

## மின்னணுவியல்

### பொருள்களின் வகைப்பாடு

#### காப்பான்கள்:

இணைதிறன் பட்டை மற்றும் கடத்து பட்டை ஆகியவை மிக அதிக அளவு ஆற்றல் இடைவெளியால் பிரிக்கப்பட்டுள்ளன. காப்பான்களில் விலக்கப்பட்ட ஆற்றல் இடைவெளி தோராயமாக  $6 \text{ eV}$  ஆகும். இந்த ஆற்றல் இடைவெளி மிக அதிகமாக இருப்பதால் மிக வலிமையான மின்புலம் அல்லது வெப்பநிலை அதிகரிப்பினால்கூட எலக்ட்ரான்களால் இணைதிறன் பட்டையிலிருந்து கடத்துபட்டைக்கு நகர இயலாது. எனவே, இவ்வகைப் பொருள்களில் கட்டுறா எலக்ட்ரான்கள் ஏறக்குறைய இல்லை என்பதால் மின்னோட்டம் பாய்வதற்கு வாய்ப்பு இல்லை, இவை காப்பான்கள் எனப்படும். இதன் மின்தடை எண்ணின் நெடுக்கம்  $10^{11}-10^{19} \Omega\text{m}$  என அமையும்.

#### கடத்திகள்:

கடத்திகளில், இணைதிறன் பட்டை மற்றும் கடத்து பட்டைகள் ஒன்றன்மீது ஒன்று பொருந்தியிருக்கும். எனவே, கட்டுறா எலக்ட்ரான்கள் எளிதாக இணைதிறன் பட்டையிலிருந்து கடத்துபட்டைக்குச் செல்லும். இதன் விளைவாகக் கடத்துபட்டையில் மிக அதிக எண்ணிக்கையில் கட்டுறா எலக்ட்ரான்கள் இடம்பெறும்.

எனவே, மிகக் குறைந்த வெப்பநிலைகளில்கூட மின் கடத்தல் நடைபெறும். கடத்திகளை மின்புலத்தில் வைக்கும்போது அது போதுமான ஆற்றலை எலக்ட்ரான்களுக்கு அளித்து அவற்றைக் குறிப்பிட்ட திசையில் இழுத்துச் செல்வதால் மின்னோட்டம் உருவாகிறது. கடத்திகளின் மின்தடை எண்ணின் மதிப்பு  $10^{-2} \Omega\text{m}$  மற்றும்  $10^{-8} \Omega\text{m}$  க்கு இடையே அமையும்.

#### குறை கடத்திகள்:

குறைகடத்திகளில், இணைதிறன் மற்றும் கடத்துபட்டைகளுக்கிடையே ஆற்றல் இடைவெளி குறுகியதாக ( $E_g < 3\text{eV}$ ) இருக்கும். குறிப்பிட்ட ஒரு வெப்பநிலையில், திண்மங்களில் வெப்ப அதிர்வானது அணுக்களுக்கிடையே சகப்பிணைப்பிணை முறிக்கும். (சகப்பிணைப்பு என்பது எலக்ட்ரான் பகிர்வின் மூலம் நிலையான எலக்ட்ரான் அமைப்பைப் பெறுவதற்கான ஒரு பிணைப்பு முறையாகும்).

இதனால் இணைதிறன் பட்டையிலிருந்து கடத்துபட்டைக்கு சில எலக்ட்ரான்கள் விடுவிக்கப்படுகின்றன. கட்டுறா எலக்ட்ரான்களின் எண்ணிக்கை குறைவாக இருப்பதால் குறைகடத்திகளின் கடத்துதிறன் கடத்திகளைப்போல அதிகமாக இருக்காது.

குறைகடத்திகளின் மின்தடை எண்ணின் மதிப்பு  $10^{-5} \Omega\text{m}$  மற்றும்  $10^6 \Omega\text{m}$  க்கு இடையில் அமையும்.

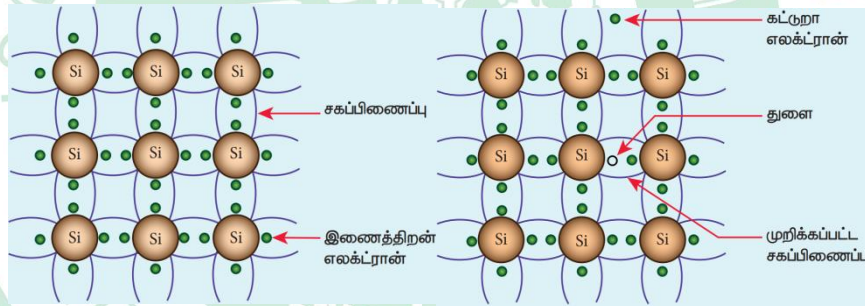
குறைகடத்திகளின் வெப்பநிலையை மேலும் அதிகரிக்கும்போது கடத்துபட்டைக்கு அதிக எலக்ட்ரான்கள் உயர்த்தப்படுவதால் மின்கடத்தல் அதிகரிக்கும். எனவே, வெப்பநிலை அதிகரிக்கும் போது மின்கடத்தலும் அதிகரிக்கும் எனக்கூறலாம். அல்லது வெப்பநிலை அதிகரிக்கும் போது மின்தடை குறையும் எனவும் கூறலாம்.

இவ்வாறு, குறைகடத்தியானது எதிர்க்குறி மின்தடை வெப்பநிலை எண்ணைக் கொண்டுள்ளது. குறைகடத்திப்பொருள்களில் முக்கியமானவை சிலிக்கான் (Si) மற்றும் ஜெர்மானியம் (Ge) ஆகும். அறை வெப்பநிலையில் சிலிக்கான் மற்றும் ஜெர்மானியம் ஆகியவற்றின் விலக்கப்பட்ட ஆற்றல் இடைவெளி முறையே 1.1 eV மற்றும் 0.7 eV ஆகும்.

**குறை கடத்திகளின் வகைகள்:**

**உள்ளார்ந்த குறை கடத்திகள்:**

மாசுகள் எவையும் கலக்காத தூய்மையான குறை கடத்தியானது உள்ளார்ந்த குறைகடத்தி எனப்படும். இங்கு மாசு என்பது, அதன் படி அணிக்கோவையில் பிற அணுக்கள் இடம்பெறுவது ஆகும். ஒவ்வொரு சிலிக்கான் அணுவின் வெளிச்சுற்றுப்பாதையிலும் நான்கு எலக்ட்ரான்கள் அருகிலுள்ள அணுக்களுடன் சகப்பிணைப்பில் ஈடுபட்டு அணுக்கோவையை உருவாக்கியுள்ளன.



குறைந்த வெப்பநிலையே சில சகப்பிணைப்புகளை முறிக்க போதுமானதாக அமைந்து எலக்ட்ரான்களை அணிக்கோவையிலிருந்து விடுவிப்பதைக் காணலாம். இதன் விளைவாக இணைத்திறன் பட்டையில் ஒரு சில நிலைகள் காலியானதாக மாறிவிடும் மற்றும் கடத்துபட்டையில் ஒரு சில நிலைகளில் எலக்ட்ரான்கள் இடம்பெறும்.

இணைத்திறன் பட்டையில் காணப்படும் காலியிடம் துளைகள் எனப்படும். துளைகள் என்பதில் எலக்ட்ரான்கள் இல்லாமல் இருப்பதால் அவை நேர்மின் துகளாகக் கருதப்படுகின்றன. எனவே குறை கடத்திகளில் எலக்ட்ரான்கள் மற்றும் துளைகள் என இரு வகை மின்னூட்ட ஊர்திகள் உள்ளன.

உள்ளார்ந்த குறைகடத்திகளில், கடத்து பட்டையிலுள்ள எலக்ட்ரான்களின் எண்ணிக்கையும், இணைத்திறன் பட்டையிலுள்ள துளைகளின் எண்ணிக்கையும் சமமாக அமையும்.

கடத்துபட்டையில் மின்னோட்டம் எலக்ட்ரான்கள் மூலமும், இணைதிறன் பட்டையில் மின்னோட்டம் துளைகள் மூலமும் ஏற்படும். இந்த மின்னோட்டங்கள் முறையே  $I_e$  மற்றும்  $I_h$  எனக் குறிக்கப்படும்.

மொத்த மின்னோட்டம் ( $I$ ) ஆனது எப்போதும் எலக்ட்ரான் மின்னோட்டம் ( $I_e$ ) மற்றும் துளை மின்னோட்டம் ( $I_h$ ) ஆகியவற்றின் கூடுதலாகவே அமையும்.  $I = I_e + I_h$

0 K வெப்பநிலையில் உள்ளார்ந்த குறைகடத்திகள் காப்பான்களாகவே செயல்படும். வெப்பநிலை அதிகரிக்கும்போது மின்னோட்ட ஊர்திகளும் (எலக்ட்ரான்கள் மற்றும் துளைகள்) அதிகரிக்கும். உள்ளார்ந்த குறைகடத்திகளின் ஆற்றல் மட்டப் படம் (9.4 ஆ) இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. உள்ளார்ந்த குறைகடத்திகளில் மின்னோட்ட ஊர்திகளின் செறிவு என்பது கடத்துபட்டையில் உள்ள எலக்ட்ரான்களின் எண்ணிக்கை அல்லது இணைதிறன் பட்டையில் உள்ள துளைகளின் எண்ணிக்கைக்குச் சமமாகும்.

#### புறவியலான குறைகடத்திகள்:

உள்ளார்ந்த குறைகடத்திகளில் உள்ள மின்னோட்ட ஊர்திகளின் செறிவு அதிக திறனுள்ள எலக்ட்ரானியல் கருவிகளை உருவாக்க போதுமானதாக இருக்காது. உள்ளார்ந்த குறைகடத்திகளில் மாசு அணுக்களைச் சேர்ப்பது மின்னோட்ட ஊர்திகளின் செறிவை அதிகரிக்க ஒரு வழியாக அமைகிறது. அதாவது, உள்ளார்ந்த குறைகடத்திகளுடன் மாசுகளைச் சேர்க்கும் நிகழ்வு மாகூட்டுதல் எனப்படும்.

இம்முறை குறைகடத்திகளில் மின்னோட்ட ஊர்திகளின் (எலக்ட்ரான்கள் மற்றும் துளைகள்) செறிவினை அதிகரித்து, அதன் மின் கடத்துதிறனையும் அதிகரிக்கிறது. இந்த மாசு அணுக்கள் மாகூட்டிகள் எனப்படும். மாகூட்டலின் அளவு 100ppm (மில்லியனில் ஒரு பங்கு) ஆக இருக்கும்.

#### n-வகை குறைகடத்தி

ஒரு தூய ஜெர்மானியம் (அல்லது சிலிக்கான்) படிகத்துடன் தொகுதி V இல் உள்ள ஐந்து இணைதிறன் தனிமங்களான பாஸ்பரஸ், ஆர்சனிக் மற்றும் ஆண்டிமனி ஆகியவற்றை மாகூட்டும்போது n-வகை குறைகடத்திகள் பெறப்படுகின்றன.

இந்த மாகூட்டிகள் ஐந்து இணைதிறன் எலக்ட்ரான்களைக் கொண்டவை; ஆனால், ஜெர்மானியம் நான்கு இணைதிறன் எலக்ட்ரான்களை கொண்டது. மாகூட்டல் செயல்முறையின்போது சில ஜெர்மானிய அணுக்களுக்குப் பதிலாக தொகுதி V மாகூட்டிகள் சேர்க்கப்படுகின்றன.

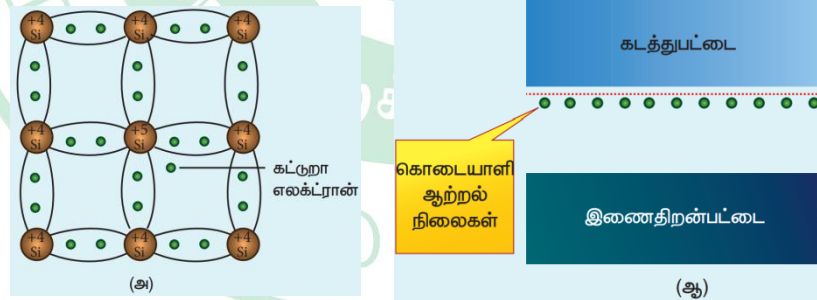
மாசு அணுவின் ஐந்து இணைதிறன் எலக்ட்ரான்களுள் நான்கு எலக்ட்ரான்கள் அருகிலுள்ள நான்கு ஜெர்மானிய அணுக்களுடன் சகப்பிணைப்பில் இணைக்கப்படுகின்றன. மாசு அணுவின் ஐந்தாவது எலக்ட்ரான் அணுக்கருவுடன் தளர்வாக இணைக்கப்படும் சகப்பிணைப்பில் இணைக்கப்படாமலும் உள்ளது

மாகூட்டி அணுவில் தளர்வாக இணைக்கப்பட்டுள்ள ஐந்தாவது எலக்ட்ரானின் ஆற்றல் நிலையானது, கடத்தும் பட்டையின் விளிம்புக்கு சற்றுக்கீழே அமைந்துள்ளது. இது கொடையாளி ஆற்றல் நிலை எனப்படும். அறை வெப்பநிலையில் இந்த எலக்ட்ரான்கள் வெப்ப ஆற்றலை உட்கவர்ந்து கொண்டு கடத்துப்பட்டையை அடையும். மேலும் புற மின்புலத்தினால்கூட தளர்வாகப் பிணைக்கப்பட்ட எலக்ட்ரான்கள் கட்டுறா நிலைக்கு மாற்றப்பட்டு மின்னோட்டம் கடத்தப்படும்.

உள்ளார்ந்த குறைகடத்தியில் இணைதிறன் பட்டையிலிருந்து எலக்ட்ரானை, கடத்து பட்டைக்கு மாற்ற தேவைப்படும் ஆற்றல் ஜெர்மானியம் மற்றும் சிலிக்கானில் முறையே 0.7eV மற்றும் 1.1eV ஆகும், ஆனால், கொடையாளி எலக்ட்ரானைக் கட்டுறா நிலைக்குக் கொண்டு செல்ல தேவைப்படும் ஆற்றல் ஜெர்மானியம் மற்றும் சிலிக்கானுக்கு முறையே 0.01 eV மற்றும் 0.05 eV மட்டுமே என்பதை முக்கியமாகக் கவனிக்க வேண்டும்.

தொகுதி V ல் இணைதிறன் மாசு அணுக்கள் கடத்து பட்டைக்கு ஓர் எலக்ட்ரானை அளிப்பதால், அவை கொடையாளி மாசுகள் எனப்படும். எனவே, கடத்து பட்டையில் வெப்ப அதிர்வின் காரணமாக உள்ள எலக்ட்ரான்களுடன் கூடுதலாக ஒவ்வொரு மாசு அணுவும் ஓர் எலக்ட்ரானை அளிக்கும்.

வெப்பத்தினால் உண்டாக்கப்பட்ட எலக்ட்ரான்கள் இணைதிறன் பட்டையில் துளையை உண்டாக்கும். எனவே n-வகை குறைகடத்தியில் எலக்ட்ரான்கள் பெரும்பான்மை ஊர்திகளாகவும், துளைகள் சிறுபான்மை ஊர்திகளாகவும் அமைந்துள்ளன. ஐந்து இணைதிறன் கொண்ட மாசு சேர்க்கப்பட்டுள்ள இந்த குறைகடத்தி n-வகை குறைகடத்தி எனப்படும்.



### p-வகை குறைகடத்தி

தொகுதி III இல் உள்ள போரான், அலுமினியம், கேலியம் மற்றும் இண்டியம் போன்ற மூன்று இணைதிறன் கொண்ட தனிமங்களின் அணுக்கள் ஜெர்மானியம் அல்லது சிலிக்கான் படலத்துடன் சேர்க்கப்பட்டு, p-வகை குறைக்கடத்திகள் பெறப்படுகின்றன. மாசு அணுவின் மூன்று இணைதிறன் எலக்ட்ரான்கள் அருகிலுள்ள ஜெர்மானிய அணுவின் பிணைக்கப்பட்டுள்ளது.

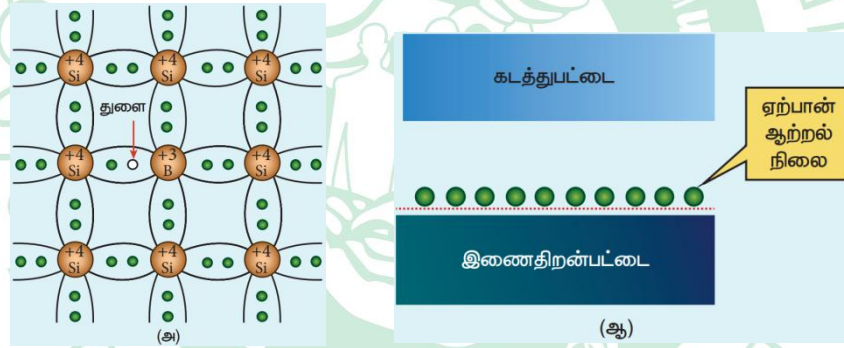
ஜெர்மானிய அணுவில் நான்கு இணைதிறன் எலக்ட்ரான்கள் இருப்பதால் ஜெர்மானிய படிகத்தில் மாசுஅணுவின் ஓர் எலக்ட்ரான் நிலை காலியாக அமையும்.

சகப்பிணைப்பில் எலக்ட்ரான் இல்லாதவெளியானது 'துளை' என அழைக்கப்படுகிறது.

அருகிலுள்ள நான்கு அணுக்களுடன் சகப்பிணைப்பினை நிறைவு செய்ய மாசு அணுவிற்குக் கூடுதலாக ஓர் எலக்ட்ரான் தேவைப்படுகிறது. இந்தமாசு அணுக்கள் அருகிலுள்ள உள்ள அணுக்களிலிருந்து எலக்ட்ரானை ஏற்றுக்கொள்ளும்.

எனவே, இவ்வகை மாசு அணு ஏற்பாள் மாசு எனப்படும். ஒவ்வொரு மாசு அணுவினால் தோற்றுவிக்கப்படும் துளைகளின் ஆற்றல் மட்டம் இணைதிறன் பட்டைக்குச் சற்று மேலே அமையும். இதனை ஏற்பாள் ஆற்றல் நிலை என்கிறோம்.

ஒவ்வொரு ஏற்பாள் அணுவிற்கும் இணைதிறன் பட்டையில் ஒரு துளை இருக்கும். மேலும், அதனுடன்கூட வெப்பத்தினால் உருவாக்கப்பட்ட எலக்ட்ரான்களும் இருக்கும். இந்தப் புறவியலான குறைகடத்திகளில், துளைகள் பெரும்பான்மை ஊர்திகளாகவும், வெப்பத்தினால் விடுவிக்கப்பட்ட எலக்ட்ரான்கள் சிறுபான்மை ஊர்திகளாகவும் செயல்படும். இம்முறையில் உருவாக்கப்பட்ட குறைகடத்திகள் p-வகை குறைகடத்திகள் எனப்படும்.



டையோடுகள்:

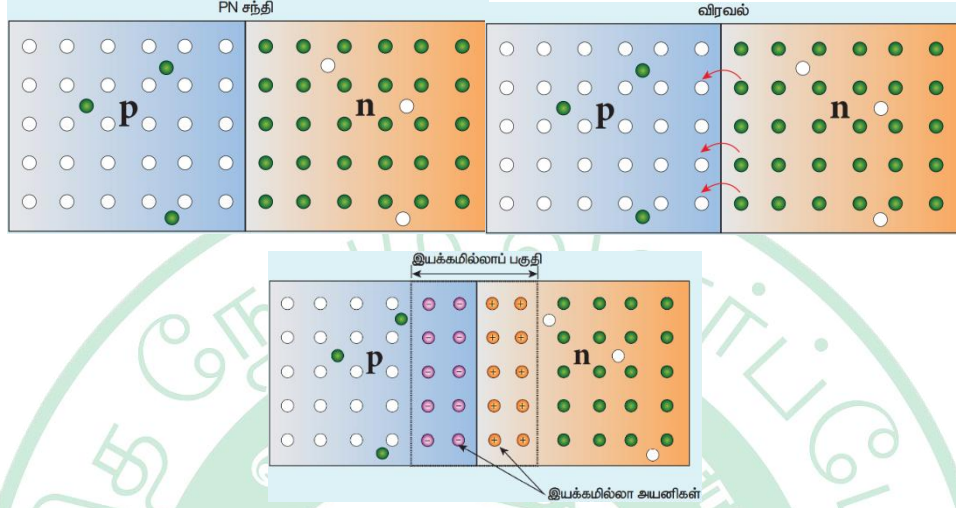
**P-N சந்தி உருவாக்கம்**

**இயக்கமில்லாப்பகுதி உருவாக்கம்**

n வகை மற்றும் p-வகை குறைகடத்திகளைச் சேர்க்கும் போது p-n சந்தி உருவாகிறது. n-பகுதியில் அதிக எலக்ட்ரான் செறிவும், p-பகுதியில் அதிக துளைகளின் செறிவும் இருப்பதால், எலக்ட்ரான்கள் n-பகுதியிலிருந்து p-பகுதிக்கு விரவுகின்றன இந்த எலக்ட்ரான் செறிவு வேறுபாட்டின் காரணமாக, விரவல் மின்னோட்டம் ஏற்படுகிறது.

p-பகுதியில் நுழையும் எலக்ட்ரான் அப்பகுதியிலுள்ள துளையை அடைவதால், அவை எதிர்மின் சமையைப் பெறும். இந்த எலக்ட்ரான்களால் n-பகுதியில் ஏற்படும் துளைகள் p-பகுதியிலிருந்து n-பகுதிக்கு விரவும் துளைகளுக்கு சமமாக அமையும்.

எலக்ட்ரான்களும் துளைகளும் மின்னூட்டம் அற்றவையாக இருந்தால் இருபகுதிகளிலும் எலக்ட்ரான் மற்றும் துளைகளின் செறிவு சமமாகும்வரை விரவல் நடைபெறும். இது இரு வாயுக்கள் ஒன்றையொன்று தொடும்போது ஏற்படும் நிகழ்வினைப் போன்று அமையும்.



ஆனால் p-n சந்தியில், எலக்ட்ரான்களும் துளைகளும் சந்தியின் அடுத்த பகுதிக்குச் செல்லும்போது மாச அணுவின்மீது மின்னூட்டத்தை ஏற்படுத்துவதால் அவை படிக தளத்தில் நிலையாகப் பொருத்தப்பட்டு நகர முடியாமல் இருக்கும். n-பகுதியில் நேர்மின் அயனிக் கூடும் p-பகுதியில் எதிர்மின் அயனிக் கூடும் அமையும்.

n-வகை பகுதியின் நேர்மின் அயனிகளின் கூடு மற்றும் p-வகை பகுதியின் எதிர்மின் அயனிகளின் கூடுகளுக்கிடையே மின்புலம் (E) உருவாகும். இந்த மின்புலமானது, கட்டுறா மின்னூட்ட ஊர்திகளை அப்பகுதியிலிருந்து நீக்குவதால், அங்கு கட்டுறா மின்னூட்ட ஊர்திகளின் குறைவு ஏற்படும். இது இயக்கமில்லாப் பகுதி என அழைக்கப்படுகிறது. மின்புலம் E- இன் காரணமாகச் சந்தியில்  $V_b$  என்ற மின்னழுத்த அரண் உருவாகிறது.

சந்திகளின் குறுக்கே மின்னூட்ட ஊர்திகளின் இந்த விரவல் தொடர்வதால், p-பகுதியில் எதிர்மின் அயனிகள் எதிர்மின்னூட்ட வெளியை உருவாக்கும். இதேபோல் n-பகுதியில் நேர்மின் அயனிகளால் நேர்மின்னூட்ட வெளி உருவாகும்.

நேர்மின்னூட்ட வெளி p-பகுதியிலுள்ள எலக்ட்ரான்களை n-பகுதிக்கும், எதிர்மின்னூட்ட வெளியானது துளைகளை p-பகுதியிலிருந்து n-பகுதிக்கும் ஈர்க்கும், சந்தியில் தோன்றிய மின்புலத்தினாலேயே இந்த இயக்கம் நடைபெற்று இழுப்பு மின்னோட்டத்தை உருவாக்கும். விரவல் மின்னோட்டமும், இழுப்பு மின்னோட்டமும் எதிரெதிர் திசையில் அமைந்து குறிப்பிட்ட ஒரு கணத்தில் இவை இரண்டும் சமமாகும். இவ்வாறு p-n சந்தி உருவாகிறது.

### சந்தி மின்னழுத்தம் அல்லது மின்னழுத்த அரண்

இயக்கமில்லாத பகுதியில் குறிப்பிட்ட ஒரு நிலை வரை மின்னூட்ட ஊர்திகளின் மறு இணைப்பு நடைபெறும். அதன்பின்னர் இயக்கமில்லாத பகுதியானது மேற்கொண்டு கட்டுறா மின்னூட்டங்கள் சந்தியின் குறுக்கே விரவுவதை தடுக்கும்.

இதற்குக் காரணம், சந்தியின் குறுக்கே இருபுறங்களிலும் உள்ள நகர இயலாத அயனிகள் உருவாக்கும் மின்னழுத்தம் ஆகும். எனவே, இயக்கமில்லாப் பகுதியின் உட்புறத்திற்கு விரவு முயற்சிக்கும் எலக்ட்ரான்கள் எதிர்மின் அயனிகளின் அரணால் விரட்டப்படும்.

ஆனால், இந்த கட்டுறா எலக்ட்ரான்களின் ஆற்றல் போதுமான அளவு இருந்தால் அவை அரணை முறித்து p-பகுதியில் நுழைந்து அங்கிருக்கும் துளையுடன் இணைந்து மற்றோர் எதிர்மின் அயனியை உருவாக்கும்.

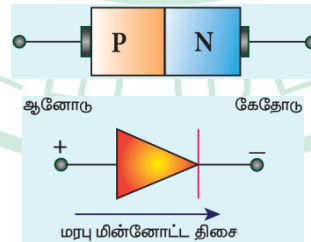
இயக்கமில்லாப் பகுதியின் குறுக்கே உள்ள மின்னழுத்த வேறுபாடானது எலக்ட்ரான்களின் இந்த விரவலினால் குறிப்பிட்ட ஒரு மதிப்பு அதாவது சமநிலையை எய்தும்வரை அதிகரித்துக் கொண்டே செல்லும்.

இந்நிலையில், இயக்கமில்லாப் பகுதியின் அகவிலக்கு விசையானது, மேலும் கட்டுறா எலக்ட்ரான்கள் சந்தியின் குறுக்கே விரவுவதைத் தடுக்கும். இந்த இயக்கமில்லாப் பகுதியின் குறுக்கே உள்ள மின்னழுத்த வேறுபாடு மின்னழுத்த அரண் எனப்படும்.

சிலிக்கான் மற்றும் ஜெர்மானியத்திற்கு  $25^{\circ}\text{C}$  வெப்பநிலையில் மின்னழுத்த அரணின் மதிப்பு முறையே 0.7V மற்றும் 0.3V ஆகும்.

### P-N சந்திடையோடு:

ஒரு p-வகை குறைகடத்தியும் n-வகை குறைகடத்தியும் இணைந்து ஒரு p-n சந்தி டையோடு உருவாக்கப்படுகிறது. இது ஒரு p-n சந்தியைக் கொண்ட கருவி ஆகும்.



### டையோடினைச் சார்புடுத்துதல்

புற ஆற்றலை அளித்து மின்னூட்ட ஊர்திகள் மின்னழுத்த அரணை முறிக்கவும் மேலும், அவை குறிப்பிட்ட ஒரு திசையில் இயக்கத்தை மேற்கொள்ளவும் செய்வது சார்புடுத்துதல் எனப்படும். இதன் மூலம் மின்னூட்ட ஊர்திகள் சந்தியை நோக்கியும் அல்லது சந்தியை விட்டு விலகியும் இயங்குகின்றன.

$p-n$  சந்திக்கு அளிக்கப்படும் புற மின்னழுத்தம் சார்பு மின்னழுத்தம் எனப்படும்.  $p-n$  சந்திக்கு அளிக்கப்படும் மின்முனைகளைப் பொருத்து, சார்புபடுத்துதல் இரு வகைப்படும். அவை

1. முன்னோக்குச் சார்பு
2. பின்னோக்குச் சார்பு

### முன்னோக்குச் சார்பு

புற மின்னழுத்த மூலத்தின் நேர்மின்வாய்  $p$ -பகுதியுடனும், எதிர்மின்வாய்  $n$ -பகுதியுடனும் இணைக்கப்படுவது முன்னோக்குச் சார்பு எனப்படும். முன்னோக்குச் சார்பு மின்னழுத்தத்தின் காரணமாக எலக்ட்ரான்கள்  $p$ -பகுதிக்கும், துளைகள்  $n$ -பகுதிக்கும் செல்கின்றன.

இதன் காரணமாகச் சந்தியில் அயனிகளின் மறு இணைப்பு ஏற்பட்டு இயக்கமில்லாத பகுதியின் அகலம் குறையும். இதனால், மின்னழுத்த அரணும் குறையும். அளிக்கப்படும் மின்னழுத்தம் அதிகரிக்கப்படும்போது இயக்கமில்லாப் பகுதியும் மின்னழுத்த அரணும் மேலும் குறையும். இதன்விளைவாகச் சந்தியின் வழியே செல்லும் எலக்ட்ரான்களின் எண்ணிக்கை மிக அதிகமாவதால் சந்தி வழியே பாயும் மின்னோட்டமானது அடுக்குகுறி முறையில் அதிகரிக்கும்.

### பின்னோக்குச் சார்பு

மின்கலத்தின் நேர்மின்வாய்  $n$ -பகுதியுடனும் எதிர்மின்வாய்  $p$ -பகுதியுடனும் இணைக்கப்பட்டால் சந்தியானது, பின்னோக்குச் சார்பில் அமையும்.

மின்கலத்தின் நேர்மின்முனை  $n$ -வகைப் பொருளுடன் இணைக்கப்பட்டுள்ளதால் அதிலுள்ள எலக்ட்ரான்கள் நேர்மின்னழுத்தத்தை நோக்கி ஈர்க்கப்படும். மேலும்  $p$ -வகை பொருளிலுள்ள துளைகள் மின்கலத்தின் எதிர் மின்வாயை நோக்கி நகரும் (இரண்டுமே சந்தியைவிட்டு விலகிச் செல்லும்). இதனால் சந்தியில் இயக்கமில்லாத அயனிகளின் எண்ணிக்கையும், இதன் விளைவாக அரணும் அதிகரிக்க வழி ஏற்படும்.

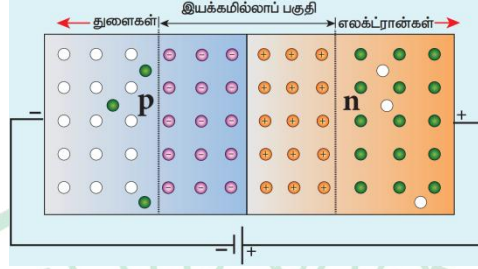
இதனால் இருபுறங்களிலும் உள்ள பெரும்பான்மை மின்னுட்ட ஊர்திகள் சந்தியைக் கடக்க பெருந்தடையை எதிர் கொள்கின்றன. இதனால் சந்தியின் குறுக்கே பாயும் விரவல் மின்னோட்டம் பெரும்பாலும் குறையும்.

இருப்பினும், சிறுபான்மை ஊர்திகளின் காரணமாகச் சந்தியின் குறுக்கே சிறிய அளவு மின்னோட்டம் பாயும். பெரும்பான்மை ஊர்திகளுக்கு அளிக்கப்பட்ட பின்னோக்குச் சார்பானது சிறுபான்மை ஊர்திகளுக்கு முன்னோக்குச் சார்பாக அமைகிறது.

பின்னோக்குச் சார்பின் காரணமாக ஏற்படும் மின்னோட்டம், பின்னோக்குத் தெவிட்டிய மின்னோட்டம் எனப்படும். இது  $I_S$  எனக் குறிப்பிடப்படுகிறது.



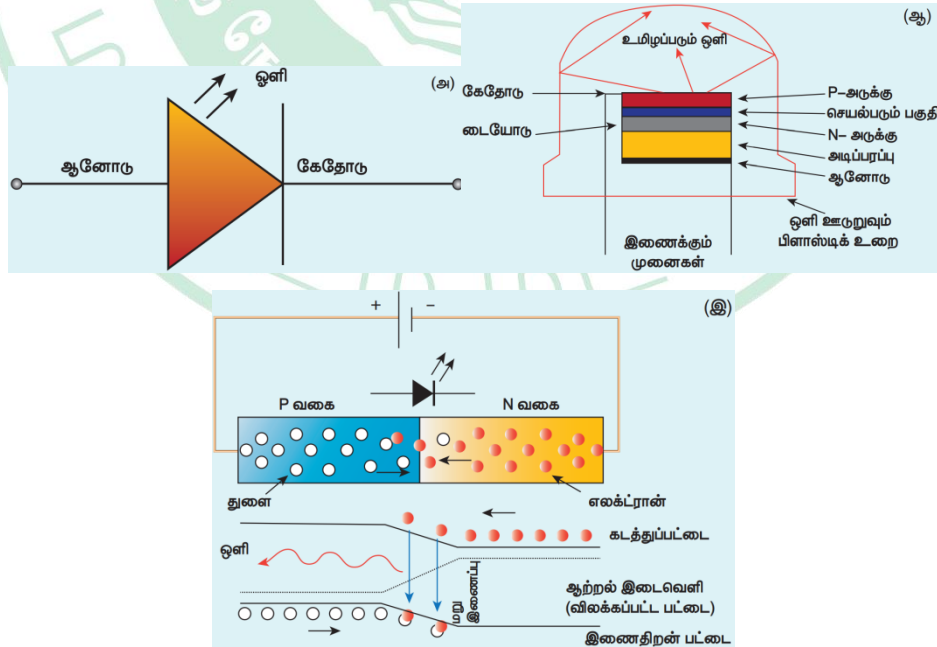
பின்னோக்குத் தெவிட்டிய மின்னோட்டம் அளிக்கப்படும் மின்னழுத்தத்தைச் சார்ந்து அமையாமல் வெப்பத்தினால் உருவாக்கப்பட்ட சிறுபான்மை ஊர்திகளை மட்டும் சார்ந்திருக்கும். மிகச்சிறிய மின்னழுத்தத்தினால்கூட சிறுபான்மை ஊர்திகளைச் சந்தியை கடக்கச் செய்ய முடியும்.



**ஒளி உமிழ்வு டையோடு (LED):**

LED என்பது முன்னோக்குச் சார்பில் அமைக்கப்பட்டுக் கட்புலனாகும் மற்றும் கட்புலனாகாத ஒளியை உமிழும் p-n சந்தி டையோடு ஆகும். இந்நிகழ்வில் மின்னாற்றலானது ஒளி ஆற்றலாக மாறுவதால், இது மின் ஒளிர்வு எனவும் அழைக்கப்படும். LED இன் மின்சுற்றுக் குறியீடு.

இதில் p-பகுதி, n-பகுதி மற்றும் அடிப்பரப்பு ஆகியவை உள்ளன. குறிப்பிட்ட ஒரு திசையில் ஒளியைச் செலுத்துவதற்கு ஒளி ஊடுருவும் சன்னல் ஒன்று உள்ளது. LED வழியாக பாயும் முன்னோக்கு மின்னோட்டத்தைக் கட்டுப்படுத்த சார்புபடுத்தும் மூலத்துடன் தொடரிணைப்பில் ஒரு புற மின்தடை இணைக்கப்பட்டுள்ளது. மேலும், இதில் ஆனோடு மற்றும் கேதோடு எனும் இரு முனைகள் உள்ளன.



$p-n$  சந்தியானது முன்னோக்குச் சார்பில் அமைக்கப்பட்டால்,  $n$ -பகுதியில் உள்ள கடத்து பட்டை எலக்ட்ரான்கள் மற்றும்  $p$ -பகுதியில் உள்ள இணைதிறன் பட்டை துளைகள் சந்தியின் குறுக்கே விரவுகின்றன.

அவை சந்தியைக் கடந்தபிறகு, அதிகப்படியான சிறுபான்மை ஊர்திகளாகின்றன [ $p$ -பகுதிக்குச் சென்ற எலக்ட்ரான்கள் மற்றும்  $n$ -பகுதிக்குச் சென்ற துளைகள்) இந்த அதிகப்படியான சிறுபான்மை ஊர்திகள் அவற்றிற்கு எதிரான மின்னூட்டமுள்ள அப்பகுதிகளுக்குரிய பெரும்பான்மை ஊர்திகளுடனான மறு இணைப்பில் ஈடுபடுகின்றன. அதாவது, கடத்து பட்டை எலக்ட்ரான்கள் இணைதிறன் பட்டையின் துளைகளுடன் மறு இணைப்பில் ஈடுபடுகின்றன.

மறு இணைப்பு நிகழ்விற்போது, ஆற்றலானது, ஒளி (கதிர்வீச்சு) அல்லது வெப்ப (கதிர்வீச்சற்ற) வடிவில் வெளியிடப்படுகிறது. கதிர்வீச்சு மறு இணைப்பில்,  $h\nu$  ஆற்றலுள்ள ஃபோட்டான் வெளியிடப்படுகிறது. கதிர்வீச்சற்ற மறு இணைப்பில், ஆற்றலானது வெப்ப வடிவில் வெளியிடப்படும்.

வெளியிடப்படும் ஒளியின் நிறமானது பொருளின் ஆற்றல் பட்டை இடைவெளியைப் பொருத்து அமையும். எனவே, LED க்கள் பல்வேறு நிறங்களில் அதாவது நீலம் (SiC), பச்சை (AlGaP) மற்றும் சிவப்பு (GaAsP) ஆகிய நிறங்களில் கிடைக்கின்றன. தற்போது ஒளி உமிழ்வு டையோடுகள் வெள்ளை நிறத்தில் (GaN) கூடக் கிடைக்கின்றன.

**பயன்பாடுகள்:**

- அறிவியல் மற்றும் ஆய்வகக் கருவிகளின் முன்பக்க பலகையில் சுட்டு விளக்காகப் (Indicator lamp) பயன்படுகிறது.
- ஏழு உறுப்பு காட்சித் திரையாகப் (seven segment display) பயன்படுகிறது.
- போக்குவரத்துச் சைகை விளக்குகள், அவசர கால ஊர்திகளின் விளக்குகள் போன்றவற்றில் பயன்படுகிறது.

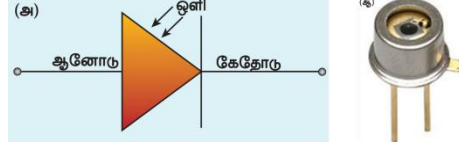
தொலைக்காட்சி, அறை குளிர்ட்டி ஆகியவற்றின் தொலை இயக்கிக் கருவியாகப் பயன்படுகிறது.

**ஒளி டையோடுகள்:**

மின் சைகைகளை ஒளியியல் சைகைகளாக மாற்றும்  $p-n$  சந்தி டையோடு ஒளி டையோடு எனப்படும். எனவே, ஒளி டையோடின் செயல்பாடு LED-இன் செயல்பாட்டுக்கு நேர் எதிரானது ஆகும். ஒளி டையோடு பின்னோக்குச் சார்பில் செயல்படும். அதிலுள்ள அம்புக்குறிகள் ஒளி அதன்மீது படுவதைக் குறிக்கின்றன.

இக்கருவியில் ஒளி உணர்வு உள்ள குறைகடத்தி பொருளாலான  $p-n$  சந்தியானது பாதுகாப்பாக ஒரு நெகிழிப் பெட்டியில் வைக்கப்பட்டுள்ளது. இதில்  $p-n$  சந்திமீது

ஒளி விழ ஏதுவாக ஒளி ஊடுருவும் ஒரு சிறிய சன்னல் உள்ளது. ஒளி டையோடின்  $p-n$  சந்தி மீது ஒளிபட்டவுடன் மின்னோட்டத்தை உற்பத்தி செய்வதால் அவை ஒளி உணர்விகள் எனப்படுகின்றன.



போதுமான ஆற்றல் கொண்ட போட்டான்  $h\nu$  ஆனது, டையோடின் இயக்கமில்லாப் பகுதிமீது படும்போது, இணைதிறன் பட்டையிலுள்ள சில எலக்ட்ரான்கள் கடத்து பட்டைக்கு செல்கின்றன. இதனால், இணைதிறன் பட்டையில் துளைகள் உருவாகின்றன. இது எலக்ட்ரான்- துளை இணையை உருவாக்கும். எலக்ட்ரான் - துளை இணையின் எண்ணிக்கை  $p-n$  சந்தி மீது படும் ஒளியின் செறிவினைப் பொருத்து அமையும். இங்கு இந்த எலக்ட்ரான்கள் மற்றும் துளைகள் மறு இணைப்பு ஏற்படுவதற்கு முன்பே, பின்னோக்குச் சார்பு மின்னழுத்தம் கொண்டு மின்புலத்தினால் உருவாக்கப்பட்ட சந்தியின் குறுக்கே எதிரெதிராக விரட்டப்படுகின்றன. அதாவது, துளைகள்  $n$ -பகுதிக்கும், எலக்ட்ரான்கள்  $p$ -பகுதிக்கும் செல்கின்றன.

இதனைப் புற மின்சுற்றில் இணைக்கும்போது, எலக்ட்ரான்கள் புறமின் சுற்றில் பாய்ந்து ஒளி மின்னோட்டத்தை ஏற்படுத்தும்.

படும் ஒளியின் செறிவு சுழியாக இருக்கும் போதும், புறக்கணிக்கத் தக்க அளவு பின்னோக்கு மின்னோட்டம் இருக்கும். படும் ஒளி இல்லாத நிலையில் ஏற்படும் இந்த பின்னோக்கு மின்னோட்டம், இருள் மின்னோட்டம் எனப்படும். இது வெப்பத்தினால் உருவாக்கப்பட்ட சிறுபான்மை ஊர்திகளால் ஏற்படுகிறது.

**பயன்பாடுகள்:**

- எச்சரிக்கை மணி அமைப்பு
- கிடைத்தள இயக்கத்திலுள்ள இயங்குபட்டையில் எண்ணிக்கைக் கருவியாக பயன்படுத்தல் ஒளி கடத்திகள்
- குறுந்தகடு இயக்கிகள், புகை கண்டுணர்விகள்
- மருத்துவத் துறையில் X-கதிர்கள் மூலம் உடல் உறுப்புகளைக் கண்டுணர்ந்து கணினி மூலம் வரைபடமாக அளித்தல்.

**சூரிய மின்கலம்:**

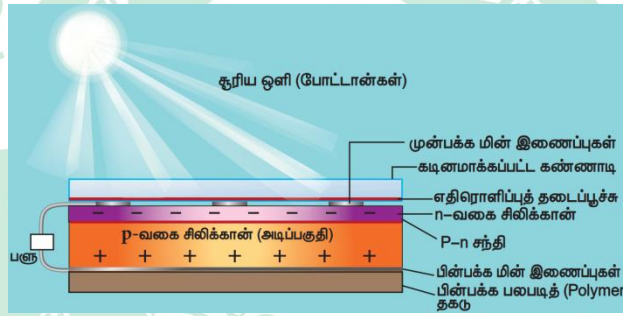
சூரிய மின்கலம் அல்லது ஒளி வோல்டா மின்கலமானது, ஒளி வோல்டா விளைவினால் ஒளி ஆற்றலை நேரடியாக மின்னோட்டமாகவோ அல்லது மின்னழுத்த வேறுபாடாகவோ மாற்றும் சாதனமாகும். இது  $p-n$  சந்தியில் சூரிய ஒளிபடும் போது

மின்னியக்கு விசையை உருவாக்கும் பொதுவான p-n சந்தி டையோடு ஆகும். சூரிய மின்கலங்கள் இரு வகைப்படும். அவை p வகை மற்றும் n வகை ஆகும்.

இரண்டு வகைகளிலும் p-வகை மற்றும் n-வகை சிலிக்கான்கள் இணைந்து, சூரிய மின்கலத்தின் p-n சந்தியை உருவாக்குகின்றன. p வகை சூரிய மின்கலனில் p வகை சிலிக்கான் அடிப்பகுதியும், அதன்மீது மீநுண்ணிய n-வகை சிலிக்கான் படலமும் உள்ளன.

இதற்கு வேறுபாடாக n-வகை சூரிய மின்கலனில் எதிர்மறையான இணைப்பு பயன்படுத்தப்படுகிறது. p வகை சிலிக்கானின் மறுபுறம் உலோகப் பூச்சு ஏற்படுத்தப்பட்டு, பின்புற மின் இணைப்பிற்குப் பயன்படுத்தப்படுகிறது.

n-வகை சிலிக்கானின் மேற்பகுதியில் உலோக வலைச்சட்டம் பதிய வைக்கப்பட்டு முன்புற மின் இணைப்பிற்குப் பயன்படுத்தப்படுகிறது. சூரிய மின்கலத்தின் மேற்பகுதியில் எதிரொளிப்பை கட்டுப்படுத்தும் பூச்சும், வலிமையான கண்ணாடியும் பதிய வைக்கப்பட்டுள்ளன.



சூரிய மின்கலனில் எலக்ட்ரான் துளை இணையானது சந்திக்கு அருகில் உட்கவரப்படும் ஒளியினால் உருவாக்கப்படுகின்றன. இயக்கமில்லாப் பகுதியில் மின்புலத்தின் காரணமாக, மின்னூட்ட ஊர்திகள் பிரிக்கப்படுகின்றன.

எலக்ட்ரான்கள் n-வகை சிலிக்கானை நோக்கியும், துளைகள் p-வகை சிலிக்கான் படலத்தை நோக்கியும் நகர்கின்றன. n-பகுதியை அடையும் எலக்ட்ரான்களை முன்புற மின் இணைப்பு மின்வாயும், p பகுதியை அடையும் துளைகளை பின்புற மின் இணைப்பு மின்வாயும் சேகரிப்பதால் மின்கலத்தின் குறுக்கே மின்னழுத்த வேறுபாடு உருவாகும். சூரிய மின்கலத்துடன் வெளிப்புற பளு இணைக்கப்படும்போது அதன் வழியாக, ஒளி மின்னோட்டம் பாயும்.

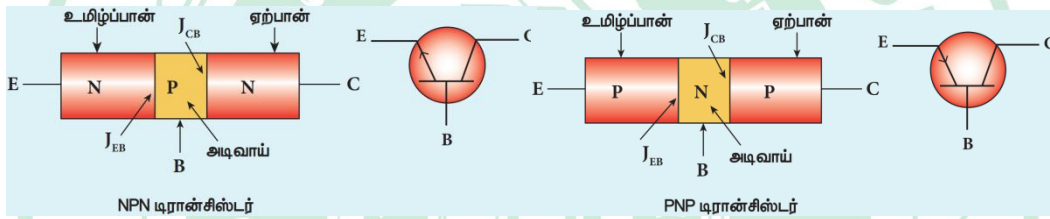
அதிக எண்ணிக்கையில் சூரிய மின்கலன்கள் தொடரிணைப்பாகவோ பக்க இணைப்பாகவோ இணைக்கப்பட்டு சூரியமின்கலன்பலகையாகவோ, தொகுப்பாகவோ உருவாக்கப்படுகின்றன. அதிக சூரிய மின்கலன் பலகைகள் ஒன்றுடன் ஒன்று இணைக்கப்பட்டு சூரிய தகடுகளின் தொகுப்பு உருவாக்கப்படுகிறது. மிக அதிக மின்திறன் பயன்பாடுகளில் சூரிய பலகைகள் மற்றும் சூரிய தகடுகளின் தொகுப்பு ஆகியவை பயன்படுகின்றன.

### பயன்பாடுகள்:

- கணிப்பான்கள், கடிகாரங்கள், பொம்மைகள் ஆகியவற்றில் சூரிய மின்கலன்கள் அதிகளவும் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. சூரிய மின்கலன்கள் நகரும் மின்வழங்கிகளில் பயன்படுகிறது.
- செயற்கைக் கோள் மற்றும் விண்வெளி பயன்பாடுகளில் பயன்படுகிறது.
- சூரிய பலகைகள் மின்னோட்டத்தை உருவாக்க பயன்படுகின்றன.

### இரு முனை சந்தி டிரான்சிஸ்டர் (BJT):

சிலிக்கான் அல்லது ஜெர்மானிய குறைகடத்தி படிகத்தில் n-வகை பொருளானது இரண்டு p-வகை பொருள்களுக்கிடையே இடையீட்டு அடுக்காக வைக்கப்படுகிறது (PNP டிரான்சிஸ்டர்) அல்லது ஒரு p-வகை பொருள் இரண்டு n-வகை பொருள்களுக்கிடையே இடையீட்டுப் பொருளாக அமைக்கப்படுகிறது (NPN டிரான்சிஸ்டர்). ஈரப்பத்திலிருந்து பாதுகாக்க டிரான்சிஸ்டரானது உலோக அல்லது நெகிழிப் பெட்டியில் வைக்கப்பட்டுள்ளது.



இவ்வாறு உருவாக்கப்பட்ட மூன்று பகுதிகள் உமிழ்ப்பான், அடிவாய் மற்றும் ஏற்பான் ஆகியவை முறையே E, B மற்றும் C எனப் பெயரிடப்பட்டு முனைகள் அல்லது மின் இணைப்பு அமைப்பு ஏற்படுத்தப்பட்டுள்ளது. BJT என்பது இரு p-n சந்திகளைக் கொண்டுள்ளதால், உமிழ்ப்பான் - அடிவாய் சந்தி ( $J_{EB}$ ) மற்றும் ஏற்பான் - அடிவாய் சந்தி ( $J_{CB}$ ) ஆகிய இரு சந்திகளின் குறுக்கே இரண்டு இயக்கமில்லாப் பகுதிகள் உருவாகின்றன.

உமிழ்ப்பான் முனையில் p-லிருந்து n-க்கு குறிக்கப்பட்டுள்ள அம்புக்குறி மரபுமின்னோட்டத்தின் திசையைக் குறிக்கிறது.

### உமிழ்ப்பான்:

உமிழ்ப்பானின் முக்கிய செயல்பாடு பெரும்பான்மை ஊர்திகளை ஏற்பான் பகுதிக்கு அடிவாய் வழியாகத் தருவது ஆகும். எனவே, மற்ற இரு பகுதியைவிட உமிழ்ப்பான் ஆனது, அதிக அளவு மாகூட்டப்பட்டிருக்கும்.

### அடிவாய்:

மற்ற இருபகுதியைவிட ( $10^{-6}$  m) அடிவாய் ஆனது மெல்லியதாகவும் குறைந்த அளவு மாகூட்டப்பட்டிருக்கும்.

### ஏற்பான்:

உமிழ்ப்பானிலிருந்து அடிவாய் வழியாகச் செலுத்தப்படும் பெரும்பான்மை ஊர்திகளை ஏற்பதே ஏற்பானின் முக்கிய செயல்பாடு ஆகும். எனவே ஏற்பானின் அளவு மற்ற இரு பகுதியை விடப் பெரியதாகவும் அமைக்க வேண்டும். ஏனெனில், இது அதிக மின் திறனைப் பயன்படுத்த வேண்டியுள்ளது. மேலும், இது ஓரளவு மாகூட்டப்பட்டிருக்கும்.

டிரான்சிஸ்டரை சார்பு படுத்துதல்:

டிரான்சிஸ்டரின் முனைகளுக்கு இடையே உரிய DC மின்னழுத்தத்தை அளிப்பது சார்பு படுத்துதல் எனப்படும்.

### டிரான்சிஸ்டர் சார்புபடுத்துதலின் பல்வேறு வகைகள்

#### செயல்படும் முன்னோக்கு சார்புச் நிலை

இந்த வகைச் சார்பில் உமிழ்ப்பான் - அடிவாய் சந்தி முன்னோக்குச் சார்பிலும், ஏற்பான் - அடிவாய் சந்தி பின்னோக்குச் சார்பிலும் இருக்கும் டிரான்சிஸ்டரானது செயல்படும் நிலையில் அமையும். இப்போது டிரான்சிஸ்டர் பெருக்கியாகச் செயல்படும்.

#### தெவிட்டிய நிலை:

இங்கு, உமிழ்ப்பான் - அடிவாய் சந்தியும், ஏற்பான் - அடிவாய் சந்தியும் முன்னோக்குச் சார்பில் அமையும். டிரான்சிஸ்டரின் சந்திகளின் குறுக்கே மிக அதிக அளவு மின்னோட்டம் பாயும். இந்நிலையில் டிரான்சிஸ்டரானது மூடிய சாவியாகச் செயல்படும்.

#### வெட்டு நிலை:

இந்த நிலையில் உமிழ்ப்பான் - அடிவாய் சந்தியும், ஏற்பான்-அடிவாய் சந்தியும் பின்னோக்குச் சார்பில் அமையும். இந்த நிலையில் டிரான்சிஸ்டர் திறந்த சுற்றாகச் செயல்படும்.

### தொகுப்பு சில்லுகள் (Integrated chips):

ஒரு தொகுப்புச் சுற்றானது IC அல்லது சில்லு அல்லது நுண்சில்லு என்றும் குறிப்பிடப்படுகிறது. இதில் சிலிக்கன் போன்ற குறைக்கடத்தியின் சிறு துண்டின் மீது சில ஆயிரம் முதல் மில்லியன் வரையிலான டிரான்சிஸ்டர்கள், மின்தடைகள், மின்தேக்கிகள் தொகுக்கப்பட்டுள்ளன.

தொகுப்புச் சுற்றுக்கள் (IC க்கள்) ஆனவை நவீன எலெக்ட்ரானியலின் மைல்கல் ஆகும். தொழில்நுட்பத்தின் வளர்ச்சி மற்றும் VLSI (மிக பெரும் அளவிலான தொகுப்பு-Very Large Scale Integration) என்ற சகாப்தத்தின் தோற்றம் ஆகியவற்றால், ஒரு தொகுப்புச்சில்லுவில் மிக அதிக அளவிலான டிரான்சிஸ்டர்களை பொருத்த இயலுகிறது.

சாதாரண சுற்றுக்களைக் காட்டிலும், தொகுப்புச் சுற்றுக்கள் இரு முக்கிய நன்மைகளைக் கொண்டுள்ளன: விலை மற்றும் செயல்திறன் தொழில்நுட்ப வளர்ச்சியால் அளவு, வேகம் மற்றும் சில்லுகளின் கொள்ளளவு ஆகியவை மிக அதிக அளவு மேம்படுத்தப்பட்டுள்ளன.

தற்போது கணினிகள், செல்பேசிகள் மற்றும் இதர வீட்டு உபயோக இலக்கமுறை சாதனங்கள், அளவில் சிறியதான மற்றும் விலை குறைவான தொகுப்புச் சுற்றுக்களால் சாத்தியமாகி உள்ளது. தொகுப்புச் சுற்றுக்களானது பெருக்கி, அலையியற்றி, நேர்சுற்று, நுண்செயலி மற்றும் கணினி நினைவகம் ஆகியனவாகச் செயல்பட இயலும்.

இந்த மிகச்சிறிய தொகுப்புச் சுற்றுக்கள், இலக்கமுறை அல்லது தொடர் தொழில்நுட்பத்தைப் பயன்படுத்திக் கணக்கீடுகளை மேற்கொள்ளவும் மற்றும் தரவைச் சேமிக்கவும் செய்கின்றன. இலக்கமுறை தொகுப்புச்சுற்றுக்கள் (Digital ICs) ஒன்று மற்றும் சுழி ஆகியவற்றின் மதிப்புகளால் இயங்கும் லாஜிக் கேட்களைப் பயன்படுத்துகின்றன. இலக்கமுறை தொகுப்புச்சுற்று ஒன்றிற்குக் கொடுக்கப்பட்ட ஒரு தாழ்வு சைகை 0 மதிப்பையும், ஒரு உயர்வு சைகை 1 மதிப்பையும் உருவாக்குகின்றது.

இலக்கமுறை தொகுப்புச்சுற்றுக்கள் கணினிகள், வலைப்பின்னல் கருவி மற்றும் பெரும்பாலான நுகர்வோர் எலக்ட்ரானியல் சாதனங்களிலும் பயன்படுகின்றன.

தொடர் தொகுப்புச்சுற்றுக்கள் அல்லது நேர்போக்குத் தொகுப்புச் சுற்றுக்கள் (Analog ICs or linear ICs) தொடர்ச்சியான மதிப்புகளுடன் இயங்குகின்றன. இதன் பொருள், ஒரு தொடர் தொகுப்புச்சுற்றின் பாகமானது எந்த ஒரு மதிப்பையும் பெற்று மற்றொரு மதிப்பிலான வெளியீட்டைத் தரும். நேர்போக்கு தொகுப்புச் சுற்றுக்கள் குறிப்பாகச் செவியுணர் மற்றும் ரேடியோ அதிர்வெண் பெருக்கத்தில் பயன்படுகின்றன.

**மின்காந்த அலைகளின் பரவல்:**

தகவல்களைக் கொண்ட சைகையானது ஊர்தி அலையுடன் (ரேடியோ அலை) பண்பேற்றப்பட்டு ஒரு விண்ண லைக்கம்பியினால் பரப்பப்படுகிறது. அது வெளியில் பயணம் செய்து, மறுமுனையில் ஏற்கும் விண்ண லைக்கம்பியால் ஏற்கப்படுகிறது.

2 kHz முதல் 400 GHz வரை அதிர்வெண் உள்ள அலைகள் கம்பியில்லா தகவல்தொடர்பின் மூலமாக பரப்பப்படுகின்றன. பரப்பியில் இருந்து ஏற்பிக்கு பயணிக்கும்போது, மின்காந்த அலையின் வலிமை குறைந்து கொண்டே இருக்கும். பரப்பியினால் பரப்பப்படும் மின்காந்த அலை அதன் அதிர்வெண் நெடுக்கத்திற்கு ஏற்றாற்போல் மூன்று மாறுபட்ட வகையில் பயணம் செய்கிறது.

- தரை அலைப் பரவல் (அல்லது) மேற்பரப்பு அலைப் பரவல் (ஏறத்தாழ 2 kHz முதல் 2 MHz)

- வான் அலைப் பரவல் (அல்லது) அயனி மண்டலப் பரவல் (ஏறத்தாழ 3 MHz முதல் 30 MHz)
- வெளி அலைப் பரவல் (ஏறத்தாழ 30 MHz முதல் 400 GHz)

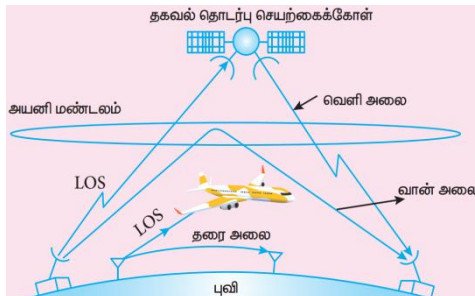
### 1. தரை அலைப் பரவல் (Ground wave propagation (or) surface wave propagation)

பரப்பியினால் பரப்பப்பட்ட மின்காந்த அலைகள் ஏற்பியைச் சென்றடைய புவிப்பரப்பின் தரையை தழுவிக்கொண்டு சென்றால், இந்தப் பரவல் தரை அலைப் பரவல் எனப்படும். தொடர்புடைய அலைகளானது தரை அலைகள் அல்லது மேற்பரப்பு அலைகள் எனப்படுகின்றன. இதன் காட்சி விளக்கப்படம் 10.5 (அ) இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

பரப்பும் மற்றும் ஏற்கும் விண்ணலைக்கம்பிகள் இரண்டும் புவிக்கு அருகில் இருக்கவேண்டும். விண்ணலைக்கம்பியின் அளவு சைகைகளின் பரப்புதலின் பயனுறுதிறனை நிர்ணயிப்பதில் முக்கிய பங்கு வகிக்கிறது.

பரப்புகையின்போது மின் சைகைகள் நீண்ட தொலைவிற்கு செல்லும்போது வலுவிழக்கின்றன. வலுவிழப்பதற்கான சில காரணங்கள் பின்வருமாறு:

- **அதிகரிக்கும் தொலைவு:** தொலைவைப் பொறுத்து, சைகையில் ஏற்படும் வலுவிழப்பு (i) பரப்பியின் திறன் (ii) பரப்பியின் அதிர்வெண் மற்றும் (iii) புவிப்பரப்பின் நிலை ஆகியவற்றைச் சார்ந்தது.
- **புவியினால் ஆற்றல் உறிஞ்சப்படுதல்:** மின்காந்த அலை வடிவில் உள்ள பரப்பப்படும் சைகையானது புவியைத் தொடும்போது, அது புவியில் ஒரு மின்னூட்டத்தைத் தூண்டி ஒரு மின்னூட்டத்தை ஏற்படுத்துகிறது. இதனால் புவியானது ஒரு கசியும் மின்தேக்கியைப் போல் செயல்படுகிறது. அதனால் அலை வலுவிழக்கிறது.
- **அலை சாய்தல்:** அலை முன்னேறும்போது புவியின் வளைபரப்புக்கு ஏற்றவாறு அலைமுகப்பு படிப்படியாக சாயத் தொடங்குகிறது. இந்த சாய்வின் அதிகரிப்பு அலையின் மின்புல வலிமையைக் குறைக்கிறது. இறுதியாக ஒரு குறிப்பிட்ட தொலைவைக் கடந்தவுடன், ஆற்றல் இழப்பு காரணமாக மேற்பரப்பு அலை முழுவதுமாக நின்றுவிடுகின்றது.





உயர் அதிர்வெண் அலைகளுக்கு புவியின் காற்று மண்டலத்தில் அதிக ஆற்றல் உறிஞ்சப்படுவதால், தரை அலைகளின் அதிர்வெண் பெரும்பாலும் 2MHz ஐ விட குறைவாக இருக்கும். பகல் நேரங்களில் ஏற்கப்படும் நடுத்தர அலை (medium wave) சைகைகள் மேற்பரப்பு அலைப் பரவலைப் பயன்படுத்துகிறது.

இது முக்கியமாக உள்ளூர் ஒலிபரப்பு, ரேடியோவின் உதவியால் கடற்பயணம், கப்பலில் இருந்து கப்பல் மற்றும் கப்பலில் இருந்து கடற்கரை தகவல்தொடர்பு மற்றும் செல்பேசி தகவல்தொடர்பு ஆகியவற்றில் பயன்படுகிறது.

## 2. வான் அலைப் பரவல் (Sky wave propagation (or) ionospheric propagation)

விண்ணலைக்கம்பியிலிருந்து அதிக கோணத்தில் மேல்நோக்கி பரப்பப்பட்ட மின்காந்த அலைகள் மீண்டும் புவியை நோக்கி அயனிமண்டலத்தால் எதிரொளிக்கப்படுகின்றன. இந்த வகையான பரப்புகை வான் அலை பரவல் அல்லது அயனி மண்டலப் பரவல் எனப்படுகிறது. தொடர்புடைய அலைகள் வான் அலைகள் எனப்படும்.

இந்த வகை பரவலில் மின்காந்த அலைகளின் அதிர்வெண் நெடுக்கம் 3 முதல் 30MHz வரை ஆகும். 30MHz ஐ விட அதிக அதிர்வெண் கொண்ட மின்காந்த அலைகள் அயனிமண்டலத்தை எளிதாக ஊடுருவிச் சென்றுவிடுவதால், அவை எதிரொளிக்கப்படாது. இது சிற்றலை (short wave) ஒலிபரப்பு சேவைகளுக்கு பயன்படுகிறது.

நடுத்தர மற்றும் உயர் அதிர்வெண்கள் நெடுந்தொலைவு வானொலி தகவல்தொடர்புக்குப் பயன்படுகின்றன. ரேடியோ அலைகள் புவிக்கும் அயனிமண்டலத்திற்கும் இடையே பலமுறை எதிரொளிக்கப்பட இயலும் என்பதால், மிக அதிக தொலைவு தகவல்தொடர்பும் சாத்தியமாகும். ஒருமுறை எதிரொளிக்கப்படும்போது ரேடியோ அலைகள் ஏறத்தாழ 4000 km தொலைவுக்குப் பயணம் செய்ய இயலும்.

அயனிமண்டலம் ஒரு எதிரொளிக்கும் பரப்பாக செயல்படுகிறது. அது தோராயமாக 50 km இல் ஆரம்பித்து புவிப்பரப்பிற்கு மேல் 400 km வரை பரவி உள்ளது. புற ஊதாக் கதிர்கள், காஸ்மிக் கதிர் மற்றும் சூரியனிலிருந்து வரும்  $\alpha$ ,  $\beta$  கதிர்களைப் போன்ற உயர் ஆற்றல் கதிர்வீச்சுகள் உட்கவரப்படுவதால், அயனிமண்டலத்தில் உள்ள காற்று மூலக்கூறுகள் அயனியாக்கப்படுகின்றன. இது மின்னூட்டப்பட்ட அயனிகளை உருவாக்கி, அந்த அயனிகள் ரேடியோ அலைகள் அல்லது தகவல்தொடர்பு அலைகளை (அனுமதிக்கப்பட்ட அதிர்வெண் நெடுக்கத்தில்) புவிக்கு திரும்பி எதிரொளிக்கும் ஊடகத்தை உண்டாக்குகிறது.

ரேடியோ அலைகள் புவிக்கு திரும்ப வளையும் நிகழ்வு முழு அக எதிரொளிப்பு ஆகும். மின்காந்த அலைகள் முழு அக எதிரொளிப்புக்கு உட்பட்டு, வெளிக்கு தப்பிச்

செல்லாமல், தரையை வந்தடையுமாறு ஒரு குறிப்பிட்ட மாறுநிலைக் கோணத்தில் பரப்பப்படுவதற்கு இதுவே காரணமாகும்.

மேற்பரப்பின் மீது, பரப்பி மற்றும் வான் அலை ஏற்கும் புள்ளி (B) இடையே உள்ள குறுகிய தொலைவுதொலைவு (skip distance) எனப்படும்.

மின்காந்த அலைகள் தரையிலிருந்து குறிப்பிட்ட கோணங்களில் பரப்பப்படுகின்றன. பரப்பும் கோணம் அதிகரித்தால் தரை அலைகளின் ஏற்பு குறைகிறது. ஒரு புள்ளியில் தரை அலையின் ஏற்பு இருக்காது.

பரப்பும் கோணம் மேலும் அதிகரிக்கப்பட்டால் வான் அலைகளின் ஏற்பு ஆனது, புள்ளி B இல் தொடங்குகிறது. இவற்றிற்கு இடையே (A மற்றும் B இடையே) தரை அலை அல்லது வான் அலை ஆகிய இரண்டு மின்காந்த அலைகளின் ஏற்பும் இல்லாத ஒரு பகுதி உள்ளது. இது தாவு மண்டலம் அல்லது தாவுப் பரப்பு (skip zone or skip area) என அழைக்கப்படும்.

### 3. வெளி அலைப் பரவல் (Space wave propagation)

தகவல் சைகையை வெளியின் வழியே அனுப்பும் மற்றும் பெறும் செயல்முறை வெளி அலைப் பரவல் எனப்படும் (படம் 10.5 இ). 30 MHzக்கு மேல் மிக அதிகமான அதிர்வெண்களைக் கொண்ட மின்காந்த அலைகள் வெளி அலைகள் எனப்படும். இந்த அலைகள் பரப்பியிலிருந்து ஏற்பிக்கு நேர்க்கோட்டில் பயணம் செய்கிறது. எனவே இது நேர்க்கோட்டு பார்வை தகவல்தொடர்புக்கு (LOS) பயன்படுகிறது.

அதிக அதிர்வெண்களுக்கு, பரப்பப்பட்ட மற்றும் ஏற்கப்பட்ட சைகைகள் (நேரடி அலைகள்) புவியின் வளைபரப்பினால் பாதிப்படையாமல் இருப்பதற்கு பரப்பும் கோபுரங்கள் போதுமான உயரத்தில் இருக்கவேண்டும். அதனால் அவை குறைவான வலுவிழப்பு மற்றும் குறைவான சைகை வலிமை இழப்புடன் பயணிக்கின்றன. சில அலைகள் தரையில் எதிரொளிக்கப்பட்ட பிறகு ஏற்பியை அடைகின்றன.

தொலைக்காட்சி ஒளிபரப்பு, செயற்கைக்கோள் தகவல்தொடர்பு, மற்றும் ரேடார் போன்ற தகவல்தொடர்பு அமைப்புகள் வெளி அலை பரவலை அடிப்படையாகக் கொண்டுள்ளன.

சில நன்மைகள் காரணமாக, அதிக அதிர்வெண்கள் (மீ உயர் அதிர்வெண் பட்டை) கொண்ட மைக்ரோ அலைகள், ரேடியோ அலைகளுக்கு பதிலாகப் பயன்படுத்தப்படுகிறது. நன்மைகள்: அதிக பட்டை அகலம், உயர்வான தரவு விகிதங்கள், சிறப்பான திசை நெறிப்படுத்தும் திறன், சிறிய அளவான விண்ணலைக்கம்பி, குறைந்த திறன் நுகர்வு போன்றவை ஆகும்.

பரப்புகை நிகழும் நெடுக்கம் அல்லது தொலைவு (d) ஆனது விண்ணலைக்கம்பியின் உயரத்தை (h) சார்ந்துள்ளது. இதன் சமன்பாடு,

$$d = \sqrt{2Rh}$$

இங்கு R ஆனது புவியின் ஆரம் ஆகும். இதன் மதிப்பு  $R = 6400 \text{ km}$ .

### செயற்கைக்கோள் தகவல்தொடர்பு

செயற்கைக்கோள் தகவல்தொடர்பானது செயற்கைக்கோள் வழியாக பரப்பி மற்றும் ஏற்பி இடையே சைகையைப் பரிமாற்றும் தகவல்தொடர்பின் ஒரு வகையாகும்.

தகவல் சைகையானது புவி நிலையத்தில் இருந்து, வானில் நிலைகொண்டுள்ள செயற்கைக்கோளுக்கு மேலிணைப்பு (Uplink) (அதிர்வெண் பட்டை 6 GHz) ஒன்றின் மூலமாகப் பரப்பப்படுகிறது. பின்னர் அங்குள்ள டிரான்ஸ்பான்டர் என்ற கருவியால் பெருக்கப்பட்டு, கீழிணைப்பு (Downlink) (அதிர்வெண் பட்டை 4 GHz) மூலமாக மற்றொரு புவி நிலையத்திற்கு மீண்டும் பரப்பப்படுகிறது.

அதிக அதிர்வெண் ரேடியோ அலை சைகைகள் நேர்க்கோட்டில் செல்லும்போது (நேர்க்கோட்டுப் பார்வை), உயரமான கட்டடங்கள் அல்லது மலைகள் அல்லது புவியின் வளைபரப்பு ஆகியவற்றை எதிர்கொள்ளக்கூடும்.

ஆனால் இந்த வகை தகவல்தொடர்பானது, செயற்கைக்கோள்கள் உதவியால் ரேடியோ சைகைகளை டிரான்ஸ்பான்டர் மூலம் பெருக்கி, மேலிணைப்புகள் மற்றும் கீழிணைப்புகள் வழியாக தொலைதூர இடங்களை சென்றடைய மறு ஒளிபரப்பு செய்கின்றது. எனவே இது வானில் உள்ள ரேடியோ மறு ஒளிபரப்பி (radio repeater) எனவும் அழைக்கப்படுகிறது. இதன் பயன்பாடுகள் அனைத்து துறைகளிலும் உள்ளன. அவற்றில் சில கீழே விவாதிக்கப்பட்டுள்ளன.

### பயன்பாடுகள்:

செயற்கைக்கோள்களானது அவற்றின் பயன் பாடுகள் அடிப்படையில் பல்வேறு வகைகளாகப் பிரிக்கப்பட்டுள்ளன. சில செயற்கைக்கோள்கள் கீழே விவரிக்கப்பட்டுள்ளன.

#### i) வானிலை செயற்கைக்கோள்கள்:

இவை புவியின் வானிலை மற்றும் தட்பவெப்பநிலையைக் கண்காணிக்கப் பயன்படுகின்றன. மேகங்களின் நிறையை அளப்பதன் மூலம் மழை, அபாயகரமான சூறாவளி மற்றும் புயல்கள் ஆகியவற்றை முன்கணிப்பு செய்வதற்கு இந்தச் செயற்கைக்கோள்கள் நமக்கு உதவுகின்றன.

#### ii) தகவல்தொடர்பு செயற்கைக்கோள்கள்:

இவை தொலைக்காட்சி, வானொலி, இணையச் சைகைகள் ஆகியவற்றை பரப்புவதற்குப் பயன்படுகின்றன. நீண்ட தொலைவுகளுக்குப் பரப்ப, ஒன்றிற்கு மேற்பட்ட செயற்கைக்கோள்கள் பயன்படுத்தப்படுகின்றன.

iii) வழிநடத்தும் செயற்கைக்கோள்கள்

கப்பல்கள், விமானங்கள் அல்லது வேறு எந்த பொருளின் புவிசார் அமைவிடத்தை கண்டறியும் பணிகளில் இவை ஈடுபடுகின்றன.

**ஒளி இழைத் தகவல்தொடர்பு**

ஒரிடத்தில் இருந்து மற்றொரு இடத்திற்கு ஒளி இழையின் வழியாக, ஒளித்துடிப்புகளின் மூலம் தகவல்களைப் பரப்பும் முறை ஒளி இழைத் தகவல்தொடர்பு எனப்படும். இது முழு அக எதிரொளிப்புத் தத்துவத்தின் அடிப்படையில் செயல்படுகிறது.

ஒளியானது மைக்ரோ அலை மற்றும் ரேடியோ அலைகளை விட மிக அதிக அதிர்வெண்ணைக் (400 THz முதல் 790 THz) கொண்டுள்ளது. சிலிக்கா கண்ணாடி அல்லது சிலிக்கன் டை ஆக்ஸைடால் ஒளிஇழைகள் உருவாக்கப்படுகிறது, மேலும் இப்பொருள்கள் புவியில் அதிக அளவில் கிடைக்கிறது.

தற்போது அதிக அகச்சிவப்பு அலைநீளம் மற்றும் சிறந்த பரப்புகைத் திறன் காரணமாக, சால்கோஜெனைடு கண்ணாடிகள் மற்றும் புளூரோஅலுமினேட் படிகப் பொருட்கள் பயன்படுத்தப்படுகின்றன.

ஒளி இழைகள் மின் கடத்தாப்பொருட்கள் என்பதால், ஒன்றிற்கு மேற்பட்ட அலைவரிசைகள் தேவைப்படும் இடங்கள், மின் மற்றும் மின்காந்த இடையூறுகளைத் தவிர்க்க வேண்டிய இடங்கள் ஆகியவற்றில் இவை பயன்படுத்தப் படுகின்றன.

**பயன்பாடுகள்:**

ஒளி இழை அமைப்பு பல்வேறு பயன்பாடுகளைக் கொண்டுள்ளது. அவை சர்வதேச தகவல்தொடர்பு, நகரங்கள் இடையே தகவல்தொடர்பு, தரவு இணைப்புகள், ஆலை மற்றும் போக்குவரத்துக் கட்டுப்பாடு மற்றும் இராணுவப் பயன்பாடுகள் ஆகியவை ஆகும்.

**நன்மைகள்:**

- i) ஒளி இழைகள் மிகவும் மெலிதானது. தாமிர வடங்களை விட குறைவான எடை கொண்டவை.
- ii) இந்த அமைப்பு மிக அதிக பட்டை அகலத்தைக் கொண்டுள்ளது. இதன் பொருள்: தகவல் சுமந்து செல்லும் திறன் அதிகம் என்பதாகும்.
- iii) ஒளி இழை அமைப்பு மின் இடையூறுகளால் பாதிக்கப்படுவதில்லை.
- iv) தாமிரவடங்களைவிட ஒளி இழைமலிவானது.

**குறைபாடுகள்:**

- i) தாமிரக்கம்பிகளுடன் ஒப்பிடும்போது ஒளி இழைவடங்கள் எளிதில் உடையக் கூடியவை.
- ii) இதன் தொழில்நுட்பம் விலையுயர்ந்தது ஆகும்.

**ரேடார் மற்றும் அதன் பயன்பாடுகள்:**

ரேடார் (RADAR) என்பது RADio Detection And Ranging என்ற சொற்றொடரின் சுருக்கமாகும். இது தகவல்தொடர்பு அமைப்புகளின் பயன்பாடுகளில் முக்கியமான ஒன்றாகும்.

இது வானூர்தி, கப்பல்கள், விண்கலன் ஆகிய தொலைதூரப் பொருட்களை கண்டுணர்வதற்கு மற்றும் அவற்றின் இருப்பிடத்தை அறியவதற்குப் பயன்படுகிறது. நமது கண்ணிற்குப் புலப்படாத பொருட்களின் கோணம், தொலைவு மற்றும் திசைவேகம் ஆகியவற்றை ரேடார் மூலம் கண்டறியலாம்.

ரேடார் ஆனது தகவல்தொடர்புக்கு மின்காந்த அலைகளைப் பயன்படுத்துகிறது. முதலில் மின்காந்த சைகையானது விண்ணலைக்கம்பி மூலம் வெளியின் அனைத்து திசைகளிலும் பரப்பப்படுகிறது.

குறிப்பிட்ட இலக்குப் பொருளின் மீது மோதும் சைகையானது எதிரொளிக்கப்பட்டு, எல்லா திசைகளிலும் மீண்டும் பரப்பப்படுகிறது. இந்த எதிரொளிக்கப்பட்ட சைகை (எதிரொளி), ரேடார் விண்ணலைக்கம்பியால் பெறப்பட்டு ஏற்பிக்கு அளிக்கப்படுகிறது.

பிறகு அது செயல்முறைபடுத்தப்பட்டு, பெருக்கப்பட்டு பொருளின் புவிசார் புள்ளிவிவரங்கள் கண்டறியப்படுகின்றன.

சைகையானது ரேடாரில் இருந்து இலக்குப்பொருளுக்குச் சென்று, மீண்டும் திரும்பி வருவதற்கு எடுத்துக்கொள்ளும் நேரத்தில் இருந்து இலக்குகளின் நெடுக்கம் கண்டறியப்படுகிறது.

**பயன்பாடுகள்:**

ரேடார்கள் அனேக துறைகளில் பயன்பாடுகளைக் கொண்டவை. அவற்றில் சில கீழே குறிப்பிடப்பட்டுள்ளன.

- i) இராணுவத்தில், இலக்குகளை இடம் காணவும், கண்டறியவும் பயன்படுகின்றன.
- ii) கப்பல் மூலம் பரப்பில் தேடுதல், வான் தேடுதல் மற்றும் ஏவுகணை வழிநடத்தும் அமைப்பு போன்ற வழிகாட்டும் அமைப்புகளில் பயன்படுகிறது.
- iii) மழைப்பொழிவு வீதம் மற்றும் காற்றின் வேகம் ஆகியவற்றை அளவிட்டு, வானிலை கண்காணிப்பில் பயன்படுகின்றது.
- iv) அவசரகால சூழ்நிலைகளில், மக்களின் இருப்பிடத்தைக் கண்டறிந்து, அவர்களை மீட்கும் பணியில் உதவுகிறது.

### செல்பேசி தகவல்தொடர்பு

செல்பேசிதகவல்தொடர்பானது கம்பிகள் அல்லது கம்பிவடங்கள் போன்ற எந்த இணைப்புகளும் இன்றி வெவ்வேறு இடங்களில் உள்ளவர்களுடன் தொடர்பு கொள்ள உதவுகிறது. அதிகமான பரப்பிற்கு இணைப்பு இன்றியே பரப்புக்கையை அனுமதிக்கிறது.

வீடு, அலுவலகம் போன்ற குறிப்பிட்ட இடத்தில் இருந்து மட்டுமல்லாமல், எந்த இடத்திலிருந்தும் பிறருடன் தொடர்பு கொள்ள வழிசெய்கிறது. தொலைதூர இடங்களுக்கும் தகவல்தொடர்பு வசதியை ஏற்படுத்துகிறது.

இது இடம்பெயரும் (roaming) வசதியை அளிக்கிறது. அதாவது தகவல்தொடர்பு முறிவு இன்றி, பயனாளர் ஓரிடத்தில் இருந்து மற்றொரு இடத்திற்கு நகரலாம். இந்தத் தகவல்தொடர்பு வலை அமைப்பை நிறுவுவதற்கு மற்றும் பராமரிப்பதற்கு ஆகும் செலவு குறைவானதாகும்.

### பயன்பாடுகள்:

- i) இது தனிப்பட்ட தகவல்தொடர்புக்கு பயன்படுகிறது. மற்றும் செல்பேசிகளுக்கு உயர் வேகத்தில் குரல் மற்றும் தரவு இணைப்பை வழங்குகிறது.
- ii) உலகம் முழுவதும் ஒரு சில வினாடிக்குள் செய்திகளைப் பரப்பமுடியும்.
- iii) இணையத்தின் வழியே பொருட்களைப் பயன்படுத்தும் (Internet of Things, IoT) முறையில், ஒரு சாதனத்தின் மூலம் பல்வேறு சாதனங்களைக் கட்டுப்படுத்துவது சாத்தியமாகிறது.எடுத்துக்காட்டு: செல்பேசியைப் பயன்படுத்தி, வீட்டு உபயோகப்பொருட்கள் அனைத்தையும் இயக்கமுடியும்.
- iv) இது கல்வித்துறையில் நவீன வசதிகளுடன் கூடிய வகுப்பறைகள், இணையதளத்தில் பாடம் தொடர்பான குறிப்புகள் கிடைப்பது, மாணவர்களின் செயல்பாடுகளை கவனித்தல் ஆகியவற்றில் பயன்படுகிறது.

விவசாயம், மின்வளம் மற்றும் சுரங்கம் ஆகிய துறைகளில் தகவல்தொடர்புத் தொழில்நுட்பத்தின் பயன்பாடு

### (i) விவசாயத் துறை

தகவல்தொடர்பு தொழில்நுட்பத்தைப் (Information and Communication Technology – ICT) விவசாயத்துறையில் பயன்படுத்தும்போது உற்பத்தி அதிகரிக்கிறது, விவசாயிகளின் வாழ்க்கைத்தரம் உயருகிறது, விவசாயிகளுக்கு உள்ள சவால்கள் மற்றும் இடையூறுகள் தீர்க்கப்படுகின்றன. மேலும்,

- அ) உணவு உற்பத்தியை அதிகரித்தல் மற்றும் பண்ணை நிர்வாகம் ஆகியவற்றில் அதிகளவில் பயன்படுகிறது.

ஆ) தண்ணீர், விதைகள் மற்றும் உரங்கள் ஆகியவற்றின் மேம்பட்ட பயன்பாட்டிற்கு உதவுகிறது.

இ) ரோபோக்கள், வெப்பநிலை மற்றும் ஈரப்பதம் உணர்விகள், வான்வழி படங்கள் மற்றும் GPS தொழில்நுட்பம் ஆகியவை உள்ளடக்கிய அதிநவீன தொழில்நுட்பங்களையும் இங்கு பயன்படுத்தலாம்.

ஈ) புவிசார் தகவல் அமைப்புகள் (GIS Geographic Information Systems) ஆனது ஒரு குறிப்பிட்ட தாவரத்தை பயிரிடுவதற்கு தகுதியான இடத்தை முடிவு செய்வது என வேளாண்மைத்துறையில் விரிவாகப் பயன் படுகிறது.

(ii) மீன்வளத் துறை

அ) செயற்கைக்கோள் கண்காணிக்கும் அமைப்பானது மீன்பிடிப்பு பகுதியை அடையாளம் காண உதவுகிறது.

ஆ) பார்வையாளர்களை பயன்படுத்துவதன் மூலம் மீன் பிடிக்கப்பட்ட தேதி மற்றும் நேரம், மீன் வகையின் பெயர், மீனின் தரம் ஆகியவற்றை அடையாளம் காணமுடியும்.

(iii) சுரங்கத்துறை

அ) சுரங்கத்துறையில், செயல்படு திறன் அதிகரிப்பு, தொலைதூர கண்காணிப்பு மற்றும் பேரிடர் நடைபெற்ற இடத்தை அறிதல் ஆகியவற்றில் ICT பயன்படுகிறது.

ஆ) சுரங்கத்தில் சிக்கிக்கொள்ளும் தொழிலாளர்களுக்கு ஒலி-ஒளி எச்சரிக்கையை அளிக்கிறது.

இ) தொலைதூரத்தில் உள்ள சுரங்கப்பணியிடங்களை இணைக்க உதவுகிறது.