చే పరికరాలలో 2 బ్యాటరీలను ఆవేశపరచడంలో 3. క్యాలుక్యులేటర్‌లలో

పాఠంలోని ప్రశ్నలు 28.5

1. సరైన దానిని ఎంచుకోండి

   (a) జీనర్ డయోడ్ దేనిలో పని చేస్తుంది.

   (i) పురోశక్మం

   (ii) తిరోశక్మం

   (iii) పై రెండు

   (iv) పైవేవికాదు

   (b) జీనర్ డయోడ్

   (i) ఎక్కువగా మాదీకరణం చేసిన p-n సంధి డయోడ్

   (ii) తక్కువగా మాదీకరణం చేసిన p-n సంధి డయోడ్

   (iii) మితముగా మాదీకరణం చేసిన p-n సంధి డయోడ్

   (iv) సాధారణ p-n సంధి డయోడ్‌కు ఇంకొక పేరు

   (c) జీనర్ డయోడ్‌ను ఈ విధంగా ఉపయోగించవచ్చు

   (i) వర్ధకం

   (ii) ఏకదిక్కరణి

   (iii) స్థిర విద్యుత్తునిచ్చే పరికరం (constant current device)

   (iv) స్థిర వోల్టేజీ నిచ్చే పరికరం (constant voltage device)

2. ఖాళీలను పూరించండి.

   (a) జీనర్ డయోడ్ .... విచ్ఛేదన ప్రక్రియ మీద ఆధారపడుతుంది.

   (b) ఫోటో డయోడ్ .... శక్మంలో పనిచేస్తుంది.

   (c) ఫోటో డయోడ్‌లో p-n సంధి .... అర్ధవాహక పదార్థంతో తయారవుతుంది.

   (d) LED లు పిరియాడిక్ పట్టిక లోని .... వాహక పదార్థంతో తయారవుతాయి.

   (e) కాంతి ఉద్గార డయోడ్................ శక్మంలో పనిచేస్తుంది.

(f) LED లో బాణం గుర్తు కాంతి .... ను సూచిస్తుంది.

(g) LED లో కాంతి ఉద్గారం, ఎలక్ట్రాను, రంధ్రాల .... వల్ల జరుగుతుంది.

(h) LED .... సూత్రం ఆధారంగా పనిచేస్తుంది.

(i) సౌరఘటం .... ప్రభావం ఆధారంగా పనిచేస్తుంది.

(j) బాండ్ ఎనర్జీ గేప్ కన్నా .... శక్తి గల సూర్యకాంతి సౌర ఘటం పై పడినపుడు అది .... అయి ఎలక్ట్రాన్ – రంధ్రం జతలను విడుదల చేస్తుంది.

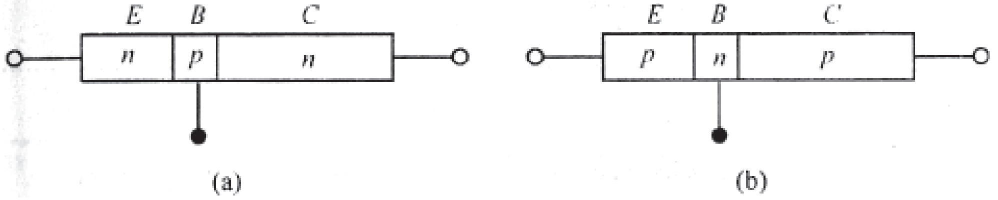
28.6 *pnp* మరియు *npn* ట్రాన్సిస్టరులు

ఇంతకు ముందు భాగంలో విద్యుత్‌ను ఒక దిశలో మాత్రమే ప్రవహింపజేయనిచ్చే *p-n* సంధి డయోడ్ గురించి నేర్చుకున్నారు. ఇది డయోడ్ అనువర్తనాలను ఏకధిక్కరణి మరియు శోధనంలకు మాత్రమే పరిమితం చేస్తుంది. ఎక్కువ ఉపయోగకరమైన సాధనం ద్విధ్రువ సంధి ట్రాన్సిస్టర్ (bipolar junction transister).

జాన్ బార్‌డీన్, వాల్‌టర్ బ్రటైన్ మరియు విలియమ్ షాల్‌లీ 1948లో USA లోని బెల్ లేబరేటరీలో ట్రాన్సిస్టర్‌ను కనుగొనటం ఎలక్ట్రానిక్ పరిశ్రమలో విప్లవాత్మక మార్పులు తీసుకొచ్చింది. మన నిత్యజీవితంలో మనం ఉపయోగించే గాస్ లైటర్ నుండి బొమ్మల వరకు, రేడియో నుండి దూరదర్శిని వరకు ట్రాన్సిస్టర్‌లు అనేక రకాలుగా ఉపయోగపడుతున్నాయి. రోడ్ల మీద ట్రాఫిక్‌ను నియంత్రించడానికి స్విచ్చింగ్ పరికరాలు ఇవి ఉపయోగపడుతున్నాయి. ఇవి శాటిలైట్‌లు, సమాచారవ్యవస్థల యొక్క పవర్ వ్యవస్థలలో, కంప్యూటర్‌లలో ఇవి ముఖ్యభాగంగా ఉన్నాయి.

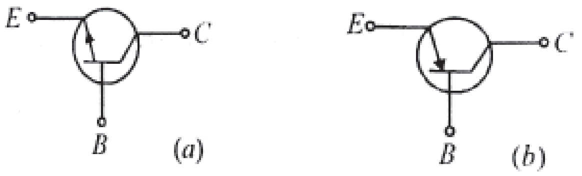
పటం 28.11 లో చూపినట్లు ఒకదాని తరవాత ఒకటిగా మూడు *p* మరియు *n*–ప్రాంతాలు కలిగిన జర్మేనియం లేదా సిలికాన్ స్ఫటికం ట్రాన్సిస్టర్. ఈ మూడు ప్రాంతాలను ఉద్గారకం (E), ఆధారం (B) సేకరణి (C) అని అంటారు. మధ్యలో ఉండే ప్రాంతం ఆధారం, బయటి రెండు ప్రాంతాలు ఉద్గారకం, సేకరణి. ఉద్గారకం సేకరణిలు ఒకే రకానికి (*p* లేదా *n*) చెందినవై ఉంటాయి. మూడు ప్రాంతాలలో సేకరణి ప్రాంతం పెద్దదిగా ఉంటుంది.

ఉద్గారకం సేకరణిల మధ్య ప్రవహించే విద్యుత్‌ను ఆధార టర్మినల్ నియంత్రిస్తుంది. ఈ నియంత్రణ చర్య డయోడ్‌లో అవకాశంలేని విద్యుత్ ప్రవాహం నియంత్రణను ట్రాన్సిస్టర్‌కు కలుగజేస్తుంది. మాదీకరణ రకాన్ని బట్టి ట్రాన్సిస్టర్లను *n-p-n* లేదా *p-n-p* లుగా విభజించారు.



పటం 28.11 (a) *n-p-n* మరియు (b) *p-n-p* ట్రాన్సిస్టర్

ట్రాన్సిస్టర్ టెర్మినల్‌ల పేర్లు అవిచేసే పనులను స్పష్టంగా తెలియజేస్తాయి. *n-p-n* ట్రాన్సిస్టర్‌లో ఉద్గారకం నుండి అధిక సంఖ్యాక వాహకాలు (ఎలక్ట్రానులు) ఆధారంలోకి చిమ్మబడతాయి. ఆధారం తక్కువగా మాదీకరణం చేయబడుతుంది కనుక ఉద్గారకం నుండి వచ్చిన ఎలక్ట్రానులను సేకరణి లోనికి పంపిస్తుంది. మూడు ప్రాంతాలలో పెద్దదైన సేకరణి మిగతా రెండు ప్రాంతాలకన్నా ఎక్కువ ఉష్ణాన్ని దుర్వ్యయం చేస్తుంది.



పటం 28.12 (a) *n-p-n* మరియు (b) *p-n-p* ట్రాన్సిస్టర్ల సంకేతాలు

పటం 28.12 లో *n-p-n* , *p-n-p* ట్రాన్సిస్టర్ల సంకేతాలను చూపించారు. బాణపుగుర్తు సాంప్రదాయ విద్యుత్ ప్రవాహదిశను సూచిస్తుంది.

n-p-n ట్రాన్సిస్టర్‌లో బాణపుగుర్తు ఎందుకు బయటి వైపుకు ఉందని, *p-n-p* ట్రాన్సిస్టర్‌లో ఎందుకు లోపలివైపుకు ఉందని మీరు అడగవచ్చు?

n-p-n ట్రాన్సిస్టర్‌లో, ఎలక్ట్రానులు ఉద్గారకం నుండి ఆధారంకు ప్రవహిస్తున్నందున ఉద్గారక ప్రవాహం ఉంటుంది. మరియు సాంప్రదాయ విద్యుత్, ఆధారం నుండి ఉద్గారకానికి ప్రవహిస్తుంది. కనుక బాణపు గుర్తు ఆధారంనుండి బయటి వైపుకు ఉంటుంది. *p-n-p* ట్రాన్సిస్టర్‌లో, రంధ్రాలు, ఉద్గారకం నుండి ఆధారంకు ప్రవహిస్తున్నందువల్ల ఉద్గారక ప్రవాహం ఏర్పడుతుంది. అంటే సాంప్రదాయ విద్యుత్, ఉద్గారకం నుండి ఆధారంకు ప్రవహిస్తుంది.

ట్రాన్సిస్టర్లు ద్విధ్రువ పరికరాలు కనుక అవి అధిక సంఖ్యాక మరియు అల్ప సంఖ్యాక వాహకాల మీద ఆధారపడి పనిచేస్తాయి.

విలియం బ్రాడ్ ఫోర్డ్ షాక్‌లే (William Bradford Shockley)

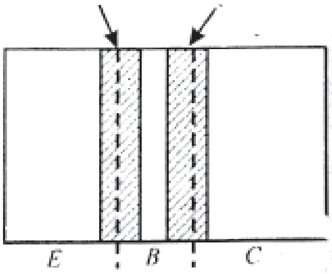
(1910–1989)

ట్రాన్సిస్టర్‌ను కనుగొన్నందుకు 1956వ సంవత్సరంలో నోబుల్ ప్రైజ్ తీసుకున్న ముగ్గురు శాస్త్రవేత్తలలో ఇంగ్లాండ్‌లో జన్మించిన అమెరికన్ శాస్త్రవేత్త W.B. షాక్‌లే ఒకరు. ఘనస్థితి శాస్త్రంలో శాస్త్రజ్ఞుడైన షాక్‌లే అర్ధవాహకాలలోని పట్టీలను గురించిన సైద్ధాంతిక అవగాహన, లోహమిశ్రమంలో క్రమం, క్రమరాహిత్యం, శూన్యనాళికల సిద్ధాంతం, డిస్‌లొకేషన్ సిద్ధాంతం, ఫెర్రో అయస్కాంత డొమైన్ సిద్ధాంతం ల అభివృద్ధికి విశేషమైన కృషి చేశాడు. ఎలక్ట్రానిక్ విప్లవం నేతలలో ఇతను ఒకరు.

28.6.1 ట్రాన్సిస్టర్ పనిచేయు సూత్రం

p-n సంధి పనిచేసే విధానం గురించి మీకు బాగా తెలుసు. ఇపుడు మనం ట్రాన్సిస్టర్ పనిచేసే విధానం గురించి తెలుసుకుందాం. దీనికొరకు మనం ఎక్కువగా ఉపయోగించే *n-p-n* ట్రాన్సిస్టర్‌ను తీసుకుందాం.

పటం 28.13లో చూపినట్లు ట్రాన్సిస్టర్‌కు ఏ విధమైన వోల్టేజిని అనువర్తింపచేయనపుడు సంధుల వద్ద స్వేచ్ఛా ఎలక్ట్రానుల విసరణ వల్ల రెండు లేమి పొరలు ఏర్పడతాయి. ప్రతీ లేమి పొరకు అవరోధ పొటెన్షియల్ 25^0c వద్ద సిలికాన్ ట్రాన్సిస్టర్‌కు 0.7V జెర్మేనియం ట్రాన్సిస్టర్‌కు 0.3V. హెచ్చు వోల్టేజ్ రేటింగు, హెచ్చు ప్రవాహ రేటింగు, ఉష్ణోగ్రత మార్పులకు తట్టుకొనే గుణం వల్ల సిలికాన్ ట్రాన్సిస్టర్లను జర్మేనియం ట్రాన్సిస్టర్ల కన్నా విరివిగా ఉపయోగిస్తారని మీకు తెలుసు. ప్రత్యేకంగా సూచించనంత వరకు మన చర్చలో సిలికాన్ ట్రాన్సిస్టర్లనే తీసుకుందాం.



పటం 28.13 : వోల్టేజిని అనువర్తించనపుడు ట్రాన్సిస్టర్‌లోని లేమి పొరలు

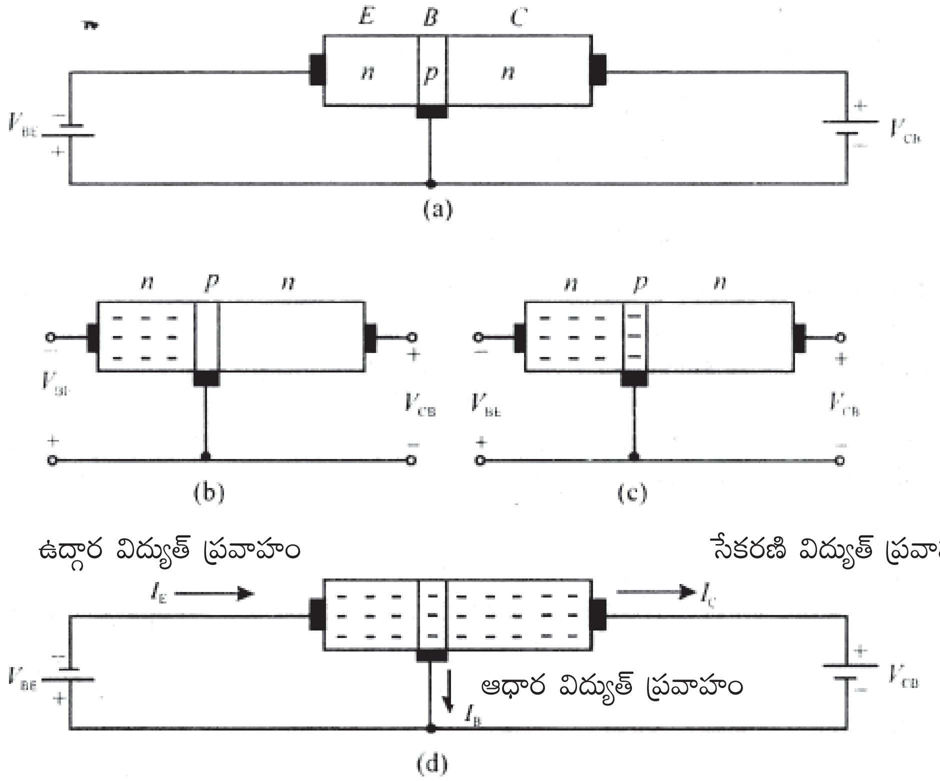
ట్రాన్సిస్టర్ లోని మూడు ప్రాంతాలు వేర్వేరు స్థాయిలలో మాదీకరణం చేయబడినందున లేమిపొరలు వేరువేరు వెడల్పులతో ఉంటాయి. ఒక ప్రాంతం ఎక్కువగా మాదీకరణం చెందినపుడు, సంధి వద్ద అయానుల సాంద్రత కూడా ఎక్కువగా ఉండి, ఫలితంగా పల్చటి లేమిపొర ఏర్పడుతుంది. అలాగే విపర్యయంకూడా. ఆధారంను ఉద్గారకం మరియు సేకరణితో పోల్చినపుడు తక్కువగా మాదీకరణం చెందినందున లేమి పొరలు ఆధారంలోకి ఎక్కువగా పొడిగింపబడి, ఉద్గారకం సేకరిణిలో తక్కువగా పొడిగింపబడి ఉంటాయి. (పటం 28.13). ఇంకా ఉద్గారకం లేమి పొర, సేకరణి లేమిపొరతో పోల్చినపుడు సన్నగా ఉంటుంది.

ట్రాన్సిస్టర్ సక్రమంగా పనిచేయాలంటే దాని చివరలకు సరైన వోల్టేజ్ లను అనువర్తింపజేయాలి. దీనిని బయాసింగ్ (biasing)అంటారు.

n-p-n ట్రాన్సిస్టర్

పటం 28.14(a) లో ఒక విలక్షణ *n-p-n* ట్రాన్సిస్టర్ యొక్క విలక్షణ బయాసింగ్ ప్రణాళికను చూపించారు. ఉద్గారక – ఆధార సంధిని పురోశక్మంలో, సేకరణి–ఆధార సంధిని తిరోశక్మంలో ఉంచారని గమనించండి. అపుడు మనం హెచ్చు ఉద్గారకం ప్రవాహాన్ని అల్ప సేకరణి ప్రవాహాన్ని అంచనావేయ వచ్చు. నిజానికి ఉద్గారక ప్రవాహంతో సమానమైన సేకరణి ప్రవాహాన్ని మనం చూస్తాం. దీనికి కారణాన్ని చూద్దాం. ఉద్గారకానికి పురోశక్మాన్ని అనువర్తింపచేసినపుడు, ఉద్గారకంలోని స్వేచ్ఛా ఎలక్ట్రానులు, ఆధార ప్రాంతంలోకి ప్రవేశించడానికి అవరోధ పొటెన్షియల్‌ను అధిగమించాల్సి ఉంది. (పటం 28.14(b)). V_{BE} అవరోధ పొటెన్షియల్‌ను అతిక్రమించినపుడు (సిలికాన్ ట్రాన్సిస్టర్ కు 0.6 V నుండి 0.7V వరకు) ఈ ఎలక్ట్రానులు పటం 28.4(c) లో చూపినట్లు ఆధారప్రాంతంలోకి ప్రవేశిస్తాయి. ఒకసారి ఆధారంలోకి వచ్చిన తరువాత , ఈ ఎలక్ట్రానులు పల్చని ఆధారం నుండి బాహ్య ఆధార చలకతంత్రి (lead) కు లేదా సేకరణి సంధి నుండి సేకరణి ప్రాంతంలోకి ప్రవహిస్తాయి. ఆధార ప్రవాహం క్రిందివైపు అంశంను

పునస్సంయోగ ప్రవాహం అంటారు. ఆధారం చాలా తక్కువగా మాదీకరణం చెందినందువల్ల తక్కువ రంధ్రాలు లభ్యమవడం వల్ల పునస్సంయోగ ప్రవాహం చాలా తక్కువ. ఆధార ప్రాంతం చాలా పల్చగా ఉండటం వల్ల అది ఎక్కువ సంఖ్యలో ఎలక్ట్రానులు పొందుతుంది, $V_{BE} > 0.7V$ కు చాలావరకు ఎలక్ట్రానులు సేకరణి లేమిపొరలోకి విసరణ చెందుతాయి. ఈ పొరలోని స్వేచ్ఛా ఎలక్ట్రానులు, సేకరణి ప్రాంతంలోకి తోయ (లేమి పొర క్షేత్రంతో) బడతాయి. (పటం 28.14(d)) మరియు బాహ్యసేకరణి చాలకతంత్రిలోకి ప్రవహిస్తాయి. అంటే స్థిరధార ఎలక్ట్రానులు రుణజనకం టెర్మినల్‌ను వదిలి



పటం 28.14: *n-p-n* ట్రాన్సిస్టర్ (a) ఉద్గారి పురోశక్మంలో, సేకరణి తిరోశక్మంలో ఉన్నప్పుడు (b) ఉద్గారిలో స్వేచ్ఛా ఎలక్ట్రానులు (c) స్వేచ్ఛా ఎలక్ట్రానులు ఆధారంలోకి చిమ్మబడినపుడు (d) స్వేచ్ఛా ఎలక్ట్రానులు ఆధారం ద్వారా సేకరణిలోకి ప్రయాణించినపుడు

ఉద్గారక ప్రాంతంలోకి ప్రవేశిస్తాయి. పురోశక్మం ఈ ఎలాక్ట్రానులను ఆధార ప్రాంతంలోకి ప్రవేశించేలా చేస్తుంది. దరిదాపుగా అన్ని ఎలక్ట్రానులు ఆధారం గుండా సేకరణి లేమి పొరలోకి విసరణ చెందుతాయి. లేమిపొరక్షేత్రం, స్థిరధార ఎలక్ట్రానులను సేకరణి ప్రాంతంలోకి తోస్తుంది. చాలా వరకు ట్రాన్సిస్టర్లలో 95 శాతంకన్నా ఎక్కువ ఉద్గారకం చిమ్మిన ఎలక్ట్రానులు సేకరణిలోకి ప్రవహిస్తాయి. 5 శాతం కన్నా తక్కువ ఎలక్ట్రానులు బాహ్య ఆధార చాలకతంత్రిలోనికి ప్రవహిస్తాయి.

దీని నుండి, రెండు డయోడ్‌లను ఒకదాని వెనుక ఒకటి అనుసంధానం చేసి ట్రాన్సిస్టర్‌ను పొందవచ్చునని నిర్ధారణకు రాకండి. అటువంటి వలయంలో ప్రతీ డయోడ్‌లో రెండు లేమి పొరలను కలిగి ఉండటం వల్ల మొత్తం వలయంలో

నాలుగు మాదీకరణ ప్రాంతాలుంటాయి. ఆధారప్రాంతం కూడా ట్రాన్సిస్టర్‌లోని ఆధార ప్రాంతంలాగ ఉండదు. ట్రాన్సిస్టర్ చర్యకు కారణం, ఎక్కువగా మాదీకరణం చెందిన ఉద్గారకం మరియు మధ్యస్థంగా మాదీకరణం చెందిన సేకరణిల మధ్యనున్న తక్కువగా మాదీకరణం చెందిన ఆధారం. ఆధారం గుండా ప్రయాణించే స్వేచ్ఛా ఎలక్ట్రానులు ఆధారంలో కొద్ది సేపు ఉండి సేకరణి చేరతాయి. సేకరణి ప్రవాహం (I_C), ఉద్గారి ప్రవాహం (I_E) ల మధ్య సంబంధాన్ని ట్రాన్సిస్టర్ యొక్క సంకేత ప్రవాహ వర్ధకం α పరంగా చెప్పవచ్చు. దీనిని కింది విధంగా నిర్వచిస్తారు.

$$\alpha = \frac{I_C}{I_E} \qquad ..... \; (28.1)$$

α విలువ కొంచెం తక్కువగా లేదా ఎల్లప్పుడూ ఒకటి కంటే తక్కువగా ఉంటుందని గమనించండి.

అలాగే ట్రాన్సిస్టర్‌లో సేకరణి ప్రవాహంకు, ఆధార ప్రవాహానికి మధ్య సంబంధంను ఏర్పరచవచ్చు. దీనిని గ్రీక్ అక్షరం β (బీటా)తో సూచించవచ్చు.

$$\beta = \frac{I_C}{I_B} \qquad ..... \; (28.2)$$

ఉమ్మడి ఉద్గారక విన్యాసంలో విద్యుత్ ప్రవాహ వర్ధకం β ను సూచిస్తుంది. β విలువ విశేషంగా ఒకటి కంటే ఎక్కువగా ఉంటుంది.

ఉద్గారక ప్రవాహం, సేకరణి ప్రవాహం మరియు ఆధార ప్రవాహంల మొత్తం కనుక

$$I_E = I_C + I_E$$

అంతటా I_C తో భాగించగా

$$\frac{I_E}{I_C} = I + \frac{I_B}{I_C} \qquad ..... \; (28.3)$$

α మరియు β ల పరంగా, దీనిని తిరిగి రాయగా

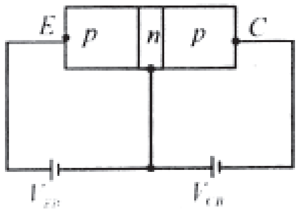
$$\frac{1}{\alpha} = I + \frac{1}{\beta}$$

లేదా $$\beta = \frac{\alpha}{1-\alpha} \qquad ..... \; (28.4)$$

p-n-p ట్రాన్సిస్టర్, *n-p-n* ట్రాన్సిస్టర్ నుండి వేరుగా ఎలా ఉంటుందో చూద్దాం.

***p-n-p* ట్రాన్సిస్టర్.**

క్రియాశీల ప్రాంతంలో పనిచేసేలా పురో బయాస్‌లో ఉంచిన *p-n-p* ట్రాన్సిస్టర్‌ను పటం 28.15లో చూపించారు. *n-p-n* ట్రాన్సిస్టర్ బదులుగా *p-n-p* ట్రాన్సిస్టర్ నుంచినపుడు బ్యాటరీ చివరలను ఉత్క్రమంచేసామని గమనించండి.



పటం 28.15 : క్రియాశీలకంగా ఉండటానికి బయాస్‌లో ఉంచిన *p-n-p* ట్రాన్సిస్టర్

ఇంతకు ముందు లాగానే, ఉద్గారక ఆధార సంధిని బ్యాటరీ వోల్టేజ్ V_{EB} తో పురోబయాస్‌లోను, సేకరణి. ఆధార సంధిని V_{CB} బ్యాటరీ వోల్టేజ్‌తో తిరోబయాస్‌లో ఉంచారు. సేకరణి – ఆధార సంధి (దీనిని తిరోబయాస్‌లో ఉంచారు) తో పోల్చినపుడు ఉద్గార ఆధార సంధి పురోబయాస్ లో ఉంది కనుక దీని నిరోధం చాలా తక్కువ. ఇందువలన స్వల్ప పురోబయాస్ వోల్టేజ్ 0.6V లను ఉద్గారక – ఆధార సంధికి అనువర్తింప చేసి, సేకరణి – ఆధార సంధికి హెచ్చు తిరోబయాస్ వోల్టేజ్ 9V ను అనువర్తింపచేశాం.

ఉద్గారకం (*p* – ప్రాంతం)లో ఉద్గారక–ఆధార సంధి యొక్క పురోబయాస్ అధిక సంఖ్యాక వాహకాలైన రంధ్రాలను ఏర్పరుస్తుంది, ఇవి బ్యాటరీ ధనధృవం చేత వికర్షింపబడి ఆధారం (*n* - ప్రాంతం) లోకి విసరణ చెందుతాయి. ఆధారం యొక్క వెడల్పు చాలా పలుచగా ఉన్నందున మరియు అది తక్కువగా మాదీకరణం చెందినందున చాలా తక్కువ (మొత్తం రంధ్రాలలో రెండు నుండి ఐదు శాతం) రంధ్రాలు, ఆధారంలోకి ప్రవేశించి ఎలక్ట్రానులతో పునస్సంయోగం చెందుతాయి. 95% నుండి 98% ఎలక్ట్రానులు సేకరణి ప్రాంతం చేరతాయి. సేకరణి – ఆధార ప్రాంతం తిరోబయాస్‌లో ఉన్నందున, సేకరణికి అనువర్తించిన రుణపొటెన్షియల్‌కు ఈ ప్రాంతాన్ని చేరే రంధ్రాలు ఆకర్షింపబడతాయి. తద్వారా సేకరణి ప్రవాహం (I_C) పెరుగుతుంది. కనుక ఉద్గారక ప్రవాహం (I_E) లో పెరుగుదల, సేకరణి ప్రవాహాన్ని పెంచుతుంది.

పాఠంలోని ప్రశ్నలు 28.6

1. సరైన సమాధానాన్ని ఎంచుకోండి.

(a) ట్రాన్సిస్టర్ సంకేతంలో బాణపు గుర్తు ఈ దిశను సూచిస్తుంది.

(i) ఉద్గారక ప్రాంతంలో రంధ్రాల ప్రవాహాన్ని

(ii) ఉద్గారక ప్రాంతంలో ఎలాక్ట్రానుల ప్రవాహాన్ని

(iii) పై ప్రాంతంలో అధిక సంఖ్యాక వాహకాల ప్రవాహాన్ని

(iv) పైవేవి కాదు.

(b) ట్రాన్సిస్టర్ సాధారణ బయాస్‌లో ఉద్గారక ప్రవాహం

(i) సేకరణి ప్రవాహం కన్నా తక్కువ

(ii) ఆధార ప్రవాహం మరియు సేకరణి ప్రవాహం ల మొత్తంకు సమానం

(iii) ఆధార ప్రవాహానికి సమానం

(iv) పైవేవి కాదు.

ఖాళీలను పూరించండి

(a) ట్రాన్సిస్టర్ .... ప్రాంతాలను మరియు .... సంధులను కలిగి ఉంటుంది.

(b) ట్రాన్సిస్టర్ లో............. తక్కువ మందాన్ని కలిగి ఉంటుంది.

(c) ఉద్గారక ప్రాంతం .... మాదీకరణం చేయబడి, ... ప్రాంతం తక్కువగా మాదీకరణ చేయబడుతుంది.

(d) ట్రాన్సిస్టర్ సేకరణి .... పరిమాణం .... మాదీకరణం కలిగి ఉంటుంది.

(e) .... సంధి పురోబయాస్‌లో మరియు సంధి తిరోబయాస్‌లో ఉన్నప్పుడు ట్రాన్సిస్టర్ క్రియాశీల ప్రాంతంలో ఉంది అంటారు.

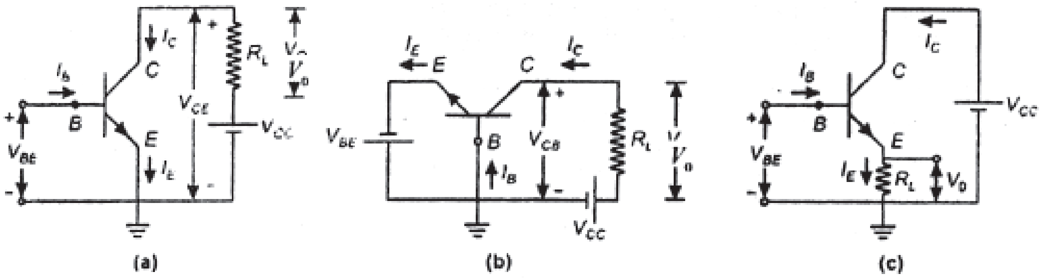
(f) .... మరియు .... ట్రాన్సిస్టర్‌లో రెండు రకాలు.

28.6.2 ట్రాన్సిస్టర్ విన్యాసాలు

ట్రాన్సిస్టర్ రెండు పోర్టులు గల పరికరం, ఇది నివేశాన్ని తీసుకొని, నిర్గమంను విడుదల చేస్తుంది. నివేశానికి, నిర్గమానికి రెండు చివరలు అవసరముంటాయి. దీనిని పొందటానికి ట్రాన్సిస్టర్‌లోని మూడు చివరలలో ఒకదానిని ఉమ్మడిగా ఉంచుతారు. ఒక టెర్మినల్‌ను నివేశానికి నిర్గమానికి ఉమ్మడిగా ఉంచిన ట్రాన్సిస్టర్ విన్యాసాలను పటం 28.16లో చూపించారు.

- నివేశ, నిర్గమవలయాలకు ఉద్గారకం ఉమ్మడిగా ఉంటే ఉమ్మడి ఉద్గారక విన్యాసంను పొందుతాము (పటం (28.16(a)).
- నివేశ, నిర్గమ వలయాలకు ఆధారం ఉమ్మడిగా ఉంటే ఉమ్మడి ఆధార విన్యాసంను పొందుతాము (పటం 28.16(b)).
- నివేశ, నిర్గమ వలయాలకు సేకరణి ఉమ్మడిగా ఉంటే ఉమ్మడి సేకరిణి విన్యాసం పొందుతాము (పటం 28.16(c)).

ప్రతీ విన్యాసంలో ట్రాన్సిస్టర్ అభిలక్షణాలు వేటికవే ప్రత్యేకంగా ఉంటాయి. CE విన్యాసం వోల్టేజ్, విద్యుత్ ప్రవాహ మరియు సామర్థ్య వృద్ధిని ఏర్పరుస్తుంది. కనుక దీనిని ఎక్కువగా ఉపయోగిస్తారు. CB విన్యాసంలో ట్రాన్సిస్టర్‌ను స్థిర విద్యుత్ ప్రవాహజనకంగా ఉపయోగిస్తారు. అదే CC విన్యాసాన్ని సాధరణంగా ఇంపిడెన్స్ మ్యాచింగ్‌లో ఉపయోగిస్తారు.



పటం 28.16 : ట్రాన్సిస్టర్ విన్యాసాలు: (a) CE (b) CB, (c) C.C.

ప్రతీ విన్యాసానికి మూడు అభిలక్షణ వక్రాలను అందులో ఉండే రాశుల స్వభావం మీద ఆధారపడి (a) నివేశన అభిలక్షణాలు (b) నిర్గమన అభిలక్షణాలు (c) బదిలీ అభి లక్షణాలుగా గీయవచ్చు.

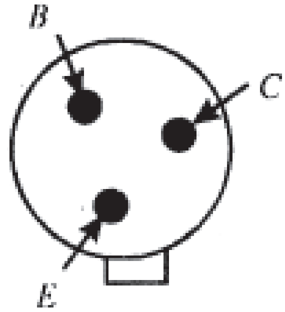
మూడు విన్యాసాలలో ప్రతీదానికి సంబంధించిన వివిధ రాశుల ముఖ్యమైన ట్రాన్సిస్టర్ స్థిరాంకాలను పట్టిక 28.2 తెలియజేస్తుంది

పట్టిక 28.2 : ట్రాన్సిస్టర్ వివిధ అభిలక్షణాలలో ప్రాముఖ్యత ఉన్న భౌతిక రాశులు

విన్యాసం	నివేశన అభిలక్షణాలు	నిర్గమ అభిలక్షణాలు	బదిలీ అభిలక్షణాలు	ముఖ్యమైన ట్రాన్సిస్టర్ స్థిరాంకాలు
CE	V_{CE} పరామితిగా V_{BE} మరియు I_B	I_B పరామితిగా V_{CE} మరియు I_C	I_B మరియు I_C	ప్రవాహ వర్ధన గుణకం β
CB	V_{CB} పరామితిగా V_{BE} మరియు I_E	I_E పరామితి గా V_{CB} మరియు I_C	I_E మరియు I_C	అధిక సిగ్నల్ విద్యుత్ వర్ధన గుణకం α
CC	V_{CE} పరామితిగా V_{CB} మరియు I_B	I_B పరామితిగా V_{CE} మరియు I_E	I_B మరియు I_E	

ట్రాన్సిస్టర్‌తో పనిచేయాలంటే దాని ఆధారం, ఉద్గారకం, సేకరణిల చాలకతంత్రులను (leads) గుర్తించగలగాలి. దాని కొరకు ఈ క్రింది సూచనలను అనుసరించండి.

లోహపు మూత మీద ఏర్పరచిన నొక్కును చూడండి. ఈ నొక్కుకు దగ్గరగా ఉండే టెర్మినల్ ఉద్గారకం, మిగతా రెండు టెర్మినల్‌లను గుర్తించడానికి ట్రాన్సిస్టర్‌ను తలక్రిందులుగా చేయండి. పటం 28.17లో చూపించినట్లు మీరు సులభంగా ఆధారం మరియు సేకరణిలను గుర్తించ గలుగుతారు.



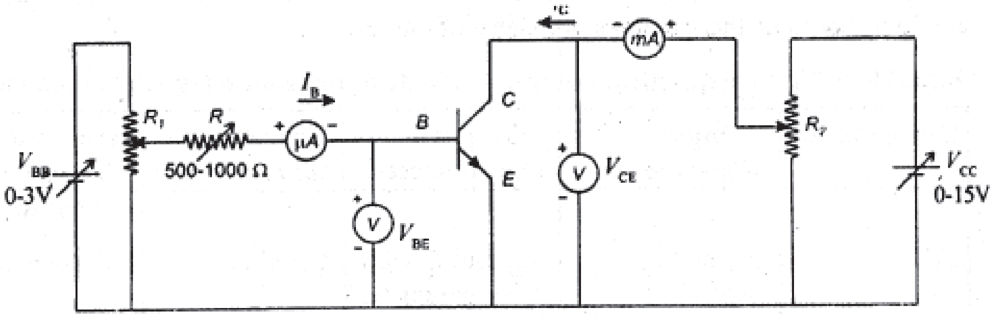
p-n సంధి డయడ్ లాగానే ట్రాన్సిస్టర్‌ను కూడా రెండు అక్షరాల తరువాత వరుస సంఖ్యతో సూచిస్తారు. మొదటి అక్షరం పదార్థాన్ని సూచిస్తుంది. జెర్మేనియమ్‌ను A తో, సిలికాన్‌ను B తో సూచిస్తారు. రెండవ అక్షరం ముఖ్యమైన అనువర్తనాన్ని సూచిస్తుంది. ఆడియో ఫ్రీక్వెన్సీ ట్రాన్సిస్టర్‌ను C తో, పవర్ ట్రాన్సిస్టర్‌ను D తో, రేడియో ఫ్రీక్వెన్సీ ట్రాన్సిస్టర్‌ను F తో సూచిస్తారు. వరుస సంఖ్యలోని అంకెలను తయారీదారుడు గుర్తుకోసం కేటాయిస్తాడు. ఉదాహరణకు AC 125, AF అనువర్తనాలకు జెర్మేనియమ్ ట్రాన్సిస్టర్‌ను సూచిస్తుంది.

28.7 ట్రాన్సిస్టర్ అభిలక్షణాలు

ఇంతకు ముందు చెప్పుకున్నట్లుగా ట్రాన్సిస్టర్ పనిచేసే విధానం నివేశన, నిర్గమన 1-V అభిలక్షణాల మీద ఆధారపడుతుంది. ఈ అభిలక్షణాల స్వభావం దేనికదే ప్రత్యేకంగా ఉంటుంది మరియు విన్యాసం మీద ఆధారపడి ఉంటుంది. ముందు మనం CE విన్యాసాన్ని అధ్యయనం చేద్దాం.

28.7.1 *npn* ట్రాన్సిస్టర్ ఉమ్మడి ఉద్గారక (CE) విన్యాసం

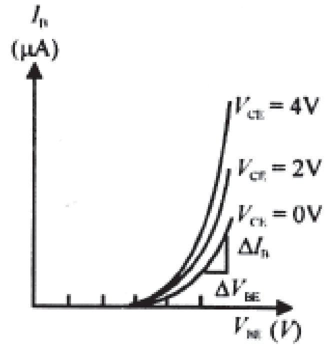
నివేశన మరియు నిర్గమన వలయాలకు ఉద్గారకం ఉమ్మడిగా ఉన్నప్పుడు ట్రాన్సిస్టర్ ఉమ్మడి ఉద్గారక అభిలక్షణాలు వోల్టేజ్ మరియు విద్యుత్ ప్రవాహాల మధ్య సంబంధాన్ని తెలుపుతుంది. పటం28.18, *npn* ట్రాన్సిస్టర్ CE అభిలక్షణాల వలయ రేఖాచిత్రాన్ని చూపిస్తుంది. 0-3V ల V_{BB} చర dc సప్లై , 0-15V ల V_{CC} చర dc సప్లై, R_1 మరియు R_2 పొటెన్షియో మీటర్లు. R చరనిరోదకం, దీనిని ఆధారం నుండి ఉద్గారకానికి వోల్టేజ్ V_{BE} ను నియంత్రించడానికి ఉపయోగిస్తారు.



పటం 28.18 ట్రాన్సిస్టర్ CE విన్యాసంలో నివేశన మరియు నిర్గమన అభిలక్షణాల వలయ రేఖాచిత్రం.

నివేశన అభిలక్షణాలు

CE విన్యాసంలో, V_{CE} ను స్థిరంగా ఉంచినపుడు నివేశన అభిలక్షణాలు V_{BE} తో I_B మార్పును చూపిస్తుంది. ఈ అభిలక్షణాలను గీయడానికి V_{CB} ను R_1 మరియు R ల సహాయంతో తగిన విలువ వద్ద ఉంచాలి. అపుడు V_{BE} ను దశల వారిగా మారుస్తూ, ఆధారానికి కలపబడిన మైక్రోమీటర్ సహాయంతో అనురూపంగా ఉండే I_B విలువను కొలవాలి. CE విన్యాసంలో విలక్షణ *npn* ట్రాన్సిస్టర్ యొక్క విలక్షణ నివేశన అభిలక్షణాలను పటం 28.19 చూపిస్తుంది.



పటం 28.19 CE విన్యాసంలో విలక్షణ *npn* ట్రాన్సిస్టర్ యొక్క విలక్షణ నివేశన అభిలక్షణాలు.

ఇచ్చిన V_{CE} విలువకు, పొందిన వక్రం, పురోబయాస్‌లో ఉన్న *p-n* సంధి డయోడ్ వక్రం లాగ ఉంటుందని గమనించండి. $V_{BE} < 0.5V$ కు కొలవ గలిగినంత ఆధార ప్రవాహం ($I_B = 0$) ఉండదు. అయినప్పటికి $V_{BE} > 0.6V$ కు I_B నిటారు గా పెరుగుతుంది.

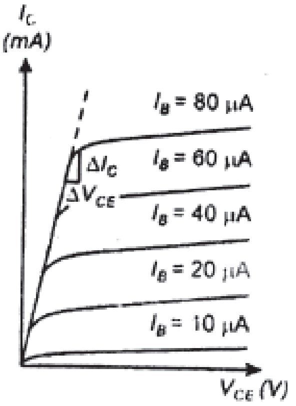
నివేశన అభిలక్షణ వక్రం యొక్క వాలు విపర్యయం నుండి ట్రాన్సిస్టర్ నివేశన నిరోధాన్ని పొందవచ్చు. దీనిని ఆధార–ఉద్గారక వోల్టేజ్‌లోని స్వల్ప మార్పుకు, సేకరణి – ఉద్గారక స్థిర వోల్టేజి వద్ద కలిగే ఆధార ప్రవాహం లోని స్వల్పమార్పుకు మధ్యగల నిష్పత్తి గా నిర్వచిస్తారు.

$$R_{ie} = \left.\frac{\Delta V_{BE}}{\Delta I_B}\right|_{V_{BE}} \quad \ldots (28.5)$$

సాధారణంగా R_{ie} విలువ $20\Omega - 10\Omega$ వ్యాప్తిలో ఉంటుంది. వక్రం రేఖీయంగా లేనందువల్ల నివేశ నిరోధం విలువ, కొలత తీసుకొనే బిందువును బట్టి మారుతుంది. V_{CE} పెరిగిన కొద్దీ వక్రం మరింత నిలువుగా మారుతుంది. R_{ie} విలువ తగ్గుతుంది.

నిర్గమన అభిలక్షణాలు

ఆధార ప్రవాహం I_B ను స్థిరంగా ఉంచి నపుడు V_{CE}తో సేకరణి ప్రవాహం I_C లోని మార్పును నిర్గమన అభిలక్షణ వక్రం తెలియజేస్తుంది. నిర్గమన అభిలక్షణ వక్రాన్ని గీయడానికి R_1 మరియు R లను సర్ధుబాటు చేస్తూ I_B ను (10 μA అనుకొందాం). స్థిరంగా ఉంచాలి. R_2 ను మార్చడం ద్వారా V_{CE} ను 0 నుండి 10 VA వరకు 0.5 V చొప్పున పెంచి, దానికి అనురూప I_C విలువలను గమనించాలి. ఇదే విధంగా నిర్గమన అభిలక్షణాలను $I_B = 40\,\mu A$, $60\mu A$, $80\mu A$, వద్ద కూడా పొందవచ్చు. ఎట్టి పరిస్థితులలోను ట్రాన్సిస్టర్ యొక్క గరిష్ట ఆధార విద్యుత్ రేటింగును అధిగమించరాదు. ఈ విన్యాసం యొక్క నిర్గమన అభిలక్షణాలను పటం 28.20 లో చూపించారు.



పటం 28.20 CE విన్యాసంలో విలక్షణ *npn* ట్రాన్సిస్టర్ యొక్క నిర్గమన అభిలక్షణాలు.

నిర్గమన అభిలక్షణాల నుండి, ఇచ్చిన I_B విలువకు V_{CE} లోని పెరుగుదల I_C విలువలో మార్పును మరియు ఇచ్చిన V_{CE} విలువకు I_B తో I_C పెరుగుదలను మీరు గమనిస్తారు. ఈ అభిలక్షణాల నుండి

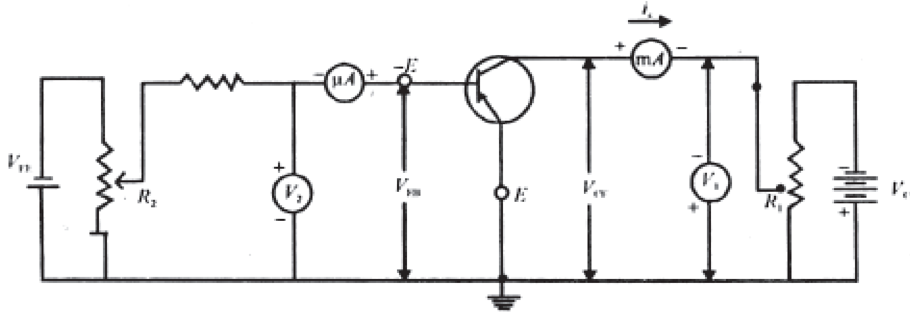
(h_{0c}) ను గణించవచ్చు

$$h_{0e} = \frac{\Delta I_C}{\Delta V_{CE}} \quad \ldots (28.6)$$

ఇక్కడ Δ స్వల్ప మార్పును సూచిస్తుంది.

28.7.2 *pnp* ట్రాన్సిస్టర్ యొక్క ఉమ్మడి ఉద్గారక (CE) విన్యాసం

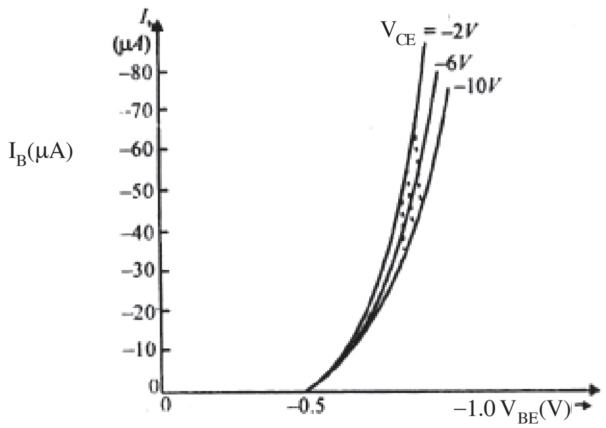
ఇంతకు ముందు భాగంలో ఉమ్మడి ఉద్గారక విన్యాసంలో *npn* ట్రాన్సిస్టర్ నివేశన మరియు నిర్గమన అభిలక్షణాలను గీయడం నేర్చుకున్నారు. ఇప్పుడు మనం *pnp* ట్రాన్సిస్టర్‌ను తీసుకుందాం. పటం 28.21 *pnp* ట్రాన్సిస్టర్‌కు CE అభిలక్షణాలకు వలయ రేఖా పటాన్ని చూపిస్తుంది. ట్రాన్సిస్టర్ క్రియాశీల ప్రాంతంలో పనిచేసేలా బయాస్ ఇవ్వబడింది. ఆధార ప్రవాహం (I_B) మరియు ఆధారం మరియు ఉద్గారకం మధ్య వోల్టేజిని కొలవడానికి ఆధార – ఉద్గారక వలయంలో మైక్రోమీటర్ మరియు వోల్ట్ మీటర్లను ఉపయోగిస్తారు. అలాగే సేకరణి ప్రవాహాన్ని (I_C) మరియు సేకరణి, ఉద్గారకంల మధ్య వోల్టేజ్ (V_{CE}) లను కొలవడానికి సేకరణి – ఉద్గారకంల వలయంలో మిల్లీఅమ్మీటర్ మరియు వోల్టుమీటర్ లను కలుపుతారు.



పటం 28.21 : CE విన్యాసంలో *pnp* ట్రాన్సిస్టర్ నివేశన నిర్గమన అభిలక్షణాలను పొందటానికి వలయంయొక్క రేఖాపటం

నివేశన అభిలక్షణాలు

V_{CE} యొక్క వేరు వేరు స్థిర విలువల వద్ద V_{BE} మరియు I_B ల మధ్య గీసిన గ్రాఫులు నివేశన అభిలక్షణాలు. వీటిని గీయడానికి ఉద్గారక సేకరణి వలయంలోని పొటెన్షియోమీటర్ R_1 ను వోల్టుమీటర్ స్థిరవిలువను చూపించేంతవరకు సర్దుబాటు చేస్తారు. ఆధార ఉద్గారక వోల్టేజ్ సున్నా అయ్యే విధంగా ఉద్గారక – ఆధార వలయంలోని పొటెన్షియోమీటర్‌ను సర్దుబాటు చేస్తారు. ఈ విలువకు ఆధార ప్రవాహం కూడా సున్నా అవుతుంది. V_{CE} ను స్థిరంగా ఉంచి, క్రమంగా V_{BE} ను పెంచి, మైక్రోఅమ్మీటర్ సహాయంతో ఆధార ప్రవాహంలోని మార్పును నమోదు చేస్తారు. $V_{CE} = -2V$ (అనుకొందాం) వద్ద నివేశన అభిలక్షణాలను గీయడానికి, ఉద్గారక – సేకరణి వలయంలో పొటెన్షియోమీటర్‌ను, అదే వలయంలో వోల్టుమీటర్ 2V చూపించేంత వరకు సర్దుబాటు చేయాలి. తరువాత V_{BE} ను సున్నా చేయడానికి ఉద్గారక ఆధార వలయంలో పొటెన్షియోమీటర్‌ను సర్దుబాటు చేయాలి. అప్పుడు V_{CE} ను స్థిరంగా ఉంచి V_{BE} ను నెమ్మదిగా పెంచాలి. CE విన్యాసంలో V_{CE} యొక్క వేరు వేరు విలువలకు (ఉదా : $V_{CE} = -6V, -2V, ...$) ట్రాన్సిస్టర్ నివేశన అభిలక్షణాలను గీయవచ్చు. పటం 28.22 CE విన్యాసం యొక్క విలక్షణ నివేశన అభిలక్షణ స్వభావం, p-n సంధి పురోబియాస్ అభిలక్షణం లాగానే ఉంటుందని గమనించండి. ఆధార వోల్టేజ్, అవరోధ వోల్టేజ్ (సిలికాన్ ట్రాన్సిస్టర్‌కు ఇది –0.7V) కన్నా తక్కువగా ఉన్నంతవరకు ఆధారప్రవాహం శూన్యంగానే ఉంటుంది. ఆధార వోల్టేజ్, అవరోధ వోల్టేజ్‌ను అధిగమించినపుడు ప్రవాహం నెమ్మదిగా పెరుగుట ప్రారంభమై తరువాత అకస్మాత్తుగా పెరుగుతుంది. ఈ ప్రకాలు p-n-p ట్రాన్సిస్టర్ CE విన్యాసంలో ఏర్పడిన వక్రాల లాగానే ఉండటం గుర్తుకు తెచ్చుకోండి.



పటం 28.22 : CE విన్యాసంలో విలక్షణ pnp ట్రాన్సిస్టర్ యొక్క నివేశన అభిలక్షణాలు

నివేశన అభిలక్షణ వక్రం యొక్క వాలు (slope) విలోమం నుండి ట్రాన్సిస్టర్ ac నివేశన నిరోధాన్ని కనుక్కోవచ్చు.

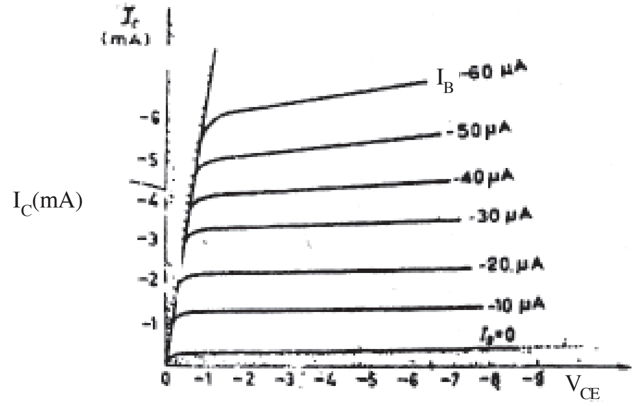
CE విన్యాసంలో ట్రాన్సిస్టర్ ac యొక్క నివేశన నిరోధం

$$R_{in} = \left.\frac{\Delta V_{BC}}{\Delta I_B}\right|_{V_{CE}} = \text{స్థిరాంకం.} \qquad \text{.... (28.7)}$$

ఈ విన్యాసంలో R_{in}, సాధారణంగా $k\Omega$ లలో ఉంటుంది.

నిర్గమాన అభిలక్షణాలు

ఆధారక ప్రవాహం (I_B) వేరు వేరు స్థిర విలువల వద్ద సేకరణి ఉద్గార వోల్టేజ్ (V_{CE}), సేకరణి ప్రవాహం (I_C) ల మధ్య గ్రాఫ్‌లు నిర్గమన అభిలక్షణాలు. ఈ గ్రాఫ్‌లను గీయడానికి V_{CE} ను సున్నా చేసి, V_{BE} ఒక స్థిర విలువను చూపించేంతవరకు ఆధార – ఉద్గార వలయంలోని మైక్రోమీటర్‌ను సర్దుబాటు చేయాలి. ఒక ప్రత్యేక విలువ వద్ద I_B ను స్థిరంగా ఉంచడానికి V_{CE} ను సర్దుబాటు చేయాలి. I_B ను స్థిరంగా ఉంచి V_{CE} ను సున్నా నుండి దశల వారీగా పెంచుకుంటూ పోయి, దాని అనురూప సేకరణి ప్రవాహం I_C ను సేకరణితో శ్రేణితో కలపబడిన మిల్లీ అమ్మీటర్ సహాయంతో నమోదు చేయాలి.



పటం 28.23 : CB విన్యాసంలో విలక్షణ pnp ట్రాన్సిస్టర్ నిర్గమన అభిలక్షణాలు

$I_B = 50\,\mu A$ వద్ద నిర్గమన అభిలక్షణాలను ఎలా గీస్తారు? దీనికొరకు మిల్లీఅమ్మీటర్ $50\,\mu A$ చూపించేంతవరకు V_{BE} ను సర్దుబాటు చేయాలి. V_{CE} ను క్రమంగా పెంచుతూ, అనురూప I_C విలువలను నమోదు చేయాలి. V_{CE} మరియు I_C ల మధ్య గ్రాఫ్, $I_B = 50\,\mu A$ వద్ద నిర్గమన అభిలక్షణాలను ఇస్తుంది. అలాగే $I_B = 100\,\mu A$, $200\,\mu A$ మరియు ఇంకా అలాంటి అన్నీ విలువలకు కూడా నిర్గమన అభిలక్షణాలను పొందవచ్చు. పటం 28.23 CE విన్యాసానికి p-n-p ట్రాన్సిస్టర్ నిర్గమన అభిలక్షణాలను చూపిస్తుంది.

ఉదాహరణ 28.1 : విద్యుత్ ప్రవాహ వృద్ధి $\alpha = 0.98$ అయితే ట్రాన్సిస్టర్ వోల్టేజ్ వృద్ధి β విలువను గణించండి.

సాధన : $\beta = \dfrac{\alpha}{1-\alpha} = \dfrac{0.98}{1-0.98} = 4.9$

ఉదాహరణ 28.2 : ట్రాన్సిస్టర్‌లో ఉద్గార ప్రవాహంలో 1mA మార్పు, సేకరణి ప్రవాహంలో 0.99 mA మార్పులను కలుగజేస్తుంది. ac ప్రవాహవృద్ధిని కనుక్కోండి.

సాధన : $\Delta I_E = 1\text{mA} = 1 \times 10^{-3}\text{ A}$ మరియు $\Delta I_C = 0.99\text{ mA}$

$$= 0.99 \times 10^{-3}\text{ A}$$

$\therefore$ ట్రాన్సిస్టర్ ac ప్రవాహ వృద్ధి

$$\alpha = \frac{\Delta I_C}{\Delta I_E} = \frac{0.99\times10^{-3}\text{A}}{1\times10^{-3}\text{A}} = 0.99.$$

పాఠంలోని ప్రశ్నలు 28.7

1. ఖాళీలను పూరించండి.

(a) ఇచ్చిన నిర్గమన వోల్టేజ్‌కు .... వక్రం నివేశక ప్రవాహం నివేశక వోల్టేజ్‌ల మధ్య సంబంధాన్ని తెలుపుతుంది.

(b) ఇచ్చిన నివేశ ప్రవాహానికి .... వక్రం నిర్గమ ప్రవాహం, నిర్గమ వోల్టేజ్‌కు మధ్య సంబంధాన్ని తెలుపుతుంది.

(c) ట్రాన్సిస్టర్ ఉమ్మడి ఉద్గారం విన్యాసం .... మరియు .... నిర్గమన టెర్మినల్.

(d) ట్రాన్సిస్టర్ ఉమ్మడి ఆధార విన్యాసంలో .... మరియు .... నివేశన టెర్మినల్‌లు, ... మరియు .... నిర్గమన టెర్మినల్‌లు.

మీరు ఏమి నేర్చుకున్నారు

- అర్ధవాహక పదార్థాలైన సిలికాన్ (Si) మరియు జెర్మేనియం (Ge) ల వాహకత్వం బంధకం మరియు వాహకంల వాహకత్వానికి మధ్యలో ఉంటుంది
- అర్ధవాహకాలు రెండు రకాలు. స్వభావజ (స్వచ్ఛమైన) మరియు అస్వభావజ (మాదీకరణం చేయబడిన)
- అస్వభావజ అర్ధవాహకాలు p-రకం (మూడవ గ్రూప్ మాలిన్యం తో మాదీకరణం చేయబడినవి) లేదా n-రకం (5వ గ్రూప్ మాలిన్యంతో మాదీకరణం చేయబడినవి) లుగా ఉంటాయి.
- p-n సంధి డయోడ్ ప్రతీ చివరలో టెర్మినల్‌లు కలిగి n-రకం ప్రాంతం మరియు p-రకం ప్రాంతాలుంటాయి.
- p-n సంధి ఏర్పడినపుడు, సంధి వద్ద ఎలక్ట్రాన్ల, రంధ్రాల విసరణవల్ల, కదిలే ఆవేశాలు లేని లేమిపొర ఏర్పడుతుంది.
- లేమిపొరకు సమీప ప్రాంతంలో ఉండే అయానులు సంధి వద్ద పొటెన్షియత తేడాను కలుగచేస్తుంది.
- పురోశక్మం p-n సంధి ఎలక్ట్రానుల ప్రవాహానికి తక్కువ నిరోధంను కలిగిస్తుంది.
- తిరోశక్మం p-n సంధి, ఎలక్ట్రానుల ప్రవాహానికి ఎక్కువ నిరోధంను కలిగిస్తుంది.
- p-n సంధి, విద్యుత్ ప్రవాహాన్ని ఒక దిశలోనే ప్రవహించేలా చేస్తుంది.
- ట్రాన్సిస్టర్ మూడు వేరువేరు ప్రాంతాలను (ఉద్గారిణి ఆధారం, సేకరణి) రెండు సంధులను కలిగి ఉంటుంది. ఉద్గారిణిని ఎక్కువగా ఆధారంను తక్కువగా మాదీకరణం చెందిస్తారు. సేకరిణి పరిమాణంలో పెద్దదిగా ఉంటే ఆధారం పలచగా ఉంటుంది.
- ట్రాన్సిస్టర్ n-p-n రకం గాని p-n-p రకం గాని అయి ఉంటాయి.
- ట్రాన్సిస్టర్‌ను ఈ మూడు విన్యాసాలలో సంధానించవచ్చు. ఉమ్మడి సేకరణి (CC), ఉమ్మడి ఆధారం (CB) లేదా ఉమ్మడి ఉద్గారం (CE).
- ట్రాన్సిస్టర్ అభిలక్షణాలు, ట్రాన్సిస్టర్ విన్యాసాన్ని బట్టి మారతాయి.
- CE విన్యాసం ఎక్కువ ప్రవాహ వృద్ధిని, వోల్టేజ్ వృద్ధిని కలుగచేస్తుంది కనుక అన్ని విన్యాసాలలోకి ఇది ఉత్తమమైనది.

ముగింపు అభ్యాసంలోని లెక్కలకు సమాధానాలు

1. *p-n* సంధి డయోడ్ ముఖ్య అభిలక్షణాలను వర్ణించండి.

2. *p-n* సంధి డయోడ్‌లో లేమిపొర ఏర్పడుటను వివరించండి.

3. *p-n* సంధి డయోడ్‌లో ఏ ఆవేశ వాహకాలు పురో విద్యుత్ ప్రవాహాన్ని కలుగజేస్తాయి.

4. ఈ క్రింది వాటి మధ్య భేదాలను తెల్పండి.

   (i) పురోశక్మం, తిరోశక్మం

   (ii) అవలాంచీ, జీనర్

5. *p-n-p* మరియు *n-p-n* ట్రాన్సిస్టర్‌లు పనిచేసే విధానంను వివరించండి.

6. ట్రాన్సిస్టర్ యొక్క ప్రవాహ వృద్ధిలైన α మరియు β లను నిర్వచించండి.

7. $\alpha = 0.998$ కు, I_E లో మార్పు 4mA అయితే I_C లో మార్పును గణించండి.