பௌதிகவியல்

இலத்திரனியல் 11

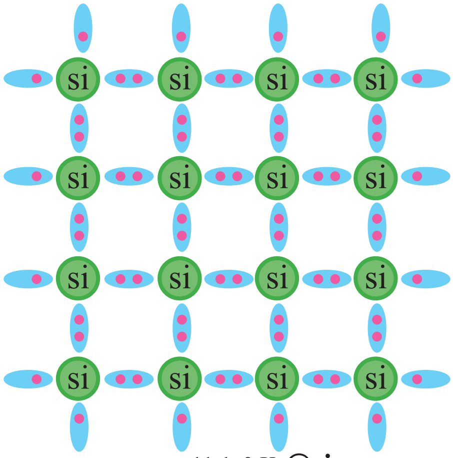
11.1 அறிமுகம்

மின்னைக் கடத்தும் திரவியங்கள் மின்கடத்திகள் எனப்படும். உலோகங்கள் (செம்பு, அலுமினியம், இரும்பு, ஈயம்), கலப்புலோகங்கள் (பித்தளை, நிக்குரோம்) ஆகியன இதற்கு உதாரணங்களாகும். மின்னைக் கடத்தாத திரவியங்கள் (எபனைற்று, பொலிதீன், பிளாத்திக்கு, உலர்மரம், கன்னார், கண்ணாடி) மின்காவலிகள் எனப்படும்.

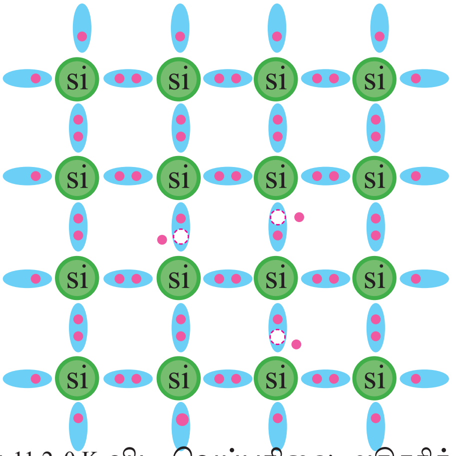
மின்கடத்திகள் மின்னைக் கடத்துவதற்குக் காரணம் அத்திரவியங்களின் அணுக்களில் உள்ள சில இலத்திரன்கள் சுயாதீனமாகச் செல்வதற்குக் கொண்டுள்ள ஆற்றலாகும். உலோகங்களின் அணுக்களின் புற ஓடுகளில் உள்ள இலத்திரன்கள் அணுவின் கருவுடன் இறுக்கமாகப் பிணைக்கப்படாமல் இருப்பதனால் இவ்வாறு இயங்குகின்றன. காவலித் திரவியங்களில் அணுக்களுக்கிடையே பிணைப்பு (பங்கீட்டுவலு) வலிமையாக இருப்பதன் காரணமாகச் சுயாதீனமாக இயங்கத்தக்க இலத்திரன்கள் மிகவும் குறைந்த அளவிலேயே உள்ளன.

சில திரவியங்கள் மின்னைக் குறைவாகவே கடத்துகின்றன. இத்தகைய திரவியங்கள் மின் குறைகடத்திகள் எனப்படும். சிலிக்கன் (Si), யேமானியம் (Ge) போன்ற பளிங்குரு வடிவில் திரவியங்கள் இத்தகைய இயல்புகளைக் காட்டுகின்றன. இவை ஆவர்த்தன அட்டவணையில் நான்காம் கூட்டத்திற்குரியனவாக இருக்கும் அதேவேளை அணுவின் புற ஓட்டில் நான்கு இலத்திரன்கள் உள்ள மூலகங்களாகும். இத்தகைய திரவியங்கள் தம்மைச் சுற்றி உள்ள மற்றைய நான்கு அணுக்களுடன் இலத்திரன்கள் பங்கிடப்படுவதன் மூலம் தமது புற ஓட்டில் இலத்திரன்களின் எண்ணிக்கையை எட்டாக்கிக் கொண்டு உறுதியான பங்கீட்டுவலுப் பிணைப்புகளை உண்டாக்குகின்றன.

எனினும் இப்பிணைப்புகள் நலிந்தவை ஆகையால் அறைவெப்பநிலையிற் கூட வெப்பமாகக் கிடைக்கும் சக்தியினால் சில பிணைப்புகள் உடைக்கப்பட்டு இலத்திரன்கள் விடுவிக்கப்படுகின்றன.



உரு 11.1 0 K இல் வெப்பநிலையில் Si பளிங்கு



உரு 11.2 0 K விட வெப்பநிலை அதிகரித்த நிலையில் Si பளிங்கில் ● வடிவில் சுயாதீன இலத்திரன்களும் ◌ வடிவில் துளைகளும் காட்டப்பட்டுள்ளன

மேற்குறித்த உரு 11.1 இல் 0 K வெப்பநிலையில் சிலிக்கன் சாலகத்தில் பங்கீட்டுவலுப் பிணைப்புகள் உண்டாகியுள்ள விதம் காட்டப்பட்டுள்ளது. இவ்வெப்பநிலையில் எல்லா பிணைப்புக்களும் பூரணமாக உள்ளது. வெப்பநிலை 0 K ஐ விட உயர்வடையும் போது சில பிணைப்புகள் உடைந்து சுயாதீன இலத்திரன்கள் உருவாகியுள்ளமையை உரு 11.2 காட்டுகிறது. பிணைப்பில் இலத்திரன்கள் இருந்த இடத்தில் ஓர் இலத்திரன் வெற்றிடம் உண்டாகின்றது. இவ்விலத்திரன் வெற்றிடம் உள்ள இடம் துளை (hole) எனப்படும். கருவில் உள்ள நேர் ஏற்றம்பெற்ற புரோத்தன்கள் காரணமாக (ஒரு நடுநிலை அணுவில் புறத்தே உள்ள இலத்திரன் எண்ணிக்கைக்குச் சமமான புரோத்தன் எண்ணிக்கை கருவில் உண்டு) நடுநிலையில் இல்லாத ஒரு நேரேற்றம் உண்டாகின்றது. இதனால் ஒரு துளை ஒரு நேரேற்றத்தை ஒத்தது. குறைகடத்திகளில் மின் கடத்தலுக்கு ஏற்றக் காவிகளாக இவ்வாறு சுயாதீனமான மறை இலத்திரன்களும் நேர் ஏற்றம் பெற்ற துளைகளும் பங்களிப்புச் செய்கின்றன.

குறைகடத்தியினூடாக ஒரு மின் அழுத்த வித்தியாசத்தை ஏற்படுத்தும்போது நேர் அழுத்தத்திலிருந்து மறை அழுத்தத்தை நோக்கித் துளைகளும் மறை அழுத்தத்திலிருந்து நேர் அழுத்தத்தை நோக்கி இலத்திரன்களும் நகரும் அதேவேளையில் (நியம) ஓட்டம் நேர் அழுத்தத்திலிருந்து மறை அழுத்தத்தை நோக்கியதாக இருக்கும்.

- உலோகக் கடத்திகளில் மின் கடத்தலுடன் தொடர்புபட்ட ஏற்றக் காவி மறை இலத்திரன்களாகும்.
- குறைகடத்திகளில் மின் கடத்தலுடன் தொடர்புபட்ட ஏற்றக் காவிகளாக மறை இலத்திரன்களும் நேர் ஏற்றத்தை ஒத்த துளைகளும் தொழிற்படுகின்றன.
- பிணைப்பு உடையும்போது இலத்திரன் சுயாதீனமாகி ஒரு துளை உண்டாகின்றமையால் குறைகடத்தியின் சுயாதீன ஏற்றக் காவி இலத்திரன் எண்ணிக்கைக்குச் சமமான ஒரு நேர் ஏற்றத்தை ஒத்த துளை எண்ணிக்கை உண்டு.
- ஆகவே குறைகடத்திச் சாலகம் மின்முறையாக நடுநிலையானது.

11.1.1 உள்ளீட்டுக் குறைகடத்திகள்

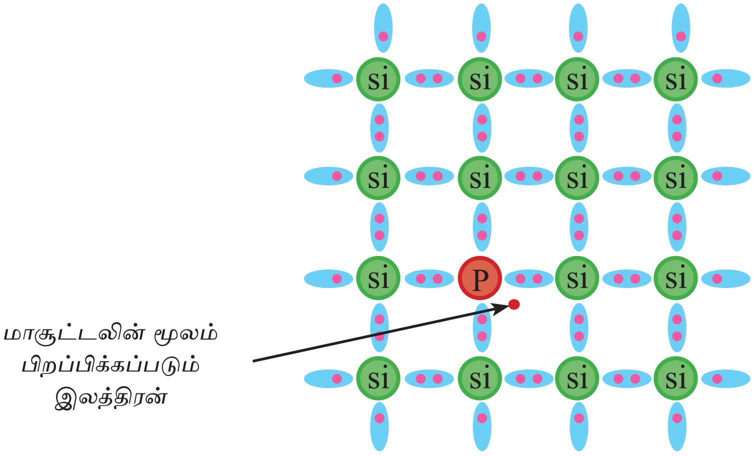
இயற்கையாக இருக்கும் சிலிக்கன் (Si), யேமானியம் (Ge) போன்ற தூய குறைகடத்திகள் உள்ளீட்டுக் குறைகடத்திகள் எனப்படும்.

- **மின் கடத்தலில் வெப்பநிலையின் செல்வாக்கு**

ஒரு கடத்தியின் வெப்பநிலை அதிகரிக்கும்போது சுயாதீன இலத்திரன்களின் எழுமாற்று இயக்கம் அதிகரிப்பதனால் ஓட்டம் பாய்வதற்குத் தடை ஏற்படுகின்றது. இதனால் கடத்திகளின் வெப்பநிலை அதிகரிக்கும்போது கடத்தாறு குறைகின்றது (தடைத்திறன் அதிகரிக்கின்றது). குறைகடத்திகளின் வெப்பநிலை அதிகரிக்கும்போது பிணைப்புகள் கூடுதலாக உடைந்து துளைகளும் சுயாதீன இலத்திரன்களும் அதிகரிப்பதனால் மின் கடத்தாறு அதிகரிக்கின்றது (தடைத்திறன் குறைகின்றது).

11.1.2 வெளியீட்டுக் குறைகடத்திகள்

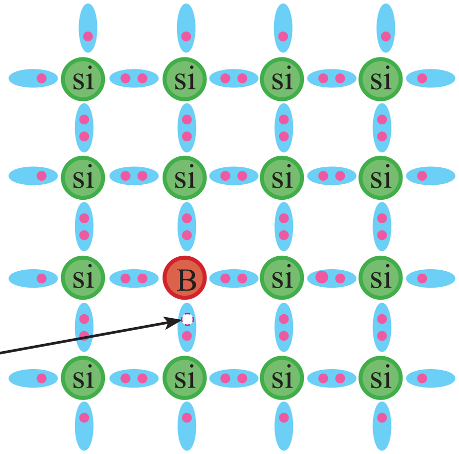
Si போன்ற ஓர் உள்ளீட்டுக் குறைகடத்தியுடன் மிகச் சிறிதளவு பொசுபரசு (P) மூலகத்தைக் கலந்தால் (மாசூட்டல் செய்தால்) நடைபெறுபவற்றைக் கருதுவோம். பொசுபரசு ஆவர்த்தன அட்டவணையின் ஐந்தாம் கூட்டத்திற்குரிய ஒரு மூலகமாக இருக்கும் அதேவேளை அதன் புற ஓட்டில் ஐந்து இலத்திரன்கள் உள்ளன. பொசுபரசு அணுவைச் சுற்றி உள்ள நான்கு சிலிக்கன் அணுக்களிலிருந்து நான்கு இலத்திரன்களைப் பெற்று ஒரு புற ஓட்டில் இலத்திரன் எண்ணிக்கை எட்டு ஆகின்றது. இங்கு பொசுபரசு அணுவின் ஐந்து இலத்திரன்களில் ஒன்று பிணைப்பில் பங்குபற்றாமல் எஞ்சியிருக்கின்றது. இவ்விலத்திரன் சாலகத்தில் சுயாதீனமாக இயங்குவதற்கான வாய்ப்பைப் பெறுகின்றது.



உரு 11.3 - P யினால் மாசூட்டப்பட்ட (Si) சாலகம்
n - வகைக் குறைகடத்தி

ஒரு பொசுபரசு அணு சிலிக்கன் அணுக்களுடன் பிணைப்புகளை உண்டாகும் விதம் உரு 11.3 இல் காணப்படுகின்றது. பிணைப்பில் ஈடுபடாத எஞ்சியுள்ள இலத்திரன் காரணமாகச் சாலகத்தின் கடத்தாறு அதிகரிக்கின்றது. இங்கு மறை ஏற்றம் பெற்ற இலத்திரன்கள் ஏற்றக் காவிகளாகச் சாலகத்துடன் சேர்வதனால் இது மறை வகை (Negative type) அல்லது n - வகைக் குறைகடத்தி எனப்படும். ஓர் உள்ளீட்டுக் குறைகடத்தியின் திரவியத்துடன் வேறொரு மூலகத்தை மாசூட்டல் செய்வதன் மூலம் காவிகளின் எண்ணிக்கை அதிகரித்த இத்தகைய குறைகடத்திகள் **வெளியீட்டுக் குறைகடத்திகள்** எனப்படும். பொசுபரசிற்குப் பதிலாக ஐந்தாம் கூட்டத்தைச் சேர்ந்த மூலகமாகிய ஆசனிக்கு (As), அந்திமனி (Sb) ஆகியவற்றினால் ஓர் உள்ளீட்டுக் குறைகடத்தியை மாசுபடுத்துவதன் மூலம் n - வகை வெளியீட்டுக் குறைகடத்திகளை உருவாக்கலாம். ஐந்தாம் கூட்ட மூலகங்களினால் பளிங்கிற்கு சுயாதீன இலத்திரன்கள் வழங்கப்படுவதன் காரணமாக அவை **தானி அணுக்கள்** என அழைக்கப்படும்.

Si உள்ளீட்டுக் குறைகடத்தியைப் போரன் (B) போன்ற மூன்றாம் கூட்டத்தின் ஒரு திரவியத்தினால் கலப்படஞ்செய்தால், போரன் அணுவிற்கு அண்மையில் இருக்கும் சிலிக்கன் அணுக்களுடன் பிணைப்புகளை உண்டாக்கும். இங்கு நான்கு பிணைப்புகளை உண்டாக்குவதற்குப் போரன் அணுவின் புற ஓட்டில் மூன்று இலத்திரன்கள் மாத்திரமே இருப்பதனால் ஒரு பிணைப்பை உருவாக்குவதற்கு ஒரு இலத்திரன் குறைவாக இருக்கும். இவ் வகையில் சிலிக்கன் சாலகத்தில் அணுக்களும் பிணைப்புகளும் இருக்கும் விதம் உரு 11.4 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

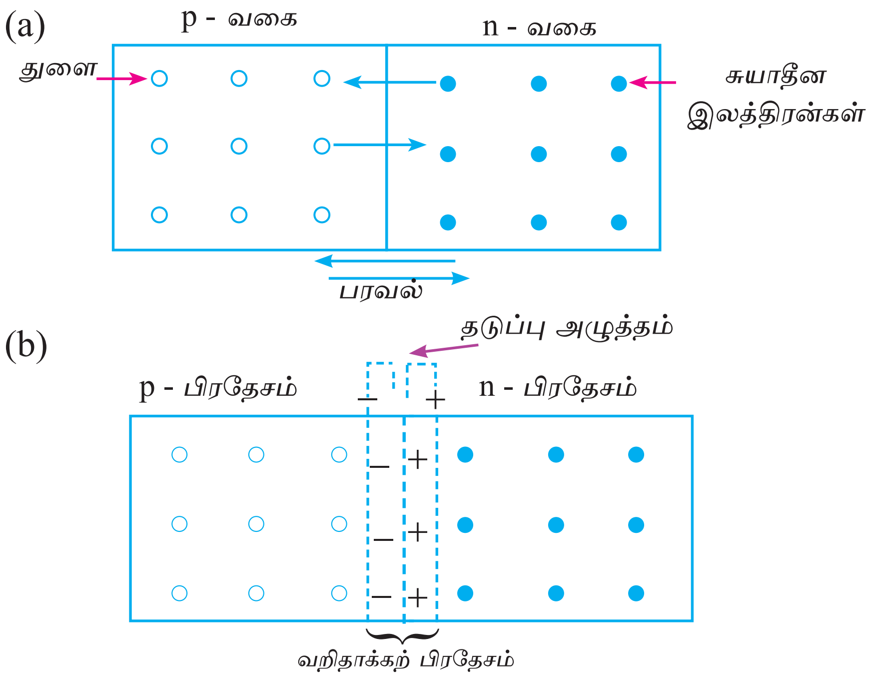


உரு 11.4 போரனால் மாசூட்டல்செய்த சிலிக்கன் சாலகம்
P வகைக்குறைகடத்திகள்

போரன் அணுவின் பிணைப்பை உண்டாக்குவதற்கு ஓர் இலத்திரன் குறைவாகவுள்ள இடத்தில் ஒரு துளை இருக்கின்றது. துளைகள் நேர் ஏற்றங்களைப்போல் மின்னைக் கடத்தவல்லன. ஆகையால் இங்கு கடத்தாறு அதிகரிக்கின்றது. துளை ஒரு நேர் ஏற்றத்திற்கு ஒத்தது ஆகையால் இவ்வெளியீட்டுக் குறைகடத்தி p வகை (Positive type) வெளியீட்டுக் குறைகடத்திகள் எனப்படும். போரனிற்குப் பதிலாக மூன்றாம் கூட்டத்தின் அலுமினியம் (Al), கலிலியம் (Ga), இந்தியம் (In) மூலகங்களும் p - வகை வெளியீட்டுக் குறைகடத்திகளை உருவாக்குவதற்கு மாசுபடுத்தலாம். போரன் போன்ற மூன்றாம் கூட்ட மூலகங்களினால் இலத்திரன்களைப் பெற்றுக் கொள்ளக்கூடிய துளைகளை உருவாக்குவதன் காரணமாக அவை **ஏற்பான் அணுக்கள்** என அழைக்கப்படும்.

11.2 p - n சந்தி

ஒரு சிலிக்கன் அல்லது யேமானியம் உள்ளீட்டுக் குறைகடத்தியின் ஒரு பக்கத்தை மூன்றாவது கூட்ட ஒரு மூலகத்தினால் மாசுபடுத்தி p - வகைப் பிரதேசத்தையும் மற்றையப் பக்கத்தை ஐந்தாம் கூட்ட ஒரு மூலகத்தினால் மாசுபடுத்தி n - வகைப் பிரதேசத்தையும் உருவாக்கும் போது அதன் நடுவில் p - n சந்தி உண்டாகின்றது. இத்தகைய ஒரு சந்தி ஒரு சாதாரண கடத்தியிலிருந்து வேறுபட்ட முறையில் மின்னிற்குரிய நடத்தையைக் காட்டுகிறது.



உரு 11.5 - p - n சந்தி

உரு 11.5 (a) யில் காட்டப்பட்டவாறு p-n சந்தியை அமைத்தவுடன் n பிரதேசத்தில் உள்ள சுயாதீன இலத்திரன் சந்தியினூடாக p பிரதேசத்தை நோக்கி அசையும் அதேவேளை p பிரதேசத்தில் உள்ள துளையை நோக்கிப் பரவுகின்றது. இப்பரவல் காரணமாகத் துளைகளுடன் இலத்திரன்கள் இணைந்து, சந்திக்கு அண்மையில் ஏற்றக் காவிகள் அற்ற பிரதேசம் உண்டாகின்றது. இப்பிரதேசம் **வறிதாக்கப் பிரதேசம்** எனப்படும். உரு 11.5 (b) யில் காட்டப்பட்டவாறு உண்டாகும் வறிதாக்கப் பிரதேசத்தின் p வகை பகுதிக்கு மேலதிகமாக இலத்திரன்கள் புகுகின்றமையால் அப்பகுதி மறை ஆகவும் n - வகைக்குரிய குறைகடத்தியின் மேலதிக நேர் ஏற்றம் புகுகின்றமையால் அப்பகுதி நேர் ஆகவும் p-n சந்தியினூடாக ஓர் அழுத்த வித்தியாசம் உண்டாகின்றது. இவ்வழுத்த வித்தியாசத்தின் மூலம் காவிகள் தள்ளப்படுவதனால் சந்தியினூடாகக் காவிகள் பரவுதல் தடுக்கப்படுகிறது. இவ்வழுத்த வித்தியாசம் **தடுப்பு அழுத்தம்** எனப்படும்.

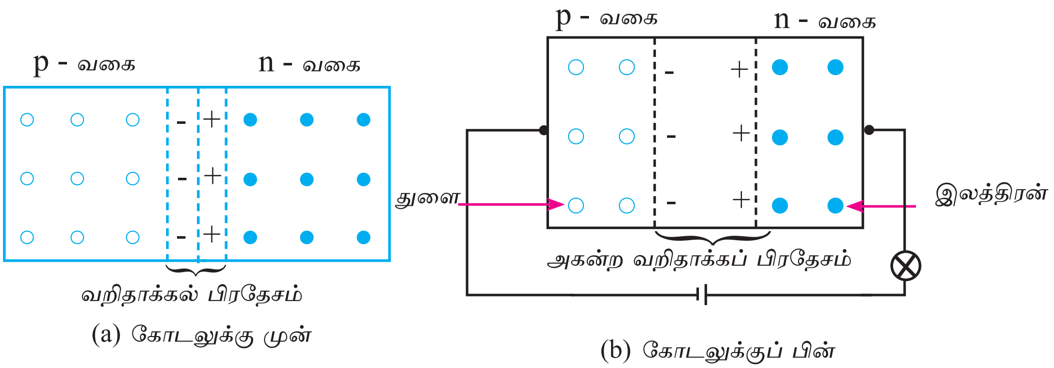
Si இனால் உருவாக்கப்பட்ட p - n சந்தியொன்றின் அழுத்தத்தடுப்பின் பருமன் அண்ணளவாக 0.7 V ஆவதுடன் Ge ஆல் ஆக்கப்பட்ட சந்தியில் அழுத்தத் தடுப்பு அண்ணளவாக 0.3 V ஆகவும் இருக்கும்.

11.2.1 p - n சந்தியின் கோடல்

p-n சந்தியினூடாக ஒரு புற மின் முதலின் மூலம் அழுத்த வித்தியாசத்தை உண்டாக்கல் **கோடல்** எனப்படும். சந்தியினூடாக உண்டாக்கும் அழுத்த வேறுபாட்டின் திசைக் கேற்பச் சந்தி இரு விதங்களில் தொழிற்படுகின்றது.

• p - n சந்தியின் பின்முகக் கோடல்

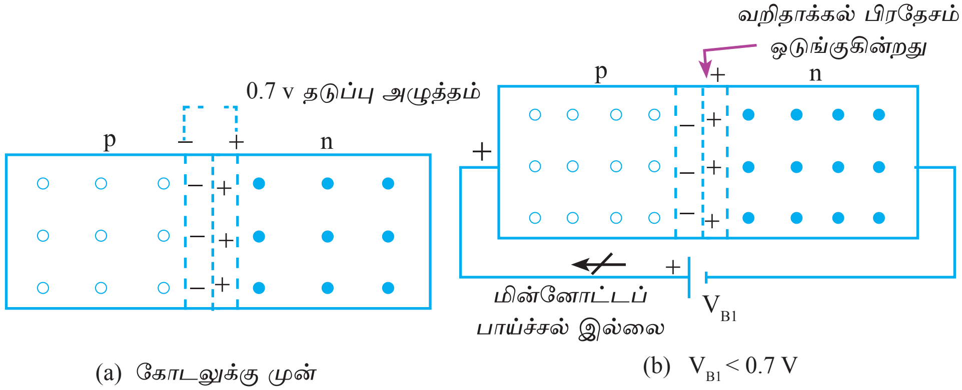
p - n சந்தியின் p - வகை பகுதிக்கு மறை அழுத்தமும் n வகை பகுதிக்கு நேர் அழுத்தமும் இருக்குமாறு ஒரு பற்றரியைத் தொடுக்கும்போது நடைபெறுபவற்றைக் கருதுவோம்.

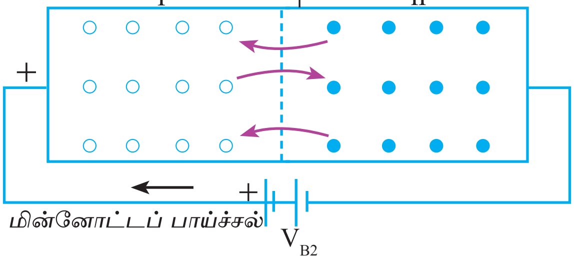


உரு 11.6 p - n சந்தியின் பின்முகக் கோடல்

இங்கு n பிரதேசத்திலுள்ள சுயாதீன இலத்திரன்கள் நேர் அழுத்தத்தை நோக்கியும் p பிரதேசத்திலுள்ள துளைகள் மறை அழுத்தத்தை நோக்கியும் கவரப்பட்டு வறிதாக்கப் பிரதேசம் மேலும் அதிகரிக்கின்றது. p - n சந்தியினூடாக ஏற்றக் காவிகள் பாய்தல் அல்லது ஓட்டப் பாய்ச்சல் நிகழ்வதில்லை. புற மின்னழுத்தத்தின் பருமனுக்கு இசைவாக வறிதாக்கப் பிரதேசம் அதிகரித்தல் மாத்திரம் நடைபெறுகின்றது. p - n சந்தியினூடாக ஓட்டம் பாய்வதில்லை. இவ்வாறாக புற அழுத்தத்தைத் தொடுத்தல் **பின்முகக் கோடல் தொடுப்பு** எனப்படும். பின்முகக்கோடலில் வறிதாக்கல் பகுதி எவ்வாறு நடந்து கொள்கின்றது என்பதை உரு 11.6 (a) யும் (b) யும் காட்டுகின்றது.

• p - n சந்தியின் முன்முகக் கோடல்





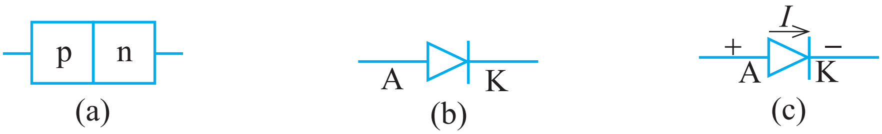
(c) கோடலுக்கு பின் $V_{B2} > 0.7$ V

உரு 11.7 - முன்முகக்கோடலில் p - n சந்தி

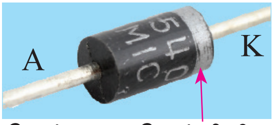
இங்கு p - வகை பகுதிக்கு ஒரு நேர் அழுத்தமும் n - வகை பகுதிக்கு ஒரு மறை அழுத்தமும் உண்டாகுமாறு புற அழுத்த வித்தியாசம் ஏற்படுத்தப்படுகின்றது. p வகை பிரதேசத்தில் உள்ள துளைகள் நேர் அழுத்தத்தினால் தள்ளப்பட்டுச் சந்தியை நோக்கித் தள்ளப்படும் அதேவேளை n - வகை பிரதேசத்திலுள்ள இலத்திரன்கள் மறை அழுத்தத்தின் மூலம் சந்தியை நோக்கித் தள்ளப்படுகின்றன. இதனால் வறிதாக்கப் பிரதேசம் சிறிதாகும் அதேவேளை சந்திக்குக் குறுக்கே உள்ள தடுப்பு அழுத்தத்திலும் பார்க்கக் (Si இற்கு 0.7 V) கூடிய ஓர் அழுத்தம் புறத்தே பிரயோகிக்கப்படும்போது சந்தியினூடாக ஏற்றக் காவிகள் பாய்கின்றன. அப்போது p - n சந்திக்குக் குறுக்கே ஓட்டம் பாய்கின்றது. ஆகவே இவ்வாறு புற அழுத்தத்தைத் தொடுத்தல் **முன்முகக் கோடல் தொடுப்பு** எனப்படும்.

11.3 p - n சந்தி இருவாயி

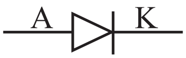
மேலே குறிப்பிட்டவாறு ஒரு p - n சந்தியினூடாக ஓட்டம் முன்முகக் கோடலுறும் போது மாத்திரம் பாயும் என்பதை நாம் அறிவோம். இத்தகைய உபகரணம் சந்தி இருவாயி என நாம் அறிவோம். ஒரு சந்தி இருவாயியின் உள்ளே p, n வகை பகுதிகள் அமைக்கப்பட்டுள்ள விதம் உரு 11.8 (a) யில் காட்டப்பட்டுள்ளது. இருவாயிக்கான குறியீட்டை உரு 11.8 (b) காட்டுகின்றது. இங்கு முடிவிடம் A அனோட்டு எனவும் முடிவிடம் K கதோட்டு எனவும் அழைக்கப்படும். அனோட்டு A இற்கு நேராகப் புற அழுத்த வித்தியாசம் இருவாயியினூடாக மின் கடத்தப்படும் அதேவேளை அதனூடாக ஓட்டம் பாயும் திசை குறியீட்டில் அம்புக்குறியினால் வகைகுறிக்கப்படுவதை (உரு 11.8 c) காட்டுகின்றது.



உரு 11.8 - சந்தி இருவாயி



வெள்ளை / வெள்ளி நிற வளையம்



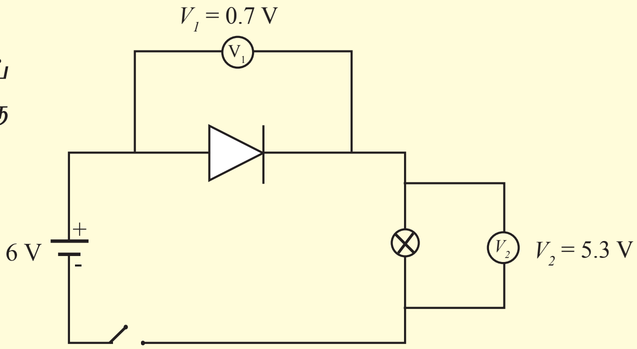
உரு 11.9 சந்தி இருவாயியின் சாதாரண புற வடிவும், குறியீடும்

ஒரு சந்தி இருவாயியின் சாதாரண புற வடிவம் உரு 11.9 (a) யில் காட்டப்பட்டுள்ளது. இது கருமை நிறமுள்ள உருளை வடிவத்தில் காணப்படுகின்றது. இங்கு உள்ள வெள்ளை அல்லது வெள்ளி நிறமுள்ள கோட்டு வளையம் கதோட்டைக் காட்டுகின்றது. பல்வேறு இயல்புகள் உள்ள இருவாயிகள் அதிக எண்ணிக்கையில் இருக்கும் அதே வேளை அவற்றை இனங்காண்பதற்கான எண் அதன் உருளையில் அச்சிடப்பட்டுள்ளது. உரு 11.9 இருவாயின் குறியீடாகும். எனினும் எல்லா சந்தி இருவாயிக்களினதும் புறத்தோற்ற அமைப்பு இவ்வாறு காணப்படாது.

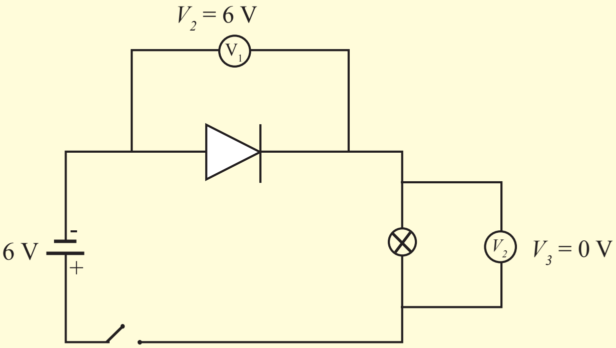
செயற்பாடு 11.1

தேவையான பொருள்கள்

1. IN 4001 இருவாயி (இவ் வகையின் ஏதாவது ஒரு இருவாயி)
2. 2.5 V மின்சூள் குமிழ்
3. 1.5 V மின்கலங்கள் இரண்டு
4. இரு கலங்கள் உள்ள பற்றரி
5. ஓர் ஆளி
6. ஒரு சுற்றுப் பலகை
7. தொடுக்கும் கம்பி



முன்முகக் கோடல்



பின்முகக் கோடல்

- ஒரு சுற்றுப் பலகையில் (project board / bread board இதற்கு உகந்தது) இருவாயியை முன்முகக் கோடலுறுமாறு தொடுக்க.
- ஆளியை மூடி (ON) குமிழை அவதானிக்க.
- இரண்டாவதாக மின்கலத்தை மாத்திரம் தொடுப்பகற்றி அதனை இருவாயிக்கு பின்முகக் கோடலுறுமாறு மறுபடியும் பொருத்துக. (சுற்று வரிப்படங்கள் காட்டப்பட்டுள்ளன.)

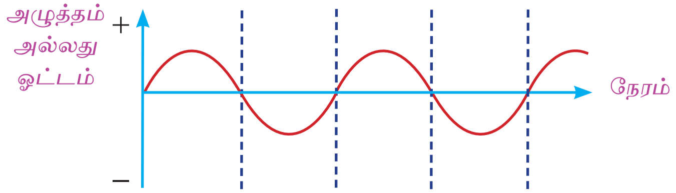
- மறுபடியும் ஆளியை (ON) மூடுக. குமிழை அவதானிக்க. இருவாயி எவ்விதமாகக் கோடலுறும்போது மின்னோட்டத்தைப் பாய்வதற்கு இடமளிக்கின்றதென முடிவு செய்க. இதற்கேற்ப ஒரு சுற்றில் ஒரு திசையில் மாத்திரம் ஓட்டத்தைப் பாய்வதற்கு இடமளிக்க வேண்டிய ஒரு சந்தர்ப்பத்தில் ஒரு சந்தி இருவாயியைப் பயன்படுத்தி அத்தேவையை நிறைவேற்றலாம்.

மேலதிக அறிவுக்கு

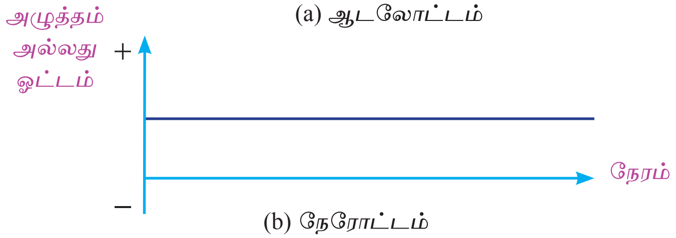
- p - n சந்தி முன்கோடலுற்று ஓட்டம் பாய்வதற்கு அனோட்டுடன் நேர் அழுத்தம் தொடுக்கப்பட வேண்டிய அதேவேளை தடுப்பு அழுத்தத்தை விஞ்சும் அளவிற்கு அதனூடாக ஓர் அழுத்த வித்தியாசத்தை உண்டாக்க வேண்டும். (Si இருவாயிக்கு 0.7 V இற்குக் கூடுதலாகவும் Ge இருவாயிக்கு 0.3 V இற்குக் கூடுதலாகவும்)

11.4 ஆடலோட்டத்தின் சீராக்கலுக்கு இருவாயியைப் பயன் படுத்தல்

ஆடலோட்டம் என்பது திசையை ஆவர்த்தனமாக மாற்றிக்கொண்டு சுற்றில் பாயும் ஓட்டம் என்பதை நாம் அறிவோம். நேரோட்டம் என்பது சுற்றில் ஒரு திசையில் மாத்திரம் பாயும் ஓட்டமாகும். இவற்றை வரைபு முறையாக வகைகுறிக்கத்தக்க விதம் உரு 11.10 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது (நேரத்துடன் மாறும் விதம்). பெரும்பாலும் மின்னைப் பிறப்பிக்கையில் தைனமோவின் மூலம் ஆடலோட்டம் பிறப்பிக்கப்படுகின்றது. எனினும் நாளாந்தப் பணிகளில் இலத்திரனியல் உபகரணங் களைத் தொழிற்படுத்துவதற்கும் நேரோட்ட அழுத்தம் தேவை. ஒரு திசையில் மாத்திரம் ஓட்டத்தைப் பாய்வதற்கு இடமளிக்கும் பணிகளை நிறைவேற்றுவதற்குச் சந்தி இருவாயிகளை எளிதாகப் பயன்படுத்தலாம். ஆடலோட்டத்தை நேரோட்டமாக மாற்றும் செயற்பாடு **சீராக்கல்** எனப்படும்.



(a) ஆடலோட்டம்

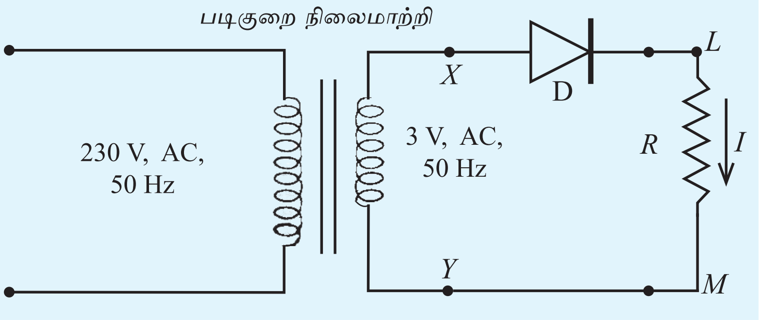


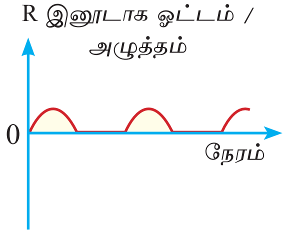
(b) நேரோட்டம்

உரு 11.10 ஓட்டம் நேரத்துடன் மாறும் விதம்

11.4.1 அரை அலைச் சீராக்கல்

சீராக்கத்திற்குப் பயன்படுத்தப்படும் சுற்று உரு 11.11 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. ஆடலோட்டத்தைப் பெற்றுக் கொள்ள பிரதான மின் வழங்களைப் பயன்படுத்த வேண்டும்.





உரு 11.11 அரை அலைச் சீராக்கம்

முதலில் தேவையான அளவிற்கு அழுத்தத்தைக் குறைத்தல் படிகுறைநிலைமாற்றியைப் பயன்படுத்தி மேற்கொள்ளப்படுகின்றது. நிலைமாற்றியின் X, Y முடிவிடங்களிலிருந்து குறைந்த அழுத்த ஆடலோட்டம் பெறப்படுகின்றது. இருவாயியினூடாக இதனை அனுப்பும்போது LM இற்குக் குறுக்கே தொடுக்கப்படும் தடை (R) இன் ஊடாக பாயும் நேரோட்டம் நேரத்துடன் மாறும் விதம் இங்கு காணப்படுகின்றது.

11.1 பயிற்சி

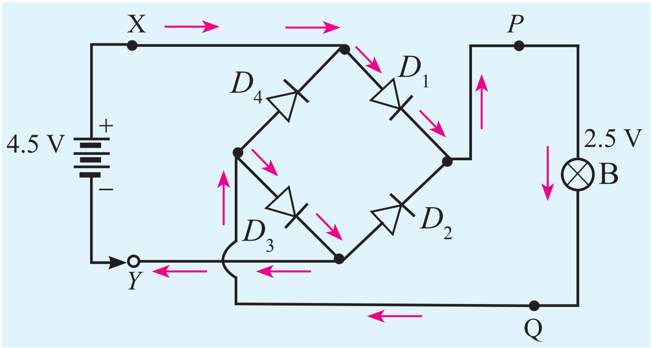
சுற்றில் எஞ்சியிருக்கும் எல்லாப் பகுதிகளும் மாற்றப்படாது இருக்கும்போது இருவாயியை மாத்திரம் பக்கம் மாற்றி (*X* உடன் கதோட்டு பொருந்துமாறு) பொருத்தினால் *R* இனூடாகப் பாயும் ஓட்டம் நேரத்துடன் மாறும் விதத்தை வரைக.

11.4.2 முழு அலைச் சீராக்கல்

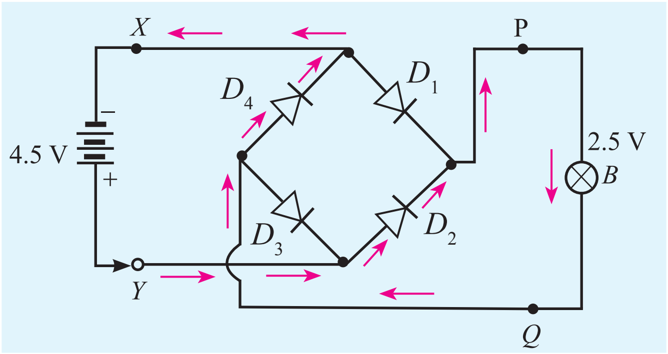
தனி இருவாயிக்குப் பதிலாக நான்கு இருவாயிகளை உரு 11.13 (a) இல் காட்டப்பட்டுள்ளவாறு தயார்செய்து ஆடலோட்டத்தை அதனூடாகப் பாயச் செய்யும்போது ஆடலோட்டத்தின் இரு அரை அலைப் பகுதிகளும் ஒரே திசையில் பாயச் செய்யலாம்.

இத்தகைய ஒரு பாலச்சுற்று பின்வரும் உரு 11.12 (a), (b) இனால் காட்டப்பட்டுள்ளது.

இங்கு Y புள்ளிக்கு சார்பாக X நேர் ஆகக் காணப்படுவதன் காரணமாக D_1, D_3 முன்கோடலுற்றும் D_2, D_4 பின்முகக் கோடலுற்றும் காணப்படும். இங்கு D_1 இனூடாகப் பாயும் மின்னோட்டம் மின்குமிழினூடாக சென்று மீண்டும் D_3 இனூடாக பற்றரியின் மறை முடிவிடத்தை அடைகின்றது.



(a)



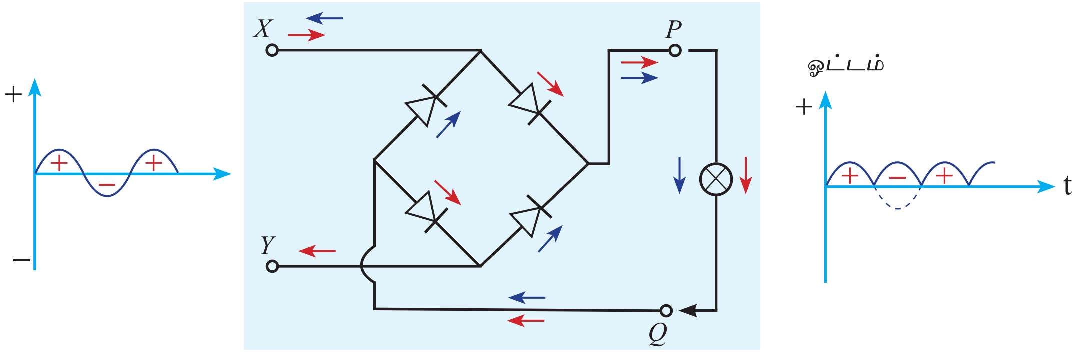
(b)

உரு 11.12 பாலச்சுற்று

ஒரு 4.5 V பற்றரியையும் 2.5 V மின்சூள் குமிழ் ஒன்றையும் சுற்று 11.12 (a) யில் உள்ளவாறு பொருத்தும் போது குமிழ் சாதாரண ஒளிர்வுடன் ஒளிர்வதாகத் தெரிகின்றது.

இப்போது 11.12 (b) யிற் காணப்படுகின்றவாறு X உடன் பற்றரியின் மறை முடிவிடம் தொடுக்கப்படுமாறு சுற்றை மாற்றினால் குமிழ் முன்னர் போன்று பிரகாசமாக ஒளிரக் காணப்படுகின்றன. இச் சந்தர்ப்பத்தில் D_2, D_4 ஆகிய இருவாயிகள் முன்முகக் கோடலிலும் D_1, D_3 பின்முகக்கோடலிலும் இருக்கும். எனவே பற்றரியின் நேர்முடிவிடத்தில் இருந்து D_2 வினூடாக சென்று மின் குமிழினூடாகவும் பின்னர் D_4 வினூடாகவும் கலத்தின் மறைமுடிவிடத்தை அடையும். எனவே இரு சந்தர்ப்பங்களிலும் குமிழினூடாக ஓட்டம் P இலிருந்து Q இற்குச் செல்வதாகத் தெரிகின்றது.

இப்போது இப்பாலத்தில் பற்றரிக்குப் பதிலாக ஓர் ஆடல் அழுத்தத்தைத் தொடுத்தால் குமிழினூடாகப் பாயும் ஓட்டம் P இலிருந்து Q இற்கு ஒரே திசையில் பாய்கின்றது. பெய்ப்பில் நேர், மறை என்னும் இரு அரை அலை பகுதிகள் உள்ளன.



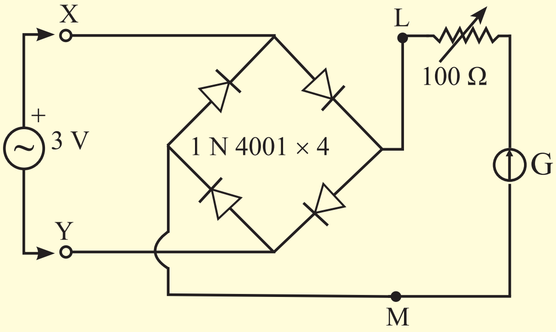
உரு 11.13 பாலச் சுற்றில் நடைபெறும் முழு அலைச் சீராக்கம்

இருவாயிகளினூடாகப் பாயும் விதம் மேற்குறித்த உரு 11.13 இல் காணப்படுகின்றது. இங்கு ஆடலோட்டத்தின் இரு அரை அலை பகுதிகளும் குமிழினூடாக (பயப்பில்) ஒரே திசையில் பாயுமாறு அமைந்திருப்பதனால் இச் செயன்முறை **முழு அலைச் சீராக்கல்** எனப்படும்.

செயற்பாடு 11.2

தேவையான பொருள்கள்

1. ஒரு சைக்கிள் தைனமோ அல்லது ஆய்வுகூடத்தில் உள்ள ஆடலோட்டப் பிறப்பாக்கி
2. IN 4001 இருவாயிகள் 4
3. ஒரு மையப் பூச்சிக் கல்வனோமானி
4. ஒரு 100 Ω இறையோதற்று
5. ஈயமும் ஒரு மின் பற்றாசும்
6. தொடுக்கும் கம்பி



நான்கு இருவாயிகளை அனோட்டும் கதோட்டும் சரியாக இருக்குமாறு ஒரு பாலத்தின் வடிவத்தில் பற்றாசு பிடிக்க. உருவில் காணப்படுகின்றவாறு பாலத்துடன் ஓர் இறையோதற்றையும் ஒரு மையப் பூச்சியக் கல்வனோமானியையும் தொடுக்க.

இப்போது சைக்கிள் தைனமோவின் முடிவிடங்களை அல்லது ஆடற் பிறப்பாக்கியின் முடிவிடங்களை X, Y ஆகிய முடிவிடங்களுடன் தொடுத்துப் பிறப்பாக்கியை மெதுவாகச் சுழலச் செய்க. கல்வனோமானியின் திறம்பலை அவதானிக்க. திறம்பல் பெரிதெனின், இறையோதற்றை உகந்தவாறு செப்பம் செய்து அதனைக் குறைக்க.

இரண்டாவதாக ஆடற் பிறப்பாக்கியின் முடிவிடங்களை X, Y ஆகிய முடிவிடங்களுடன் தொடுக்க. பிறப்பாக்கியை மெதுவாகச் சுழலச் செய்து கல்வனோமானியின் திறம்பலை அவதானிக்க.

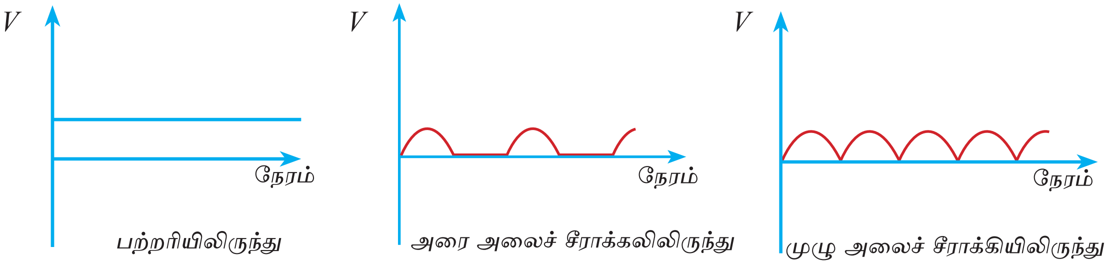
11.2 பயிற்சி

மேற்குறித்த இரு சந்தர்ப்பங்களிலும் கல்வனோமானியில் காணப்படும் அவதானிப்புகளுக்குரிய காரணத்தை விளங்கி இரு சந்தர்ப்பங்களிலும் கல்வனோ மானியினூடாக உள்ள ஓட்டம் நேரத்துடன் மாறும் விதத்தை வரைபிற் காட்டுக.

11.4.3 ஒப்பமாக்கல்

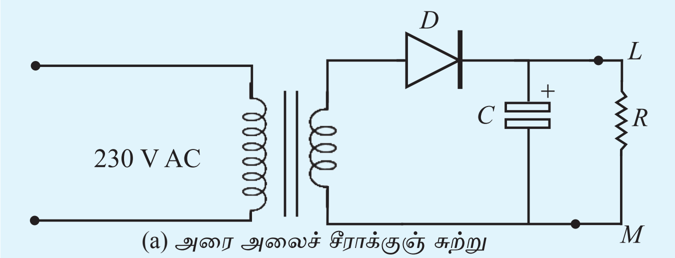
அரை அலை அல்லது முழு அலைச் சீராக்கல் சுற்றிலிருந்து ஒரு திசையில் மாத்திரம் பாயும் ஓட்டம் கிடைக்கின்றபோதிலும் அதன் பெறுமானம் (அழுத்தம் அல்லது ஓட்டம்) பூச்சியம் அல்லது உயர்ந்தபட்ச அழுத்தங்களாக இருக்கும் அதேவேளை மாறும் ஒன்றாகும். பல இலத்திரனியல் உபகரணங்களைத் தொழிற்படுத்துவதற்கு ஒரு மாறா அழுத்தம் அல்லது மாறா மின்னோட்டம் அவசியமாகும்.

பற்றரியில் இருந்தும் அரை அலைச் சீராக்கியிலிருந்தும் முழு அலைச் சீராக்கியி லிருந்தும் நேரத்துடன் அழுத்த மாற்றம் உரு 11.14 இல் காட்டியவாறு அமையும்.

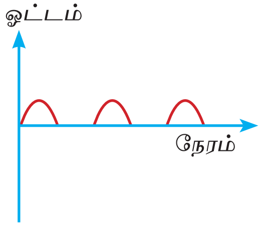


உரு 11.14 பற்றரி மற்றும் சீராக்கியினால் கிடைக்கும் வோல்ற்றளவு மாற்றம்

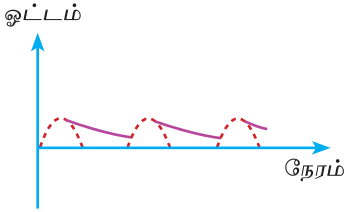
சீராக்குஞ் சுற்றின் பயப்பின் முடிவிடங்களுடன் சமாந்தரமாகப் பெரிய கொள்ளளவுள்ள ஒரு கொள்ளளவியைப் பொருத்துவதன் மூலம் இம் மாறலைக் குறைக்கலாம். இத்தொழில் **ஒப்பமாக்கல்** எனப்படும். ஓர் அரை அலைச் சீராக்கற் சுற்றுடன் ஒரு கொள்ளளவியைப் பயன்படுத்தி ஒப்பமாக்கப்படும் விதம் கீழே உரு 11.15 இல் காணப்படுகின்றது. இங்கு உரு (a) இல் சீராக்கும் சுற்றும் உரு (b) இல் கொள்ளளவி பயன்படுத்தாமல் உள்ள பயப்பும் உரு (c) கொள்ளளவி கொண்ட பயப்பும் நேரத்துடன் மாறலடைவதை காட்டுகின்றது.



(a) அரை அலைச் சீராக்குஞ் சுற்று



(b) ஒப்பமாக்கலின் முன் பயப்பு

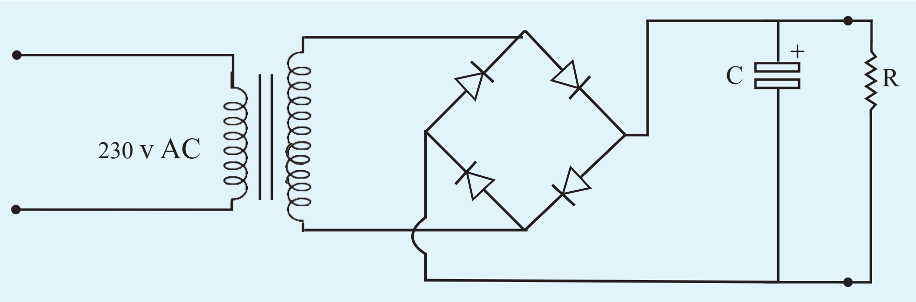


(c) ஒப்பமாக்கலின் பின்னர் பயப்பு

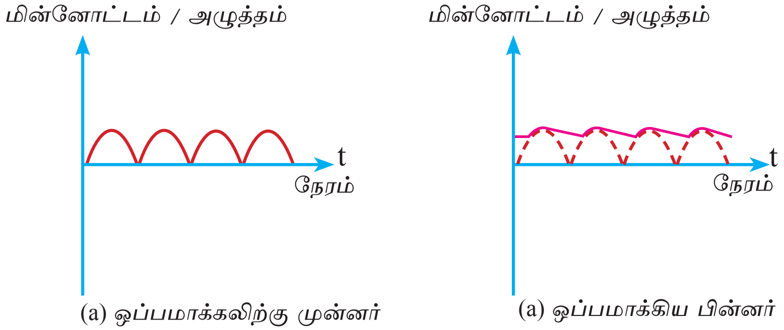
உரு 11.15 அரை அலைச் சீராக்கச் சுற்றின் ஒப்பமாக்கல்

கொள்ளளவியைப் பொருத்திய பின்னர் ஓட்டம் (அல்லது அழுத்தம்) பூச்சியப் பெறுமானம் வரைக்கும் குறைவதில்லை. இவ்வாறு இருப்பது அழுத்தம் பூச்சியமாக இருக்கும்போது கொள்ளளவியில் உள்ள ஏற்றங்கள் இறங்குவதன் மூலம் தேவையான ஓட்டத்தைச் சுற்றுக்கு வழங்குவதற்காகும். முழு அலைச் சுற்றுக்காக ஒப்பமாக்கலிற்கு ஒரு கொள்ளளவி இடப்படும் விதம் கீழே காணப்படுகின்றது.

இருவாயினால் வழங்கப்படும் வோல்ற்றளவு பூச்சியத்திலிருந்து படிப்படியாக அதிகரிக்கும் போது கொள்ளளவி ஏற்றம் பெறும். வோல்ற்றளவு உயர் பெறுமானத்தை அடைந்து மீண்டும் குறையும் போது கொள்ளளவியிலுள்ள ஏற்றம் விடுவிக்கப்படும். ஆகவே இருவாயினால் வழங்கப்படும் வோல்ற்றளவு பூச்சியமாக அமைந்தாலும் கொள்ளவியினூடாக அழுத்த வேறுபாடு ஓரளவு குறைந்தாலும் அது பூச்சியமாக மாறாது. இவ்வாறு ஒப்பமாக்கிய பயப்பு வோல்ற்றளவு நேரத்துடன் மாறுவதை படம் 11.15 (c) காட்டுகின்றது.



(a) முழு அலைச் சீராக்கச் சுற்று



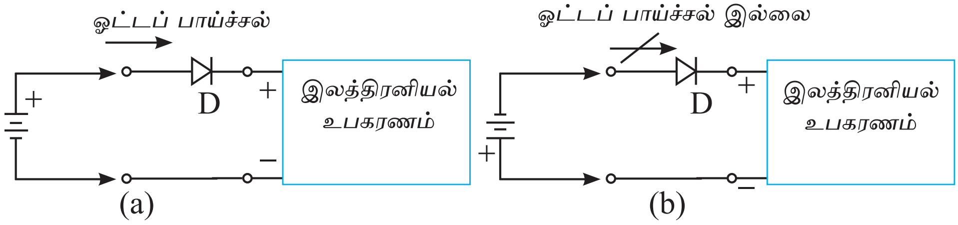
உரு 11.16 முழு அலைச் சீராக்கச் சுற்றின் ஒப்பமாக்கல்

முழு அலை சீராக்கப் பயப்பையும் அதே முறையை பயன்படுத்தி ஒப்பமாக்க முடியும். உரு 11.16 ஆனது சுற்று வரிப்படத்தையும் நேரத்துடன் பயப்பு அழுத்த மாற்றங்களை காட்டுகிறது.

இங்கு அரை அலைச் சீராக்கலிலும் பார்க்க ஒப்பமான ஓர் ஓட்டத்தைப் பெறலாம். கொள்ளளவிக்கு 1000 μF, 2000 μF போன்ற பெரிய கொள்ளளவு உள்ள ஒரு கொள்ளளவி பயன்படுத்தப்படுகின்றது. கொள்ளளவு பெரிதாக இருக்கும்போது ஒப்பமாக்கலும் அதிகரிக்கும்.

ஒரு நேரோட்ட உபகரணத்திற்கு முடிவிடங்களை மாற்றி வலு வழங்குவதன் மூலம் உண்டாகும் சேதத்தைத் தடுப்பதற்கு இருவாயியைப் பயன்படுத்தல்

ஒரு நேரோட்ட இலத்திரனியல் உபகரணத்திற்கு +, – முடிவிடங்களை மாற்றி மின்னை வழங்குவதன் மூலம் ஏற்படும் சேதத்தைத் தடுப்பதற்கு ஒரு சீராக்கும் இருவாயியைப் பயன்படுத்தலாம்.



உரு 11.17 பொருத்தமற்ற முடிவிட இணைப்பினால் உபகரணம் சேதமடைவதை தடுத்தல்

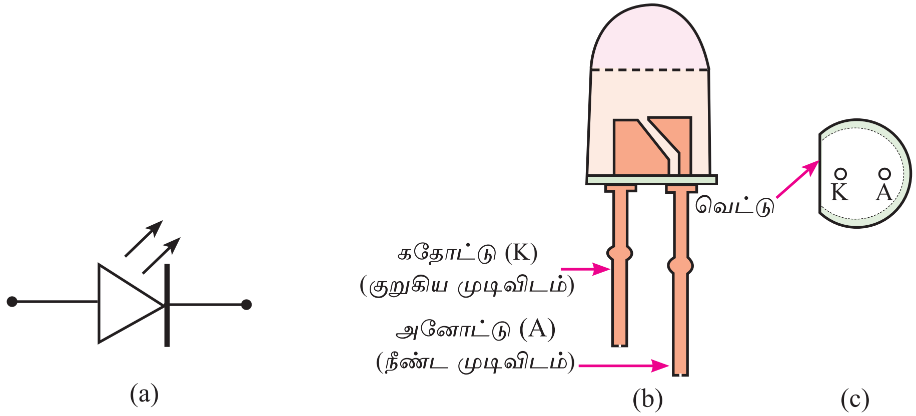
பாதுகாப்பாக இருவாயியைப் பொருத்திச் சரியாகப் பற்றரியைப் பொருத்தும் விதம் உரு 11.17 (a) யிற் காணப்படுகின்றது. பற்றரியின் முடிவிடங்கள் தவறாகப் பொருத்தப்பட்டுள்ள விதம் உரு 11.17 (b) யிற் காணப்படுகின்றது. சந்தர்ப்பம் (b) யில் இருவாயி பின்முகக் கோடலுறுவதனால் உபகரணத்திற்குச் சேதம் ஏற்படாத அதேவேளை அது பற்றரி சரியாகப் பொருத்தப்பட்டிருக்கும்போது மாத்திரம் தொழிற்படுகின்றது.

மேலதிக அறிவுக்கு

ஒரு பாலச்சீராக்கும் சுற்றைப் பயன்படுத்தி பற்றரி எவ்விதமாகப் பொருத்தப் பட்டாலும் இலத்திரனியல் உபகரணத்திற்குச் சரியாக மின்னை வழங்கத்தக்க ஒரு சுற்றை அமைக்க முடியுமா எனப் பார்க்க.

11.4.5 ஒளிகாலும் இருவாயி LED

கலிலியம் ஆசனைட்டு (GaAs) போன்ற ஒரு சேர்வையை ஒரு குறைகடத்தியாகப் பயன்படுத்திச் செய்யப்பட்ட ஒரு p - n சந்தி முன்முகக் கோடலுறும்போது p - n சந்திக்கு அண்மையில் ஒளி காலப்படுகின்றது. ஒளியைக் காலத்தக்க இத்தகைய இருவாயி ஒளிகாலும் இருவாயி LED (Light Emitting Diode) எனப்படும். பல்வேறு வடிவங்களும் பருமன்களும் உள்ள இருவாயிகள் சந்தையில் இருக்கும் அதேவேளை மிகவும் பிரசித்தி பெற்ற (5 mm) LED இன் புறத் தோற்றம் குறியீட்டு முடிவிடங்கள் இனங்காணப்படுமாறு உள்ள வகையாகும். இது உரு 11.18 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. இருவாயியின் நீண்ட முடிவிடம் அனோட்டாகும். அவ்வாறே LED இன் பாதத்தை நம் பக்கமாக திருப்பிப் பார்க்கும்போது அதன் வெட்டுக்குக் கிட்டிய முடிவிடம் கதோட்டாகும். சிவப்பு, மஞ்சள், பச்சை, நீலம் போன்ற நிறங்களும் கழியூதாவையும் செங்கீழையும் காலத்தக்க LED கள் சந்தையில் உள்ளன.



உரு 11.18 - (a) குறியீடு (b) ஒளிகாலும் இருவாயின் புறத்தோற்றம்
(c) அடிப்பகுதித் தோற்றத்தில் கதோட்டு (-) வெட்டுக்கு அருகில் இருக்கும்

ஆரம்ப காலத்தில் LED அதிக அளவில் ஒரு காட்டியாகப் பயன்படுத்தப்பட்டது. ஆனால் தற்போது வீதி விளக்குகளிலும் TV திரைகளிலும் LED பயன்படுத்தப்படுகின்றது. வெள்ளொளிர்வு LED ஐ உற்பத்தி செய்த பின்னர் வீடுகளிலும் வீதிகளிலும் ஒளியேற்றுவதற்கு LED அதிக அளவில் பயன்படுத்தப்படுகின்றது. LED இல் சக்தி மிகக் குறைந்த அளவில் செலவிடப்படுவதும் ஆயுட்காலம் 50 000 மணித்தியாலமாக இருப்பதும் அதன் பயன்பாடு பிரசித்தி பெறக் காரணமாக உள்ளது.

மேலதிக அறிவுக்கு

- பல்வேறு நிறமுள்ள LED இக்களை ஒளிர்த்துவதற்குத் தேவையான அழுத்தம் வேறுபடுகிறது. இந்த இழிவு அழுத்தம் கீழே தரப்பட்டுள்ளது. இவற்றினூடான மின்னோட்டப் பாய்ச்சல் 10 mA - 20 mA வரையாக இருக்கும்.

நிறம்	குறைகடத்திப் பதார்த்தம்	இழிவு வோல்ற்றளவு
சிவப்பு	Ga As	1.8 V
செம் மஞ்சள்	Ga As P	2 V
மஞ்சள்	Al In Ga P	1.8 V
பச்சை	Ga P	2.2 V
நீலம்	Ga N	5 V

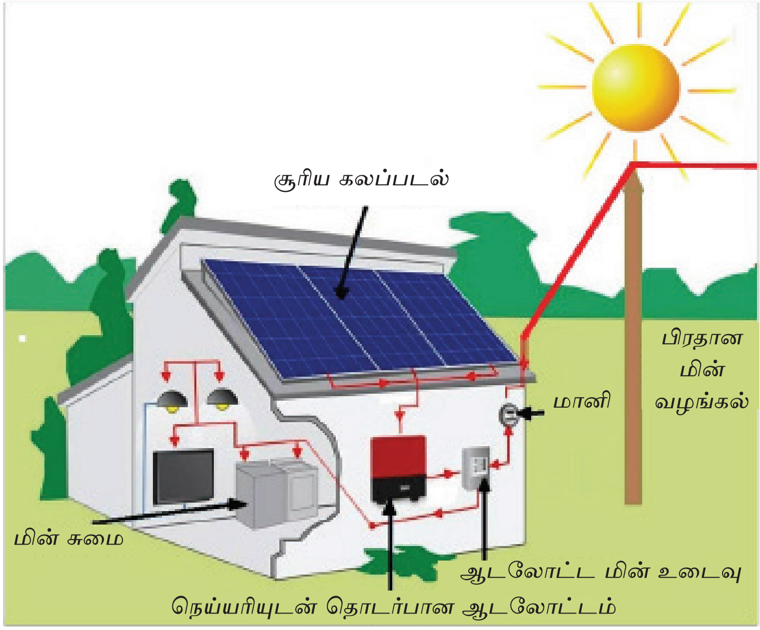
- LED யினால் ஒரு நிற ஒளியே காலப்படுகிறது. LED ஒளிராத போது அதனால் காலப்படும் ஒளியின் நிறத்தை இனங்காண்பதற்கு உறை நிறமூட்டப்பட்டிருக்கும்.
- LED இனூடாகப் பாயும் ஓட்டம் அதிகரிக்கும்போது அதன் ஒளிர்வு அதிகரிக்கின்றது. கூடுதலான ஒளிர்வுடன் ஒளிரும்போது அதன் ஆயுட்காலம் குறைகின்றது.

11.4.6 சூரிய கலங்கள்

சூரிய கலங்கள் சிலிக்கனால் செய்யப்பட்ட p - n சந்திகளினால் ஆக்கப்பட்டுள்ளன. இச் சந்தி மீது ஒளி படுமாறு இது புறத்தே திறந்துள்ளது. இச்சிலிக்கன் p - n சந்தி மீது சூரிய கதிர்கள் படும்போது சந்தியினூடாக ஏறத்தாழ சிறிய மின்னியக்க விசை (அழுத்த வித்தியாசம்) பிறப்பிக்கப்படுகின்றது. இத்தகைய ஒரு p - n சந்தியை மின்னியக்க விசை முதலாகப் பயன்படுத்தலாம் ஆகையால் இது சூரிய கலம் எனப்படும்.

இத்தகைய பல கலங்களைத் தொடராகவும் சமாந்தரமாகவும் அமைத்துக் கூடுதலான வோல்ற்றளவையும் (12 V இல் இருந்து 15 V வரை) பெரிய மின்னோட்டத்தையும் பெறக்கூடிய ஓர் ஒழுங்கமைப்பைச் செய்யலாம். இத்தகைய ஓர் ஒழுங்கமைப்பு சூரிய படல் (Solar Panel) எனப்படும்.

இச்சூரிய படல் முதலில் செய்மதிகளின் பயன்பாட்டிற்காக உற்பத்தி செய்யப்பட்டது. செய்மதிகளுக்கு மின்னைப் பெறுவதற்குப் பற்றரிக்குப் பதிலாக இது பயன்படுத்தப்பட்டது. அப்போது அதன் விலை மிகவும் அதிகமாக இருந்த அதேவேளை உற்பத்தித் தொழினுட்பவியல் மேம்பட்டதும் அதனைக் குறைந்த விலைக்கு உற்பத்தி செய்யத்தக்கதாக இருப்பதனால் வீடுகளுக்கு ஒளியூட்டுவதற்கும் இப்போது சூரிய படல்கள் பயன்படுத்தப்படுகின்றன.



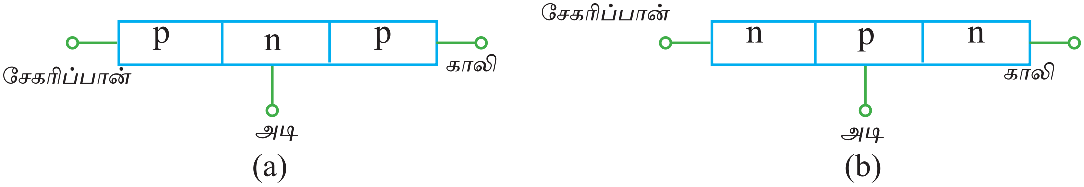
உரு 11.19. பிரதான மின் நெய்யரியுடன் சூரிய வலு இணைக்கப்பட்டுள்ள வீட்டுத் தொகுதியின் அமைப்பு

இலவசமாகக் கிடைக்கும் சூரிய சக்தியினால் தொழிற்படுவதனாலும் எவ்வித சூழல் மாசடைதலுக்கும் ஏதுவாக அமையாமல் இருப்பதனாலும் கூடுதலான ஆயுட் காலத்தைக் கொண்டிருப்பதனாலும் சூரிய கலங்கள் சக்தி நெருக்கடிக்குத் தீர்வாக அமையுமென நம்பப்படுகின்றது.

கடிகாரம், கணிப்பான் ஆகியவற்றுக்கும் தற்போது பயன்படுத்தப்படும் சூரிய கலங்கள், சூரிய வலுவினால் தொழிற்படுத்தப்படும் மோட்டர் வாகனங்களை உற்பத்தி செய்வதற்கும் பயன்படுத்தப்படுகின்றன.

11.5 திரான்சிற்றர்

இலத்திரனியலின் பெரும் முன்னேற்றத்திற்குக் காரணமான திரான்சிற்றர் இரு p - n சந்திகளினால் உருவாக்கப்பட்டுள்ளது.

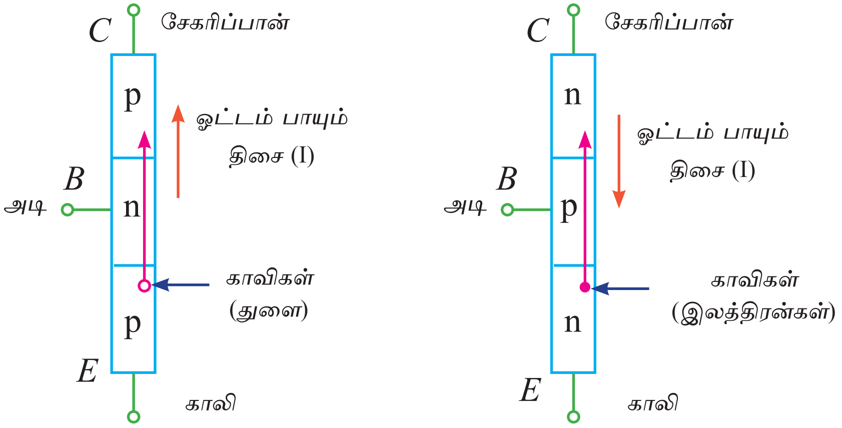


(a) pnp திரான்சிற்றரின் கட்டமைப்பு (b) npn திரான்சிற்றரின் கட்டமைப்பு

உரு 11.20

இவ்வாறு அமைக்கத்தக்க இரு விதங்கள் மேற்குறித்த 11.20 உருவில் காணப்படுகின்றன. இவை pnp, npn திரான்சிற்றர் எனப்படும். ஒவ்வொரு வகையின் பகுதியிலிருந்தும் ஒரு முடிவிடம் வீதம் திரான்சிற்றரிலிருந்து புறத்தே மூன்று முடிவிடங்கள் தொடுக்கப்படுகின்றன. திரான்சிற்றர் தொழிற்படும்போது ஓர் அந்தத்தில் உள்ள ஒரு பிரதேசத்திலிருந்து ஏற்றக் காவிகள் (இலத்திரன்கள் அல்லது துளைகள்) காலப்படும் அதேவேளை மற்றைய அந்தத்தில் உள்ள பிரதேசத்தில் அக்காவிகள் சேகரிக்கப்படுதல் (சேர்த்தல்) நடைபெறுகின்றது. ஆகவே அந்தங்களில் உள்ள இரு பிரதேசங்களும் முறையே காலி (Emitter), சேகரிப்பான் (Collector) எனப்படும். நடுவில் உள்ள பிரதேசத்தின் மூலம் காலியிலிருந்து சேகரிப்பானிற்குச் செல்லும் காவிகளைக் கட்டுப்படுத்தத் தக்கதாக இருக்கும் அதேவேளை அப்பிரதேசம் அடி (Base) எனப்படும். உருக்களில் இப்பிரதேசங்களாகிய காலி, சேகரிப்பான், அடி ஆகியவற்றைக் காட்டுவதற்கு முறையே ஆங்கிலச் சொற்களின் முதலெழுத்துகளாகிய E, C, B ஆகியன பயன்படுத்தப் படுகின்றன.

இலத்திரனியற் சுற்றுகளில் திரான்சிற்றரைக் காட்டுவதற்குப் பயன்படுத்தப்படும் நியமக் குறியீடுகள் கீழே காட்டப்பட்டுள்ளன.



(a) குறைகடத்தி அமைப்பு

(b) நியமக் குறியீடுகள்

உரு 11.21

- காலி (E) இனங்காண்பதற்கு அம்புக்குறி பயன்படுத்தப்படுகின்றது.
- அம்புக்குறியினால் காலிக்கும் சேகரிப்பானுக்குமிடையே திரான்சிற்றரில் ஓட்டம் பாயும் திசை காட்டப்படுகின்றது.

மேலதிக அறிவுக்கு

- எப்போதும் காலியிருந்து சேகரிப்பானுக்குக் ஏற்றக் காவிகள் பாய்கின்றன.
- p - வகை குறைகடத்தியின் ஏற்றக் காவி துளை(+ ஓர் ஏற்றத்திற்கேற்ப) ஆகையால் pnp திரான்சிற்றரின் ஓட்டம் காலியிலிருந்து சேகரிப்பானுக்குப் பாயும் (B அம்புக்குறி உட்பட)
- n - குறைகடத்தியின் ஏற்றக் காவி இலத்திரன்கள் ஆகையால் npn திரான்சிற்றரில் ஓட்டம் சேகரிப்பானிலிருந்து காலிக்குப் பாயும் (B அம்புக்குறி உட்பட)

திரான்சிற்றர் தொழிற்படும்போது அதன் முடிவிடங்களுக்குச் சரியாக அழுத்தங்களை வழங்க வேண்டும். இது திரான்சிற்றரைக் கோடலுறச் செய்தல் எனப்படும். இங்கு அடி காலிச் சந்தி முன்முகக் கோடலுற வேண்டிய அதேவேளை ஒரு கூடுதலான அழுத்தத்துடன் அடி - சேகரிப்போன் சந்தியைப் பின்முகக் கோடலுறச் செய்தல் வேண்டும்.

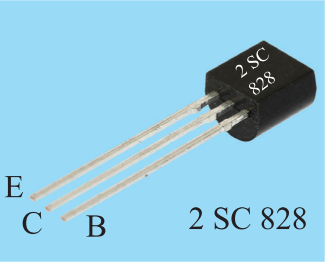
இதற்காக திரான்சிற்றரின் குறியீட்டின் அம்புக்குறி மின்னோட்டம் பாயும் திசையாகும். C, E முனைகளுக்கு அழுத்தம் வழங்க வேண்டும். இதற்கேற்ப pnp திரான்சிற்றருக்கு E நேர் (+) முனையுடனும் C மறை (-) முனையுடன் தொடர்புபடுத்த வேண்டும். (மின்னோட்டம் எப்போதும் (+) இல் இருந்து (-1) பாயும்) npn திரான்சிற்றரான முடிவிடம் C ஆனது (+) முனைக்கும், E ஆனது (-) முனையுடனும் தொடர்புபடுத்த வேண்டும். எப்பொழுதும் B முனைக்கு திரான்சிற்றர் C முனை அழுத்தத்தை விட குறைவான அழுத்த பெறுமானத்தை வழங்க வேண்டும்.

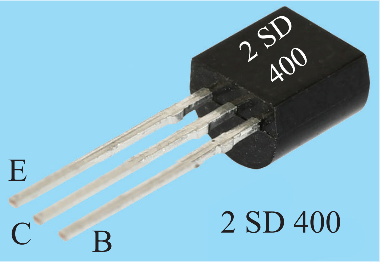
திரான்சிற்றர் வகைகள் அதிக எண்ணிக்கையில் இருப்பதனால், அவை பல்வேறு புற வடிவங்களில் உற்பத்தி செய்யப்படுகின்றன. இவற்றை ஒன்றிலிருந்தொன்று வேறுபடுத்தி இனங்காண்பதற்கு எண்கள் இடப்பட்டுள்ளன.

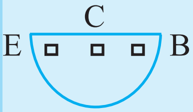
உதாரணம் : 2SC828 (C828), 2SD400 (D400), 2SC10161 (C1061), 2SD313 (D313)

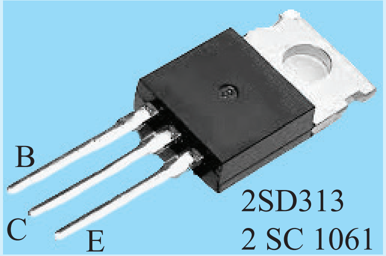
மேலதிக அறிவுக்கு

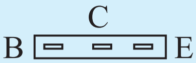
திரான்சிற்றர்களின் முடிவிடங்களைப் புறத்தே இனங்காண்பதற்கு ஒரு பொது நியம முறை இல்லை. க.பொ.த (சா.த.) பாடத்திட்டத்தில் குறிப்பிட்ட பரீட்சைகளில் பயன்படுத்தப்படும் சில திரான்சிற்றர்களின் முடிவிடங்களை இனங்காணும் விதம் கீழே தரப்பட்டுள்ளது.











(இவை எல்லாம் npn, சிலிக்கன் திரான்சிற்றர்களாகும்.)

தரவுப் புத்தகங்களில் முடிவிடங்கள் எம்மை நோக்கிப் பிடிக்கப்படும்போது அடியின் முடிவிடங்கள் பொருந்தியிருக்கும் விதம் காட்டப்பட்டுள்ளது (இருபரிமாண வரிப்படம்).

11.5.1 திரான்சிற்றரின் விரியலாக்கத் தொழிற்படல்

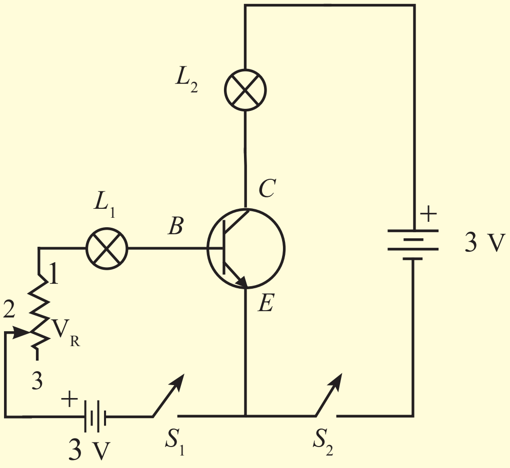
- **ஓட்ட விரியலாக்கி**

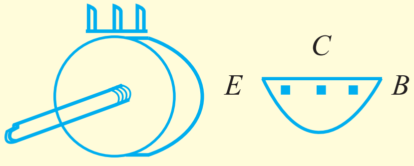
திரான்சிற்றர் அடிப்படையில் ஓட்ட விரியலாக்கியாகப் பயன்படுத்தப்படுகின்றது. இங்கு திரான்சிற்றர் விரியலாக்கச் சுற்றின் பெய்ப்பாக (Input) ஒரு சிறிய ஓட்டம் (நேரோட்டம்) வழங்கப்படும்போது விரியலாக்கியின் பயப்பிலிருந்து (output) ஒரு பெரிய ஓட்டத்தைப் பெறலாம்.

செயற்பாடு 11.3

1. ஓர் 2 SD400 (D400) திரான்சிற்றர்
2. 2.5 V மின்சூள் குமிழ்கள் இரண்டு
3. 3 V பற்றரி உறைகள் இரண்டு
4. 1.5 V உலர் கலங்கள் நான்கும்
5. ஆளிகள் இரண்டும் (அழுத்தும் ஆளி மிகவும் பொருத்தமானது)
6. 10 kΩ கன ஆழுகை
6. சுற்றுப் பலகை

ஆய்கூடத்தில் உள்ள சுற்றுப் பலகையில் கீழே காட்டப்பட்டுள்ள சுற்றை அமைக்க (இதற்காக சுற்றுப்பலகை பயன்படுத்த முடியுமாயின் மிகவும் எளிதாகும் இதுபற்றி ஆசிரியரிடம் கேட்டு அறிக). உலர் கலம் சோடி வீதம் பற்றரி உறைகளில் பொருத்தி சுற்றுடன் தொடுக்க. தொகுதிக் கட்டுப் படுத்தி (Volume Controller) (மாறுந் தடை) திரான்சிற்றரின் முடிவிடங்களின் தொடுப்பு இங்கு காணப்படுகின்றது.





V_{R_1} D400

(இங்கு S_1 ஆளி 3 V பற்றரி, V_R தொகுதிக் கட்டுப்படுத்தி, L_1 மின்குமிழ் பெய்ப்புச் சுற்றில் இருக்கும் அதேவேளை 3 V பற்றரி பயப்புச் சுற்றில் இருக்கின்றது.) S_1,S_2 ஆகிய ஆளிகள் திறந்து (off) இருக்கும்போது பற்றரி சரியாகப் பொருத்தப்பட்டிருத்தல் வேண்டும். முதலில் S_1 ஐ மூடி (on) மின்குமிழ் L_1 ஐ மட்டுமட்டாக ஒளிருமாறு V_R இல் தடைகளை செப்பஞ்செய்க. மறுபடியும் ஆளி S_1 ஐத் திறக்க (off). பின்வரும் அட்டவணையில் காணப்படுகின்றவாறு S_1, S_2 ஆகிய ஆளிகளைத் திறந்து கொண்டும் மூடிக் கொண்டும் குமிழ்களின் ஒளிர்வை அவதானித்து அட்டவணையை நிரப்புக.

S_1	S_2	L_1 குமிழ்		L_2 குமிழ்	
		ஒளிர்தல்	ஒளிர்வு	ஒளிர்தல்	ஒளிர்வு
off	off	×	–	×	–
on	off	✓	குறைவு	×	–
off	on				
on	on				

(அவதானிப்பு அட்டவணையில் பதிவுகள் செய்யப்படும் விதத்தை விளக்குவதற்கு முதலாம், இரண்டாம் நிரல்கள் கிடைக்க வேண்டிய அவதானிப்புகளிலிருந்து நிரப்பப்பட்டுள்ளன. நான்கு படிமுறைகளையும் செய்து 1, 2 ஆகிய நிரல்களின் செம்மையை உறுதிப்படுத்துக.) குமிழ்களின் ஒளிர்வு குறைவெனின் அதில் பாயும் ஓட்டம் சிறிது எனவும் ஒளிர்வு கூடியதெனின் பாயும் ஓட்டம் பெரிது எனவும் எடுத்துக் கொள்ளலாம்.

மேற்குறித்த அவதானிப்புகளிலிருந்து நாம் பின்வரும் முடிபுகளுக்கு வரலாம்.

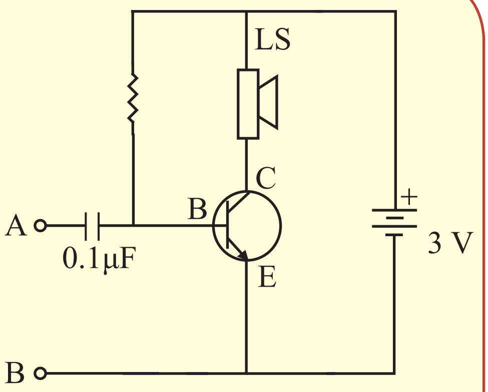
- பெய்ப்புச் சுற்றில் ஓர் ஓட்டம் பாயும்போது மாத்திரம் பயப்புச் சுற்றில் ஓட்டம் பாய்கின்றது.
- பயப்புச் சுற்றுக்கு அழுத்தத்தை வழங்கினாலும் பெய்ப்பில் ஓர் ஓட்டம் பாயாவிட்டால் பயப்பில் ஓட்டம் பாய்வதில்லை.
- பெய்ப்பில் ஒரு சிறிய ஓட்டம் பாயும்போது (குமிழ் L_1 இல் ஒளிர்வு குறைவு). பயப்பில் ஒரு பெரிய ஓட்டம் பாய்கின்றது (குமிழ் L_2 இல் ஒளிர்வு கூடியது) (பெய்ப்பில் ஓட்டம், அடி ஓட்டம் I_B என அழைக்கப்படும் அதேவேளை பயப்பில் ஓட்டம் சேகரிப்பான் ஓட்டம் I_C எனப்படும்.)
- பெய்ப்பில் பாயும் ஒரு சிறிய ஓட்டம் I_B ஐப் பயப்பில் ஒரு பெரிய ஓட்டம் I_C ஆகத் திரான்சிற்றரின் மூலம் விரியலாக்கம் செய்யலாம்.

- **சமிக்ஞை விரியலாக்கி**

திரான்சிற்றர் பெரும்பாலும் ஓர் ஓட்ட விரியலாக்கியாக மாத்திரமல்ல, சமிக்ஞை விரியலாக்கியாகவும் பயன்படுத்தப்படுகின்றது. ஒரு கேள்மீடிறன் சமிக்ஞை விருத்தி செய்யப் பயன்படுத்தத்தக்க விதம் கீழே காட்டப்பட்டுள்ளது.

செயற்பாடு 11.4

1. ஓர் 2 SD 400 திரான்சிற்றர்
2. ஓர் 22 kΩ காபன் தடை
3. ஓர் 8 Ω ஒலிபெருக்கி
4. ஒரு 0.1μF கொள்ளளவி
5. ஒரு 3 V பற்றரி உறை
6. இரு 1.5 V உலர் கலங்கள்
7. ஒரு சுற்றுப் பலகையும் தொடுக்கும் கம்பியும்
8. கேள்மீடிறன் பிறப்பாக்கி



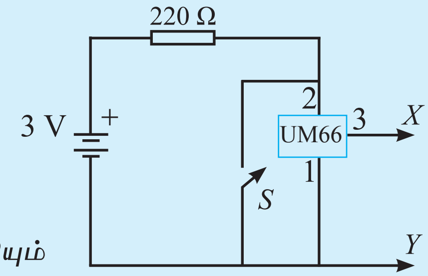
சுற்றில் காணப்படுகின்றவாறு சுற்றுப் பலகையில் சுற்றை அமைக்க. A, B ஆகிய இடங்களில் ஒரு கேள்மீடிறன் பிறப்பாக்கியினால் (AF Signal generator) அல்லது வேறு கேள்மீடிறன் பிறப்பாக்கியினால் ஒரு சிறிய சமிக்ஞையை வழிப்படுத்துக. (முதலில் கேள்மீடிறன் பிறப்பாக்கியை ஒலிபெருக்கியுடன் தனியே தொடுத்து ஒலி கேட்கும் அளவிற்கு அதில் பயப்பைத் தயார் செய்க) கேள்மீடிறன் பிறப்பாக்கியிலிருந்து கிடைக்கும் ஒலி விரியலாக்கமடைந்து ஒலிபெருக்கியில் கேட்கும். 0.1 μF கொள்ளளவியானது ஆடலோட்ட சமிக்ஞையை திரான்சிற்றரின் அடியில் ஏற்படுத்துவதற்கு பயன்படுத்தப்பட்டு அடிக்குத் தேவையான 0.7 V அளவை 22 kΩ தடை மூலம் பெற்றுக் கொடுக்கப்பட்டுள்ளது.

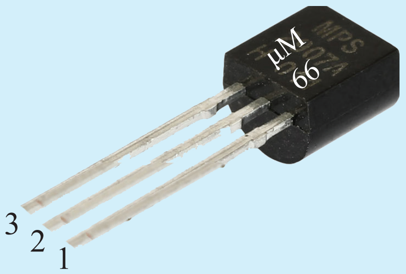
மேலதிக அறிவுக்காக

ஒருங்கிணை சுற்று ஒன்றைப் பயன்படுத்தி எளிதாக ஓர் இசைக் கேள்மீடிறன் அலையை உற்பத்தி செய்யும் பிறப்பாக்கியின் செய்யத்தக்க சுற்று கீழே காணப்படுகின்றது. இந்தச் சுற்றை ஒரு பலகை மீது அமைத்து மேற்குறித்த கேள் மீடிறன் விரியலாக்கிக்குச் சமிக்ஞையை வழங்கப் பயன்படுத்தலாம்.

தேவையான உபகரணங்கள்

1. ஒரு UM 66 திரான்சிற்றர்
2. ஓர் 220 Ω காபன் தடை
3. ஓர் ஆளி
4. ஒரு 3 V பற்றரி உறை
5. இரு 1.5 V உலர் கலங்கள்
6. ஒரு சுற்றுப் பலகையும் தொடுக்கும் கம்பியும்





இங்கு X, Y ஆகிய முடிவிடங்களை விரியலாக்கிச் சுற்றின் A, B ஆகியவற்றுடன் தொடுப்பதன்மூலம் சைகை விரியலாக்கிக்கு வழங்கத்தக்க ஆளியை மூடி மறுபடியும் திறப்பதன் மூலம் இசைச் சமிக்ஞையை மாற்றலாம். பொதுவாக இதனைத் திறந்து (off) வைக்க.

11.5.2 திரான்சிற்றர் ஆளியாகத் தொழிற்படுதல்

ஒரு பொறிமுறை ஆளிக்குப் பதிலாக ஒரு குறித்த உணர்விற்கேற்ப தொழிற்படும் இலத்திரனியல் ஆளியாகத் திரான்சிற்றர் தொழிற்படலாம்.

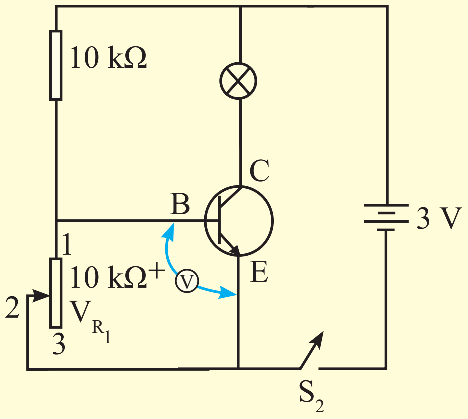
செயற்பாடு 11.5

தேவையான உபகரணங்கள்

1. 2SD313 திரான்சிற்றர்
2. பன்மானி
3. 2.5 V குமிழ்
4. 3 V பற்றரி உறை
5. இரு 1.5 V உலர் கலங்கள்
6. 10 kΩ கன ஆளுகை (V_R)
7. 10 kΩ தடை
8. ஒரு சுற்றுப் பலகை
9. ஓர் ஆளி (S)

பன்மானியின் ஆளி 2.5 V (DC) இற்கு வழிப்படுத்தித் திரான்சிற்றரின் அடிக் கும் காலிக்குமிடையே தொடுக்க (அதன் நேர் ஆளியை (Probe) அடியுடன் தொடுத்தல் வேண்டும்).

பின்வரும் சுற்றை ஒரு சுற்றுப் பலகை மீது அமைக்க. தொகுதிக் கட்டுப்படுத்தியின் மூலம் தடையை இழிவளவாக்கத்தக்கவாறு அதனை முற்றாக வலப்பக்கமாகச் சுழற்றுக. ஆளி S ஐத் திறந்து (off) வைத்து பற்றரிச் சுற்றுக்கு இடுக.



- இப்போது ஆளி S ஐத் திறக்க. குமிழ் ஒளிர்ந்ததும் வோல்ற்றுமானியின் ஒரு வாசிப்பை அவதானிக்க.
- தடை படிப்படியாக அதிகரிக்குமாறு தொகுதிக்கட்டுப்படுத்தியை மெதுவாக இடப்பக்கத்திற்குச் சுழற்றுக (குமிழையும் அவதானித்துக் கொண்டு ஒரு வோல்ற்றுமானி வாசிப்பு).
- வோல்ற்றுமானி வாசிப்பு 0.7 V இற்குக் கிட்டியதாக இருக்கும்போது குமிழ் ஒளிரத் தொடங்கும் எனவும் அதன் பெறுமானம் ஏறத்தாழ 0.8 V ஆகும்போது குமிழ் கூடுதலான ஒளிர்வுடன் ஒளிரும் எனவும் அவதானிக்க.

மேற்குறித்த செயற்பாட்டிலிருந்து பின்வரும் முடிபுகளுக்கு நாம் வரலாம்.

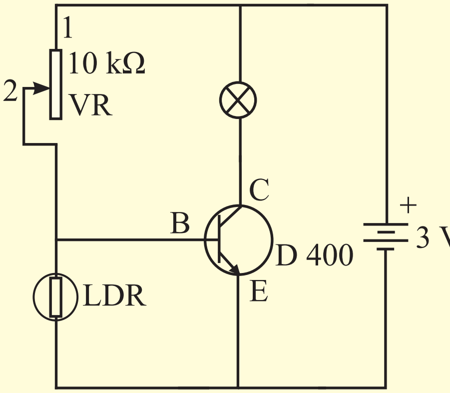
- காலிக்கும் அடிக்குமிடையே அழுத்த வித்தியாசம் 0.7 V இலும் குறையும்போது திரான்சிற்றரின் சேகரிப்பான் ஓட்டம் I_C பாய்வதில்லை.
- காலி - அடி அழுத்த வித்தியாசம் ஏறத்தாழ 0.7 V ஆக இருக்கும்போது சேகரிப்பான் ஓட்டம் பாயத் தொடங்கும்.
- காலி - அடி அழுத்த வித்தியாசம் 0.7 V இற்கு மேற்படும்போது (ஏறத்தாழ 0.8 V) உயர்ந்தபட்சச் சேகரிப்பான் ஓட்டம் பாயும்.
- இதற்கேற்ப B - E முடிவிடங்களுக்கிடையே உள்ள அழுத்தம் 0.7 V இலும் குறையும்போது திரான்சிற்றர் திறந்த ஆளியாகத் (off) தொழிற்படுகின்றது. E - B முடிவிடங்களுக்கிடையே உள்ள அழுத்தம் 0.7 V இற்கு மேற்படும்போது அது மூடிய (on) ஆளியாகத் தொழிற்படும்.

இக்கோட்பாட்டைப் பயன்படுத்தி இருள் சூழும்போது தன்னியக்கமாகத் தொழிற்படும் ஓர் ஆளிச் சுற்று அமைக்கப்படும் விதத்தை அடுத்த செயற்பாட்டிலிருந்து நாம் அறிந்து கொள்ளலாம். இங்கு ஒளிக்கு உணர்ச்சியுள்ள தடை (LDR) ஒளி உணரியாகப் பயன்படுத்தப்பட்டுள்ளது (இங்கு எதிரேயுள்ள பரப்பில் ஒளி படும்போது அதன் தடை மிகவும் குறைவாக இருக்கும் அதேவேளை (1Ω வரிசை) இருட்டில் (100 kΩ வரிசையிலாகும்) மிகவும் கூடுதலாகும்.

செயற்பாடு 11.6

தேவையான உபகரணங்கள்

1. D 400 அல்லது D 313 திரான்சிற்றர்
2. ஓர் LDR
3. ஒரு 10 kΩ கன ஆளுகை
4. ஓர் 2.5 V குமிழ்
5. ஒரு 3 V பற்றரி உறை
6. ஒரு சுற்றுப் பலகையும் தொடுக்கும் கம்பியும்



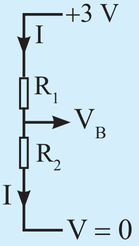
சுற்று

- LDR இன் மேற்பரப்பை விரல் நுனியினால் மூடி (இருட்டாக) குமிழ் ஒளிரும் வரைக்கும் VR இன் தடையைச் செப்பஞ்செய்க.
- விரல் நுனியை அகற்றி LDR இல் ஒளி அதிகரிப்பதற்கு இடமளிக்க.
- குமிழ் அணையும் (தேவையான அளவிற்கு இருள் சூழும்போது குமிழ் ஒளிருமாறு VR ஐத் தயார்செய்க.)

மேலதிக அறிவுக்கு

- இங்கு மாறுந் தடையி VR உம் LDR உம் அழுத்தப் பிரியியாகத் (Potential divider) தொழிற்படுகின்றன. (அதற்கு முந்திய செயற்பாட்டில் 10 kΩ மாறுந் தடையி)
- இவ்விரு தடையிகளுக்கும் குறுக்கே மொத்த அழுத்த வித்தியாசம் 3 V ஆகும்.

$V = IR$ (ஓம் விதியிலிருந்து)



$$3 = I(R_1 + R_2)$$

$$\therefore I = \frac{3}{R_1 + R_2}$$

B யின் அழுத்தம் V ஆகும். R_2 இனூடாக அழுத்தம் V ஆகும்.

$$V_B = R_2 I$$

$$\therefore I = R_2 \times I \frac{3 R_2}{R_1 + R_2}$$

- R_1 ஐ மாறாமல் வைத்து R_2 ஐ மாற்றுவதன் மூலம் 0 V தொடக்கம் 3 V வரையுள்ள எந்தவோர் அழுத்தத்தையும் B புள்ளிக்கு வழங்கலாம்.
- R_2 = 10 kΩ எனின், V = 0.7 V ஆவதற்கு R_2 இன் பெறுமானம்

$$0.7 = \frac{3 \times R_2}{10,000 + R_2}$$

$$7000 + 0.7\,R_2 = 3 \times R_2$$

$$7000 = 3 \times R_2 - 0.7\,R_2 = 2.3\,R_2$$

$$\therefore\ R_2 = \frac{7000}{2.3} = 3043\ \Omega$$

∴ R_2 இன் பெறுமானம் 3043 Ω ஆக இருக்கும்போது B யின் அழுத்தம் 0.7 V ஆகும்.

- LDR இன் தடைக்கு ஒளி குறைவதனால் அதன் தடை 3043 வரைக்கும் அதிகரிக்கும்போது குமிழ் மட்டுமட்டாக ஒளிரும் அதேவேளை மேலும் இருளாகும்போது அழுத்தம் 0.7 V இற்கு அதிகரிப்பதனால் I_C ஓட்டம் உயர்ந்தபட்சம் அதிகரிக்கின்றது (ஆளி மூடியுள்ளது ON)

பொழிப்பு

- உலோகக் கடத்திகளில் மின்னைக் கடத்தும் ஏற்றம் பெற்ற காவி மறை ஏற்றம் பெற்ற இலத்திரனாகும்.
- குறைகடத்திகளிலும் மின் கடத்தலில் பங்களிப்புச் செய்யும் ஏற்றக் காவிகள் இலத்திரன்களும் நேரேற்றத்தை ஒத்த துளைகளுமாகும்.
- பிணைப்புகள் உடைந்து இலத்திரன்கள் விடுவிக்கப்படுவதோடு துளைகளும் உண்டாக்கப்படுவதால் குறைகடத்திகளில் காணப்படும் சுயாதீன காவிக் இலத்திரன்களின் எண்ணிக்கைக்கு சமமான துளைகளும் காணப்படும்.
- இதனால் குறைகடத்தியினூடாக மின்னழுத்த வித்தியாசத்தில் ஏற்படுத்தும் போது நேர் அழுத்தத்திலிருந்து மறை அழுத்தத்தை நோக்கி இலத்திரன்களும் செல்வதோடு (நியம) மின்னோட்டம் நேர் அழுத்தத்திலிருந்து மறை அழுத்தத்திற்குப் பாய்கின்றது.

- உள்ளீட்டுக் குறைகடத்திகளுக்கு V ஆம் கட்ட மூலகத்தை மாசூட்டல் செய்வதனால் n - வகை குறைகடத்தியை தயாரிக்க முடியும்.
- உள்ளீட்டுக் குறைகடத்திகளுக்கு III ஆம் கட்ட மூலகத்தை மாசூட்டல் செய்வதனால் p - வகை குறைகடத்தியை தயாரிக்க முடியும்.
- p - n சந்தியின் p பிரதேசத்தில் மறையாகும் வகையில் புற அழுத்த வித்தியாசத்தை ஏற்படும்போது வறிதாக்கற் பிரதேசம் அகன்று மின்னோட்டம் பாயாது. இது பின்முகக் கோடல் எனப்படும்.
- p - n சந்தியின் p பிரதேசம் நேராகும் வகையில் புற அழுத்தவித்தியாசத்தை ஏற்படுத்தும்போது வறிதாக்கற் பிரதேசம் ஒடுங்கி தடுப்பழுத்தத்தை மீறும் அளவிற்கு அழுத்தம் அதிகரிக்கும்போது சந்தியினூடாக மின்னோட்டம் பாயும். இது ''முன்முகக் கோடல்'' எனப்படும்.
- p - n சந்தியினூடாக தடுப்பழுத்தம் சிலிக்கன் சந்திக்கு 0.7 V ஆவதுடன் Ge சந்திக்கு 0.3 V ஆகும். எப்போதும் காலியிலிருந்து சேகரிப்பானுக்கு காலிகள் பாயும்.
- P - வகை குறைகடத்திகளில் காலிகள் (நேரேற்றத்தை ஒத்த) துளைகளாவதால் p - n திரான்சிற்றரில் ஓட்டம் காலியிலிருந்து சேகரிப்பானுக்கு பாயும். இங்கு அம்புக் குறித்தலை உள்நோக்கி இருக்கும்.
- n - வகை குறைகடத்திகளில் காலிகள் இலத்திரன்களாவதால் n - p திரான் சிற்றரில் ஓட்டம் சேகரிப்பானிலிருந்து காலிக்குப் பாயும். இங்கு அம்புக்குறித்தலை வெளிநோக்கி இருக்கும்

கலைச் சொற்கள்

குறைகடத்திகள்	-	Semi conductors
உள்ளீட்டு	-	Intrinsic
வெளியீட்டு	-	Extrinsic
ஏற்றக் காவிகள்	-	Charge carriers
துளை	-	Hole
மாசூட்டல்	-	Doping
தானி அணு	-	Donor atom
ஏற்பான் அணு	-	Acceptor atom
வறிதாக்கற் பிரதேசம்	-	Depletion layer
சீராக்கும் இருவாயி	-	Rectifier diode
பாலம் சீராக்கி	-	Bridge Rectifier
ஒளி காலும் இருவாயி	-	Light Emiting Diode
திரான்சிற்றர்	-	Transistor
சேகரிப்பான்	-	Collector
காலி	-	Emitter
அடி	-	Base
ஓட்ட விரியலாக்கி	-	Current amplifier
அறிகுறி விரியலாக்கி	-	Signal amplifier
முன்முகக் கோடல்	-	Forward bias
பின்முகக் கோடல்	-	Reverse bias