চতুৰ্দ্দশ অধ্যায়

অৰ্ধপৰিবাহী ইলেক্ট্ৰনিক্স ঃ পদাৰ্থ, কৌশল আৰু সৰল বৰ্তনী

(Semiconductor Electronics : Materials, Devices and Simple Circuits)

14.1 আৰম্ভণি (Introduction)

সকলো ইলেক্ট্ৰনিক বৰ্ত্তনীৰ বুনিয়াদী গঠন সজ্জাই হৈছে নিয়ন্ত্ৰিত ইলেকট্ৰনৰ সঞ্চালন পাব পৰা কৌশল। 1948 চনত ট্ৰেঞ্জিষ্টৰ আৱিষ্কাৰৰ পূৰ্বতে এই কৌশলবোৰ আছিল প্ৰধানকৈ ভেকুৱাম টিউব। এই ভেকুৱাম টিউববোৰক ভাল্‌ভ বুলিও কোৱা হয়। ভেকুৱাম টিউববোৰ হৈছে--ভেকুৱাম ডায়'ড (vacuum diode) ঃ ইয়াৰ বিদ্যুৎদ্বাৰ দুডাল, যেনে এন'ড (প্ৰায়ে প্লেট বোলা হয়) আৰু কেথ'ড; ট্ৰায়'ড (triode) ঃ তিনিডাল বিদ্যুৎদ্বাৰ থাকে-যেনে কেথ'ড, প্লেট আৰু গ্ৰিড; টেট্ৰ'ড (tetrode) আৰু পেণ্ট'ড (pentode) ক্ৰমে 4 আৰু 5 ডাল বিদ্যুৎদ্বাৰ যুক্তনলী। ভেকুৱাম নলীত উত্তপ্ত কেথ'ডৰ পৰা ইলেকট্ৰনৰ যোগান ধৰা হয় আৰু ভিন ভিন বিদ্যুৎদ্বাৰৰ বিভৱৰ পৰিবৰ্তন কৰি শূন্যৰ মাজেৰে এই ইলেকট্ৰনবোৰৰ নিয়ন্ত্ৰিত সোঁত পোৱা হয়। বিদ্যুৎদ্বাৰ সমূহৰ মাজৰ স্থান সমূহ ভেকুৱাম (শূন্য) হোৱা নিতান্তই প্ৰয়োজন; অন্যথাই চলন্ত ইলেকট্ৰন সমূহে ইহঁতৰ পথত পোৱা বায়ু অণুবোৰৰ সৈতে হোৱা সংঘাতত শক্তি হেৰুৱাব। এই কৌশলেৰে ইলেকট্ৰনবোৰ কেথ'ডৰ পৰা এন'ডলৈহে সঞ্চালিত হব (অৰ্থাৎ কেৱল এটা দিশত) সেয়ে এনে কৌশল সাধাৰণতে ভাল্‌ভৰ ক্ষেত্ৰতহে উল্লেখ কৰা হয়। এই ভেকুৱাম টিউববোৰ প্ৰকাণ্ড আকাৰৰ, বেছি ক্ষমতা অপচয়কাৰী, সাধাৰণতে উচ্চ-বিভৱ (~100 V) ত কাৰ্য্যক্ষম হোৱা, সীমিত জীৱনকালৰ আৰু কম নিৰ্ভৰযোগ্য। আধুনিক কঠিন অৱস্থাৰ অৰ্ধপৰিবাহী ইলেকট্ৰনিক্সৰ বিকাশৰ বীজ ৰোপণ হৈছিল 1930 চনতে যেতিয়া কিছুমান কঠিন অৱস্থাৰ অৰ্ধপৰিবাহী আৰু এইবোৰৰ 'জাংছন' ৰ মাজেৰে সঞ্চালিত আধান বাহকৰ সঞ্চালনৰ সংখ্যা আৰু দিশ নিয়ন্ত্ৰণৰ সম্ভাৱনা সম্পৰ্কে বুজিব পৰা হৈছিল । সাধাৰণ উদ্দীপক যেনে পোহৰ, তাপ বা নিম্নমানৰ বিভৱ প্ৰয়োগ কৰিয়েই অৰ্ধপৰিবাহীত গতিশীল আধানৰ সংখ্যাৰ পৰিবৰ্তন ঘটাব পাৰি। মনত ৰাখিব লগীয়া যে অৰ্ধপৰিবাহী যতনত আধান বাহকৰ

সঞ্চালন পদাৰ্থটোৰ ভিতৰতে হয়, কিন্তু ভেকুৱাম নলী/ভাল্‌ভত গতিশীল ইলেকট্ৰন সমূহ উত্তপ্ত কেথ'ডৰ পৰা ওলায় আৰু শূন্যস্থানৰ (vacuum) ৰ মাজেৰে সঞ্চালিত হয়। অৰ্ধপৰিবাহী কৌশলত (device) বাহ্যিকভাৱে উত্তপ্ত কৰা বা শূন্যস্থান সৃষ্টি কৰাৰ প্ৰয়োজন নাই। এনে যতনৰ আকাৰ যথেষ্ট সৰু ,শক্তিৰ ব্যয় কম, নিম্ন বিভৱতে কাৰ্য্যক্ষম, দীৰ্ঘ আয়ু আৰু নিৰ্ভৰযোগ্য হয়। আনকি টেলিভিছন বা কম্পিউটাৰৰ মণিটৰত ব্যৱহাৰ কৰা ভেকুৱাম নলীৰ নীতিৰে কাম কৰা কেথ'ড ৰশ্মিৰ নলী (CRT) ক কঠিন অৱস্থাৰ ইলেকট্ৰনিক্সৰ আধাৰত সঁজা লিকুইড ক্ৰিষ্টেল দিচপ্লে (LCD) মণিটৰৰ দ্বাৰা বদলি কৰা হৈছে। অৰ্ধপৰিবাহী কৌশল বা ডিভাইছৰ (device) বিষয়ে জনাৰ বহু আগতেই, প্ৰাকৃতিক ভাৱে পোৱা গেলেনাৰ স্ফটিক (PbS) ৰেডিঅ তৰংগৰ সংসূচক (*detector*) হিচাপে ব্যৱহাৰ কৰিছিল।

পিছৰ অনুচ্ছেদ সমূহত আমি অৰ্ধপৰিবাহী পদাৰ্থবিজ্ঞানৰ বুনিয়াদী ধাৰণা (basic concepts) আগবঢ়াম আৰু কিছুমান অৰ্ধপৰিবাহী ডিভাইছ যেনে জাংছন ডায়'ড (2 ডাল বিদ্যুৎদ্বাৰৰ ডিভাইছ) আৰু দ্বি মেৰু জাংছন ট্ৰেঞ্জিষ্টৰ (তিনিডাল বিদ্যুৎদ্বাৰৰ ডিভাইছ) ৰ সম্পৰ্কে আলোচনা কৰিম। এইবোৰ ব্যৱহাৰ কৰা কিছু বৰ্ত্তনীৰো ব্যাখ্যা আগবঢ়োৱা হব।

14.2 ধাতু, পৰিবাহী আৰু অৰ্ধপৰিবাহীৰ শ্ৰেণীবিভাজন (Classification of Metals, Conductors and Semiconductors)

পৰিবাহিৰ ভিত্তিত (On the basis of conductivity)

বৈদ্যুতিক পৰিবাহিতা (σ) ৰ বা ৰোধকতা ($\rho = 1/\sigma$) ৰ আপেক্ষিক মানৰ ভিত্তিত কঠিন পদাৰ্থ সমূহক বহলভাৱে এনেদৰে ভাগ কৰা হয় ঃ

(i) ধাতু (Metals) ঃ এইবোৰ পদাৰ্থৰ ৰোধকতা অতি নিম্নমানৰ (বা পৰিবাহিতা উচ্চ মানৰ)।

$$\rho \sim 10^{-2} - 10^{-8}\,\Omega\,\text{m}$$
$$\sigma \sim 10^{2} - 10^{8}\,\text{S m}^{-1}$$

(ii) *অৰ্ধপৰিবাহী (Semiconductors)* ঃ এইবোৰ পদাৰ্থৰ ৰোধকতা বা পৰিবাহিতা ধাতু আৰু অন্তৰক পদাৰ্থৰ মাজতে হয়।

$$\rho \sim 10^{-5} - 10^{6}\,\Omega\,\text{m}$$
$$\sigma \sim 10^{5} - 10^{-6}\,\text{S m}^{-1}$$

(iii) *অন্তৰক (Insulators)* ঃ এইবোৰৰ ৰোধকতা উচ্চ (বা পৰিবাহিতা নিম্ন) মানৰ।

$$\rho \sim 10^{11} - 10^{19}\,\Omega\text{m}$$
$$\sigma \sim 10^{-11} - 10^{-19}\,\text{S m}^{-1}$$

ওপৰত দিয়া ρ আৰু σ ৰ মান সমূহ পৰিমাণৰ এটা সূচকহে, ইহঁতৰ মান ইয়াৰ বাহিৰতো হব পাৰে। ৰোধকতাৰ আপেক্ষিক মানেই ধাতু, অন্তৰক আৰু অৰ্ধপৰিবাহীক ইটোৰ পৰা সিটোৰ প্ৰভেদ উলিওৱাৰ একমাত্ৰ উপায় নহয়।এইবোৰৰ আন কিছুমান প্ৰভেদ আছে যিবোৰ এই অধ্যায়ৰ অধ্যয়নৰ মাজেৰে স্পষ্ট হব।

আমি এই অধ্যায়ত অৰ্ধপৰিবাহীৰ এই সমূহৰ অধ্যয়নত মনোনিবেশ কৰিম ঃ

(i) মৌল অৰ্ধপৰিবাহী ঃ Si আৰু Ge

(ii) যৌগ অৰ্ধপৰিবাহী ঃ উদাহৰণ হৈছেঃ

· অজৈৱ ঃ CdS, GaAs, CdSe, InP ইত্যাদি

· জৈৱ ঃ এন্থ্ৰাচিন (anthracene), ডোপ কৰা থেল'চায়েনাইন্‌চ (doped pthalocyanines) ইত্যাদি।

· জৈৱ পলিমাৰ ঃ পলি পাইৰল (polypyrrole) পলিএনাইলাইন (polyaniline), পলিথিঅফিন (polythiophene) ইত্যাদি

বৰ্তমানে উপলব্ধ প্ৰায়বোৰ অৰ্ধপৰিবাহী কৌশলেই (device) মৌলিক অৰ্ধপৰিবাহী Si বা Ge আৰু যৌগিক অজৈৱ অৰ্ধপৰিবাহীৰ ওপৰত ভিত্তি কৰি কৰা হয়। অৱশ্যে, 1990 চনৰ পিছত, জৈৱ অৰ্ধপৰিবাহী আৰু অৰ্ধপৰিবাহী পলিমাৰ ব্যৱহাৰ কৰি কিছুমান অৰ্ধ-পৰিবাহী ডিভাইছৰ বিকাশ ঘটোৱা হৈছে আৰু অদূৰ ভৱিষ্যতে পলিমাৰ ইলেকট্ৰনিক্স আৰু আনবিক প্ৰযুক্তিবিদ্যৰ বিকাশৰ সম্ভাৱনাও দেখা গৈছে। এই অধ্যায়ত অজৈৱ অৰ্ধপৰিবাহী বিশেষকৈ মৌলিক অৰ্ধপৰিবাহী Si আৰু Ge ৰ বিষয়েহে আমি অধ্যয়ন কৰিম। মৌলিক অৰ্ধপৰিবাহীৰ সম্পৰ্কে যি সাধাৰণ ধাৰণা ইয়াত দিয়া হ'ব, কম বেছি পৰিমাণে যৌগিক অৰ্ধপৰিবাহীৰ ক্ষেত্ৰতো ই প্ৰযোজ্য হয়।

শক্তি পটিৰ ভিত্তিত (On the basis of energy bands) ঃ

ব'ৰৰ পাৰমাণৱিক আৰ্হি (Bohr atomic model) অনুসৰি এটি পৃথক পৰমাণুৰ (*isolated atom*) কোনো এটা ইলেকট্ৰনৰ শক্তি ই পৰিভ্ৰমণ কৰি থকা কক্ষপথে নিৰ্ধাৰণ কৰে। কঠিন পদাৰ্থ গঠনত যেতিয়া পৰমাণুসমূহ একত্ৰিত হয় সিবোৰতেতিয়া ওচৰা ওচৰি হয়। সেয়ে ওচৰৰ পৰমাণুৰ ইলেকট্ৰনৰ বহিঃ কক্ষপথসমূহ অতি কাষ চাপে বা ওপৰা উপৰিও (overlap) হ'ব পাৰে। ইয়াৰ বাবে কঠিন পদাৰ্থত ইলেকট্ৰনৰ গতিৰ ধৰণ গাইগুটীয়া পৰমাণুতকৈ পৃথক হয়।

স্ফটিকৰ ভিতৰত প্ৰতিটো ইলেকট্ৰনৰ এটা নিৰ্দিষ্ট অৱস্থান আছে আৰু দুটা ইলেকট্ৰন কেতিয়াও একে ধৰণৰ আধান পাৰিপাৰ্শ্বিকত দেখা নাযায়। এই কাৰণতে প্ৰতিটো ইলেকট্ৰনৰ এটা সুকীয়া শক্তিতল (*energy level*) থাকে। অবিচ্ছিন্নভাৱে পৰিবৰ্তিত শক্তিৰ এই শক্তিস্তৰ সমূহে **শক্তি পটি (*energy bands*)** ৰ গঠন কৰে। যোজ্যতা ইলেকট্ৰনবোৰৰ শক্তিস্তৰ সমূহৰদ্বাৰা গঠিত শক্তি পটিক **যোজ্যতা পটি (*valence band*)** বোলে। যোজ্যতা পটিৰ ওপৰৰ শক্তি পটিটোক **পৰিবহন পটি (*conduction band*)** বোলা হয়। বাহিৰৰ পৰা শক্তি যোগান নধৰিলে, সকলো যোজ্যতা ইলেকট্ৰন যোজ্যতা পটিতে থাকে। যদি পৰিবহণ পটিৰ নিম্নতম শক্তি স্তৰটো যোজ্যতা পটিৰ শীৰ্ষতম শক্তিস্তৰতকৈ তললৈ (lower) আছে, যোজ্যতা পটিৰ পৰা ইলেকট্ৰন অতি সহজতে পৰিবহন পটিলৈ গতি কৰিব। সাধাৰণ অৱস্থাত পৰিবহন পটিটো খালি থাকে। কিন্তু ই যোজ্যতা পটিৰ লগত ওপৰা-উপৰি (অধিলেপন) হ'লে ইলেকট্ৰন মুক্তভাৱে এই পটিলৈ গতি কৰে। ধাতবীয় পৰিবাহীৰ ক্ষেত্ৰত এনে হয়।

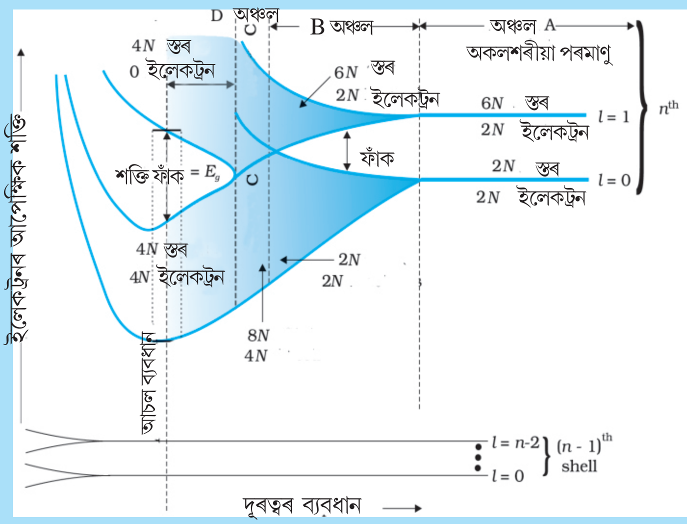
পৰিবহণ পটি আৰু যোজ্যতা পটিৰ মাজত কিছু ফাঁক (gap) থাকিলে যোজ্যতা পটিৰ ইলেকট্ৰন সমূহ আবদ্ধ (bound) হৈ থাকিব আৰু পৰিবহন পটিত কোনো মুক্ত ইলেকট্ৰন নাথাকিব। এনে অৱস্থাত পদাৰ্থটো অন্তৰক হব। কিন্তু যোজ্যতা পটিৰ কিছুমান ইলেকট্ৰনে বাহ্যিক শক্তি আহৰণ কৰি পৰিবহন পটি আৰু যোজ্যতা পটিৰ মাজৰ ফাঁক অতিক্ৰম কৰিব পাৰে। তেনে ইলেকট্ৰনবোৰে তেতিয়া পৰিবহন পটিলৈ গতি কৰিব। গতি কৰাৰ লগে লগে যোজ্যতা পটিত ইহঁতে খালি (vacancy) শক্তিস্তৰৰ সৃষ্টি কৰিব। ফলত অন্য যোজ্যতা ইলেকট্ৰন এইবোৰলৈ গতি কৰিব পাৰে। এনেদৰে এই প্ৰক্ৰিয়াই পৰিবহন পটিত ইলেকট্ৰনে যোজ্যতা পটিত ৰিক্তস্তৰ (Vacancy) ঠাই সমূহে পৰিবহন সম্ভাৱনাৰ সৃষ্টি কৰে।

N সংখ্যক পৰমাণু থকা ছিলিকন (Si) বা জাৰ্মেনিয়াম (Ge) স্ফটিকত কি ঘটে চোৱা যাওক। Si ৰ ক্ষেত্ৰত, একেবাৰে বাহিৰৰ কক্ষপথটো হৈছে তৃতীয় কক্ষপথ ($n = 3$) আনহাতে Ge ৰ ক্ষেত্ৰত এইটো চতুৰ্থ কক্ষপথ ($n = 4$)। একেবাৰে বাহিৰৰ কক্ষপথত থকা ইলেকট্ৰনৰ সংখ্যা হৈছে 4 ($2s$ আৰু $2p$ ইলেকট্ৰন)। গতিকে স্ফটিকত বহিঃ ইলেকট্ৰনৰ মুঠ সংখ্যা হৈছে $4N$ । বহিঃতম কক্ষপথত থাকিব পৰা সৰ্বাধিক ইলেকট্ৰনৰ

সংখ্যা হৈছে 8 ($2s$ + $6p$ ইলেকট্ৰন)। সেয়ে $4N$ যোজ্যতা ইলেকট্ৰনৰ বাবে $8N$ টা শক্তি স্তৰ (energy state) আছে। এই $8N$ টা বিচ্ছিন্ন (discrete) শক্তিস্তৰ হয় এটা অবিচ্ছিন্ন পটিৰ সৃষ্টি কৰিব নতুবা স্ফটিকত পৰমাণু সমূহৰ দূৰত্ব সাপেক্ষে পৃথক পৃথক পটিত গোট খাব (বাকচৰ ভিতৰত দিয়া কঠিন পদাৰ্থৰ পটি তত্ত্ব চোৱা)।

Si আৰু Ge ৰ স্ফটিক জালিকা (crystal lattice) ৰ পৰমাণু সমূহৰ দূৰত্বৰ ব্যৱধানত এই $8N$ টা শক্তিস্তৰ থকা পটিটো E_g পৰিমাণৰ শক্তি ফাঁক (*energy gap* E_g) থকা দুটা শক্তি পটিলৈ বিভাজিত হয় (চিত্ৰ 14.1) পৰম শূন্য উষ্ণতাত $4N$ যোজ্যতা ইলেকট্ৰনেৰে পূৰ্ণ হৈ থকা একেবাৰে তলৰ পটিটোক **যোজ্যতা পটি (valence band)** বোলে। $4N$ শক্তিস্তৰ থকা আনটো পটিক **পৰিবহন পটি (conduction band)** বুলি কোৱা হয়। পৰমশূন্য উষ্ণতাত ই সম্পূৰ্ণ খালি থাকে।

কঠিন পদাৰ্থৰ পটিতত্ত্ব (Band Theory of Solids)



ধৰা Si আৰু Ge স্ফটিকত N টা পৰমাণু আছে। প্ৰতিটো পৰমাণুৰ ইলেকট্ৰন সমূহ বিভিন্ন কক্ষপথত বিচ্ছিন্ন (discrete) শক্তি সম্পন্ন হব। যদি পৰমাণু সমূহ পৃথকে পৃথকে থাকে তেতিয়া ইলেকট্ৰন সমূহৰ শক্তি সম পৰিমাণৰ হব। কিন্তু, স্ফটিক এটাত পৰমাণুবোৰ ওচৰাওচৰিকৈ (2 ৰ 3 Å —ব্যৱধানত) থাকে আৰু সেয়ে ইলেকট্ৰনবোৰে পৰস্পৰৰ মাজত আৰু ওচৰ পাজৰৰ পৰমাণু গৰ্ভৰ লগত ক্ৰিয়া কৰে। একেবাৰে বাহিৰৰ কক্ষপথত থকা ইলেকট্ৰনে অধিলেপন (overlap) বা পাৰস্পৰিক ক্ৰিয়াৰ দ্বাৰা বেছিকৈ প্ৰভাৱিত হয়। ভিতৰৰ কক্ষপথৰ ইলেকট্ৰনবোৰৰ শক্তিৰ ওপৰত ইয়াৰ কোনো প্ৰভাৱ নপৰে। গতিকে Si বা Ge স্ফটিকৰ ইলেকট্ৰনৰ শক্তিসমূহ জানিবলৈ ই একেবাৰে বাহিৰৰ কক্ষপথত থকা ইলেকট্ৰনসমূহৰ শক্তিৰ পৰিবৰ্তন বিবেচনা কৰিলেই হ'ব। Si ৰ ক্ষেত্ৰত একেবাৰে বাহিৰৰ কক্ষপথ হৈছে তৃতীয় কক্ষপথ, ($n = 3$) কিন্তু Ge ৰ ক্ষেত্ৰত এইটো 4 ৰ্থ কক্ষপথ ($n = 4$)। একেবাৰে বাহিৰৰ কক্ষপথত থকা ইলেকট্ৰনৰ সংখ্যা 4 ($2s$ আৰু $2p$ ইলেকট্ৰন)। গতিকে স্ফটিকত থকা একেবাৰে বাহিৰৰ কক্ষপথৰ মুঠ ইলেকট্ৰন সংখ্যা হৈছে $4N$। কক্ষপথত থকা সম্ভাব্য গৰিষ্ঠ বহিঃ ইলেকট্ৰনৰ সংখ্যা হৈছে 8 ($2s$ + $6p$ ইলেকট্ৰন)। সেয়ে $4N$ টা ইলেকট্ৰনৰ $2N$ টা ইলেকট্ৰন $2N$ S-স্তৰত (কক্ষপথৰ কোৱাণ্টাম সংখ্যা = 0) আৰু $2N$ টা ইলেকট্ৰন $6N$ p স্তৰত থাকিব। দেখদেখকৈ চিত্ৰত একেবাৰে সোফালে দেখুৱাৰ দৰে কিছুমান p ইলেকট্ৰন স্তৰ খালি হৈ থাকিব। সম্পূৰ্ণ পৃথক বা অকলশৰীয়াকৈ থকা পৰমাণুৰ ক্ষেত্ৰত এনে (চিত্ৰৰ A অঞ্চল) হয়।

ধৰা কঠিন পদাৰ্থ গঠন কৰাৰ কাৰণে এই অণুসমূহ পৰস্পৰৰ কাষ চাপিবলৈ আৰম্ভ কৰিছে। বিভিন্ন পৰমাণুৰ ইলেকট্ৰন সমূহৰ মাজত পাৰস্পৰিক ক্ৰিয়া হোৱাৰ কাৰণে বহিঃ কক্ষপথৰ ইলেকট্ৰন সমূহৰ শক্তিৰ পৰিবৰ্তন (বৃদ্ধি আৰু হ্ৰাস উভয়েই) হব পাৰে। আদিতে পৃথক পৰমাণুত একে শক্তিত থকা $l_m = 0$ ৰ বাবে $6N$ টা অৱস্থান বিয়পি যাব আৰু এটা শক্তি পটি গঠন কৰিব। (চিত্ৰত B অঞ্চল)। একেদৰে, $l_m = 0$ ৰ বাবে $2N$ স্তৰে (পৃথক পৰমাণুত থাকোতে একে শক্তিসম্পন্ন) দ্বিতীয় পটি এটাত বিভক্ত হয় (চিত্ৰৰ B অঞ্চল মনোযোগেৰে চোৱা)। প্ৰথম পটিৰ পৰা এক শক্তিৰ ব্যৱধানত দ্বিতীয় পটিটো থাকে।

ব্যৱধান আৰু কম কৰিলে এনে এটা অঞ্চল পোৱা যাব য'ত পটিসমূহ একেলগ হৈ পৰস্পৰ মিলি যায়। এই অঞ্চলত (চিত্ৰত C অঞ্চল) ওপৰৰ আৰু তলৰ শক্তি স্তৰ মিলি যোৱাৰ বাবে কোনো শক্তি ফাঁক নাথাকিব।

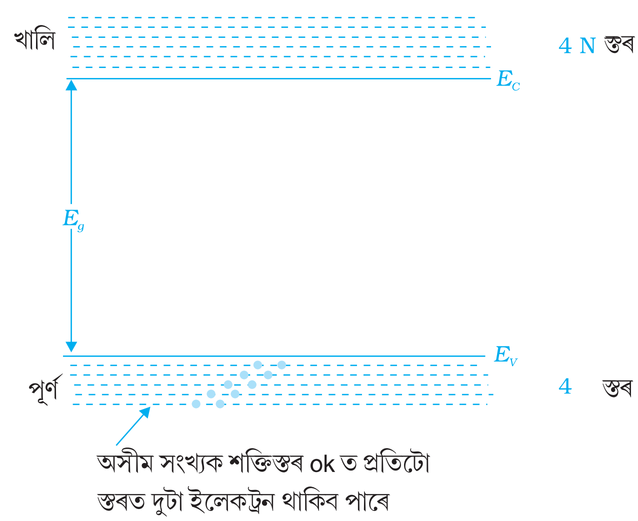
শেষত, যদি পৰমাণু সমূহৰ মাজৰ ব্যৱধান আৰু হ্ৰাস কৰা হয়, শক্তি পটি আকৌ বিভাজিত হব আৰু E_g শক্তি ফাঁকৰ সৃষ্টি হব (চিত্ৰত D অঞ্চল)। মুঠ শক্তি স্তৰ $8N$ ক দুয়োটা পটিৰ মাজত পুনৰ বিভাজিত হয় (প্ৰতিটো নিম্ন আৰু উচ্চ শক্তি পটিত $4N$ স্তৰ থাকে) ইয়াত তাৎপৰ্য্যপূৰ্ণ কথাটো হৈছে পৰমাণু সমূহৰ পৰা যিমানটা যোজ্যতা ইলেকট্ৰন পোৱা যাব তলৰ পটিত সিমানটা শক্তিস্তৰ থাকিব।

গতিকে, এই পটিটো (**যোজ্যতা পটি** বোলা হয়) সম্পূৰ্ণৰূপে পূৰ্ণ থাকে, কিন্তু ওপৰৰ পটিটো সম্পূৰ্ণ খালি থাকে। ওপৰৰ পটিটোক **পৰিবহন পটি** বোলা হয়।

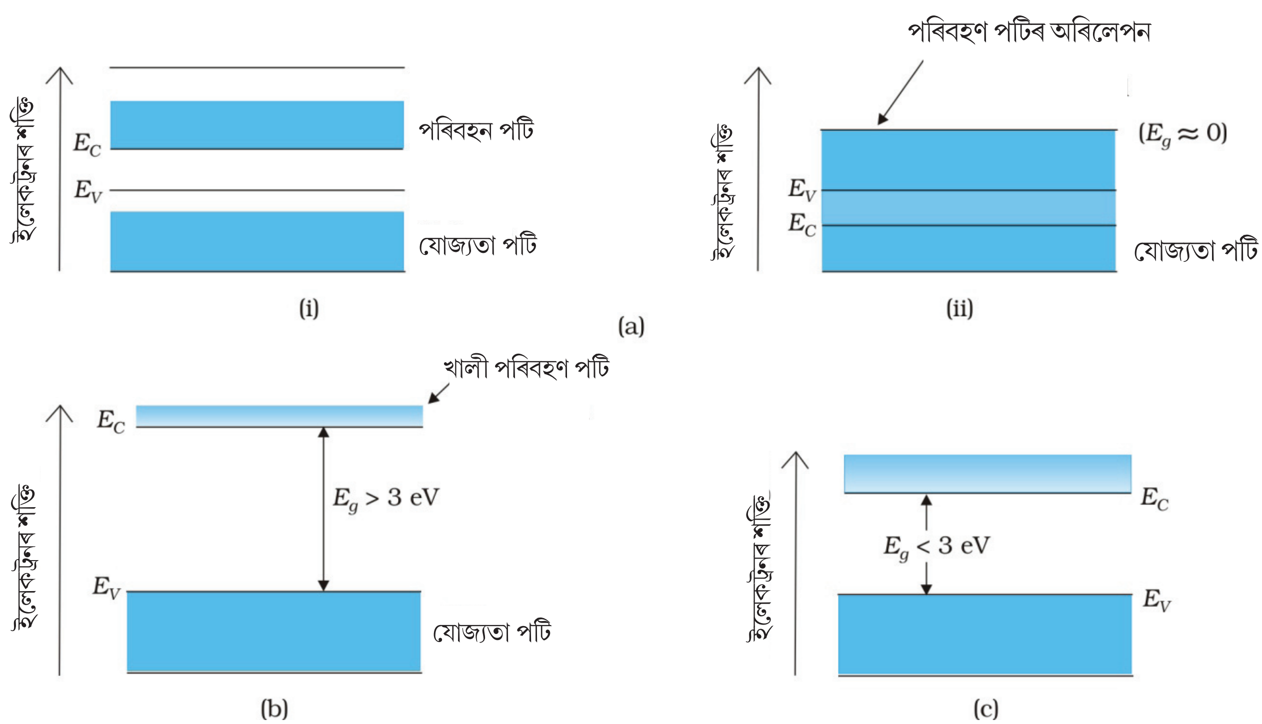
পৰিবহণ পটিৰ একেবাৰে তলৰ শক্তি স্তৰটোক E_C ৰে আৰু যোজ্যতা পটিৰ একেবাৰে ওপৰৰ শক্তি স্তৰটোক E_V ৰে দেখুওৱা হৈছে। E_C ৰ ওপৰত আৰু E_V ৰ তলত, চিত্ৰ 14.1 ত দেখুওৱাৰ দৰে, অসংখ্য ওচৰাওচৰি শক্তিস্তৰ আছে।

যোজ্যতা পটিৰ শীৰ্ষতম (top) পৃষ্ঠ আৰু পৰিবহণ পটিৰ তলিৰ (bottom) পৃষ্ঠৰ মাজৰ ফাঁকটোক **শক্তি পটিৰ ফাঁক** (*energy band gap*)বুলি কোৱা হয়বা **শক্তিঅন্তৰাল**E_g (Energy gap E_g) বোলে। পদাৰ্থ সাপেক্ষে ইয়াৰ মান বৃহৎ, ক্ষুদ্ৰ বা শূন্য হব পাৰে। এনে ভিন্ন অৱস্থা 14.2 চিত্ৰত দেখুওৱা হৈছে আৰু তলত ইয়াৰে আলোচনা আগবঢ়োৱা হৈছে।

অৱস্থা I **:** চিত্ৰ14.2 (a) ত দেখুওৱাৰ দৰে ইয়াৰ এটা অৱস্থা উল্লেখ কৰা হৈছে। ধাতুৰ পৰিবহন পটি আংশিকভাৱে পূৰ্ণ আৰু যোজ্যতা পটি আংশিকভাৱে খালি থাকে নতুবা পৰিবহন আৰু যোজ্যতা পটি ওপৰাউপৰি হয়। যেতিয়া অবিলেপন হয়, যোজ্যতা পটিৰ পৰা পৰিবহন পটিলৈ ইলেকট্ৰন অতি সহজতে গতি কৰে। এনে স্থিতিত বৈদ্যুতিক পৰিবহন বাবে যথেষ্ট সংখ্যক ইলেকট্ৰন পাব পৰা হয়। যেতিয়া যোজ্যতা পটি আংশিকভাৱে খালি থাকে, ইয়াৰ নিম্নস্তৰৰ পৰা উচ্চস্তৰলৈ হোৱা



চিত্ৰ 14.1 0 K উষ্ণতাত অৰ্ধপৰিবাহীৰ শক্তি পটিৰ অৱস্থান। ওপৰৰ পৰিবহন পটিটো অসংখ্য ওচৰা-ওচৰি শক্তিস্তৰে ভৰি থাকে। তলৰ যোজ্যতা পটিতো সম্পূৰ্ণভাৱে শক্তিস্তৰে পূৰ্ণ



চিত্ৰ 14.2 (a) ধাতু, (b) অন্তৰক আৰু (c) অৰ্ধপৰিবাহীৰ শক্তি পটিৰ মাজত প্ৰাৰ্থক্য।

ইলেকট্ৰনৰ গতিয়ে পৰিবহন সম্ভব কৰি তোলে। সেয়ে এনে পদাৰ্থৰ ৰোধ নিম্ন মানৰ বা পৰিবাহিতা উচ্চ মানৰ হয়।

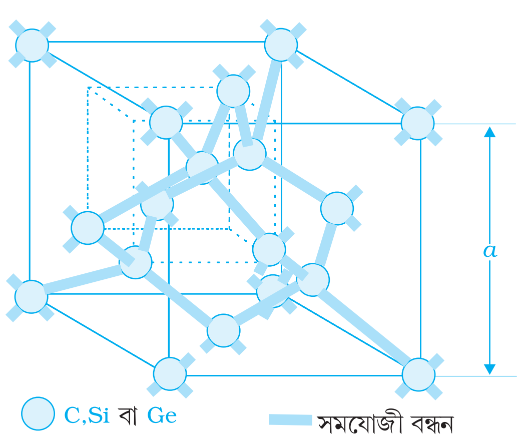
অৱস্থা II ঃ এই ক্ষেত্ৰত, চিত্ৰ 14.2(b) ত দেখুওৱাৰ দৰে, এটা বৃহৎ পটি অন্তৰাল E_g থাকে ($E_g > 3$ eV)। পৰিবহন পটিত কোনো ইলেকট্ৰন নাথাকে আৰু সেয়ে বৈদ্যুতিক পৰিবহন সম্ভৱ নহয়। মনত ৰাখিবা যে শক্তি অন্তৰাল যথেষ্ট ডাঙৰ হোৱাৰ বাবে তাপীয় উত্তেজনাৰ দ্বাৰা যোজ্যতা পটিৰ পৰা পৰিবহন পটিলৈ ইলেকট্ৰন উত্তেজিত নহয়। এই অৱস্থা অন্তৰক পদাৰ্থৰ ক্ষেত্ৰত দেখা যায়।

অৱস্থা III ঃ চিত্ৰ 14.2(c) ত এই অৱস্থাতো দেখুওৱা হৈছে। ইয়াত এটা নিৰ্দ্দিষ্ট কিন্তু ক্ষুদ্ৰ পটি অন্তৰাল ($E_g < 3$ eV) থাকে। ক্ষুদ্ৰ পটি অন্তৰালৰ কাৰণে, সাধাৰণ উষ্ণতাতে যোজ্যতা পটিৰ কিছুমান ইলেকট্ৰনে শক্তি অন্তৰাল পাৰ হব পৰাকৈ কোঠালীৰ উষ্ণতাতে শক্তি আহৰণ কৰি পৰিবহন পটিত প্ৰবেশ কৰে। এনে ইলেকট্ৰন সমূহ (সংখ্যাত যদিও বৰ কম) পৰিবহ্ন পটিত গতিশীল হয়। সেয়ে, অৰ্ধপৰিবাহীৰ ৰোধ অন্তৰক পদাৰ্থৰ দৰে উচ্চমানৰ নহয়।

এই অধ্যায়ত আমি ধাতু, পৰিবাহী আৰু অৰ্ধপৰিবাহী এক মুকলি শ্ৰেণীবিভাজন কৰিলো। পিছৰ অধ্যায় সমূহত তোমালোকে অৰ্ধপৰিবাহীত পৰিবহন প্ৰক্ৰিয়া সম্বন্ধে জানিবা।

14.3 সহজাত অৰ্ধপৰিবাহী (Intrinsic Semiconduction)

Ge আৰু Si ৰ জালিকাৰ (Lattice) গঠন 14.3 চিত্ৰত দেখুওৱা হৈছে। এই গঠনক হীৰা সদৃশ (diamond-like) গঠন বোলা হয়। প্ৰতিটো পৰমাণুক চাৰিটা প্ৰতিবেশীয়ে আগুৰি ৰাখে। আমি জানো যে Si আৰু Ge ৰ চাৰিটা যোজ্যতা ইলেকট্ৰন থাকে। স্ফটিকীয় গঠনত, প্ৰতিটো Si বা Ge পৰমাণুই পৰস্পৰে একোটাকৈ যোজাত্য ইলেকট্ৰন ভগাই লয় আৰু এনেদৰে প্ৰতিটো প্ৰতিবেশীৰে একোটা ইলেকট্ৰনে ইয়াত ভাগ লয়। এই ভাগত অংশ লোৱা প্ৰতিটো ইলেকট্ৰন যোৰাই সমযোজী বন্ধন (covalent bond) বা সাধাৰণতে যোজ্য বন্ধন (valence bond) গঠন কৰে। দুয়োটা বন্ধনত ভাগ লোৱা ইলেকট্ৰনে সহযোগী পৰমাণুৰ মাজত অহা যোৱা কৰি থাকি সিহঁতক প্ৰবলভাবে একত্ৰিত কৰি ৰাখে বুলি ভবা হয়। চিত্ৰ 14.3 ত দেখুওৱা Si বা Ge ৰ গঠন চিত্ৰ 14.4 ত দ্বিমাত্ৰিক নক্সাৰে দেখুওৱা হৈছে। ইয়াত সমযোজী বন্ধন বেছি স্পষ্টকৈ প্ৰকাশ পাইছে। কোনো বন্ধন ভংগ নোহোৱা এটি আদৰ্শ ছবি ই দাঙি ধৰিছে (সকলো বন্ধন অটুট থাকে)। নিম্ন উষ্ণতাত এনে এটি অৱস্থাৰ সৃষ্টি হয়। উষ্ণতা বৃদ্ধিৰ লগে লগে এই ইলেকট্ৰন বোৰৰ তাপীয় শক্তি বৃদ্ধি পায় আৰু ইলেকট্ৰন সমূহৰ কিছুমানে বন্ধন ভাঙি আতৰি যায় যি পৰিবহনত অৰিহণা যোগোৱা মুক্ত ইলেকট্ৰন হয়। তাপীয় শক্তিয়ে স্ফটিকাকাৰ জালিকাৰ মাত্ৰ কিছু সংখ্যক পৰমানুহে কাৰ্য্যকৰীভাবে আহিত কৰিব পাৰে আৰু চিত্ৰ 14.5 (a) ত দেখুওৱাৰ দৰে বন্ধনত এটি শূন্যস্থান সৃষ্টি হয়। যি প্ৰতিবেশীৰ পৰা ($-q$ আধানৰ) মুক্ত ইলেকট্ৰন ওলাই আহে তাত ($+q$) সক্ৰিয় আধানৰ শূন্য স্থান সৃষ্টি হয়। কাৰ্য্যকৰীভাবে ধনাত্মক ইলেকট্ৰনিক আধানৰ এই **শূন্য স্থানক হ'ল (hole)** বোলে। হ'লে ধনাত্মক আধানযুক্ত আপাতভাবে মুক্ত কণাৰ দৰে আচৰণ কৰে।



চিত্ৰ 14.3 লেটিচব্যৱধান 3.56, 5.43 আৰু 5.66 Å ৰ ক্ৰমে কাৰ্বন, ছিলিকন আৰু জাৰ্মেনিয়ামৰ ত্ৰিমাত্ৰিক হীৰা সদৃশ স্ফটিকৰ গঠন।

সহজাত অৰ্ধপৰিবাহীত, মুক্ত ইলেকট্ৰনৰ সংখ্যা n_e হ'লৰ সংখ্যা n_h ৰ সমান অৰ্থাৎ

$$n_e = n_h = n_i \qquad (14.1)$$

য'ত n_i ক বিশুদ্ধ বাহকগাঢ়তা (intrinsic carrier concentration) বোলে।

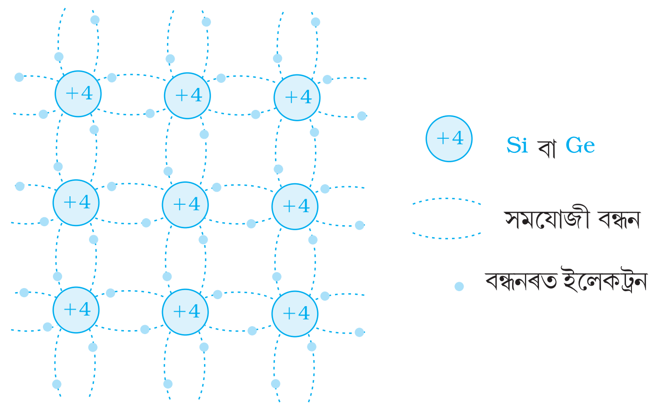
অৰ্ধপৰিবাহীতহে কেৱল ইলেকট্ৰনৰ ওপৰিও হ'ল সমূহ গতিশীল হোৱা দেখা যায়।

ধৰা, চিত্ৰ 14.5(a) ত দেখুওৱাৰ দৰে স্থান 1 ত এটা হ'ল আছে। চিত্ৰ 14.5(b) ত হ'লৰ গতি অনুধাৱন কৰিব পাৰি। সমযোজী বন্ধনৰ 2 ৰ পৰা এটা ইলেকট্ৰন শূন্যস্থান 1 (হ'ল) লৈ জপিয়াব পাৰে।

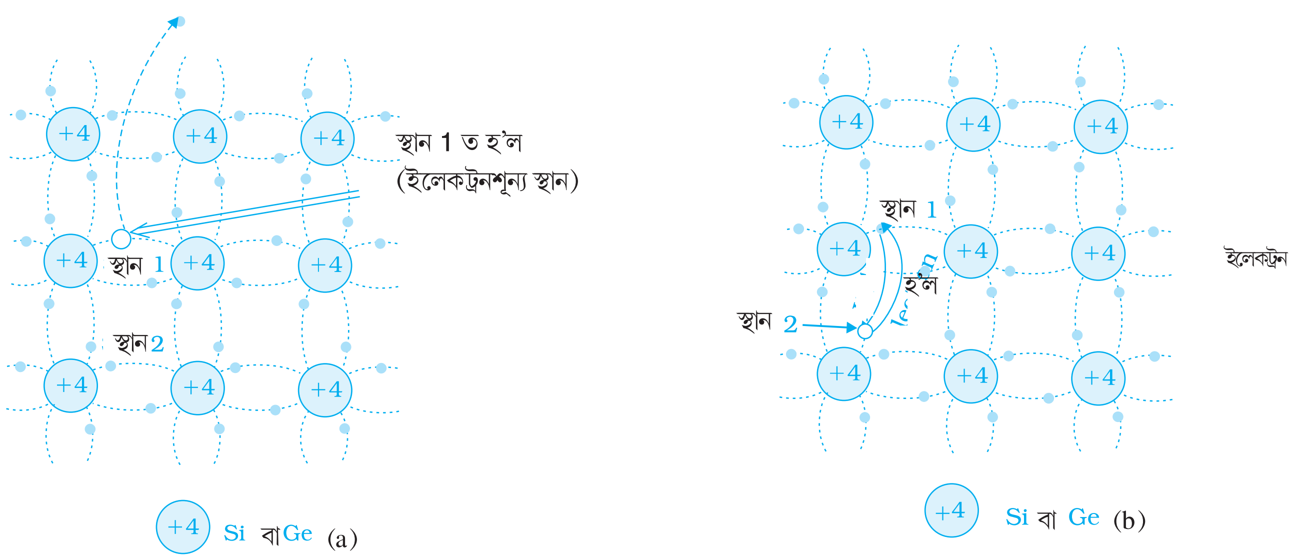
এইদৰে, এনে এটা জাপৰ পিছত স্থান 2 ত হ'লটো আৰু স্থান 1 ত এইবাৰ ইলেকট্ৰন এটা থাকিব। গতিকে আপাতভাৱে হ'লটো স্থান 1 ৰ পৰা স্থান 2 লৈ গতি কৰিব। মনত ৰাখিবা আদিতে মুক্ত হোৱা (চিত্ৰ 14.5(a)) ইলেকট্ৰনটোৱে হ'লৰ এনে চলন প্ৰক্ৰিয়াত ভাগ নলয়। মুক্ত ইলেকট্ৰনটো পৰিবহন ইলেকট্ৰন হিচাপে সম্পূৰ্ণ স্বতন্ত্ৰভাৱে গতি কৰি থাকে আৰু বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰ প্ৰয়োগ কৰিলে I_e ইলেকট্ৰন প্ৰবাহ দিয়ে। মনত ৰাখিবা যে যেতিয়া স্ফটিকৰ কোনো ঠাইত একোটা শূন্য বন্ধন থাকে তেতিয়া আৱদ্ধ ইলেকট্ৰন সমূহৰ প্ৰকৃত চলন বুজাবলৈ হ'লৰ চলন হৈছে এটি সূচল উপায়। বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰ এখনত এই হ'ল সমূহ ঋণাত্মক বিভৱৰ দিশত গতি কৰি হ'ল প্ৰবাহ I_h দিব। এইদৰে, মুঠ প্ৰবাহ I ৰ মান হব ইলেকট্ৰন প্ৰবাহ I_e আৰু হ'ল প্ৰবাহ I_h ৰ যোগফলৰ সমান ঃ

$$I = I_e + I_h \qquad (14.2)$$

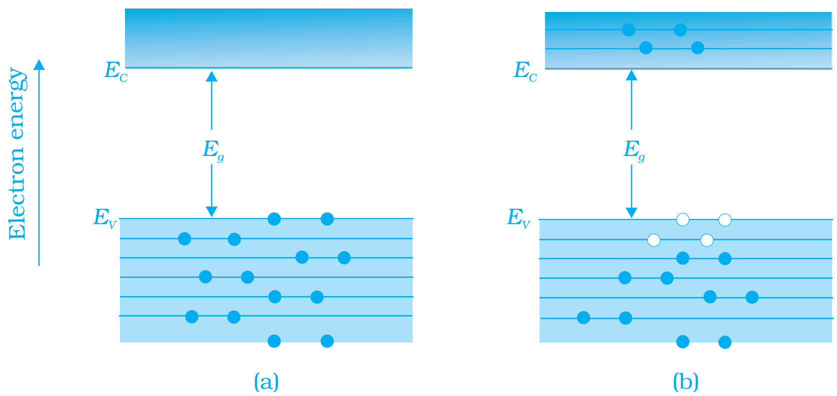
মনত ৰাখিবা যে পৰিবহন ইলেকট্ৰন আৰু হ'লৰ উৎপাদন প্ৰক্ৰিয়া (*generation process*) ৰ উপৰিও ইলেকট্ৰন আৰু হ'লৰ সংযোজন প্ৰক্ৰিয়া (*recombination process*) এটাও সংঘটিত হৈ থাকে। সাম্য অৱস্থাত, আধান বাহকৰ উৎপাদনৰ হাৰ পুনৰ সংযোজনৰ হাৰৰ সমান হয়। হ'লৰ সৈতে ইলেকট্ৰনৰ সংঘাত ফলস্বৰূপে পুনৰ সংযোজন হয়।



চিত্ৰ 14.4 নিম্ন উষ্ণতাত Si বা Ge ৰ সমযোজী বন্ধন প্ৰকাশক দ্বিমাত্ৰিক নক্সা (সকলো বন্ধন সম্পূৰ্ণ) +4 য়ে Si বা Ge ৰ অন্তঃভাগ বুজাইছে।



চিত্ৰ 14.5 (a) মজলীয়া উষ্ণতাত তাপীয় শক্তিৰ দ্বাৰা স্থান 1 ত হল সৃষ্টি আৰু পৰিবহণ ইলেকট্ৰনৰ উৎপাদনৰ নক্সা। (b) হ'লৰ সম্ভাব্য তাপীয় সঞ্চালনৰ সৰলীকৃত ৰূপ। নিম্ন ভাগৰ বাওহাতৰ সমযোজী বন্ধন (স্থান 2) ৰ পৰা অহা ইলেকট্ৰন পূৰ্বৰ হ'লৰ স্থান 1 লৈ গতি কৰিছে। স্থান 2 B ত এটা হ'লৰ সৃষ্টি কৰি স্থান 1 ৰ পৰা 2 স্থান লৈ হ'লৰ আপাত চলন নিৰ্দেশ কৰিছে।



চিত্ৰ 14.6 (a) $T = 0$ K উষ্ণতাত এটা বিশুদ্ধ অৰ্ধপৰিবাহীয়ে অন্তৰকৰ দৰে আচৰণ কৰে। (b) $T > 0$K ত চাৰিটা তাপীয়ভাৱে সৃষ্টি কৰা ইলেকট্ৰন- হ'ল যোৰা। পূৰ্ণ বৃত্ত (•) ই ইলেকট্ৰন আৰু শূন্যক্ষেত্ৰ (0) ই হ'ল বুজাইছে।

এটা বিশুদ্ধ অৰ্ধপৰিবাহীয়ে $T = 0$ K উষ্ণতাত চিত্ৰ 14.6(a) ত দেখুওৱাৰ নিচিনাকৈ এটা অন্তৰকৰ দৰে কাম কৰে। উচ্চ উষ্ণতাত ($T > 0$K) তাপীয় শক্তিয়ে যোজ্যতা পটিৰ কিছুমান ইলেকট্ৰন পৰিবহনপটিলৈ উত্তেজিত (excites) কৰে। $T > 0$K উষ্ণতাত তাপীয়ভাৱে উত্তেজিত কৰা এই ইলেকট্ৰনবোৰে আংশিকভাৱে পৰিবহন পটি দখল কৰে। সেয়ে, বিশুদ্ধ বা সহজাত অৰ্ধপৰিবাহীৰ এটাৰ শক্তি পটিৰ আৰ্হি চিত্ৰ 14.6(b)ত দেখুওৱাৰ দৰে হয়। ইয়াত পৰিবহন পটিত কিছুমান ইলেকট্ৰন দেখুওৱা হৈছে। এইবোৰ যোজ্যতা পটিৰ পৰা আহিছে। যোজ্যতা পটিত ইহঁতে সম সংখ্যক হ'ল এৰি থৈ আহিছে।

উদাহৰণ 14.1

উদাহৰণ ঃ 14.1 C, Si আৰু Ge জালিকা একে গঠনৰ। Si আৰু Ge বিশুদ্ধ অৰ্ধপৰিবাহী কিন্তু C অন্তৰক পদাৰ্থ হয় কিয় ?

সমাধান ঃ C, Si আৰু Ge ৰ 4 টা যোজ্য ইলেকট্ৰন ক্ৰমে 2য় 3য় 4ৰ্থ কক্ষপথত থাকে। সেয়ে এই পৰমাণু সমূহৰ পৰা এটা ইলেকট্ৰন উলিয়াই অনাৰ বাবে প্ৰয়োজন হোৱা শক্তি (অৰ্থাৎ প্ৰয়োজনীয়তা E_g শক্তি) ৰ মান Ge ৰ ক্ষেত্ৰত আটাইতকৈ কম Si ৰ কিছু বেছি আৰু C ৰ ক্ষেত্ৰত সৰ্বাধিক। সেয়ে Ge আৰু Si ৰ ক্ষেত্ৰত পৰিবহনৰ বাবে লগা মুক্ত ইলেকট্ৰনৰ সংখ্যা যথেষ্ট কিন্তু C ৰ ক্ষেত্ৰত নগণ্য হয়।

14.4 বহিঃস্থ অৰ্ধপৰিবাহী (Extrinsic Semiconductor)

বিশুদ্ধ বা সহজাত অৰ্ধপৰিবাহীৰ পৰিবাহিতা উষ্ণতাৰ ওপৰত নিৰ্ভৰশীল, কিন্তু সাধাৰণ উষ্ণতাত ইহঁতৰ পৰিবাহিতা অতি নিম্নমানৰ হয়। সেইবাবে, এনে অৰ্ধপৰিবাহী ব্যৱহাৰ কৰি কোনো দৰকাৰী ইলেকট্ৰনিক আহিলাৰ বিকাশ ঘটাব পৰা নাযায়। গতিকে ইহঁতৰ পৰিবাহিতা উন্নীতকৰণৰ আৱশ্যকতা আছে। অশুদ্ধি ব্যৱহাৰ কৰি এই কামটো কৰা হয়।

যেতিয়া অতি কম পৰিমাণৰ, ধৰা প্ৰতি নিযুতত সামান্য অংশ (p p m) উপযুক্ত অপদ্ৰব্য নিভাঁজ অৰ্ধপৰিবাহীৰ লগত মিহলোৱা হয়, অৰ্ধ পৰিবাহীৰ পৰিবাহীতা যথেষ্ট পৰিমাণত বৃদ্ধি পায়। এনে পদাৰ্থক **বহিঃস্থ অৰ্ধপৰিবাহী** (extrinsic semiconductor) বা **অশুদ্ধি অৰ্ধপৰিবাহী** (impurity semiconductors) বোলে। উপযুক্ত অপদ্ৰব্য সংযোজন কৰা প্ৰক্ৰিয়াটোক অশুদ্ধিকৰণ বা ডোপিং (doping) আৰু অশুদ্ধি পৰমাণুক ডোপেণ্ট (dopant) বুলি কোৱা হয়। এনে পদাৰ্থক ডোপ কৰা অৰ্ধপৰিবাহী (doped semiconductor) বোলে। ডোপেণ্ট এনে হোৱা উচিত যাতে

ই কেতিয়াও মূল নিভাঁজ অৰ্ধপৰিবাহী জালিকা (lattice) বিকৃত নকৰে। ই- স্ফটিকত-মূল অৰ্ধপৰিবাহীৰ কেৱল কেইটামান পৰমাণুৰ স্থানহে দখল কৰে। ইয়াৰ বাবে প্ৰয়োজনীয় চৰ্ত হৈছে ডোপেণ্টৰ আকাৰ আৰু অৰ্ধপৰিবাহীৰ পৰমাণুৰ আকাৰ প্ৰায় একে হব লাগিব।

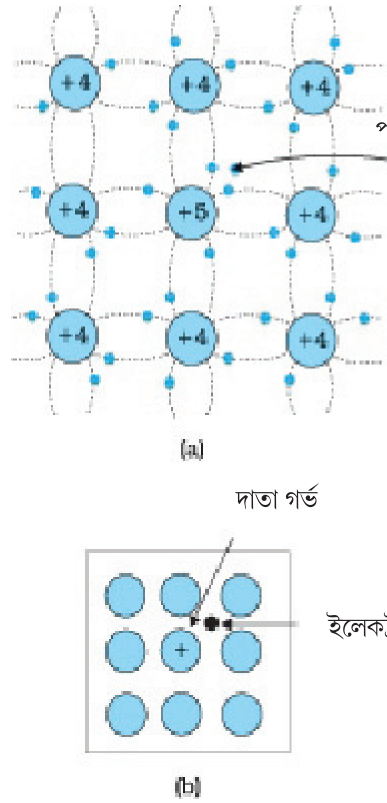
চতুৰ্যোজী Si আৰু Ge ৰ ডোপিংত ব্যৱহাৰ কৰা দুই প্ৰকাৰৰ ডোপেণ্ট হৈছে।

(i) পঞ্চযোজক (যোজ্যতা 5)ঃ যেনে আৰ্ছেনিক (As), এণ্টিমণি (Sb), ফছফৰাছ (P) ইত্যাদি।

(ii) ত্ৰিযোজক (যোজ্যতা 3)ঃ যেনে ইন্দিয়াম (In), ব'ৰণ (B) এলুমিনিয়াম (Al) ইত্যাদি।

ডোপিঙে কেনেদৰে অৰ্ধপৰিবাহীৰ আধান বাহকৰ (আৰু ফলস্বৰূপে পৰিবাহীতাৰ) পৰিবৰ্তন ঘটাই সেই সম্পৰ্কে আমি এতিয়া আলোচনা কৰিম।

পৰ্য্যাবৃত্ত তালিকাত Si আৰু Ge চতুৰ্থ স্তম্ভৰ মৌল আৰু সেয়ে আমি ডোপেণ্ট মৌল ইয়াৰ কাষৰ পঞ্চম আৰু তৃতীয় স্তম্ভৰ পৰা লও যাতে ডোপেণ্ট পৰমাণুৰ আকাৰ Si আৰু Ge ৰ পৰমাণুৰ প্ৰায় সমান হয়। আমোদজনকভাৱে, পঞ্চযোজক আৰু ত্ৰিযোজক ডোপেণ্টে Si বা Ge ত সম্পূৰ্ণ পৃথক দুই প্ৰকাৰৰ অৰ্ধপৰিবাহীৰ সৃষ্টি কৰে। তলত এই সম্পৰ্কে আলোচনা কৰা হৈছে।



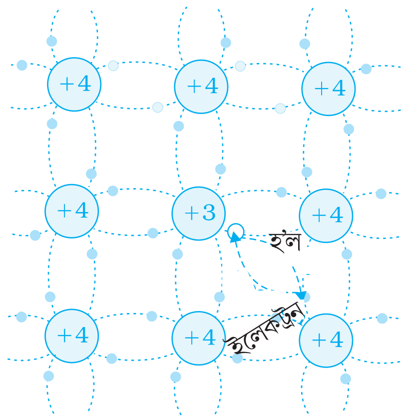
চিত্ৰ 14.7 (a) পঞ্চযোজক দাতা পৰমাণু (As, Sb, P, ইত্যাদি) ৰ সৈতে চতুৰ্যোজক Si বা Ge ক ডোপ কৰি n - জাতীয় অৰ্ধপৰিবাহী পোৱা গৈছে। (b) সাধাৰণতে ব্যৱহাৰ কৰা n -জাতীয় পদাৰ্থৰ নক্সাত ধনাত্মক দাতাগৰ্ভ আৰু আনুষংগিক অতিৰিক্ত ইলেকট্ৰন।

(i) n-জাতীয় অৰ্ধপৰিবাহী (n-type semiconductor)

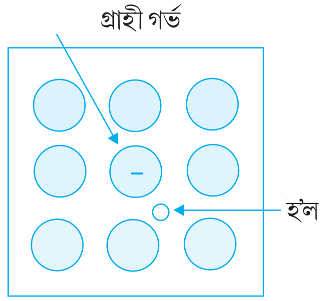
ধৰা, পঞ্চযোজক মৌলৰ দ্বাৰা চিত্ৰ 14.7 ত দেখুওৱাৰ দৰে Si বা Ge ডোপ কৰা হৈছে। যেতিয়া Si ৰ স্ফটিক জালিকাৰ কোনো এটা পৰমাণুৰ স্থান +5 যোজ্যতাৰ মৌল এটাই অধিকাৰ কৰে, ইয়াৰ চাৰিটা যোজ্যতা ইলেকট্ৰনে প্ৰতিবেশী Si ৰ চাৰিটা পৰমাণুৰ সৈতে সমযোজী বন্ধনৰ সৃষ্টি কৰে। পঞ্চম ইলেকট্ৰনটো অপদ্ৰব্য পৰমাণুটোৰ সৈতে তেনেই দুৰ্বলভাৱে সাঙোৰ খাই থাকে। এই কাৰণে এই ইলেকট্ৰনটো মুক্ত কৰিবলৈ লগা আয়নীকৰণ শক্তিৰ মান যথেষ্ট কম আৰু আনকি সাধাৰণ উষ্ণতাতে অৰ্ধপৰিবাহী জালিকাত ই মুক্তভাৱে বিচৰণ কৰিব পাৰে। উদাহৰণ স্বৰূপে, এই ইলেকট্ৰনটো ইয়াৰ পৰমাণুৰ পৰা পৃথক কৰাৰ বাবে জাৰ্মেনিয়ামৰ ক্ষেত্ৰত প্ৰয়োজনীয় শক্তি ~ 0.01 eV আৰু ছিলিকনৰ ক্ষেত্ৰত 0.05 eV। সাধাৰণ উষ্ণতাত বিশুদ্ধ অৰ্ধপৰিবাহীৰ শক্তিপটিৰ অন্তৰাল পাৰ হবলৈ লগা শক্তি (জাৰ্মেনিয়ামৰ ক্ষেত্ৰত প্ৰায় 0.72eV আৰু ছিলিকনৰ ক্ষেত্ৰত প্ৰায় 1.1 eV) ইয়াতকৈ বহু বেছি হয়। এইদৰে পঞ্চযোজক ডোপেণ্টে পৰিবহনৰ বাবে এটা অতিৰিক্ত ইলেকট্ৰন দান কৰে আৰু সেয়ে ইহঁতক 'দাতা অপদ্ৰব্য' (donor impurity) বোলে। ডোপেণ্ট পৰমাণুৱে পৰিবহণৰ বাবে দিয়া ইলেকট্ৰনৰ সংখ্যা ডোপিং মাত্ৰাৰ ওপৰত প্ৰবলভাৱে নিৰ্ভৰ কৰে। কোনো উষ্ণতা বৃদ্ধিৰ ওপৰত ই নিৰ্ভৰশীল নহয়। অন্যহাতে Si পৰমাণুৰ পৰা উৎপন্ন হোৱা মুক্ত ইলেকট্ৰনৰ (সম পৰিমাণৰ হ'ল) সংখ্যা উষ্ণতাৰ লগত সামান্য পৰিমাণত বৃদ্ধি হয়।

ডোপ কৰা অৰ্ধপৰিবাহীত মুঠ পৰিবহন ইলেকট্ৰন সংখ্যা n_e হৈছে দাতা অপদ্ৰব্যই দিয়া ইলেকট্ৰন আৰু অৰ্ধপৰিবাহীৰ সহজাত ইলেকট্ৰনৰ সমষ্টি। কিন্তু হ'ল সংখ্যা n_h কেৱল অৰ্ধপৰিবাহীৰ সহজাত হ'লৰ মান।

ইলেকট্ৰনৰ সংখ্যা বৃদ্ধিৰ লগে লগে হ'লৰ পুনৰ সংযোজনৰ হাৰ বৃদ্ধি পাব। ফলস্বৰূপে, হ'লৰ সংখ্যা আৰু হ্ৰাস হ ব।



(a)



(b)

চিত্ৰ 14.8 (a) ত্ৰিয়োজক গ্ৰাহী পৰমাণু (In, Al, B ইত্যাদি) চৰ্তুযোজক ৰ জালীত ডোপ কৰাত p-জাতীয় অৰ্ধ পৰিবাহী দিছে। (b) সাধাৰণতে ব্যৱহাৰ কৰা p- জাতীয় পদাৰ্থৰ নিৰ্দেশক নক্সা। এটা অতিৰিক্ত ঋণাত্মক আধানেৰে আৰু ইয়াৰ লগত জড়িত হ'লেৰে গ্ৰাহী গৰ্ভ।

এইদৰে, উপযুক্ত পৰিমাণৰ ডোপিং কৰি হ'লৰ সংখ্যাতকৈ পৰিবহন ইলেকট্ৰনৰ সংখ্যা যথেষ্ট পৰিমাণত বৃদ্ধি কৰিব পাৰি। গতিকে কৃত্ৰিম অৰ্ধপৰিবাহীত পঞ্চযোজক অপদ্ৰব্যৰ ডোপ কৰিলে, ইলেকট্ৰন **মুখ্যবাহক** (majority carriers) আৰু হ'ল **গৌণ বাহক** হ'ব। এনে অৰ্ধপৰিবাহীবোৰক n -জাতীয় অৰ্ধপৰিবাহী বোলে।

n -জাতীয় অৰ্ধপৰিবাহীৰ ক্ষেত্ৰত

$$n_e >> n_h \qquad (14.3)$$

(ii) p - জাতীয় অৰ্ধপৰিবাহী (p-type semiconductor)

এলুমিনিয়াম, ব'ৰণ, ইন্দিয়াম (Al, B, In,) ইত্যাদি ত্ৰিযোজক অপদ্ৰব্যৰ দ্বাৰা Si বা Ge 'ডোপ' কৰিলে এনে অৰ্ধপৰিবাহী পোৱা যায়। Si বা Ge তকৈ ডোপেণ্টৰ এটা যোগ্যতা ইলেকট্ৰন কম থাকে, আৰু সেয়ে, এনে পৰমাণুৱে প্ৰতিবেশী তিনিটা পৰমাণুৰ সৈতে সমযোজন বন্ধনযুক্ত হয় কিন্তু চতুৰ্থ পৰমাণুটোৰ সমযোজনৰ বাবে কোনো ইলেকট্ৰন নাথাকে। সেয়ে 4 ৰ্থ প্ৰতিবেশী আৰু ত্ৰিযোজক পৰমাণুৰ মাজৰ বন্ধনত চিত্ৰ 14.8 ত দেখুওৱাৰ দৰে এটা শূন্য স্থান বা হ'ল থাকে। যিহেতু প্ৰতিবেশী Si পৰমাণুটোৱে জালিকাত এটা হ'লৰ পৰিবৰ্তে এটা ইলেকট্ৰনহে বিচাৰে, সেয়ে প্ৰতিবেশী এটা পৰমাণুৰ বাহ্যিক কক্ষৰ পৰা এটা ইলেকট্ৰন জপিয়াই আহি এই শূন্য স্থান পূৰ্ণ কৰিব পাৰে। ফলস্বৰূপে ইলেকট্ৰনটোৰ নিজৰ স্থানত এটা শূন্য স্থান বা হ'ল সৃষ্টি হয়। এইদৰে, পৰিবহন বাবে হ'ল উপলব্ধ হয়। মনত ৰাখিবা ত্ৰিযোজক অপদ্ৰব্য পৰমাণুটোৱে 4 ৰ্থ ইলেকট্ৰন এটা প্ৰতিবেশী Si পৰমাণুৰ পৰা সংগ্ৰহ কৰাৰ বাবে ঋণাত্মক আধানযুক্ত হয়। সেয়ে p - জাতীয় পদাৰ্থৰ ডোপেণ্ট পৰমাণুক, চিত্ৰ 14.8(b) ত দেখুওৱাৰ দৰে, ইয়াৰ লগত জড়িত হ'লৰ সৈতে ঋণাত্মক আধানৰ গৰ্ভ (core) বুলি গণ্য কৰিব পাৰি। এইটো স্পষ্ট যে এটা গ্ৰাহী পৰমাণু (acceptor) য়ে এটাহে হ'ল দিয়ে। পৰিবহন ইলেকট্ৰনসমূহ কেৱল সহজাতভাৱে (intrinsically) অৰ্ধপৰিবাহীৰ পৰা উৎপাদিত হয়। সহজাত হ'লৰ উপৰিও এই হ'ল সমূহ অতিৰিক্ত ভাৱে পোৱা যায়। এইদৰে; এনে পদাৰ্থৰ হ'ল হৈছে মুখ্য আধান বাহক আৰু ইলেকট্ৰন হৈছে গৌণ আধান বাহক। সেয়ে, ত্ৰিযোজক অপদ্ৰব্যৰ সৈতে ডোপ কৰা কৃত্ৰিম অৰ্ধপৰিবাহীক **p-জাতীয় অৰ্ধপৰিবাহী** বোলে।

p - জাতীয় অৰ্ধপৰিবাহীৰ ক্ষেত্ৰত পুনৰ সংযোজন প্ৰক্ৰিয়াই তাপীয়ভাৱে সৃষ্টি হোৱা ইলেকট্ৰনৰ সংখ্যা $\mathbf{n_i}$ হ্ৰাস ঘটাই $\mathbf{n_e}$ কৰিব। p - জাতীয় অৰ্ধপৰিবাহীৰ ক্ষেত্ৰত আমি পাওঁ

$$n_h >> n_e \qquad (14.4)$$

মনত ৰাখিবা ডোপ কৰা **স্ফটিকটো বৈদ্যুতিকভাৱে উদাসীন, যিহেতু অতিৰিক্ত আধান বাহকৰ আধান আৰু জালীকাত আয়নিকৃত গৰ্ভটোৰ আধান সমান আৰু বিপৰীত।**

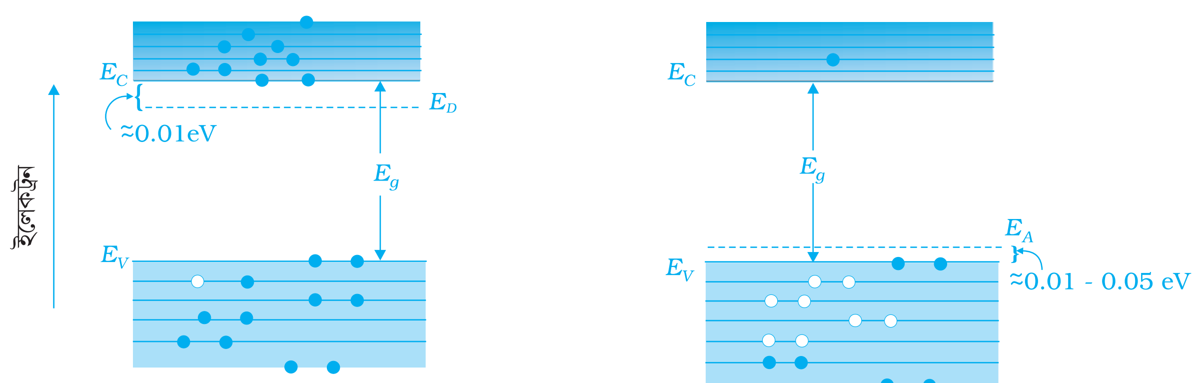
কৃত্ৰিম অৰ্ধপৰিবাহীত, মুখ্য প্ৰবাহ বাহকৰ প্ৰচুৰতাৰ কাৰণে, তাপীয়ভাৱে সৃষ্টি হোৱা গৌণ বাহকে মুখ্য বাহক সমূহক লগ পোৱাৰ সুযোগ যথেষ্ট হয় আৰু এইদৰে ইইঁত নোহোৱা হয়। সেয়ে, ডোপেণ্টে একে প্ৰকাৰৰ প্ৰবাহ বাহক যথেষ্ট পৰিমাণত যোগ দি মুখ্য বাহকত পৰিণত হয় আৰু পৰোক্ষভাৱে সহজাত গৌণ বাহকৰ প্ৰকৃত গাঢ়তা হ্ৰাস পোৱাত সহায় কৰে।

Si অৰ্ধ পৰিবাহীৰ শক্তি পটিৰ গঠনৰ ওপৰত ডোপিঙে প্ৰভাৱ পেলায়। কৃত্ৰিম অৰ্ধ পৰিবাহীত দাতা অপদ্ৰব্যৰ (E_D) আৰু গ্ৰাহী অপদ্ৰব্যৰ (E_A) অতিৰিক্ত শক্তি স্তৰ থাকে। n - জাতীয় অৰ্ধপৰিবাহীৰ শক্তিপটিৰ চিত্ৰত, দাতাশক্তি স্তৰ E_D পৰিবহন পটিৰ E_C স্তৰৰ সামান্য তলত থাকে আৰু অতি সামান্য শক্তিৰ

যোগানতে এই স্তৰৰ পৰা ইলেকট্ৰন পৰিবহন পটিলৈ গতি কৰে। সাধাৰণ উষ্ণতাতে প্ৰায়বোৰ দাতা পৰমাণুয়েই আয়নিকৃত হয়। কিন্তু Si ৰ অতি সামান্য ($\sim 10^{-12}$) পৰমাণুহে আয়নিকৃত হয়। সেয়ে পৰিবহন পটিৰ সৰহ সংখ্যক ইলেকট্ৰনেই, চিত্ৰ 14.9(a)দেখুওৱাৰ দৰে, দাতা অপদ্ৰব্যৰ পৰা আহে। একেদৰে, p-জাতীয় অৰ্ধপৰিবাহীৰ ক্ষেত্ৰত, গ্ৰাহী শক্তিস্তৰ E_A, চিত্ৰ 14.9(a) ত দেখুওৱাৰ দৰে, যোজ্যতা পটি E_V ৰ শীৰ্ষস্তৰ সামান্য ওপৰত থাকে। অতি সামান্য পৰিমাণৰ শক্তি যোগান ধৰিলেই যোজ্যতা পটিৰ পৰা একোটা ইলেকট্ৰন E_A স্তৰলৈ জপিয়াব পাৰে আৰু গ্ৰাহীক ঋণাত্মক ভাৱে আয়নিকৃত কৰে। (বিকল্প ভাৱে, আমি কব পাৰো যে অতি সামান্য শক্তিৰ যোগানতে E_A স্তৰৰ পৰা হ'ল যোজ্যতা পটিলৈ নামি যায়। বাহ্যিক শক্তি আহৰণ কৰিলে ইলেকট্ৰন ওপৰলৈ উঠি যায় আৰু হ'ল তললৈ নামি যায়) সাধাৰণ উষ্ণতাত, প্ৰায়বোৰ গ্ৰাহী পৰমাণুৱে যোজ্যতা পটিত হ'ল এৰি থৈ আহি আয়নিকৃত হয়। এইদৰে সাধাৰণ উষ্ণতাত যোজ্যতা পটিত হ'লৰ ঘনত্ব কৃত্ৰিম অৰ্ধপৰিবাহীৰ বাবে প্ৰবল হয়। অৰ্ধপৰিবাহীত তাপীয় সাম্য অৱস্থাত ইলেকট্ৰন আৰু হ'লৰ গাঢ়তা হৈছে।

$$n_e n_h = n_i^2 \qquad (14.5)$$

ওপৰৰ বৰ্ণনা যদিও মোটামুটিধৰণৰ আৰু অনুমান সিদ্ধ ই ধাতু; অন্তৰক আৰু অৰ্ধপৰিবাহীৰ পাৰ্থক্য সহজ উপায়েৰে বুজাত সহায় কৰে। C, Si আৰু Ge ৰ ৰোধকতাৰ পাৰ্থক্য সিহঁতৰ পৰিবহন আৰু যোজ্যতা পটিৰ শক্তি অন্তৰালৰ ওপৰত নিৰ্ভৰ কৰে। C (হীৰা), Si আৰু Ge ৰ বাবে শক্তি অন্তৰাল যথাক্ৰমে 5.4 eV, 1.1 eV আৰু 0.7 eV। Sn পৰ্য্যাবৃত্ত তালিকাৰ IV স্তম্ভৰ মৌল। কিন্তু ই এটা ধাতু, কাৰণ ইয়াৰ ক্ষেত্ৰত শক্তি অন্তৰালৰ মান 0 eV।



(a) $T > 0$K
তাপীয়ভাৱে উৎপন্ন ইলেকট্ৰন - হল যুগল+ দাতা পৰমাণুৰ পৰা পোৱা 9 টা ইলেকট্ৰন

(b) $T > 0$K

চিত্ৰ 14.9 (a) $T > 0$K ত n- জাতীয় অধপৰিবাহী (b) $T > 0$K ত p-জাতীয় অৰ্ধপৰিবাহীৰ শক্তিপটি

উদাহৰণ ঃ৪4.2 ধৰা, এটা বিশুদ্ধ Si স্ফটিকত $5 \times 10^{28} 5 \times 10^{28}$ পৰমাণু/ m^{-3} আছে। পঞ্চযোজক As ৰ 1 ppm গাঢ়তাৰে ইয়াক ডোপ কৰা হৈছে। ইলেকট্ৰন আৰু হ'লৰ সংখ্যা নিৰ্ণয় কৰা। দিয়া আছে $n_i = 1.5 \times 10^{16} m^{-3}$

সমাধান ঃ মনত ৰাখিবা তাপীয়ভাৱে উৎপন্ন হোৱা ইলেকট্ৰন ডোপিংত উৎপন্ন হোৱা ইলেকট্ৰনৰ তুলনাত নগণ্য মানৰ হয়।

উদাহৰণ 14.2

উদাহৰণ 14.2

গতিকে, $n_e \approx N_D$

যিহেতু $n_e n_h = n_i^2$

হ'লৰ সংখ্যা $n_h = (2.25 \times 10^{32})/(5 \times 10^{22})$

$\sim 4.5 \times 10^9 \text{ m}^{-3}$

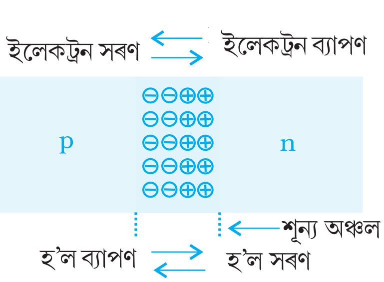
14.5 p-n জাংছন (p-n JUNCTION)

p-n জাংছন হৈছে বহুতো অৰ্ধপৰিবাহী কৌশল বা ডিভাইছৰ যেনে ডায়'ড (diode), ট্ৰেন্ জিষ্টৰ (transistor) ইত্যাদিৰ বুনিয়াদি নিৰ্মাণ খণ্ড (basic building block)। অন্য অৰ্ধপৰিবাহী ডিভাইছৰ কাৰ্য্যপদ্ধতি ব্যাখ্যা কৰাৰ কাৰণে জাংচনৰ আচৰণৰ স্পষ্ট জ্ঞান থকা দৰকাৰ। এতিয়া আমি এটা জাংচন কেনেকৈ গঠন হয় আৰু বাহ্যিক ভাবে প্ৰয়োগ কৰা বিভবৰ (বায়াছ বুলিও কোৱা হয়) প্ৰভাৱত কেনে আচৰণ কৰে তাক বুজিবলৈ চেষ্টা কৰিম।

14.5.1 p-n জাংছন গঠন (p-n junction formation)

p - জাতীয় চিলিকন (p-Si) অৰ্ধপৰিবাহীৰ পাতল খণ্ড (wafer) এটি বিবেচনা কৰা হওক। এই পাতল খণ্ডত সুক্ষ্ম পৰিমাণৰ পঞ্চযোজক সামান্যভাৱে যোগ দি p-Si খণ্ড এটা n-Si লৈ ৰূপান্তৰ ঘটাব পাৰি। অৰ্ধ পৰিবাহী তৈয়াৰ কৰাৰ বিভিন্ন পদ্ধতি আছে। ৱেফাৰটোত এতিয়া p অঞ্চল, আৰু n - অঞ্চল দুটা তৈয়াৰ হ'ল। p - আৰু n - অঞ্চলৰ মাজত এটা ধাতৱীয় জাংচন (metallurgical junction) থাকিব।

p - n জাংচন এটাৰ গঠনৰ সময়ত দুটা বিশেষ প্ৰক্ৰিয়া সংঘটিত হয় ঃ ব্যাপন (*diffusion*) আৰু সৰণ বা অপবাহ (*drift*)। আমি জানো যে n - জাতীয় অৰ্ধপৰিবাহীত, ইলেকট্ৰনৰ গাঢ়তা (একক আয়তনত থকা ইলেকট্ৰনৰ সংখ্যা) হ'লৰ গাঢ়তাৰ তুলনাত বেছি হয়। একে দৰে, p - জাতীয় অৰ্ধপৰিবাহীত হ'লৰ গাঢ়তা ইলেকট্ৰনৰ গাঢ়তাকৈ বেছি হয়। p - n জাংচনৰ গঠনৰ সময়ত p - অংশ আৰু n - অংশৰ মাজত গাঢ়তাৰ নতি (concentration gradient) থকাৰ বাবে, হ'ল p - অংশৰ পৰা n - অংশলৈ (p $\rightarrow$ n) ব্যাপন হব আৰু ইলেকট্ৰন n - অংশৰ পৰা p - অংশলৈ (n $\rightarrow$ p) ব্যাপন হব। আধান বাহকৰ এই গতিয়ে জাংচনৰ মাজত ব্যাপন প্ৰবাহৰ সৃষ্টি কৰে।



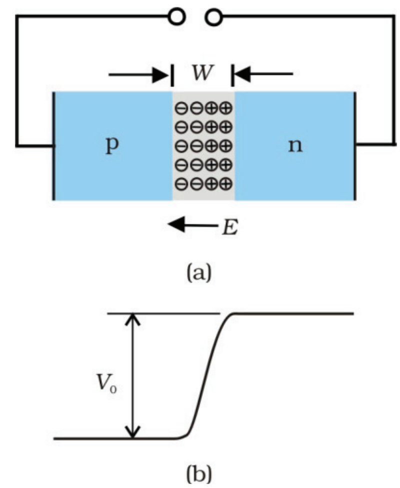
চিত্ৰ 14.10 জাংচন গঠন প্ৰক্ৰিয়া

যেতিয়া এটা ইলেকট্ৰন n - অংশৰ পৰা p - অংশলৈ (n $\rightarrow$ p) ব্যাপন হয়, ই n - অংশত এটা আয়নীকৃত দাতা এৰি থৈ আহে। এই আয়নীকৃত দাতা (ধনাত্মক আধান) গতিহীন হয় কাৰণ ই প্ৰতিবেশী পৰমাণুৰ লগত বন্ধনত আবদ্ধ থাকে। যিহেতু ইলেকট্ৰন অবিৰতভাৱে n -ৰপৰা p-অংশলৈ ব্যাপন হৈ থাকে জাংচনৰ n - অংশত ধনাত্মক আধানৰ তৰপ (বা ধনাত্মক অন্তৰাল আধানৰ অঞ্চল) এটা সৃষ্টি হয়।

একেদৰে, যেতিয়া গাঢ়তাৰ নতিৰ বাবে এটা হ'ল p - ৰ পৰা n অংশলৈ (p $\rightarrow$ n) ব্যাপন হয়, ই গতিহীন আধানীকৃত এটা গ্ৰাহী (ঋণাত্মক আধান) এৰি থৈ আহে। হ'লবোৰৰ অবিৰত ব্যাপন হলে জাংচনৰ p - অংশত ঋণাত্মক আধানৰ তৰপ (বা ঋণাত্মক অন্তৰাল আধানৰ অঞ্চল)

এটাৰ উদ্ভৱ হয়। জাংচনৰ দুয়োকাষে থকা এই অন্তৰাল আধানৰ অঞ্চলক (space-charge region) একেলগে শূন্য বা **ৰিক্ত অঞ্চল (depletion region)** বোলা হয়। জাংচনৰ মাজেৰে ইলেকট্ৰন আৰু হ'লৰ প্ৰাৰম্ভিকতে হোৱা গতিয়ে অঞ্চলটোত মুক্ত আধান হ্ৰাস কৰে (চিত্ৰ14.10)। ৰিক্ত অঞ্চলৰ বেধ এক মাইক্ৰ'মিটাৰৰ দহ ভাগৰ এভাগ। জাংছনৰ n - অংশৰ ধনাত্মক অন্তৰাল আধানৰ অঞ্চল আৰু p - অংশৰ ঋণাত্মক অন্তৰাল আধানৰ অঞ্চলৰ কাৰণে ধনাত্মক আধানৰ পৰা ঋণাত্মক আধানৰ দিশত এখন বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰৰ উদ্ভৱ হয়। এই ক্ষেত্ৰৰ কাৰণে, জাংচনৰ p - অংশৰ এটা ইলেকট্ৰন n - অংশলৈ গতি কৰে আৰু জাংচনৰে n - অংশৰ এটা হ'ল p - অংশলৈ গতি কৰে। বৈদ্যুতক ক্ষেত্ৰৰ বাবে হোৱা আধান বাহকৰ গতিক অপবাহ বা সৰণ (drift) বোলা হয়। এইদৰে, ব্যাপন প্ৰবাহৰ বিপৰীতে এটা অপবাহ বা সৰণ প্ৰবাহ আৰম্ভ হয় (চিত্ৰ14.10)।

আদিতে ব্যাপন প্ৰবাহৰ মান ডাঙৰ আৰু সৰণ প্ৰবাহৰ মান সৰু আছিল। ব্যাপন প্ৰক্ৰিয়া অবিৰত হোৱাৰ বাবে, জাংচনৰ দুয়োফালে অন্তৰাল আধানৰ অঞ্চল বিস্তৃত হয়। সেয়ে বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰৰ মান বৃদ্ধি হোৱাৰ লগতে সৰণ প্ৰবাহৰ মান বৃদ্ধি হব। ব্যাপন প্ৰবাহৰ মান সৰণ প্ৰবাহৰ সমান নোহোৱা পৰ্য্যন্ত এই প্ৰক্ৰিয়া একেৰাহে চলিব। এনেদৰে, এটা p - n জাংচন গঠন হব। সাম্য অৱস্থাত p - n জাংচনৰ কোনো লব্ধ প্ৰবাহ নাথাকে।



চিত্ৰ 14.11 (a) সাম্য (V = 0) অৱস্থাত ডায়'ড (b) বৈদ্যুতিক সংযোগ বা বায়াছহীন প্ৰাচীৰ বিভৱ

p - অঞ্চলৰ পৰা ইলেকট্ৰনৰ ক্ষতি (loss) আৰু n -অঞ্চলৰ ইলেকট্ৰনৰ প্ৰাপ্তি (gain) ৰ বাবে দুয়োঅঞ্চলৰ যোৰাটোত এক বিভবান্তৰৰ সৃষ্টি হয়। এই বিভৱৰ দিশ এনেকুৱা হয় যে অধিক আধান বাহকৰ গতিক ই বাধা দি এক সাম্য অৱস্থা স্থাপন কৰে। চিত্ৰ 14.11 এ সাম্য অৱস্থাত p-n জাংচন আৰু জাংচনটোৰ বিভৱ দেখুওৱাইছে। n - পদাৰ্থই ইলেকট্ৰন হেৰুৱাই আৰু p -পদাৰ্থই ইলেকট্ৰন লাভ কৰে। p পদাৰ্থৰ তুলনাত n পদাৰ্থ সেয়ে ধনাত্মক হয়। যিহেতু, n অঞ্চলৰ পৰা p অঞ্চললৈ ইলেকট্ৰনৰ গতি এই বিভৱে বাধা দিব বিচাৰে সেয়ে ইয়াক প্ৰায়ে প্ৰাচীৰ বিভৱ(barrier potential) বুলি কোৱা হয়।

উদাহৰণ 14.3

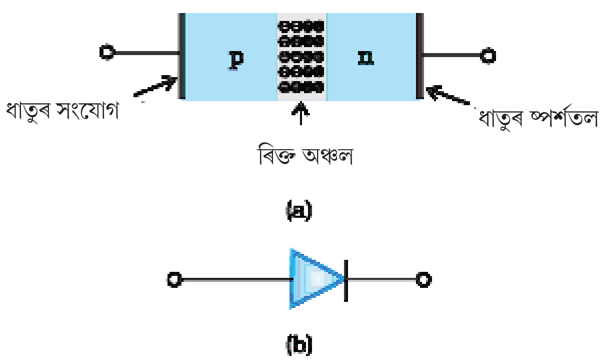
উদাহৰণ ঃ৪4.3 ভৌতিক ভাবে এখন n - জাতীয় অৰ্ধপৰিবাহী পাতৰ লগত সংযোগ কৰি p - n জংছন পাবৰ বাবে p - জাতীয় অৰ্ধপৰিবাহীৰ পাত এখন লব পাৰোনে ?

সমাধান ঃ নোৱাৰি ! যি কোনো পাত, , যিমানেই চেপেটা নহওক, আন্তঃ আনবিক স্ফটিক ব্যৱধানত (~ 2 ৰপৰা3 Å) তকৈ ইয়াৰ খহটা গুণ (roughness) যথেষ্ট বেছি হয় আৰু সেয়ে পাৰমাণবিক স্তৰত অবিচ্ছিন্ন স্পৰ্শ সম্ভৱ নহয়। আধান বাহকৰ সঞ্চালনত সন্ধিস্থলে ছেগাচোৰোকাকৈ কাম কৰিব।

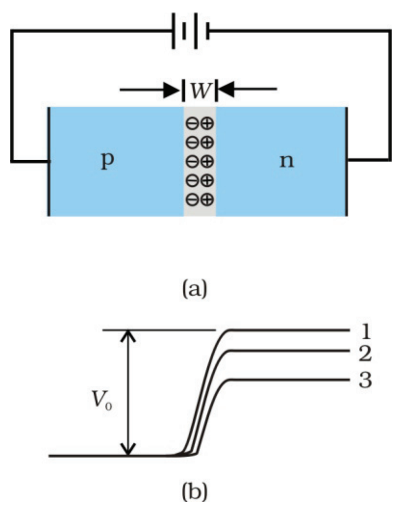
14.6 অৰ্ধ পৰিবাহী ডায়'ড (Semiconductor Diode)

অৰ্ধ পৰিবাহী ডায়'ড সাধাৰণতে এটা p - n জাংচন। বাহ্যিক বিভৱ প্ৰয়োগ কৰিবৰ বাবে দুই প্ৰান্তত ধাতবীয় সংযোগ (Contact) লগোৱা থাকে [চিত্ৰ 14.12(a)]। ই এবিধ দুই ত্বৰিৎদ্বাৰৰ ডিভাইছ। p - n জাংছন ডায়'ড এটা চিত্ৰ 14.12(b)ত দেখুওৱা প্ৰতীক চিহ্নৰে বুজোৱা হয়।

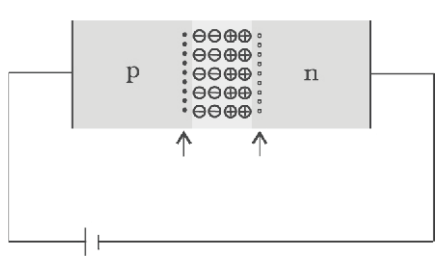
কাড় চিনৰ দিশে প্ৰচলিত প্ৰবাহৰ দিশ নিৰ্দ্দেশ কৰিছে (যেতিয়া ডায়'ডটো অগ্ৰৱতী সংযোগত



চিত্ৰ 14.12 (a) অৰ্ধপৰিবাহী ডায়'ড (b) p-n জাংছন ডায়'ডৰ প্ৰতীক।



চিত্ৰ 14.13 (a) অগ্ৰবৰ্তী সংযোগত জংচন p-n ডায়'ড।(b) প্ৰাচীৰ বিভৱ (1) বেটাৰী অবিহনে (2) নিম্ন বেটাৰী বিভৱত (3) উচ্চ বেটাৰী বিভৱত



চিত্ৰ 14.14 অগ্ৰবৰ্তী সংযোগত গৌণ বাহকৰ অনুবিন্ধন

আছে) ডায়'ডত বাহ্যিক V বিভৱ প্ৰয়োগ কৰি সাম্য প্ৰাচীৰ বিভৱৰ (equilibrium barrier potencial) পৰিবৰ্তন কৰিব পাৰি। সাম্য অৱস্থাত (বায়াছ অবিহনে) জাংছন ডায়'ড এটাৰ অৱস্থা চিত্ৰ 14.12(a) আৰু 14.12(b) ত দেখুওৱা হৈছে।

14.6.1 অগ্ৰবৰ্তী সংযোগ বা বায়াছত জাংচন ডায়'ড (p-n Junction diode under forward bias) ঃ

যেতিয়া অৰ্ধপৰিবাহীৰ ডায়'ড এটাত এনেদৰে এটা বাহ্যিক বিভৱ V প্ৰয়োগ কৰা হয় যে বেটাৰিৰ ধনাত্মক মেৰু p ৰ ফালে আৰু ঋণাত্মক মেৰু n ৰ ফালে সংযোগ হয় [চিত্ৰ 14.13(a)]তেতিয়া ইয়াক অগ্ৰবৰ্তী সংযোগ বা অগ্ৰবৰ্তী বায়াছ বোলে।

প্ৰয়োগ কৰা বিভৱৰ পতন ৰিক্ত অঞ্চলত আটাইতকৈ বেছি হয় আৰু জংছনটোৰ p- ফাল আৰু n - ফালৰ মাজৰ বিভৱভেদ নগণ্য মানৰ হয়। [ইয়াৰ কাৰণ হৈছে n - ফাল আৰু p - ফালৰ ৰোধৰ তুলনাত কোনো আধান নথকা ৰিক্ত অঞ্চলৰ ৰোধ যথেষ্ট উচ্চ মানৰ হয়।]

প্ৰয়োগ কৰা বিভৱ V ৰ দিশত গঢ়ি উঠা (built in) বিভৱ V_0 ৰ বিপৰীত। ফলস্বৰূপে ৰিক্তঅঞ্চলৰ বেধ হ্ৰাস পায় আৰু প্ৰাচীৰ উচ্চতা কমি যায় [চিত্ৰ 14.13(a)] অগ্ৰবৰ্তী সংযোগত কাৰ্য্যকৰী প্ৰাচীৰ উচ্চতা ($V_0 - V$)।

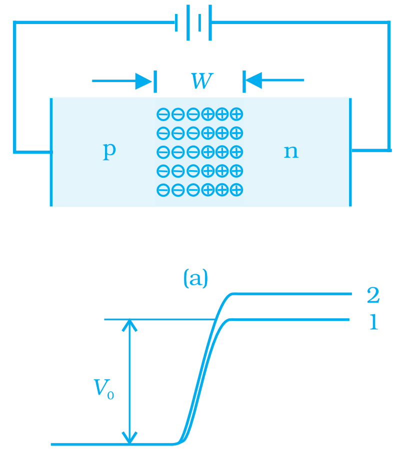
যদি প্ৰয়োগ কৰা বিভৱ কম মানৰ হয়, প্ৰাচীৰ বিভৱৰ মান সাম্য মানৰ সামান্য তললৈ হ্ৰাস পাব আৰু আটাইতকৈ ওপৰৰ শক্তিস্তৰত থকা অতি কম সংখ্যক আধান বাহকেহে সন্ধিস্থল অতিক্ৰম কৰিব পৰা শক্তিসম্পন্ন হয়। সেয়ে প্ৰবাহ অতি সামান্য পৰিমাণৰ হয়। যদি আমি প্ৰয়োগ বিভৱ যথেষ্ট পৰিমাণত বঢ়াই দিও, প্ৰাচীৰ উচ্চতা হ্ৰাস পাব আৰু যথেষ্ট পৰিমাণৰ বাহকে প্ৰয়োজনীয় শক্তি লাভ কৰিব আৰু এইদৰে প্ৰবাহ বৃদ্ধি পাব।

বিভৱ প্ৰয়োগ কৰাৰ কাৰণে n - ফালৰ পৰা ইলেকট্ৰনে ৰিক্ত অঞ্চল অতিক্ৰম কৰিব আৰু p - ফালে উপনীত হব (য'ত সিহঁত গৌণ বাহক হিচাপে থাকে)। একেদৰে p - ফালৰ পৰা হ'লে সন্ধিস্থল পাৰ হৈ n - ফালে সোমায় (সিহঁত গৌণ বাহক)। অগ্ৰবৰ্তী সংযোগৰ এনে প্ৰক্ৰিয়াক গৌণ বাহক অণুবিন্ধন (minority carrier injection) বোলে। প্ৰতিফালৰে সন্ধিস্থলৰ সীমাত গৌণ বাহকৰ গাঢ়তা সন্ধিস্থলৰ দূৰৰ স্থানৰ তুলনাত যথেষ্ট বৃদ্ধি পায়।

এই গাঢ়তা নতিৰ বাবে p - ফাললৈ সুমুৱাই দিয়া ইলেকট্ৰন সমূহৰ- -সন্ধিস্থলৰ p - ফালৰ এটা কাষৰ পৰা ইয়াৰ আনটো কাষলৈ ব্যাপন ঘটিব। একেদৰে, n - ফাললৈ সুমুৱাই দিয়া হ'ল সমূহ সন্ধিস্থলৰ n - ফালৰ এটা কাষৰ পৰা ইয়াৰ আনটো কাষলৈ ব্যাপন হব (চিত্ৰ 14.14)। আহিত বাহকৰ দুয়োফালে হোৱা এই গতিয়ে প্ৰবাহ সৃষ্টি কৰিব। ডায়ডৰ অগ্ৰবৰ্তী প্ৰবাহৰ মুঠ মান হ'লৰ ব্যাপন প্ৰবাহ আৰু ইলেকট্ৰনৰ ব্যাপনৰ বাবে পোৱা প্ৰবাহৰ যোগফলৰ সমান। প্ৰবাহৰ এই মান সাধাৰণতে mA ত থাকে।

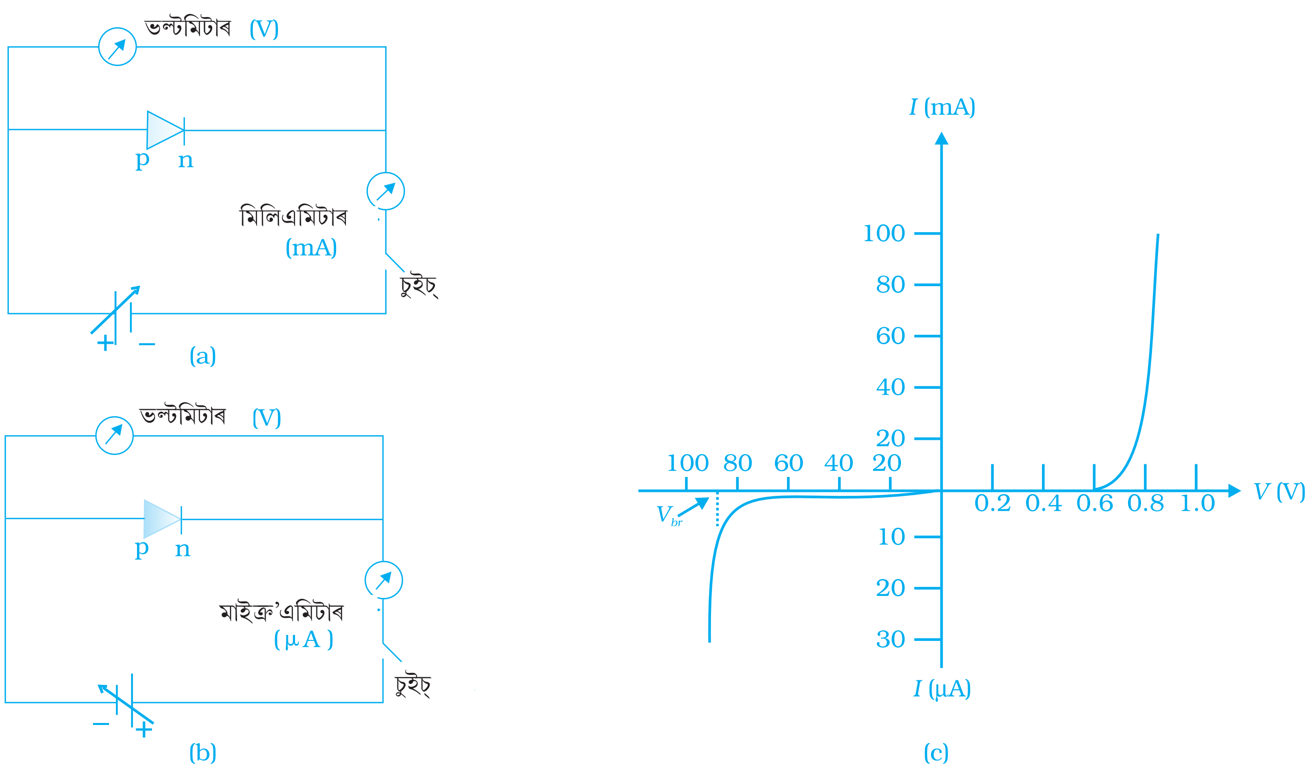
14.6.2 পশ্চাবৰ্তী বা বিপৰীত সংযোগত p - n জাংচন ডায়'ড (p - n Junction diode under reverse bias)ঃ

যেতিয়া ডায়ডত বাহ্যিক বিভৱ V এনেদৰে প্ৰয়োগ কৰা হয় যে n - ফাল ঋণাত্মক দ্বাৰত থাকে, তেতিয়া ইয়াক পশ্চাৎমুখী বা বিপৰীত সংযোগ (*reverse biased*) বুলি কোৱা হয়। ৰিক্ত অঞ্চলত প্ৰয়োগ বিভৱৰ আটাইতকৈ বেছি পতন ঘটে। প্ৰয়োগ কৰা বিভৱৰ দিশ প্ৰাচীৰ বিভৱৰ দিশৰ সৈতে একে। ফ'লস্বৰূপে প্ৰাচীৰ উচ্চতা বৃদ্ধি পাব আৰু বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰৰ পৰিবৰ্তন হোৱাৰ বাবে ৰিক্ত অঞ্চল বহল হব। পশ্চাৎবৰ্তী সংযোগত কাৰ্য্যকৰী প্ৰাচীৰ উচ্চতাৰ মান ($V_0 + V$) হব [চিত্ৰ 14.15(b)]। ই n → p ইলেকট্ৰনৰ গতি আৰু p → n হ'লৰ গতিক দমাই ৰাখিব। সেয়ে, ডায়ড'ৰ অগ্ৰৱৰ্তী সংযোগৰ তুলনাত ব্যাপন প্ৰবাহৰ মান যথেষ্টভাৱে হ্ৰাস পাব।



চিত্ৰ 14.15 (a) পশ্চাৎবৰ্তী সংযোগৰ ডায়'ড (b) পশ্চাৎবৰ্তী সংযোগত প্ৰাচীৰ বিভৱ।

জাংচনৰ বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰৰ দিশ এনে হয় যে যাদৃচ্ছিক গতি সম্পন্ন p- ফালৰ ইলেকট্ৰন আৰু n - ফালৰ হ'ল সন্ধিস্থলৰ কাষ চাপিলে সিহঁতক ইয়াৰ মুখ্য মণ্ডললৈ (majority Zone) টানি নিয়ে। এইদৰে হোৱা বাহকৰ সৰণে অপবাহ প্ৰবাহ সৃষ্টি কৰে। অপবাহ সৰণ প্ৰবাহৰ মান মাত্ৰ কিছু mA পৰিমাণৰ। এই মান অতি সুক্ষ্ম হয় কাৰণ সন্ধিস্থলৰ মাজেৰে বাহকৰ গৌণ ফালৰ পৰা সিহঁতৰ মুখ্য ফাললৈ আধান বাহকৰ সঞ্চালনৰ কাৰণে এই প্ৰবাহ সৃষ্টি হয়। অগ্ৰবৰ্তী সংযোগত অপবাহ প্ৰবাহো থাকে। কিন্তু, বাহক সুমুৰাই সৃষ্টি কৰা mA পৰিমাণৰ প্ৰবাহৰ তুলনাত



চিত্ৰ 14.16 p - n জংছন ডায়ডৰ V-I বৈশিষ্ট্য অধ্যয়নৰ বাবে পৰিক্ষনীয় বৰ্তনী ব্যৱস্থা। (a) অগ্ৰবৰ্তী সংযোগত (b) পশ্চাৎবৰ্তী সংযোগত (c) চিলিকন ডায়ড'ৰ দৃষ্টান্তমূলক V-I বৈশিষ্ট লেখ।

ই অতি নগণ্য (μA) পৰিমাণৰ হয়।

ডায়'ডৰ পশ্চাৎবৰ্তী প্ৰবাহ প্ৰয়োগ কৰা বিভৱৰ ওপৰত বৰ বেছি নিৰ্ভৰশীল নহয়। আনকি সন্ধিস্থলৰ এটা ফালৰ পৰা আনটো ফাললৈ গৌণ বাহক সমূহ টানি নিবলৈ অতি সামান্য বিভৱেই যথেষ্ট হয়। প্ৰবাহৰ মান প্ৰয়োগ কৰা বিভবৰ মানৰ দ্বাৰা সীমাবদ্ধ নহয় কিন্তু, সন্ধিস্থলৰ দুয়ো ফালে থকা গৌণ বাহকৰ গাঢ়তাৰ দ্বাৰা ই নিৰূপিত হয়।

পশ্চাৎবৰ্তী সংযোগত প্ৰবাহৰ মান, এটা সংকট মানৰ পশ্চাৎবৰ্তী বায়াছ বিভৱ পৰ্য্যন্ত বিভৱৰ ওপৰত নিৰ্ভৰশীল নহয়। এই সংকট বিভবক ভংগন বিভৱ (V_{br}) [breakdown valtage (V_{br})] বুলি জনা যায়। যেতিয়া $V = V_{br}$ হয় ডায়ড'ৰ বিপৰীত প্ৰবাহৰ মান তীব্ৰভাৱে বৃদ্ধি হয়। এনে অৱস্থাত অতি সামান্য সংযোগ বিভৱ (bias voltage) বৃদ্ধি হলে, প্ৰবাহৰ বৃহৎ পৰিবৰ্তন হয়। যদি এই বিপৰীত প্ৰবাহ বাহ্যিক বৰ্ত্তনী এটাৰ দ্বাৰা বিশেষ মানৰ (নিৰ্মাতাৰ দ্বাৰা উল্লেখিত) ৰ তলত সীমাবদ্ধ কৰা নহয় তেন্তে p - n জাংছনটো নষ্ট হৈ যাব। এবাৰ যদি ই নিৰ্ধাৰিত মান অতিক্ৰম কৰে, ডায়ডটো অতি উত্তাপৰ বাবে ধ্বংস হব। আনকি ডায়ডৰ অগ্ৰবৰ্তী সংযোগৰে ক্ষেত্ৰতো অগ্ৰবৰ্তী প্ৰবাহৰ মানে নিৰ্ধাৰিত মান অতিক্ৰম কৰিলে এই ঘটনা ঘটিব।

ডায়ডৰ V-I বৈশিষ্ট্য (অৰ্থাৎ প্ৰযুক্ত বিভব সাপেক্ষে প্ৰবাহৰ পৰিবৰ্তন) অধ্যয়নৰ বাবে বৰ্তনী ব্যৱস্থা চিত্ৰ 14.16(a) আৰু 14.16(b) ত দেখুওৱা হৈছে।ডায়ডত প্ৰয়োগ কৰা বিভব পৰিবৰ্তন কৰিব পৰা পটেনছমিটাৰ (বা ৰিঅ'ষ্টেট) ৰ মাজেৰে বেটাৰীটো ডায়'ডৰ লগত সংযোগ কৰা হৈছে। বেলেগ বেলেগ মানৰ বিভবৰ বাবে, প্ৰবাহৰ মান টুকি লোৱা হ'ল। V আৰু I ৰ মাজত এডাল লেখ [চিত্ৰ 14.16(c)] পোৱা গ'ল। মনত ৰাখিবা অগ্ৰবৰ্তী সংযোগত যিহেতু প্ৰত্যাশিত প্ৰবাহৰ মান ডাঙৰ (আগৰ খণ্ডত ব্যাখ্যা কৰাৰ দৰে), সেয়ে অগ্ৰবৰ্তী সংযোগত মিলি এমিটাৰ আৰু পশ্চাৎবৰ্তী সংযোগত মাইক্ৰএমিটাৰ প্ৰবাহ জোখাৰ বাবে সংযোগ কৰা হয়। চিত্ৰ [14.16(c)] তোমালোকে দেখা পাইছা যে অগ্ৰবৰ্তী সংযোগত ডায়ডৰ বিভবৰ এটা বিশেষ মান অতিক্ৰম নকৰা পৰ্য্যন্ত প্ৰথমতে অতি লাহে লাহে প্ৰায় নগণ্য মানত প্ৰবাহৰ বৃদ্ধি হৈছে। এই বৈশিষ্ট বিভৱ পোৱাৰ পিচত, আনকি অতি সামান্য ডায়'ড বায়াছ বিভৱৰ বৃদ্ধিত যথেষ্ট পৰিমাণত ডায়ড প্ৰবাহ (সূচকীয় ভাৱে) বৃদ্ধি হয়। এই বিভৱক **প্ৰাৰম্ভিক বিভৱ (threshold voltage)** বা **কৰ্তন বিভৱ (cut-in voltage)** বোলে (জাৰ্মেনিয়াম ডায়ডৰ বাবে ~0.2V আৰু চিলিকণ ডায়ডৰ বাবে~0.7 V)।

ডায়ড ৰ পশ্চাৎবৰ্তী সংযোগত, প্ৰবাহৰ মান অতি সুক্ষ্ম (~μA) আৰু বায়াছৰ পৰিবৰ্তন ঘটালেও ই স্থিৰ থাকে। ইয়াক **পশ্চাৎমুখী পৰিগৰ্ভিত প্ৰবাহ (reverse saturation current)** বোলে। অৱশ্যে, বিশেষ অৱস্থাত, অতি উচ্চ পশ্চাৎমুখী বায়াছ (ভংগন বিভৱ) ত, প্ৰবাহৰ মান হঠাতে বৃদ্ধি হয়। অধ্যায় 14.8 ত ডায়ডৰ এই বিশেষ ক্ৰিয়া আলোচনা কৰা হৈছে। পশ্চাৎমুখী পৰিগৰ্ভিত প্ৰবাহৰ বাহিৰত সাধাৰণ ব্যৱহাৰৰ বাবে ডায়ড লোৱা নহয়।

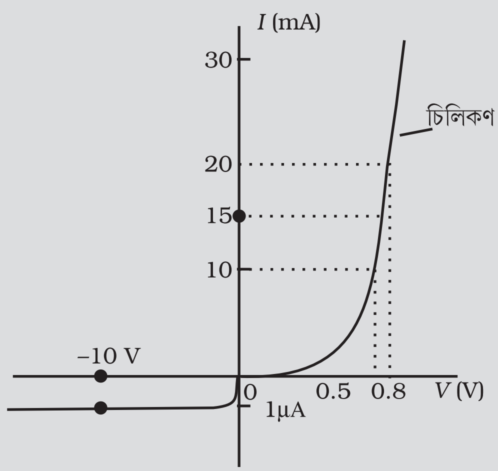
ওপৰৰ আলোচনাৰ পৰা দেখা গ'ল যে আদিতে p - n জাংছন ডায়ডে মাথোন এটা দিশতহে প্ৰবাহ সঞ্চালন কৰে (অগ্ৰবৰ্তী সংযোগ)। অগ্ৰবৰ্তী সংযোগৰ ৰোধ পশ্চাৎবৰ্তী সংযোগৰ ৰোধৰ তুলনাত নিম্ন মানৰ হয়। পৰবৰ্তী অধ্যায়ত আলোচনা কৰাৰ দৰে পৰিৱৰ্তী বিভৱ একমুখীকৰণত এই ধৰ্মৰ প্ৰয়োগ কৰা হয়। ডায়ডৰ ক্ষেত্ৰত গতিশীল ৰোধৰ (*dynamic resistance*) ৰ সংজ্ঞা হৈছে সামান্য পৰিবৰ্তিত বিভৱ ΔV বাবে প্ৰবাহৰ সামান্য পৰিবৰ্তন ΔI ৰ অনুপাত

অৰ্থাৎ $$r_d = \frac{\Delta V}{\Delta I} \qquad (14.6)$$

উদাহৰণ ঃ14.4 চিলিকন ডায়'ড এটাৰ V-I বৈশিষ্ট্য চিত্ৰ 14.17 ত দেখুওৱা হৈছে। (a) $I_D = 15$ mA আৰু (b) $V_D = -10$ V ত ডায়ডৰ ৰোধ নিৰ্ণয় কৰা।

সমাধান ঃ ডায়ডৰ বৈশিষ্ট্য ৰেখা I = 10 mA ৰ পৰা I = 20 ৰ মাজৰ মূলবিন্দুৰ মাজেৰে যোৱা এডাল সৰল ৰেখা বুলি বিবেচনা কৰিলে, ওমৰ সূত্ৰ প্ৰয়োগ কৰি ৰোধৰ মান নিৰ্ণয় কৰিব পাৰি।

(a) গ্ৰাফৰ পৰা, যেতিয়া I = 20 mA, V = 0.8 V, I = 10 mA, V = 0.7 V



চিত্ৰ 14.17

$r_{fb} = \Delta V/\Delta I = 0.1 V/10 mA = 10 \Omega$

(b) গ্ৰাফৰ পৰা, যেতিয়া V = −10 V, I = −1μA,

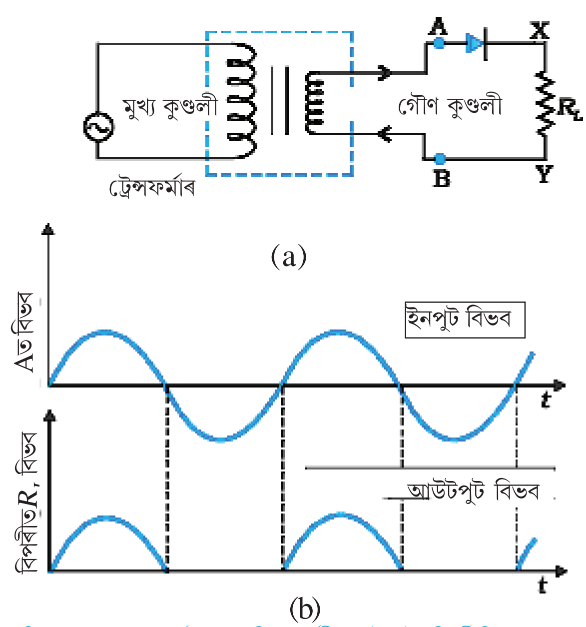
$\therefore r_{rb} = 10 V/1\mu A = 1.0 \times 10^7 \Omega$

উদাহৰণ 14.4

14.7 সংদিশক হিচাপে জাংছন ডায়'ডৰ প্ৰয়োগ (Application of Junction Diode as a Rectifier) ঃ

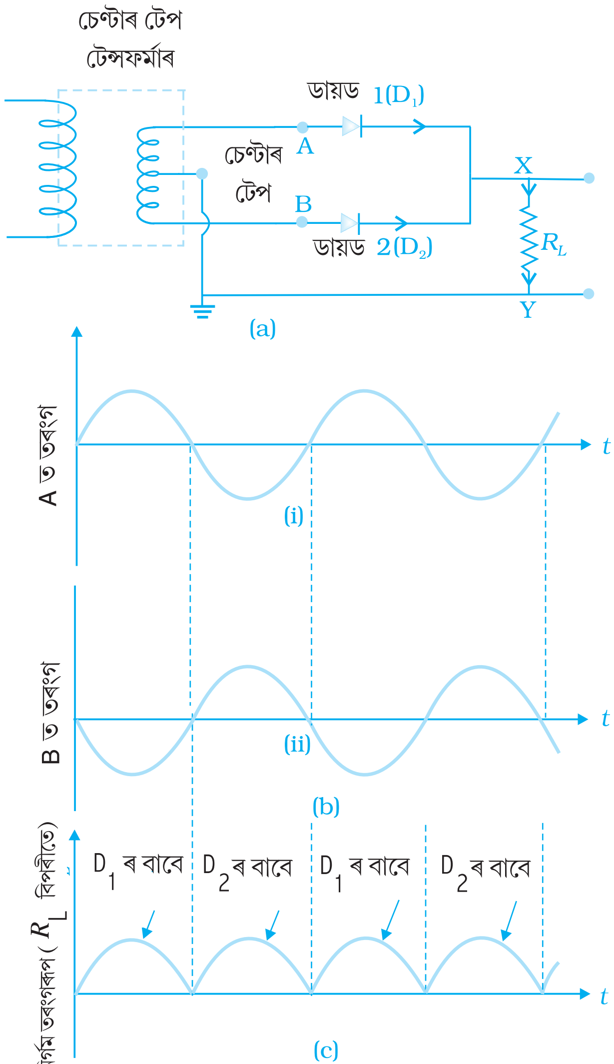
জংছন ডায়'ডৰ বৈশিষ্ট লেখৰ পৰা আমি দেখা পালো যে অগ্ৰবৰ্তী বায়াছত হে প্ৰবাহ চালিত হয়। সেয়ে ডায়ডত যদি পৰিবৰ্তী বিভব প্ৰয়োগ কৰা হয় ডায়ডৰ অগ্ৰবৰ্তী বায়াছ হোৱা চক্ৰৰ অংশতহে কেৱল প্ৰবাহ চালিত হব। পৰিবৰ্তী বিভব একমুখী কৰাৰ বাবে এই ধৰ্ম ব্যৱহাৰ কৰা হয় আৰু এই উদেশ্যত ব্যৱহাৰ কৰা বৰ্তনীক **সংদিশক (rectifier)** বোলে।

যদি ৰোধ এটি শ্ৰেণীবদ্ধভাৱে থকা ডায়ড এটাত পৰিবৰ্তী বিভব প্ৰয়োগ কৰা হয়, তেতিয়া পৰিবৰ্তী ইনপুট বিভবৰ অৰ্ধ চক্ৰতহে (যেতিয়া ডায়ডটো অগ্ৰবৰ্তী বায়াছ যুক্ত হয়) ৰোধৰ বিপৰীতে স্পন্দনশীল বিভব (Pulsating voltage) পোৱা যাব। এনেকুৱা সংদিশক বৰ্তনীক (14.18) চিত্ৰত দেখুওৱাৰ দৰে, **অৰ্ধ তৰংগ সংদিশক (half-wave rectifier)** বুলি কোৱা হয়। টেন্সফৰ্মাৰৰ গৌণ বৰ্তনীয়ে A আৰু



চিত্ৰ 14.18 (a) অৰ্ধ তৰংগ সংদিশক বৰ্তনী (b) ইনপুট পৰিবৰ্তী বিভব আৰু সংদিশক বৰ্তনীৰ পৰা পোৱা আউটপুট বিভৱৰ তৰংগ ৰূপ।

B দ্বাৰত অভীষ্ট পৰিৱৰ্তী বিভৱ যোগান ধৰে। যেতিয়া A ত বিভৱ ধনাত্মক হয়, ডায়ডটো অগ্ৰবৰ্তী বায়াছ যুক্ত হোৱাৰ বাবে পৰিবহণ সংঘটিত হয়। যেতিয়া A ঋণাত্মক হয় ডায়ডটো পশ্চাৎবৰ্তী বায়াছত থাকে আৰু পৰিবহণ হব নোৱাৰে। ডায়ডৰ পশ্চাৎবতী পৰিগৰ্ভিত প্ৰবাহ নগণ্য মানৰ হয় আৰু ব্যৱহাৰিক ক্ষেত্ৰত ইয়াৰ মান শূন্য বুলি ধৰা হয়। (ডায়ডটো পশ্চাৎমুখী ভংগনৰ পৰা বচাবৰ বাবে ইয়াৰ পশ্চাৎমুখী ভংগন বিভৱ ট্ৰেন্সফৰ্মাৰৰ গৌণ বৰ্তনীৰ পৰিৱৰ্তী বিভৱৰ শীৰ্ষতম মানতকৈ যথেষ্ট উচ্চ মানৰ হোৱা উচিত)।



চিত্ৰ 14.19 (a) এটা পূৰ্ণ তৰংগ সংদিশক বৰ্তনী। (b) A ত ডায়ড D_1ক আৰু B ত ডায়ড D_2 ক দিয়া ইনপুটৰ তৰংগৰূপ। (c) পূৰ্ণ তৰংগ সংদিশক বৰ্তনীত সংযোজিত ভাৰ R_L ৰ বিপৰীতে আউটপুটৰ তৰংগৰূপ।

গতিকে, পৰিৱৰ্তী প্ৰবাহৰ ধনাত্মক অৰ্ধচক্ৰত ভাৰ ৰোধ R_L ৰ মাজেৰে প্ৰবাহ চালিত হয় আৰু চিত্ৰ 14.18(b)ত দেখুওৱাৰ দৰে আমি আউটপুট বিভৱ (output voltage) পাম, কিন্তু ঋণাত্মক অৰ্ধচক্ৰত কোনো প্ৰবাহ পোৱা নাযায়। পৰবৰ্তী ধনাত্মক অৰ্ধচক্ৰতো পুনৰ আমি আউটপুট বিভৱ পাম। এইদৰে, আউটপুট বিভৱৰ মান কম বেছি হলেও ই একে দিশত সীমাবদ্ধ হয় আৰু ইয়াক একমুখীকৰণ বা সংদিশন কৰা বোলে। যিহেতু বৰ্তনীৰ সংদিশন আউটপুট (rectified output) কেৱল অৰ্ধ ইনপুট পৰিৱৰ্তী তৰংগৰ ক্ষেত্ৰতহে হয় সেয়ে ইয়াক **অৰ্ধ তৰংগ সংদিশক (half-wave rectifier)** বোলে।

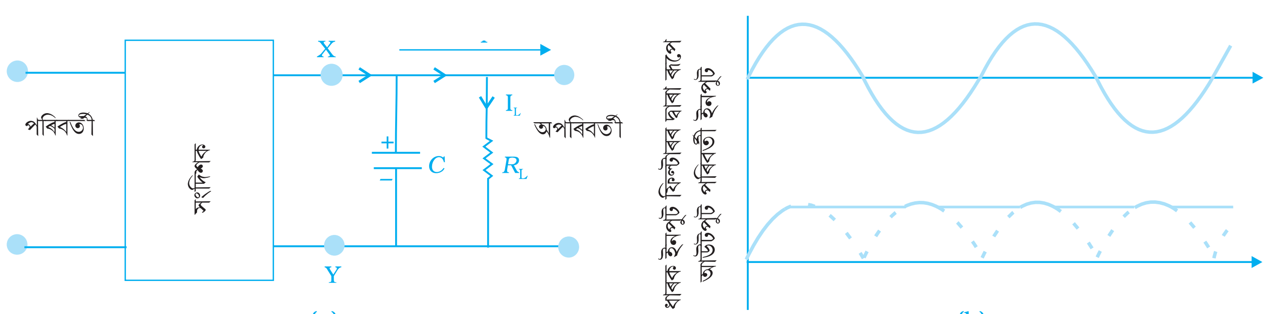
দুটা ডায়'ড ব্যৱহাৰ কৰা বৰ্তনী, চিত্ৰ [14.19(b)ত দেখুওৱা হৈছে] ধনাত্মক আৰু ঋণাত্মক পৰিৱৰ্তী চক্ৰৰ দুই অৰ্ধৰ বাবে আউটপুট সংদিশক বিভৱ পোৱা যায়। সেয়ে, ইয়াক **পূৰ্ণ-তৰংগ সংদিশক** বোলে। ইয়াত দুটা ডায়ডৰ p -পক্ষক ট্ৰেন্সফৰ্মাৰৰ গৌণ কুণ্ডলীৰ লগত সংযোগ কৰা হয়। ডায়ডৰ n -পক্ষক একেলগে এটা বিন্দুত সংযোগ কৰা হয় আৰু আউটপুট মান ডায়ডৰ এই বিন্দু আৰু ট্ৰেন্সফৰ্মাৰৰ গৌণ কুণ্ডলীৰ মধ্যবিন্দুৰ মাজত লোৱা হয়। সেয়ে পূৰ্ণ-তৰংগ সংদিশনৰ কাৰণে ট্ৰেন্সফৰ্মাৰৰ গৌণ কুণ্ডলীৰ কেন্দ্ৰস্থ টেপিং (*centre-tapping*) লগোৱা থাকে আৰু সেয়ে ইয়াক **চেন্টাৰ টেপ ট্ৰেন্সফৰ্মাৰ (*centre-tap transformer*)**বোলা হয়। চিত্ৰ 14.19(c) ত দেখুওৱাৰ দৰে প্ৰতিটো ডায়ডে মুঠ গৌণ বিভৱৰ কেৱল অৰ্ধচক্ৰৰ হে সংদিশন ঘটায়। প্ৰতিটো ডায়'ডে কেৱল এটা অৰ্ধচক্ৰৰ সংদিশন ঘটাই কিন্তু দুয়োয়ে এই কাম একাদিক্ৰমিক চক্ৰত অৰ্থাৎ দুয়োটা অৰ্ধচক্ৰতে সম্পাদন কৰে।

এইদৰে, ডায়'ড দ্বয়ৰ সাধাৰণ টাৰ্মিনেল আৰু ট্ৰেন্সফৰ্মাৰৰ চেণ্টাৰ টেপৰ মাজত আউটপুট (output) পূৰ্ণ তৰংগ সংদিশক আউটপুট হব (মনত ৰাখিবা পূৰ্ণ তৰংগ সংদিশকৰ আন এটা বৰ্তনী আছে য'ত ট্ৰেন্সফৰ্মাৰৰ চেণ্টাৰ টেপৰ প্ৰয়োজন নহয়, কিন্তু চাৰিটা ডায়ড সংযোগ কৰিব লাগে)। ধৰাহওক, কোনো মুহুৰ্ত্তত চেণ্টাৰ টেপ সাপেক্ষে A ত ইনপুট বিভৱ (input voltage) ধনাত্মক। এইটো স্পষ্ট যে সেই মুহূৰ্ত্তত B বিন্দুত বিভৱ, চিত্ৰ 14.19(b) ত দেখুওৱাৰ দৰে, বিপৰীত দশাত থকা বাবে ঋণাত্মক হব। সেয়ে ডায়'ড D_1 অগ্ৰবৰ্তী বায়াছযুক্ত হব আৰু পৰিবহন ঘটিব (সেই সময়ত D_2 পশ্চাৎবৰ্তী বায়াছত থকাত পৰিবহন নহব)। গতিকে এই ধনাত্মক অৰ্ধচক্ৰত এক আউটপুট প্ৰবাহ (output current) (আৰু ভাৰৰোধ R_L ৰ বিপৰীতে এক আউটপুট বিভৱ) চিত্ৰ 14.19(c) দেখুওৱাৰ দৰে, উপলব্ধ হব। যেতিয়া চেণ্টাৰ টেপ সাপেক্ষে A ৰ বিভৱ ঋণাত্মক হব; B

ৰ বিভৱ ধনাত্মক হব। চক্ৰটোৰ এই অংশত ডায়'ড D_1 য়ে পৰিবহন নকৰিব, কিন্তু ইনপুট বিভৱৰ ঋণাত্মক অৰ্ধচক্ৰত ডায়'ড D_2 য়ে পৰিবহন কৰি এক আউটপুট প্ৰবাহ আৰু আউটপুট বিভৱ (R_L ৰ বিপৰীতে) দিব। এইদৰে. চক্ৰৰ ধনাত্মক আৰু ঋণাত্মক দুয়োটা অৰ্ধতে আমি আউটপুট বিভৱ পাম। স্পষ্টভাৱে, অৰ্ধতৰংগ সংদিশক বৰ্তনীতকৈ সংদিশক বিভৱ আৰু প্ৰবাহ পাব পৰা এইটো বেছি কাৰ্য্যক্ষম বৰ্তনী।

সংদিশক বিভৱ অৰ্ধ ছিনুছয়দ (half sinusoids) আকাৰৰ পালছ্ (pulse) ৰ ৰূপত থাকে। ই একমুখী যদিও ইয়াৰ মান সুস্থিৰ নহয়। পালছ্ জনিত বিভৱৰ পৰা সুস্থিৰ অপৰিবৰ্তী আউটপুট(dc output) পোৱাৰ বাবে সাধাৰণতে আউটপুট টাৰ্মিনেলৰ বিপৰীতে (ভাৰ R_L ৰ সমান্তৰালভাৱে) এটা বিদ্যুৎ ধাৰক সংযোগ কৰা হয়। একে উদ্দেশ্যৰে কোনোৱে R_L ৰ শ্ৰেণীবদ্ধভাৱে এটা আৱেশক সংযোগ কৰে। যিহেতু এই অতিৰিক্ত বৰ্তনীয়ে পৰিবৰ্তী উৰ্মিকা (ac ripple) আতৰাই ফিল্টাৰ কৰি এটা শুদ্ধ অপৰিবৰ্তী বিভৱ (*pure dc* voltage) দিয়ে সেয়ে ইয়াক **ফিল্টাৰ (filters)** বুলি কোৱা হয়।

ফিল্টাৰ কৰাত ধাৰকৰ ভূমিকা সম্পৰ্কে এতিয়া আমি আলোচনা কৰিম। যেতিয়া ধাৰকত বিভৱৰ মান বৃদ্ধি হয়, ই আহিত হয়। যদি বৰ্তনীত কোনো বাহ্যিক ভাৰ (load) নাথাকে তেতিয়া সংদিশক আউটপুটৰ শীৰ্ষতম বিভৱলৈ ই আহিত হৈ থাকিব। যেতিয়া বৰ্তনীত ভাৰ (load) থাকে তেতিয়া ভাৰৰ মাজেৰে ই অনাহিত হব আৰু ইয়াৰ বিপৰীতে বিভৱৰ পতন হব ধৰিব। পিছৰ সংদিশক আউটপুটৰ অৰ্ধ চক্ৰত ই পুনৰ শীৰ্ষত্তম মানলৈ আহিত হব (চিত্ৰ14.20)। ধাৰকৰ বিপৰীতে বিভৱ পতনৰ হাৰ বৰ্তনীত ব্যৱহাৰ কৰা কাৰ্যকৰী ৰোধ R_L আৰু ধাৰকত্ব c ৰ পূৰণফলৰ বিপৰীত মানৰ ওপৰত নিৰ্ভৰশীল আৰু ইয়াক সময় ধ্ৰুৱক (time constant) বুলি কোৱা হয়। সময় ধ্ৰুৱকৰ মান ডাঙৰ মানৰ কৰাৰ বাবে c ৰ মান ডাঙৰ হব লাগিব। সেয়ে ধাৰক ইনপুট



চিত্ৰ 14.20 (a) ধাৰক ফিল্টাৰ সহ এটা পূৰ্ণ তৰংগ সংদিশক। (b)সংদিশক (a) ৰ ইনপুট আৰু আউটপুট বিভৱ।

ফিল্টাৰত ডাঙৰ ধাৰক ব্যৱহাৰ কৰা হয়। ধাৰক ইনপুট ফিল্টাৰ ব্যৱহাৰ কৰি পোৱা আউটপুট বিভৱ সংদিশক বিভৱৰ শীৰ্ষমানৰ প্ৰায় সমান। বিদ্যুৎ যোগানত এই ফিল্টাৰ বহুলভাৱে ব্যৱহাৰ হয়।

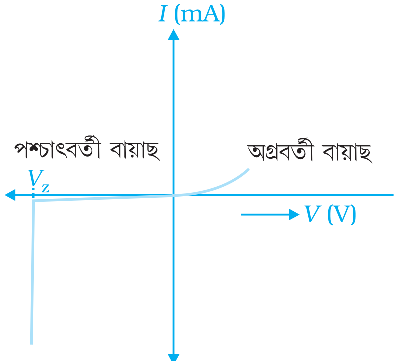
14.8 বিশেষ উদ্দেশ্যত নিৰ্মিত জাংছন ডায়'ড (Special Purpose p-n Junction Diodes) ঃ

এই খণ্ডত বিভিন্ন প্ৰয়োগৰ বাবে বিকাশ ঘটোৱা জংছন ডায়'ডৰ কৌশল (device) কিছুমান আমি আলোচনা কৰিম।

14.8.1 জেনাৰ ডায়'ড (Zener diode) ঃ

আবিষ্কাৰক চি জেনাৰৰ নামেৰে নামাকৰণ কৰা ই এটা বিশেষ উদ্দেশ্যত সজা অৰ্ধ পৰিবাহী ডায়'ড। ইয়াক বিভৱ ভংগন অঞ্চলত পশ্চাৎবৰ্তী বায়াছত কাৰ্য্যক্ষম হোৱাকৈ তৈয়াৰ কৰা হয় আৰু বিভৱ

(a)



(b)

চিত্ৰ 14.21 জেনাৰ ডায়'ড (a) সংকেত (b) I-V বৈশিষ্ট্য

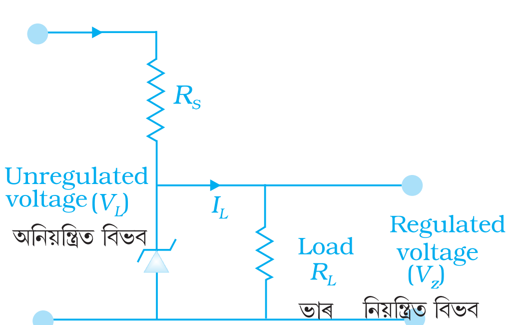
নিয়ন্ত্ৰক (voltage regulator) হিচাপে ইয়াক ব্যৱহাৰ কৰিব পাৰি। জেনাৰ ডায়'ডৰ সংকেত চিহ্ন চিত্ৰ 14.21(a)ত দেখুওৱা হৈছে।

জংছনৰ p - আৰু n - দুয়োপক্ষক উচ্চ মানত ডোপিং কৰি জেনাৰ ডায়'ড নিৰ্মাণ কৰা হয়। ফলস্বৰূপে ৰিক্ত অঞ্চল অতি পাতল ($<10^{-6}$ m) হয় আৰু আনকি অতি সামান্য পশ্চাৎবৰ্তী বায়াছ বিভৱ (প্ৰায় 5 V)তে জংছনৰ বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰ অতি উচ্চ ($\sim 5\times10^6$ V/m) মানৰ হয়। জেনাৰ ডায়'ডৰ I-V বৈশিষ্ট্য লেখ চিত্ৰ 14.21(b) ত দেখুওৱা হৈছে। দেখা যায় যে যেতিয়া প্ৰয়োগ কৰা পশ্চাৎবৰ্তী বিভৱ (v) জেনাৰ ডায়'ডৰ ভংগন বিভৱ (V_z) ৰ সমান হয় তেতিয়া প্ৰবাহৰ আমূল পৰিবৰ্তন ঘটে। মনত ৰাখিবা V_z ভংগন বিভৱৰ পিছত পশ্চাৎবৰ্তী বিভৱৰ অতি সামান্য পৰিবৰ্তনতে প্ৰবাহৰ বৃহৎ পৰিবৰ্তন গটাব পাৰি। সেয়ে, জেনাৰ ডায়'ডৰ মাজেৰে প্ৰবাহৰ মান এক বহল পৰিসৰত পৰিবৰ্তীত হয় যদিও জেনাৰ ডায়'ডৰ বিভৱ স্থিৰ থাকে। বিভৱ যোগানত বিভৱৰ মান স্থিৰ ৰখাৰ বাবে জেনাৰ ডায়'ডৰ এই ধৰ্ম প্ৰয়োগ কৰা হয়।

ভংগন বিভৱত পশ্চাৎবৰ্তী প্ৰবাহৰ মান হঠাতে কিয় বৃদ্ধি হয় তাক বুজিবলৈ প্ৰয়াস কৰো। আমি জানো যে ইলেকট্ৰন (গৌণবাহক) ৰ p → n আৰু হ'লৰ n → p গতিৰ বাবে পশ্চাৎবৰ্তী প্ৰবাহ পোৱা যায়। পশ্চাৎবৰ্তী বায়াছ বিভৱ বৃদ্ধি কৰিলে, সংযোগ স্থলত বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰখন তাৎপৰ্য্যপূৰ্ণ হৈ পৰে। যেতিয়া পশ্চাৎবৰ্তী বায়াছ বিভৱ V = V_z হয়, তেতিয়া বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰখনৰ মান ইমান প্ৰবল হয় যে ই p-পক্ষৰ (host) পৰমাণুৰ পৰা যোজ্যতা ইলেকট্ৰন টানি ওলিয়াই আনে, আৰু এই ইলেকট্ৰন n - পক্ষলৈ ত্বৰিত হয়। এই ইলেকট্ৰনৰ বাবেই ভংগন বিভৱত উচ্চ প্ৰবাহ পোৱা যায়। উচ্চ বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰৰ বাবে এনেদৰে পৰমাণুৰ পৰা ইলেকট্ৰন নিৰ্গমনক আভ্যন্তৰীণ **ক্ষেত্ৰ নিৰ্গমন (internal field emission)** বা ক্ষেত্ৰ আয়নিকৰণ (field ionisation) নামেৰে জনা যায়।

ক্ষেত্ৰ আয়নিকৰণৰ বাবে প্ৰয়োজন হোৱা বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰৰ মান 10^6 V/m পৰিসৰ (order) ৰ হয়।

বিভৱ নিয়ন্ত্ৰক হিচাপে জেনাৰ ডায়'ড (Zener diode as a voltage regulator) ঃ



চিত্ৰ 14.22 অপৰিবৰ্তী বিভৱ নিয়ন্ত্ৰক হিচাপে জেনাৰ ডায়'ড।

আমি জানো যে যেতিয়া সংদিশকৰ পৰিবৰ্তী ইনপুট বিভৱৰ হ্ৰাস-বৃদ্ধি (fluctuates) হয়, ইয়াৰ সংদিশিত আউটপুটৰো হ্ৰাস-বৃদ্ধি হয়। এটা সংদিশকৰ অপৰিবৰ্তী অনিয়ন্ত্ৰিত আউটপুটৰ পৰা স্থিৰ অপৰিবৰ্তী বিভৱ পোৱাৰ বাবে আমি জেনাৰ ডায়'ড ব্যৱহাৰ কৰো। জেনাৰ ডায়'ড ব্যৱহাৰ কৰা এটা বিভৱ নিয়ন্ত্ৰকৰ বৰ্তনী নক্সা চিত্ৰ 14.22 দেখুওৱা হৈছে।

অনিয়ন্ত্ৰিত অপৰিবৰ্তী বিভৱ (এটা সংদিশকৰ ফিল্টাৰ কৰা আউটপুট) এটা শ্ৰেণীবদ্ধভাৱে থকা ৰোধ R_s ৰ লগত জেনাৰ ডায়ডটোক এনেদৰে সংযোগ কৰা হৈছে যাতে জেনাৰ ডায়ডটো পশ্চাৎবৰ্ত্তী বায়াছত থাকে। যদি ইনপুট বিভৱৰ মান বৃদ্ধি হয় R_s আৰু জেনাৰ ডায়'ডৰ মাজেৰে প্ৰবাহৰ মানৰো বৃদ্ধি হ'ব। ই জেনাৰ ডায়ডৰ বিপৰীতে বিভৱৰ কোনো পৰিবৰ্তন নকৰাকৈয়ে R_s ৰ বিপৰীতে বিভৱ পতনৰ মান বৃদ্ধি কৰিব। ইয়াৰ কাৰণ হৈছে ভংগন অঞ্চলত জেনাৰ ডায়ডৰ মাজেৰে প্ৰবাহৰ পৰিবৰ্তন হ'লেও জেনাৰ বিভৱ স্থিৰ থাকিব। একেদৰে, যদি ইনপুট বিভৱ হ্ৰাস হয়, R_s আৰু জেনাৰ ডায়ডৰ মাজেৰে প্ৰবাহৰ মানৰো হ্ৰাস হ'ব। জেনাৰ ডায়ডৰ বিপৰীতে

বিভৱৰ পৰিবৰ্তন নোহোৱাকৈয়ে R_s ৰ বিপৰীতে বিভৱ পতন হ্ৰাস হব। এইদৰে ইনপুট বিভৱৰ কোনো বৃদ্ধি/ হ্ৰাসৰ কাৰণে জেনাৰ ডায়ডৰ বিপৰীতে বিভৱৰ কোনো পৰিবৰ্তন নোহোৱাকৈয়ে R_s ৰ বিপৰীতে বিভৱ পতনৰ মানৰ বৃদ্ধি/ হ্ৰাস হয়। এনেদৰে জেনাৰ ডায়ডে বিভৱ নিয়ন্ত্ৰক হিচাপে কাৰ্য্য কৰে। প্ৰয়োজনীয় আউটপুট বিভৱ আৰু শ্ৰেণীবদ্ধ ৰোধ R_s অনুসাৰে আমি জেনাৰ ডায়ড নিৰ্বাচন কৰি লব পাৰো।

উদাহৰণ 14.5

উদাহৰণ 14.5 ঃ জেনাৰ নিয়ন্ত্ৰিত বিদ্যুৎ যোগান ব্যৱস্থা এটাত নিয়ন্ত্ৰণৰ বাবে $V_Z = 6.0$ V ৰ জেনাৰ ডায়'ড এটা ব্যৱহাৰ কৰা হৈছে। ভাৰ প্ৰবাহৰ (load current) মান 4.0 mA আৰু অনিয়ন্ত্ৰিত ইনপুটৰ মান 10.0 V। শ্ৰেণীবদ্ধ ৰোধক R_S ৰ মান কিমান হোৱা উচিত?

সমাধান ঃ R_S ৰ মান এনে হোৱা উচিত যাতে ভাৰ প্ৰবাহতকৈ জেনাৰ ডায়ডৰ মাজেৰে প্ৰবাহৰ মান যথেষ্ট বেছি হয়। ইয়াৰ বাবে সু ভাৰ নিয়ন্ত্ৰক থাকিব লাগিব। জেনাৰ প্ৰবাহৰ মান ভাৰ প্ৰবাহৰ পাঁচ গুণ কৰি লোৱা অৰ্থাৎ $I_Z = 20$ mA. R_S ৰ মাজেৰে সেয়ে মুঠ প্ৰবাহ 24 mA ৰ বিপৰীতে বিভৱ পতন $10.0 - 6.0 = 4.0$ V। ইয়াৰপৰা পাওঁ $R_S = 4.0\text{V}/(24 \times 10^{-3})\ \text{A} = 167\Omega$। কাৰ্বন ৰোধকৰ প্ৰায় ওচৰৰ মান হৈছে 150Ω গতিকে শ্ৰেণীবদ্ধ ৰোধক যথোপযুক্ত হব। মনত ৰাখিবা ৰোধকৰ সামান্য পৰিবৰ্তন কোনো ধৰিব লগা কথা নহয়, কিন্তু প্ৰয়োজনীয় কথা হৈছে প্ৰবাহ I_Z ৰ মান I_L তকৈ যথেষ্ট ডাঙৰ হব লাগিব।

14.8.2 আলোক ইলেকট্ৰনিক জাংছন কৌশল (Optoelectronic Junction Devices)

এই পৰ্য্যন্ত আমি দেখিলো যে বৈদ্যুতিক ইনপুট প্ৰয়োগ কৰিলে অৰ্ধ পৰিবাহী ডায়ড এটাই কেনেদৰে আচৰণ কৰে। এই খণ্ডত আমি সেইবোৰ অৰ্ধ পৰিবাহী ডায়'ড সম্পৰ্কে জানিম যিবোৰত আধান বাহক সমূহ ফ'টন (আলোক উত্তেজনা) ৰ দ্বাৰা উদ্ভৱ হয়। এনে কৌশল সমূহক আলোক বা **অপ্ত ইলেকট্ৰনিক কৌশল** (optoelectronic devices) বোলে। নিম্ন উল্লেখিত অপ্ত'ইলেকট্ৰনিক কৌশল বা ডিভাইছ সমূহৰ কাৰ্য্য পদ্ধতি আমি অধ্যয়ন কৰিম।

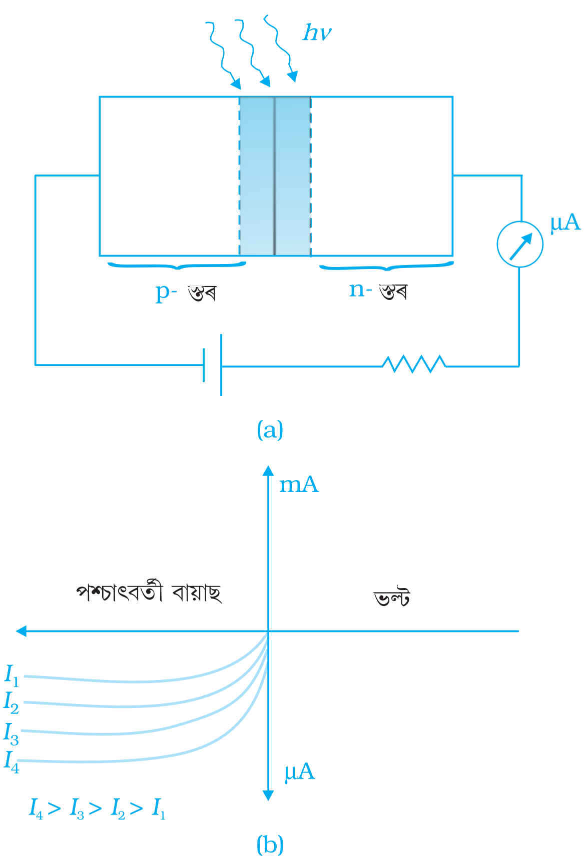
(i) আলোক সংকেত ধৰা পেলাবলৈ ব্যৱহাৰ কৰা ফ'ট ডায়ড (Photodiode)

(ii) বৈদ্যুতিক শক্তি পোহৰ শক্তিলৈ ৰূপান্তৰ ঘটাই পোহৰ দিয়া ডায়ড (Light emitting diodes, LED)

(iii) আলোক বিকিৰণ বিদ্যুৎ শক্তিলৈ ৰূপান্তৰ ঘটোৱা আলোক বিভবীয় কৌশল (Photovoltaic devices) ঃ সৌৰকোষ (solar cells)

(i) আলোকডায়ড বা ফট'ডায়'ড (Photodiode)

ফট'ডায়ড হৈছে স্বচ্ছ খিৰিকীৰে ডায়'ডত পোহৰ পৰিব পৰাকৈ নিৰ্মাণ কৰা এটা p-n জাংছন ডায়'ড। পশ্চাৎবৰ্তী বায়াছত ই কাৰ্য্যক্ষম হয়। যেতিয়া ফট'ডায়ড অৰ্ধপৰিবাহীৰ শক্তি অন্তৰাল E_g তকৈ অধিক শক্তি ($h\nu$) সম্পন্ন পোহৰ (ফটন) ৰ দ্বাৰা উদ্ভাসিত কৰা হয়



চিত্ৰ 14.23 (a) পশ্চাৎবৰ্তী বায়াছত উদ্ভাসিত এটা ফট'ডায়ড (b) বিভিন্ন উদ্ভাসিত তীব্ৰতা $I_4 > I_3 > I_2 > I_1$ ৰ কাৰণে ফট'ডায়ডৰ I-V বৈশিষ্ট।

তেতিয়া ফটন শোষণৰ বাবে ইলেকট্ৰন-হ'ল যুগ্মৰ উৎপত্তি হয়। ডায়'ডৰ ৰিক্ত অঞ্চলত বা কাষত e-h যুগ্মৰ উৎপত্তি হব পৰাকৈ ডায়ডটো নিৰ্মাণ কৰা হয়। জাংছনৰ বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰৰ কাৰণে ইলেকট্ৰন আৰু হ'লবোৰ পুনৰ সংযোজন হোৱাৰ আগতেই পৃথক কৰা হয়। বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰখনৰ দিশ এনে হয়যে ইলেকট্ৰন n - পক্ষত আৰু হ'ল p -পক্ষত উপনীত হয়। n - পক্ষত ইলেকট্ৰনবোৰ আৰু হ'লবোৰ p - পক্ষত গোট খায় আৰু এটা বিদ্যুৎচালক বল (emf) দিয়ে । এটা বাহ্যিক ভাৰ (Load) সংযোগ কৰিলে, প্ৰবাহ সঞ্চালিত হব। আলোক প্ৰবাহৰ মান আপতিত পোহৰৰ তীব্ৰতাৰ ওপৰত নিৰ্ভৰ কৰে (আলোক প্ৰবাহ আপতিত পোহৰৰ তীব্ৰতাৰ সমানুপাতিক)। পশ্চাৎবৰ্তী বায়াছ প্ৰয়োগ কৰিলে পোহৰৰ তীব্ৰতাৰ পৰিবৰ্তন সাপেক্ষে প্ৰবাহৰ পৰিবৰ্তন পৰ্য্যবেক্ষণ কৰাটো সহজ। সেয়ে পোহৰৰ সংকেত নিৰ্ধাৰণ কৰাৰ কাৰণে আলোক সংসূচক (photodetector) হিচাপে ফ'ট' ডায়ড ব্যৱহাৰ কৰিব পাৰি। ফ'ট ডায়ডৰ I -V বৈশিষ্ট্য জোখাৰ বাবে ব্যৱহাৰ কৰা বৰ্তনী চিত্ৰ 14.23(a) ত আৰু I -V বৈশিষ্ট্য লেখ চিত্ৰ 14.23(b) ত দেখুওৱা হৈছে।

উদাহৰণ 14.6

উদাহৰণ ঃ 14.6 পশ্চাৎবৰ্তী বায়াছৰ প্ৰবাহ ($\sim\mu A$) তকৈ অগ্ৰবৰ্তী বায়াছৰ প্ৰবাহৰ মান ($\sim mA$) অধিক বুলি জনা য়ায়। পশ্চাৎবৰ্তী বায়াছৰ ফট'ডায়ডে কাম কৰাৰ কাৰণ কি?

সমাধান ঃ n - জাতীয় অৰ্ধপৰিবাহী এটা বিবেচনা কৰা হওক। স্পষ্টভাৱে গৌণ হ'লৰ ঘনত্ব p তকৈ মুখ্য বাহকৰ ঘনত্ব (n) ৰ মান যথেষ্ট বেছি (অৰ্থাৎ $n >> p$)। পোহৰ পৰিবলৈ দিয়াত, ধৰাহওক অতিৰিক্ত ইলেকট্ৰন আৰু হ'লৰ উৎপাদন যথাক্ৰমে Δn আৰু Δp

$$n' = n + \Delta n$$
$$p' = p + \Delta p$$

ইয়াত n' আৰু p' হৈছে কোনো এক পৰিমানৰ পোহৰ আপতিত কৰাৰ পিছত ইলেকট্ৰন আৰু হ'লৰ গাঢ়তা আৰু n আৰু p হৈছে এই বাহক সমূহৰ পোহৰ আপতিত কৰাৰ পূৰ্বৰ গাঢ়তা। মনত ৰাখিবা $\Delta n = \Delta p$ আৰু $n >> p$ সেয়ে মুখ্য বাহকৰ আংশিক পৰিবৰ্তন গৌণ বাহকৰ আংশিক পৰিবৰ্তন $\Delta n/ n$ (অৰ্থাৎ $\Delta p / p$) তকৈ যথেষ্ট কম হয়। সাধাৰণতে, আমি কব পাৰো যে আলোক ক্ৰিয়াৰ বাবে গৌণ বাহকৰ আংশিক পৰিবৰ্তন অগ্ৰবৰ্তী বায়াছৰ প্ৰবাহতকৈ পশ্চাৎবৰ্ত্তী বায়াছৰ প্ৰবাহ অতি সহজতে জুখিব পৰা বিধৰ হয়। গতিকে, পোহৰৰ তীব্ৰতা জোখাৰ বাবে পশ্চাৎবৰ্তী বায়াছত ফট'ডায়ড ব্যৱহাৰ কৰাটো বেছি সুবিধাজনক।

(ii) পোহৰ দিয়া ডায়ড বা লেড (Light Emitting Diode) ঃ

অগ্ৰবৰ্তী বায়াছত স্বতঃস্ফূৰ্ত বিকীৰণ নিৰ্গত কৰা, ই এটা প্ৰবলভাবে ডোপ কৰা p - n সন্ধি বা জাংছন। নিৰ্গত পোহৰ ওলাই আহিবলৈ ডায়'ডটোত স্বচ্ছ ঢাকনি লগোৱা থাকে।

যেতিয়া ডায়'ডটো অগ্ৰবতী বায়াছত ৰখা হয়, ইলেকট্ৰন $n \rightarrow p$ লৈ (য'ত সিবোৰ গৌণ বাহক) আৰু হ'ল $p \rightarrow n$ লৈ (য'ত সিহত গৌণবাহক) যাব। সাম্য অৱস্থাৰ (বায়াছহীন অবস্থাৰ) গাঢ়তাৰ তুলনাত সন্ধিস্থলৰ সীমাত গৌণ বাহকৰ গাঢ়তা বৃদ্ধি পাব। এইদৰে সন্ধিস্থলৰ দুই কাষত; অতিৰিক্ত গৌণ বাহক সমূহ জাংছনৰ কাষৰ মুখ্য বাহক সমূহৰ লগ লাগিব। পুনৰ সংযোজনৰ সময়ত ফট'নৰ ৰূপত শক্তি এৰি দিব। পটি অন্তৰালৰ সমান বা সামান্য কম শক্তিৰ ফট'ন সমূহ নিৰ্গত হব। যেতিয়া ডায়ডৰ অগ্ৰবৰ্তী প্ৰবাহ কম হয়, নিৰ্গত পোহৰৰ তীব্ৰতাও কম হয়। অগ্ৰবৰ্তী প্ৰবাহৰ যেতিয়া

বৃদ্ধি ঘটোৱা হয় পোহৰৰ তীব্ৰতাও বৃদ্ধি হয় আৰু এক সৰ্বোচ্চ মান পায়। অগ্ৰবৰ্তী প্ৰবাহৰ মান আৰু বঢ়ালে পোহৰৰ তীব্ৰতা হ্ৰাস পাব। লেড (LED) ত এনে বায়াছ দিয়া হয় যাতে পোহৰ নিৰ্গত কৰণৰ দক্ষতা সৰ্বোচ্চ হয়।

লেডৰ V-I বৈশিষ্ট বক্ৰ চিলিকন জাংছন ডায়'ডৰ সৈতে একে। কিন্তু প্ৰাৰম্ভিক বিভৱ (threshold voltage) অতি উচ্চ আৰু প্ৰতিটো ৰঙৰ বাবে সামান্য বেলেগ মানৰ হয়। লেডৰ পশ্চাৎবৰ্তী ভংগন বিভব অতি কম, প্ৰায় 5V ৰ আশে পাশে হয়। সেয়ে ইয়াত যাতে উচ্চ পশ্চাৎবৰ্তী বিভব সৃষ্টি নহয় তাৰ বাবে সাবধান হোৱা দৰকাৰ।

ৰঙা, হালধীয়া, কমলা, সেউজীয়া আৰু নীলা ৰং নিৰ্গত কৰা লেড বাণিজ্যিক ভাবে পোৱা যায়। দৃশ্যমান লেড নিৰ্মাণ কৰাৰ বাবে ব্যৱহাৰ কৰা অৰ্ধ পৰিবাহীৰ পটি অন্তৰাল অন্ততঃ 1.8 eV হব লাগিব। (দৃশ্যমান পোহৰৰ বৰ্ণালীয় পৰিসৰ প্ৰায় 0.4 μm ৰ পৰা 0.7 μm পৰ্য্যন্ত অৰ্থাৎ 3 eV ৰ পৰা 1.8 eV পৰ্য্যন্ত)। যৌগ অৰ্ধ পৰিবাহী গেলিয়াম আৰ্ছেনাইড ফছফাইড ($GaAs_{1-x}P_x$) বিভিন্ন ৰঙৰ লেড প্ৰস্তুত কৰণত ব্যৱহাৰ হয়। $GaAs_{0.6}P_{0.4}$ ($E_g \sim 1.9$ eV) ৰঙা লেড প্ৰস্তুতকৰণত ব্যৱহাৰ হয়। GaAs ($E_g \sim 1.4$ eV) অবলোহিত লেড (infrared LED) প্ৰস্তুতকৰণত ব্যৱহাৰ হয়। এই লেড সমূহ দূৰ নিয়ন্ত্ৰণ (remote controls), চোৰৰ বিৰুদ্ধে এলাৰ্মব্যৱস্থাত (burglar alarm systems), আলোক যোগাযোগ (optical communication) ইত্যাদিত বহুলভাৱে ব্যৱহাৰ কৰা হয়। ভাস্বৰ লেম্পৰ (incandescent lamp) ঠাইত শ্বেত লেডক ব্যৱহাৰোপযোগী কৰাৰ কাৰণে বিস্তৃত গৱেষণা চলি আছে।

প্ৰচলিত কম ক্ষমতাৰ ভাস্বৰ লেম্প সমূহৰ তুলনাত লেডৰ নিম্ন উল্লেখিত সুবিধা সমূহ আছে ঃ

(i) নিম্ন কাৰ্য্যক্ষম বিভব আৰু ক্ষমতা।

(ii) দ্ৰুত ক্ৰিয়া আৰু সাজু কৰি তুলিবলৈ সময়ৰ প্ৰয়োজন নহয়। (no warm-up time required)

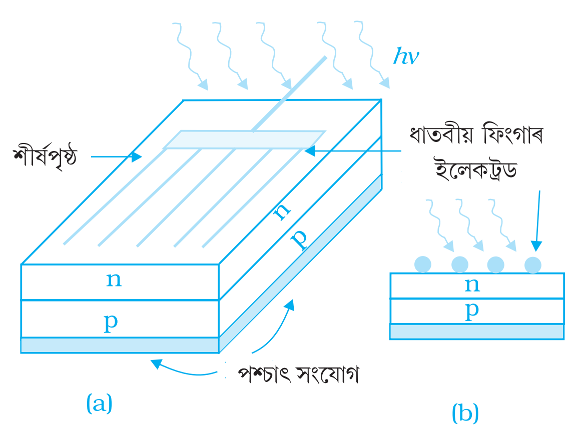
(iii) বিকিৰিত পোহৰৰ পটিবেধ 100 Å ৰ পৰা 500 Å লৈ অৰ্থাৎ ই প্ৰায় (কিন্তু হুবহু নহয়) একবৰ্ণী।

(iv) দীৰ্ঘ আয়ুকাল ।

(v) দ্ৰুত সংযোগ-সংযোগহীন (on-off) কৰা সামৰ্থ্য।

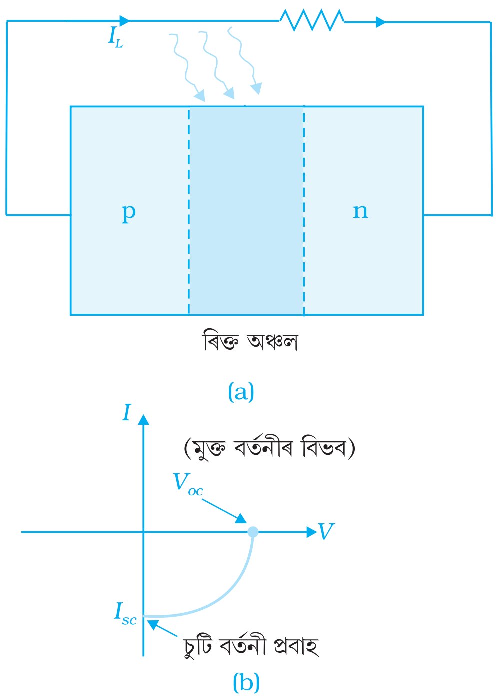
(iii) সৌৰ কোষ (Solar Cell) ঃ

সাধাৰণতে সৌৰকোষ এটা p-n জাংছন। p-n জাংছনত সূৰ্য্যৰ বিকিৰণ পৰিলে বিদ্যুৎচালক বল (emf) ৰ সৃষ্টি হয়। ই ফট'ডায়ড (আলোক বিভব ক্ৰিয়া) ৰ সৈতে একে নীতিৰে কাৰ্য্য কৰে। ব্যতিক্ৰম হৈছে ইয়াত কোনো বাহ্যিক বায়াছ প্ৰয়োগ কৰা নহয় আৰু যিহেতু আমি অধিক শক্তি পাব বিচাৰো সেয়ে সূৰ্য্যৰ বিকিৰণ জাংছনৰ বেছি ক্ষেত্ৰফলত পৰিবলৈ দিয়া হয়।



চিত্ৰ 14.24 (a) p-n জংছন সৌৰকোষৰ চানেকি। (b) প্ৰস্থচ্ছেদীয় দৰ্শন।

চিত্ৰ 14.24 ত এটা সৰল জাংছন সৌৰ কোষ দেখুওৱা হৈছে। 300 μm ৰ p-Si ৱেফাৰ এখন লৈ ইয়াৰ এখন পৃষ্ঠত ব্যাপন প্ৰক্ৰিয়াৰে n-Si ৰ পাতল তৰপ এটা (~0.3 μm) দি লোৱা হৈছে। p-Si ৰ আনটো পৃষ্ঠত ধাতুৰ লেপন দিয়া হৈছে (পশ্চাৎ সংযোগ)। n-Si তৰপটোৰ ওপৰ পৃষ্ঠত ধাতুৰ ফিংগাৰ ইলেকট্ৰ'ড (metal finger electrode) (বা ধাতবীয় গ্ৰিড) অৱক্ষেপণ কৰা হয়। সন্মুখ সংযোগ হিচাপে ই কাম কৰে। ধাতবীয় গ্ৰিডে কোষৰ অতি কম ক্ষেত্ৰফল (<15%) হে অধিকাৰ কৰি থাকে যাতে ওপৰৰ পৰা পৰ্য্যাপ্ত পোহৰ কোষত আপতিত হব পাৰে।



চিত্ৰ 14.25 (a) p-n উদ্ভাসিত জংছন সৌৰকাষৰ চানেকি। (b) সৌৰকোষৰ I-V বৈশিষ্ট লেখ।

পোহৰ পৰিলে সৌৰকোষত emf সৃষ্টি হোৱাৰ তিনিটা প্ৰক্ৰিয়া হৈছেঃ উৎপাদন, পৃথিকীকৰণ আৰু সংগ্ৰহ --

(i) পোহৰৰ বাবে সন্ধিস্থলৰ ওচৰত e-h যুগ্মৰ উৎপাদন ($h\nu > E_g$ ৰ)

(ii) ৰিক্ত অঞ্চলত বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰৰ বাবে ইলেকট্ৰন আৰু হ'লৰ পৃথিকীকৰণ। ইলেকট্ৰনক n-পক্ষলৈ আৰু হ'লক p-পক্ষলৈ টানি নিয়ে।

(iii) n - পক্ষ পোৱা ইলেকট্ৰন সমূহ সন্মুখ সংযোগ আৰু p-পক্ষ পোৱা হ'ল সমূহ পশ্চাৎ সংযোগত (back contact) জমা হব। এইদৰে p-পক্ষ ধনাত্মক আৰু n - পক্ষ ঋণাত্মক হোৱাৰ বাবে **আলোক বিভৱ (photovoltage)** ৰ সৃষ্টি হব।

চিত্ৰ 14.25(a) ত দেখুওৱাৰ দৰে যেতিয়া বৰ্তনীত বাহ্যিক ভাৰ (Load) সংযোগ কৰা হয় ভাৰৰ মাজেৰে আলোক প্ৰবাহ (photo current) সঞ্চালিত হব। সৌৰকোষ এটাৰ I – V বৈশিষ্ট লেখৰ চানেকি চিত্ৰ 14.25(b) ত দেখুওৱা হৈছে।

মনত ৰাখিবা সৌৰকোষ এটাৰ I – V বৈশিষ্ট লেখ স্থানাংক অক্ষৰ চতুৰ্থ ঘৰত পোৱা যায়। ইয়াৰ কাৰণ হৈছে সৌৰকোষে প্ৰবাহ ল'ব নোৱাৰে কিন্তু ভাৰলৈ ইয়াৰ যোগান ধৰে।

পটি অন্তৰাল প্ৰায় 1.5 eV ৰ অৰ্ধ পৰিবাহী সমূহ সৌৰকোষ গঠনৰ বাবে আদৰ্শ পদাৰ্থ। সৌৰকোষ গঠন কৰা অৰ্ধপৰিবাহী সমূহ হৈছে, Si (E_g = 1.1 eV), GaAs (E_g = 1.43 eV), CdTe (E_g = 1.45 eV), CuInSe$_2$ (E_g = 1.04 eV) ইত্যাদি। সৌৰকোষ গঠনৰ অৰ্থে ব্যৱহাৰ কৰা পদাৰ্থৰ প্ৰয়োজনীয় গুণবোৰ হৈছে (i) পটি অন্তৰাল (~1.0 ৰ পৰা 1.8 eV), (ii) উচ্চ আলোকীয় শোষণ (~10^4 cm^{-1}), (iii) বৈদ্যুতিক পৰিবাহিতা, (iv) প্ৰয়োজনীয় সামগ্ৰীৰ প্ৰাচুৰ্য্য আৰু (v) খৰচ। মনত ৰাখিবা সৌৰকোষৰ বাবে সদায় সূৰ্য্যৰ পোহৰৰ প্ৰয়োজন নহয়। পটি অন্তৰালতকৈ অধিক শক্তি সম্পন্ন ফ'টনৰ যি কোনো পোহৰেই এই কাম কৰে। সৌৰ কোষসমূহে কৃত্ৰিম উপগ্ৰহ আৰু মহাকাশ যানৰ ইলেকট্ৰনিক শক্তি কৌশল (device) সমূহত আৰু কিছুমান কেলকুলেটৰত শক্তি যোগান ব্যৱস্থা হিচাপে ব্যৱহাৰ কৰা হয়। বৃহৎ পৰিমাণৰ সৌৰ শক্তিৰ বাবে কম খৰছী আলোক বিভৱ কোষ উৎপাদন কৰাটো বৰ্তমান গবেষণাৰ এটা বিষয়বস্তু।

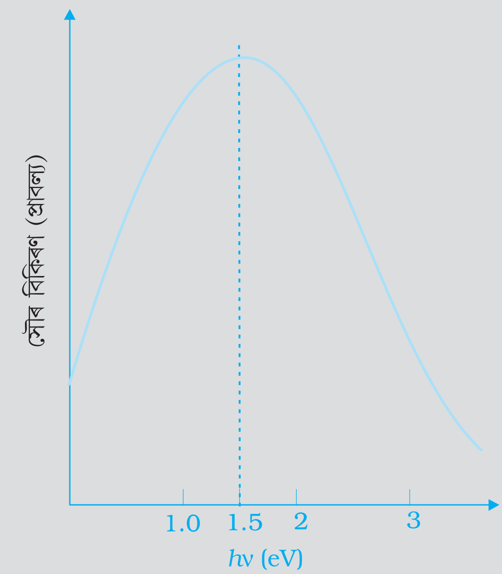
উদাহৰণ 14.7

উদাহৰণ 14.7 সৌৰ কোষৰ বাবে Si আৰু GaAs কিয় বেছি পচন্দৰ পদাৰ্থ?

সমাধান ঃ আমি পোৱা সূৰ্য্যৰ বিকিৰণ বৰ্ণালী চিত্ৰ 14.26 দেখুওৱা হৈছে। তীব্ৰতম বিন্দুটো 1.5 eV ৰ ওচৰত। আলোক উত্তেজনাৰ বাবে, $h\nu > E_g$ । গতিকে যিবোৰ অৰ্ধপৰিবাহীৰ পটি অন্তৰাল~1.53 eV বা তাতকৈ কম সেইবোৰৰ বেছি ভাল সৌৰ শক্তি ৰূপান্তৰণ দক্ষতা থাকে। চিলিকনৰ E_g ~ 1.1 eV কিন্তু GaAs ৰ ~1.53 eV। প্ৰকৃততে GaAs (পটিঅন্তৰাল বেছি হোৱা সত্বেও) Si তকৈ বেছি ভাল কাৰণ ইয়াৰ শোষণ গুণাংক তুলনামূলকভাবে ডাঙৰ। যদি আমি CdS বা CdSe (E_g ~ 2.4 eV) ৰ নিচিনা পদাৰ্থ বাচি লওঁ, আলোক ৰূপান্তৰণৰ বাবে সৌৰ শক্তিৰ কেবল উচ্চ শক্তিৰ উপাংশহে সৌৰৰূপান্তৰণত (Solar Conversion) ব্যৱহাৰ কৰিব পাৰিম আৰু এক গুৰুত্বপূৰ্ণ অংশ অব্যৱহৃত হৈ থাকিব।

প্ৰশ্ন উঠে সৌৰ বিকিৰণ বৰ্ণালীত তীব্ৰতম ν ৰ বাবে $h\nu > E_g$ চৰ্ত পূৰণ কৰা PbS (E_g ~ 0.4

উদাহৰণ 14.7

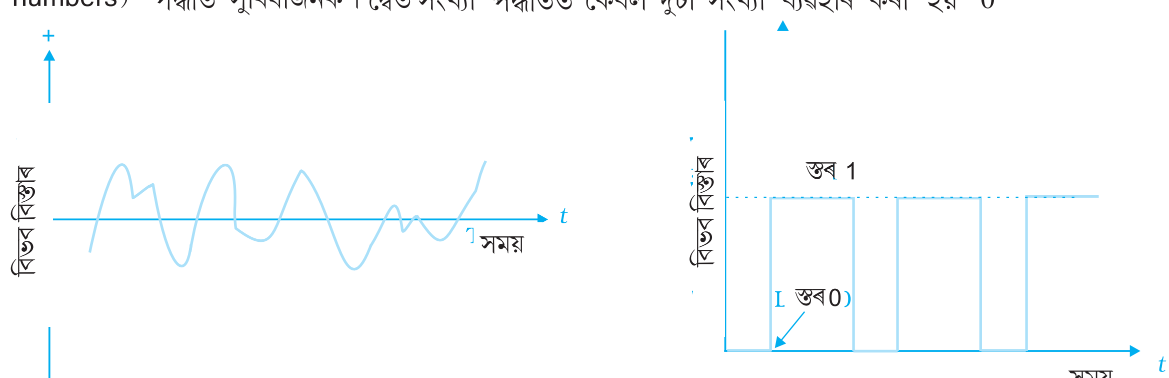


চিত্ৰ 14.25

eV) ৰ নিচিনা পদাৰ্থ আমি কিয় ব্যৱহাৰ নকৰো? যদি আমি ব্যৱহাৰ কৰো, সৌৰ বিকিৰণৰ প্ৰায় অংশই সৌৰকোষৰ শীৰ্ষ তৰপটোত শোষিত হব আৰু ৰিক্ত অঞ্চল বা ইয়াৰ কাষৰ অঞ্চল আহি নাপাব। জাংছন ক্ষেত্ৰৰ বাবে, সক্ৰিয় হোৱা ইলেকট্ৰন হ'ল- পৃথকীকৰণত আমি আলোক উৎপাদন কেবল সন্ধিস্থল অঞ্চলতে হোৱাটো বিচাৰো।

14.9 ডিজিটেল ইলেকট্ৰনিক আৰু লজিক গেট (Digital Electronics and Logic Gates)

আগৰ অধ্যয়ত তোমালোকক পৰিচয় কৰি দিয়া পৰিবৰ্ধক, অছছিলেটৰ আদি ইলেকট্ৰনিক বৰ্তনীত সংকেত (প্ৰবাহ বা বিভব) অবিচ্ছিন্ন, সময় সাপেক্ষে পৰিবৰ্তনীয় বিভব বা প্ৰবাহৰ ৰূপত থাকে। এনে সংকেতক অবিচ্ছিন্ন বা **এনালগ সংকেত (analogue signal)** বোলে। এনালগ সংকেতৰ আৰ্হি চিত্ৰ [14.26 (a)], ত দেখুওৱা হৈছে। চিত্ৰ [14.26 (b)] দেখা গৈছে যে স্পন্দিত তৰংগৰূপত কেবল বিভৱৰ বিচ্ছিন্ন (discrete) মানহে সম্ভৱপৰ হয়। এনে সংকেত নিৰ্দেশ কৰিবলৈ দ্বৈত সংখ্যা (binary numbers) পদ্ধতি সুবিধাজনক। দ্বৈত সংখ্যা পদ্ধতিত কেবল দুটা সংখ্যা ব্যৱহাৰ কৰা হয় '0'

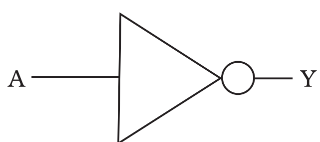


চিত্ৰ 14.26 (a) এনালগ সংকেত (b) ডিজিটেল সংকেত

(ধৰা 0V) আৰু 1 (ধৰা 5V)। ডিজিটেল ইলেকট্ৰনিক্সত চিত্ৰ [14.34(b)] দেখুওৱাৰ দৰে আমি কেৱল এই দুই স্তৰৰ বিভৱহে ব্যৱহাৰ কৰোঁ। এনে সংকেতক **ডিজিটেল সংকেত (Digital Signals)** বোলা হয়। ডিজিটেল বৰ্তনীত ইনপুট আৰু আউটপুট বিভৱৰ কেৱল এই দুই মান (বা 0 বে 1 নিৰ্দেশ কৰা) হে গ্ৰহণযোগ্য হয়।

ডিজিটেল ইলেকট্ৰনিক বুজাৰ বাবে এই অনুচ্ছেদত চেষ্টা কৰা হ'ব। সেয়ে আমাৰ অধ্যয়ন ডিজিটেল ইলেকট্ৰনিক্সৰ কিছুমান বুনিয়াদী নক্সা সজ্জা (basic building blocks) ত সীমিত ৰাখিম। এই মৌলিক নক্সা সজ্জাক 'লজিক গেট' (Logic Gates) বোলা হয়। ই ডিজিটেল সংকেত সমূহক বিশেষ পদ্ধতিৰে পৰিবৰ্তন সাধন কৰে। লজিক গেট সমূহ কেলকুলেটৰ, ডিজিটেল ঘড়ী, কম্পিউটাৰ, ৰবট, উদ্যোগৰ নিয়ন্ত্ৰণ পদ্ধতি আৰু দূৰ সংযোগ ব্যৱস্থাত ব্যৱহাৰ কৰা হয়।

ডিজিটেল বৰ্তনীৰ এটা উদাহৰণ হৈছে তোমাৰ ঘৰৰ লাইটৰ ছুইছটো। ছুইছৰ অৱস্থানৰ ওপৰত নিৰ্ভৰ কৰি লাইটটো জ্বলিব বা নুমাব। যেতিয়া লাইটটো অন হয়, আউটপুটৰ মান '1' হ'ব। যেতিয়া লাইটটো অফ হয় তেতিয়া আউটপুটৰ মান '0' হ'ব। ছুইছৰ অৱস্থানেই হৈছে ইনপুট। লাইটটো সক্ৰিয় কৰাৰ বাবে ছুইছৰ অৱস্থান 'অন' নাইবা 'অফ' অৱস্থানত ৰাখিব লাগিব।



(a)

ইনপুট	আউটপুট
A	Y
0	1
1	0

(b)

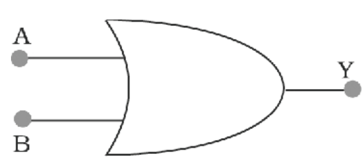
চিত্ৰ 14.27 (a) লজিক গেট প্ৰতীক
(b) নট গেটৰ ট্ৰুথ টেবল

14.9.1 লজিক গেট (Logic Gates)

ইনপুট আৰু আউটপুট বিভৱৰ মাজত কিছুমান যুক্তিযুক্ত সম্পৰ্ক বা লজিকেল সম্পৰ্ক অনুসৰণ কৰা ডিজিটেল বৰ্তনীয়েই হৈছে গেট। গতিকে, সিহঁতক সাধাৰণতে লজিক গেটবোলা হয়। গেট বুলি এই বাবেই কোৱা হয় যিহেতু সিহঁতে তথ্য প্ৰেৰণ নিয়ন্ত্ৰণ কৰে। সাধাৰণতে ব্যৱহাৰ কৰা পাঁচপ্ৰকাৰৰ লজিক গেট হৈছে(NOT), এণ্ড (AND), অৰ (OR), নেণ্ড (NAND), নৰ (NOR)।প্ৰতিটো লজিক গেট প্ৰতীকৰ দ্বাৰা বুজোৱা হয় আৰু ইয়াৰ কাৰ্য্য ট্ৰুথ টেবুলৰ (Truth Table) দ্বাৰা নিৰ্দ্ধাৰণ কৰা হয়। ট্ৰুথ টেব্‌লে সম্ভাব্য ইনপুট লজিক লেভেলৰ লগত সিহঁতৰ অনুক্ৰমিক আউটপুট লজিক লেভেলৰ সংযোজন (combination) সমূহ দেখুৱায়। ট্ৰুথ টেবলে লজিক গেটৰ আচৰণ বুজাত সহায় কৰে। লজিক গেট অৰ্ধপৰিবাহী ডিভাইছ প্ৰয়োগ কৰি পোৱা হয়।

(i) নট গেট (NOT gate)

এটা ইনপুট আৰু এটা আউটপুটৰে ই অতি বুনিয়াদী গেট। যদি ইনপুট '0' হয়, আউটপুট '1' হ'ব বা ইয়াৰ ওলোটাটো হ'ব। অৰ্থাৎ ই ইনপুটৰ এটা ওলোটা সংস্কৰণ (inverted version) আউটপুত সৃষ্টি



(a)

ইনপুট		আউটপুট
A	B	Y
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

(b)

চিত্ৰ 14.28 (a) লজিক গেট প্ৰতীক
(b) OR গেটৰ ট্ৰুথ টেবল

কৰে। সেয়ে ইয়াক ইনভাৰ্টাৰ (*inverter*) বুলিও কোৱা হয়। এই গেটত সাধাৰণতে ব্যৱহাৰ কৰা প্ৰতীক ট্ৰুথটেবলৰ সৈতে চিত্ৰ 14.27 ত দেখুওৱা হৈছে।

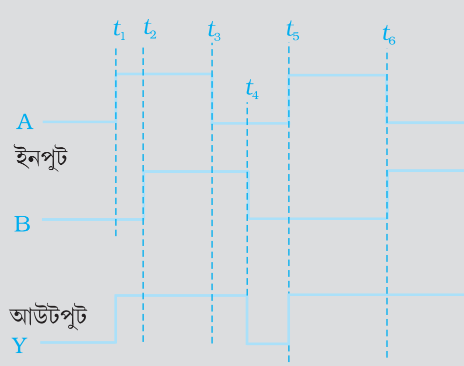
(ii) অৰ গেট (OR gate)

OR গেট এটাত দুটা বা ততোধিক ইনপুট আৰু এটা মাত্ৰ আউটপুট থাকে। লজিক প্ৰতীক আৰু ট্ৰুথটেবল চিত্ৰ [14.28] ত দেখুওৱা হৈছে।

ইয়াত আউটপুট Y হৈছে 1 যেতিয়া ইনপুট A বা ইনপুট B বা উভয়েই 1 হয়। অৰ্থাৎ যি কোনো এটা ইনপুট উচ্চ মানৰ হলে আউটপুট উচ্চ মানৰ হব।

ওপৰত উল্লেখ কৰা গাণিতীক লজিক ক্ৰিয়া সম্পন্ন কৰাৰ উপৰিও, তলৰ উদাহৰণত ব্যাখ্যা কৰাৰ দৰে এই গেট স্পন্দিত তৰংগ ৰূপ সংশোধন কৰাৰ বাবেও ব্যৱহাৰ কৰা হয়।

উদাহৰণ 14.8 চিত্ৰ 14.29 ত দিয়া OR গেটৰ তলত উল্লেখ কৰা A আৰু B ইনপুটৰ কাৰণে আউটপুট তৰংগৰূপ (Y) সাব্যস্ত কৰা।



চিত্ৰ 14.29

সমাধান তলত দিয়া খিনি টুকি লোৱা ঃ

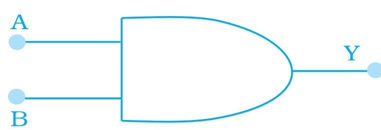
- $t < t_1$; ত; A = 0, B = 0; গতিকে Y = 0
- t_1 ৰ পৰা t_2 ৰ বাবে; A = 1, B = 0; গতিকে Y = 1
- t_2 ৰ পৰা t_3 ৰ বাবে; A = 1, B = 1; গতিকে Y = 1
- t_3 ৰ পৰা t_4 ৰ বাবে; A = 0, B = 1; গতিকে Y = 1
- t_4 ৰ পৰা t_5 ৰ বাবে; A = 0, B = 0; গতিকে Y = 0
- t_5 ৰ পৰা t_6 ৰ বাবে; A = 1, B = 0; গতিকে Y = 1
- $t > t_6$; A = 0, B = 1; গতিকে Y = 1

গতিকে তৰংগ ৰূপ Y চিত্ৰ 14.37 ত দেখুওৱাৰ দৰে হব।

উদাহৰণ 14.8

(iii) এণ্ড গেট (AND gate)

AND গেটত দুটা বা ততোধিক ইনপুট আৰু এটা আউটপুট থাকে। AND গেটৰ আউটপুট Y কেৱল1 ইনপুট A আৰু ইনপুট B দুয়োটাই 1 হয়। এই গেটৰ লজিক প্ৰতীক আৰু ট্ৰুথটেবল চিত্ৰ 14.30 দিয়া হৈছে।



(a)

ইনপুট		আউটপুট
A	B	Y
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

(b)

চিত্ৰ 14.30 (a) লজিক প্ৰতীক
(b) And গেটৰ ট্ৰুথ টেবল

উদাহৰণ 14.9

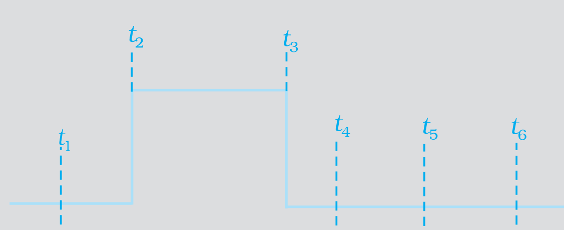
উদাহৰণ 14.9

উদাহৰণ 14.8 ৰ নিচিনাকৈ A আৰু B ইনপুট তৰংগ ৰূপ লোৱা। AND গেটত পোৱা আউটপুট তৰংগৰূপৰ নক্সা আঁকা।

সমাধান ঃ

- t £ t_1 ; ৰ বাবে ; A = 0, B = 0; গতিকে Y = 0
- t_1 ৰ পৰা t_2 ৰ বাবে; A = 1, B = 0; গতিকে Y = 0
- t_2 ৰ পৰা t_3 ৰ বাবে; A = 1, B = 1; গতিকে Y = 1
- t_3 ৰ পৰা t_4 ৰ বাবে; A = 0, B = 1; গতিকে Y = 0
- t_4 ৰ পৰা t_5 ৰ বাবে; A = 0, B = 0; গতিকে Y = 0
- t_5 ৰ পৰা t_6 ৰ বাবে; A = 0, B = 0; গতিকে Y = 0
- $t > t_6$; A = 0, B = 1; গতিকে Y = 0

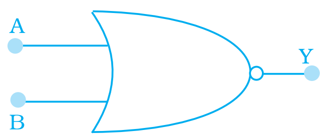
AND গেটৰ কাৰণে আউটপুট তৰংগৰূপ তলত দিয়া দৰে আঁকিব পাৰি।



চিত্ৰ 14.31

(i v) নান্দ গেট (NAND gate)

এগু গেটৰ পিছত নট গেট দিলে নান্দ গেট (NAND gate) পায়। যদি ইনপুট A আৰু B উভয়েই ‘1’ হয়, আউটপুট Y ‘1’ ন হয়। NOT আৰু AND ৰ আচৰণৰ পৰা এই গেটৰ নাম NAND হৈছে। চিত্ৰ 14.35 য়ে NAND গেটৰ প্ৰতীক আৰু ট্ৰুথটেবল দেখুৱাইছে। NAND গেটক সাৰ্বজনীন গেট (Universal Gates) বোলা হয় কাৰণ এই গেট ব্যৱহাৰ কৰিলে অন্য বুনিয়াদি গেটসমূহ, যেনে OR, AND আৰু NOT (অনুশীলন 14.16 আৰু 14.17) ইত্যাদি বুজিব পাৰিবা।



ইনপুট		আউটপুট
A	B	Y
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

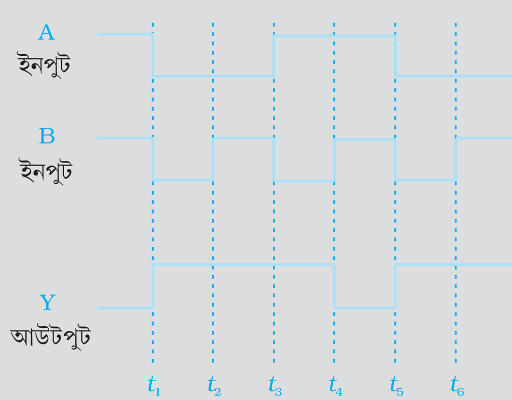
(b)

চিত্ৰ 14.32 (a) NAND লজিক প্ৰতীক (b) আৰু NAND গেটৰ ট্ৰুথ টেবল

উদাহৰণ 14.10 নিম্ন উল্লেখিত ইনপুট A আৰু B ৰবাবে NAND গেটৰ পৰা পোৱা আউটপুট Y ৰ নক্সা দিয়া।

সমাধান ঃ

· t £ t_1 ; ৰ বাবে ;	A = 1, B = 1;	গতিকে Y = 0
· t_1 ৰ পৰা t_2 ৰ বাবে;	A = 0, B = 0;	গতিকে Y = 1
· t_2 ৰ পৰা t_3 ৰ বাবে;	A = 0, B = 1;	গতিকে Y = 1
· t_3 ৰ পৰা t_4 ৰ বাবে;	A = 1, B = 0;	গতিকে Y = 1
· t_4 ৰ পৰা t_5 ৰ বাবে;	A = 1, B = 1;	গতিকে Y = 0
· t_5 ৰ পৰা t_6 ৰ বাবে;	A = 0, B = 0;	গতিকে Y = 1
· $t > t_6$;	A = 0, B = 1;	গতিকে Y = 1



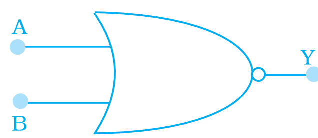
চিত্ৰ 14.33

উদাহৰণ 14.10

(v) নৰ গেট (NOR gate)

ইয়াত দুই বা ততোধিক ইনপুট আৰু এটা আউটপুট থাকে। OR গেটৰ পিচত NOT গেট দিলে এটা NOT-OR গেট (বা কেৱল NOR গেট) পোৱা যায়। ইয়াত আউটপুট Y কেৱল '1' হয় যেতিয়া ইনপুট A আৰু B উভয়েই '0' হয় অৰ্থাৎ কোনোটো ইনপুটেই '1' নহয়। চিত্ৰ [14.34] ত NOR গেটৰ প্ৰতীক আৰু ট্ৰুথটেবল দিয়া হৈছে।

NOR গেট সাৰ্বজনীন গেট হিচাপে বিবেচনা কৰা হয় কাৰণ কেৱল NORগেট ব্যৱহাৰ কৰি তুমি সকলো গেট যেনে AND, OR, NOT পাব পাৰা



(a)

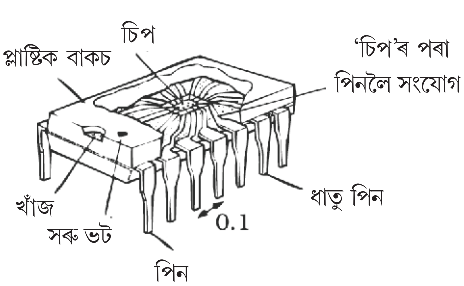
ইনপুট		আউটপুট
A	B	Y
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

(b)

চিত্ৰ 14.34 (a) লজিক প্ৰতীক (b) NOR গেটৰ ট্ৰুথটেবল

14.10 অনুকলিত বৰ্তনী বা ইণ্টিগ্ৰেটেড বৰ্তনী (Integrated Circuits)

বৰ্তনী তৈয়াৰ কৰা প্ৰচলিত নিয়ম অনুসৰি বৰ্তনীৰ উপাংশ সমূহ যেনে ডায়ড, R, L, C ট্ৰেঞ্জিষ্টৰ ইত্যাদি নিৰ্বাচন কৰি লোৱা হয় আৰু আৱশ্যক অনুযায়ী তাঁৰ জ্বলাই কৰি সিহঁতক সংযোগ কৰা হয়। ট্ৰেঞ্জিষ্টৰৰ আৱিষ্কাৰে ক্ষুদ্ৰকায় কৰণৰ সূচনা কৰা স্বত্তেও, এনে বৰ্তনী সমূহ এতিয়াও যথেষ্ট ডাঙৰ। ইয়াৰ উপৰিও এনে বৰ্তনী সমূহৰ নিৰ্ভৰযোগ্যতা কম আৰু শ্বক প্ৰুফ (shock proof) কম হয়। অৰ্ধপৰিবাহীৰ একেটা সৰু খণ্ড বা চিপ (chip) তে বহুতো নিষ্ক্ৰিয় উপাংশ যেনে R আৰু C আৰু সক্ৰিয় ডিভাইছ যেনে ডায়ড আৰু ট্ৰেঞ্জিষ্টৰ লগাই সম্পূৰ্ণ বৰ্তনী এটাৰ নিৰ্মাণ কৰণৰ ধাৰণাই ইলেকট্ৰনিক্স উদ্যোগত বিপ্লৱৰ সূচনা কৰিলে। এনে এটা বৰ্তনীক ইণ্টেগ্ৰেটেড বৰ্তনী [Integrated Circuit (IC)] বোলে। বহুলভাৱে ব্যৱহৃত প্ৰযুক্তিবিধ হৈছে মন'লিথিক ইণ্টেগ্ৰেটেড বৰ্তনী (Monolithic Integrated Circuit)। Monolithic শব্দটো দুটা গ্ৰীক শব্দৰ সংযোজনত হৈছে। monos মানে হৈছে একক (single) আৰু lithos মানে শিল (stone)। এই অৰ্থ প্ৰয়োগ কৰিলে পাও যে, গোটেই বৰ্তনীটো একেটা চিলিকণ স্ফটিক বা চিপতে (chip) গঠন কৰা হয়। এই চিপৰ আকাৰ অতি ক্ষুদ্ৰ 1mm × 1mm বা তাতকৈও সৰু হয়।



চিত্ৰ 14.35 চিপ এটাৰ বাকচ আৰু সংযোগ পিন।

চিত্ৰ [14.35] ত চিপ টো ইয়াক সংৰক্ষণ কৰি ৰখা প্লাষ্টিকৰ বাকচৰ ভিতৰত দেখা গৈছে। 'চিপৰ' পৰা ওলাই থকা পিন সমূহৰ দ্বাৰা বাহ্যিক বৰ্তনীত সংযোগ স্থাপন হয়।

ইনপুট সংকেতৰ প্ৰকৃতিৰ ওপৰত নিৰ্ভৰ কৰি, IC সমূহক দুটা শ্ৰেণীত ভাগ কৰিব পাৰি ঃ (a) অনুৰৈখিক বা লিনিয়াৰ IC (linear or analogue IC) আৰু (b) ডিজিটেল IC (digital IC)। সৰ্বোচ্চ আৰু সৰ্বনিম্ন মানৰ পৰিসৰৰ ভিতৰত ধীৰ আৰু অবিচ্ছিন্ন ভাবে পৰিবৰ্তন হোৱা ইনপুট সংকেতক অনুৰৈখিক IC য়ে সংশোধন (process) কৰে। আউটপুটৰ মান কম বেছি পৰিমাণে ইনপুটৰ সমানুপাতিক হব অৰ্থাৎ ই ইনপুট সাপেক্ষে ৰৈখিকভাবে পৰিবৰ্তিত হয়। এটা অতি প্ৰয়োজনীয় linear IC হৈছে অপাৰেশ্যনেল এম্পলিফায়াৰ বা পৰিবৰ্ধক (operational amplifier)।

ডিজিটেল IC য়ে সংশোধন কৰা সংকেত দুই মান বিশিষ্ট হয়। লজিক গেটৰ নিচিনা বৰ্তনী থকা ডিজিটেল IC ও থাকে। অনুকল বা একীকৃত কৰণ (অৰ্থাৎ বৰ্তনী উপাংশ বা লজিক গেটৰ সংখ্যা) ৰ স্তৰৰ ওপৰত নিৰ্ভৰ কৰি IC বোৰৰ নামাকৰণ এনেদৰে কৰা হয় ঃ

ক্ষুদ্ৰ স্কেলৰ ইন্টেগ্ৰেছ্ন (Small Scale Integration, SSI) লজিক গেট ≤ 10; মধ্যস্কেল ইন্টেগ্ৰেছ্ন (Medium Scale Integration, MSI) (লজিক গেট ≤ 100) বৃহৎ স্কেল ইন্টেগ্ৰেছ্ন (Large Scale Integration, LSI) (লজিক গেট ≤ 1000) আৰু অতি বৃহৎ স্কেল (Very Large Scale Integration, VLSI) লজিক গেটৰ সংখ্যা > 1000 ইন্টেগ্ৰেটেড বৰ্তনী বা IC নিৰ্মাণ পদ্ধতি অতি জটিল ধৰণৰ হলেও ইয়াৰ প্ৰচুৰ উদ্যোগিক উৎপাদনে এইবোৰক অতি কম খৰচী কৰি তুলিছে।

দ্ৰুততৰ আৰু ক্ষুদ্ৰতৰ ঃ কম্পিউটাৰ উদ্যোগৰ ভৱিষ্যত (Faster and Smaller : The Future of Computer Technology)

সকলো কম্পিউটাৰ পদ্ধতিৰ অন্ত ঃ ভাগ ইন্টেগ্ৰেটেড চিপ (IC) ৰে গঠিত। মুঠতে প্ৰায়বিলাক বৈদ্যুতিক ডিভাইছতে (যেনে গাড়ী, টেলিভিচন, চি.ডি প্লেয়াৰ, চেল ফোন ইত্যাদিত) IC পোৱা যাব। IC ৰ অবিহনে আধুনিক ব্যক্তিগত কম্পিউটাৰৰ ক্ষুদ্ৰকায়কৰণ (miniaturisation) সম্ভৱ নহ'লহেতেন। একেটা পেকেজতে বহুটো ট্ৰেঞ্জিষ্টৰ, ৰোধ, বিদ্যুৎধাৰক, সংযোগী তাঁৰ ইত্যাদি ভৰাই ৰখা ইলেকট্ৰনিক ডিভাইছেই হৈছে IC। তুমি নিশ্চয় মাইক্ৰ'প্ৰচেচৰ (microprocessor) ৰ নাম শুনিছা ? কম্পিউটাৰৰ সকলো তথ্য সংশোধন (process) কৰা মাইক্ৰ'প্ৰচেচৰ হৈছে এটা IC। চাবি টিপি কোনো সংযোগ কৰা, প্ৰগেম চলোৱা, গেম খেলা ইত্যাদি সকলো কাম ই সাধন কৰে। 1958 চনত Texas Instruments ৰ জেক কিল্‌কি (Jack Kilky) য়ে পোন প্ৰথমবাৰৰ বাবে IC আৱিষ্কাৰ কৰে। 2000 চনত ইয়াৰ বাবে তেওঁক নবেল পুৰস্কাৰ প্ৰদান কৰা হয়। ফট'লিথ'গ্ৰাফী (photolithography) নামৰ প্ৰক্ৰিয়াৰে অৰ্ধপৰিবাহী স্ফটিক (বা চিপ) এটুকুৰাৰ ওপৰত IC প্ৰস্তুত কৰা হয়। এইদৰে সমুদায় তথ্য প্ৰযুক্তি বিদ্যা (Information Technology (IT)) উদ্যোগ অৰ্ধপৰিবাহীৰ ওপৰত নিৰ্ভৰশীল। সময়ৰ গতিত, ইয়াৰ আকাৰ সৰু কৰি যোৱাৰ কাৰণে IC ৰ জটিলতা বৃদ্ধি পায়। বিগত পাঁচটা দশকত কম্পিউটাৰ প্ৰযুক্তিৰ নাটকীয় ক্ষুদ্ৰকায়কৰণে আধুনিক কম্পিউটাৰক দ্ৰুততৰ আৰু ক্ষুদ্ৰতৰ কৰি তুলিছে। 1970 চনত, INTEL ৰ সহযোগী প্ৰতিষ্ঠাতা গৰ্ডন মুৰে (Gordon Moore) ই দেখুৱাই যে প্ৰতি $1\frac{1}{2}$ বছৰত প্ৰতি (IC) চিপৰ মেমৰি ক্ষমতা প্ৰায় দুগুণ হয়। এইটো মূৰৰ সূত্ৰ (Moore's law) বুলি জনাজাত। প্ৰতিটো চিপত ট্ৰেঞ্জিষ্টৰৰ সংখ্যা সূচকীয় ভাবে বৃদ্ধি পাইছে আৰু প্ৰতি বছৰে কম্পিউটাৰবোৰ আগৰ বছৰতকৈ কম দামী কিন্তু বেছি ক্ষমতা সম্পন্ন হৈছে। বৰ্তমান বিকাশৰ ধাৰাৰ পৰা এইটো প্ৰতীয়মান হৈছে যে 2020 চনত কম্পিউটাৰ বিলাক 40 GHz (40,000 MHz) তে কাম কৰিব আৰু বৰ্তমানৰ কম্পিউটাৰৰ তুলনাত অতি সৰু, বেছি দক্ষতাৰ আৰু কম দামৰ হব।

অৰ্ধ পৰিবাহী উদ্যোগ আৰু কম্পিউটাৰ প্ৰযুক্তিৰ বিস্ফোৰক বিকাশক গৰ্ডন মুৰৰ এটা বিখ্যাত উক্তিৰে প্ৰকাশ কৰিব পাৰিঃ "অৰ্ধপৰিবাহী উদ্যোগৰ উন্নয়নৰ দৰে অট' উদ্যোগে যদি উন্নতি লাভ কৰে, প্ৰতি গেলনত Rolls Royce এ অৰ্ধ মিলিয়ন মাইল অতিক্ৰম কৰিব আৰু ইয়াৰ মূল্য ইমান কম হব যে ইয়াক ৰাখি থোৱাৰ পৰিবৰ্তে দলিয়াই পেলাই দিব পৰা যাব"।

সাৰাংশ

1 .বৰ্তমানৰ কঠিন অৱস্থাৰ ইলেকট্ৰনিক ডিভাইছ যেনে, ডায়ড, ট্ৰেঞ্জিষ্টৰ, ইত্যাদিত অৰ্ধপৰিবাহী পদাৰ্থ মূল পদাৰ্থ হিচাপে ব্যৱহাৰ কৰা হয়।

2 . কোনো এটা পদাৰ্থ অন্তৰক, ধাতু বা অৰ্ধপৰিবাহীৰ কোনটো ভাগত পৰিব সেইটো নিৰ্ধাৰণ কৰিব পদাৰ্থৰ লেটিছৰ (lattice) গঠন আৰু ইয়াত থকা মৌল সমূহৰ পাৰমাণৱিক গঠনে।

3 . ধাতুৰ ৰোধকতা নিম্ন মানৰ (10^{-2} ৰ পৰা 10^{-8} Wm^{-1}), অন্তৰকৰ ৰোধকতা অতি উচ্চমানৰ ($>10^8$ Wm^{-1}), অৰ্ধপৰিবাহীকৰ ৰোধকতা ইহঁতৰ মধ্যৱৰ্তী মানৰ হয়।

4 . অৰ্ধ পৰিবাহী পদাৰ্থ মৌলিক (Si, Ge) তথা যৌগিক (GaAs, CdS) হ'ব পাৰে।

5 . বিশুদ্ধ অৰ্ধ পৰিবাহীক 'ইনট্ৰিন্‌চিক অৰ্ধ পৰিবাহী' বা সহজাত অৰ্ধপৰিবাহী বোলে। আধানৰ বাহক (ইলেকট্ৰন আৰু হ'ল) ৰ উপস্থিতি পদাৰ্থটোৰ এটা অন্তৰ্নিৰ্হিত ধৰ্ম আৰু তাপীয় উত্তেজনাৰ বাবে এইবোৰ পোৱা যায়। এই ইনট্ৰিনচিক অৰ্ধ পৰিবাহীত ইলেকট্ৰনৰ সংখ্যা (n_e) হ'লৰ সংখ্যা (n_h) ৰ সমান। কাৰ্য্যকৰী এক ধনাত্মক আধানেৰে হ'ল সমূহ হৈছে ইলেকট্ৰনৰ ৰিক্তস্থান।

6 . বিশুদ্ধ অৰ্ধপৰিবাহীক উপযুক্ত অপদ্ৰব্য ডোপিং কৰি আধান বাহকৰ সংখ্যাৰ পৰিবৰ্তন কৰিব পাৰি। এনে অৰ্ধ পৰিবাহীক এক্সট্ৰিনচিক বা বহিঃস্থ অৰ্ধ পৰিবাহী বোলা হয়। এইবোৰ দুই প্ৰকাৰৰ (n - জাতীয় আৰু p -জাতীয়)।

7 . n - জাতীয় অৰ্ধপৰিবাহীত, $n_e >> n_h$ আৰু p -জাতীয় অৰ্ধপৰিবাহীত $n_h >> n_e$।

8 . পঞ্চযোজী পৰমাণু (দাতা) যেনে As, Sb, P ইত্যাদিৰ লগত ডোপিং কৰি p - জাতীয় Si বা Ge অৰ্ধপৰিবাহী পোৱা হয়। অন্যহাতে ত্ৰিযোজী পৰমাণু (গ্ৰাহী) যেনে B, Al, In ইত্যাদিৰ লগত ডোপিং কৰি p - জাতীয় Si বা Ge পোৱা হয়।

9 . সকলো ক্ষেত্ৰতে $n_e n_h = n_i^2$ । তাৰোপৰি, পদাৰ্থটো আধান নিৰপেক্ষ হয়।

10 . পদাৰ্থত ইলেকট্ৰন থকা দুটা নিৰ্দিষ্ট শক্তি পটি (যোজ্যতা পটি আৰু পৰিবহণ পটি) আছে। যোজ্যতা পটিৰ শক্তি পৰিবহন পটিৰ শক্তিৰ তুলনাত নিম্ন মানৰ হয়। যোজ্যতা পটিৰ সকলো শক্তি স্তৰ পূৰ্ণ হৈ থাকে। পৰিবহন পটিৰ শক্তিস্তৰ সমূহ সম্পূৰ্ণ খালি বা আংশিক ভাৱে পূৰ্ণ হৈ থাকিব পাৰে। পৰিবহন পটিৰ ইলেকট্ৰন সমূহ কঠিন পদাৰ্থত মুক্তভাৱে বিচৰণ কৰিব পাৰে আৰু পৰিবাহিকতাৰ কাৰণ হয়। পৰিবাহিতাৰ পৰিসৰ যোজ্যতা পটি (E_V) ৰ ওপৰৰ স্তৰ আৰু পৰিবহন পটি (E_C) ৰ তলৰ স্তৰৰ মাজৰ শক্তি অন্তৰাল (E_g)ৰ ওপৰত নিৰ্ভৰ কৰে। যোজ্যতা পটিৰ ইলেকট্ৰন সমূহক তাপ, পোহৰ বা বৈদ্যুতিক শক্তিৰে পৰিবহন পটিলৈ উত্তেজিত কৰিব পাৰি। এইদৰে, অৰ্ধ পৰিবাহীত প্ৰবাহ সঞ্চালনৰ পৰিবৰ্তন ঘটাব পাৰি।

11 . অন্তৰক পদাৰ্থৰ ক্ষেত্ৰত $E_g > 3$ eV, অৰ্ধপৰিবাহীৰ E_g ৰ মান 0.2 eV ৰ পৰা 3 eV আৰু ধাতুৰ ক্ষেত্ৰত E_g » 0.

12 . সকলো অৰ্ধপৰিবাহী ডিভাইছৰ বাবে p-n জাংছন হৈছে 'চাবি-কাঠী'। যেতিয়া এনে সন্ধিস্থলৰ সৃষ্টি হয় তেতিয়া ইলেকট্ৰন আৰু হ'ল মুক্ত আয়ন গৰ্ভৰ 'ৰিক্তস্তৰ' এটা গঠন হয়। ইয়াৰ বাবেই জাংছন বিভৱ প্ৰাচীৰৰ সৃষ্টি হয়।

13 . প্ৰয়োগ কৰা বাহ্যিক বিভৱৰ মান পৰিবৰ্তন কৰি, জাংছন প্ৰাচীৰৰ পৰিবৰ্তন ঘটাব পাৰি।

অগ্ৰবৰ্তী বায়াছত (n-পক্ষ বেটাৰীৰ ঋণাত্মক টাৰ্মিনেলত আৰু p-পক্ষ ধনাত্মক টাৰ্মিনেলৰ লগত সংযোগ কৰা হয়) প্ৰাচীৰ হ্ৰাস পায়, অন্যহাতে পশ্চাৎবৰ্তী বায়াছত প্ৰাচীৰ বাঢ়ে। গতিকে অগ্ৰবৰ্তী বায়াছত প্ৰবাহৰ মান বেছি (mA) কিন্তু পশ্চাৎবৰ্তী বায়াছত অতি কম (μA)।

14. পৰিৱৰ্তী বিভব এটা সংদিশন (পৰিৱৰ্তী বিভব এক মুখীকৰণ) ৰ বাবে ডায়ড ব্যৱহাৰ কৰা হয়। এটা বিদ্যুৎ ধাৰক বা উপযুক্ত ফিল্টাৰৰ সহায়ত ডি.চি বিভব পাব পাৰি।

15. বিশেষ উদ্দেশ্যত ব্যৱহাৰ কৰা বিভিন্ন ডায়ড আছে।

16. জেনাৰ ডায়ড হৈছে এনে এটা বিশেষ উদ্দেশ্যৰ ডায়ড। পশ্চাৎবৰ্তী বায়াছত এটা নিৰ্দিষ্ট বিভবৰ পিছত জেনাৰ ডায়ডত প্ৰবাহৰ মান হঠাতে বৃদ্ধি হয় (ভংগন বিভব)। বিভব নিয়ন্ত্ৰণৰ বাবে এই ধৰ্ম প্ৰয়োগ কৰা হয়।

17. p-n জাংছনক বহুতো ফট'নিক বা অপ্ত' ইলেকট্ৰনিক ডিভাইছ পাবলৈ ব্যৱহাৰ কৰা হয়ঃ

(a) ফট'ডায়ডত পশ্চাৎবৰ্তী পৰিগৰ্ভিত প্ৰবাহৰ পৰিবৰ্তনত উত্তেজিত ফ'টনে পোহৰৰ তীব্ৰতা জোখাত সহায় কৰে;

(b) সৌৰ কোষত আলোক (ফ'টন) শক্তিক বিদ্যু শক্তিলৈ ৰূপান্তৰ ঘটোৱা হয়;

(c) পোহৰ নিৰ্গত ডায়ড (LED) বা ডায়ড লেজাৰত বায়াছ বিভবৰ বাবে ইলেকট্ৰন উত্তেজিত হৈ পোহৰ উৎপাদন কৰে।

18. কিছুমান বিশেষ বৰ্তনী আছে যি 0 আৰু 1 থকা ডিজিটেল তথ্যৰ ওপৰত কাম কৰে। ডিজিটেল ইলেকট্ৰনিক্স বিষয়টো ইয়েই জন্ম দিয়ে।

19. বিশেষ লজিক সংক্ৰিয়া সম্পাদন কৰা গুৰুত্বপূৰ্ণ ডিজিটেল বৰ্তনীক লজিক গেট বোলে। এইবোৰ হৈছেঃ OR, AND, NOT, NAND আৰু NOR গেট।

20. বৰ্তমান সময়ৰ বৰ্তনী সমূহত বহুটো লজিকেল গেট বা বৰ্তনী কেবল এটা 'চিপ'ত একীকৃত কৰা হয়। এইবোৰক বা ইণ্টেগ্ৰেটে চাৰ্কিট বা বৰ্তনী (IC) বোলে।

মন কৰিবলগীয়া কথা

1. অৰ্ধপৰিবাহীৰ শক্তি পটি (E_C or E_V) স্থানাবদ্ধ নহয় (delocalised)। ইয়াৰ অৰ্থ হৈছে কঠিন পদাৰ্থৰ ভিতৰত এইবোৰ কোনো নিৰ্দিষ্ট স্থানত আবদ্ধ নহয়। ইয়াত শক্তিৰ সামূহিক গড়মান লোৱা হয়। যেতিয়া তুমি সৰলৰেখাত অঁকা E_C বা E_V ৰ ছবি দেখা পোৱা, তেতিয়া ইহঁত যথাক্ৰমে পৰিবহন পটি শক্তি স্তৰৰ তলিত আৰু যোজ্যতা পটি স্তৰৰ একেবাৰে ওপৰত থকা উচিত।

2. মৌলিক অৰ্ধপৰিবাহী (Si বা Ge) ৰ n- জাতীয় বা p-জাতীয় অৰ্ধপৰিবাহী পাবলৈ অশুদ্ধি বিহচাপে 'ডোপেণ্ট' দিয়া হয়। যৌগিক অৰ্ধ পৰিবাহীত আপেক্ষিক প্ৰমিত (stoichiometric) অনুপাতৰ পৰিবৰ্তনে অৰ্ধ পৰিবাহীৰ প্ৰকাৰৰো পৰিবৰ্তন কৰিব পাৰে। উদাহৰণ স্বৰূপে, আদৰ্শ GaAs ত Ga:As ৰ অনুপাত 1:1 কিন্তু Ga প্ৰচুৰ বা As প্ৰচুৰ Ga As ত ইয়াৰ মান যথাক্ৰমে $Ga_{1.1}As_{0.9}$ বা $Ga_{0.9}As_{1.1}$ হব। সাধাৰণতে অশুদ্ধি থাকিলে অৰ্ধপৰিবাহীৰ ধৰ্ম বিভিন্ন উপায়েৰে নিয়ন্ত্ৰণ কৰা হয়।

অনুশীলনী

14.1 n - জাতীয় চিলিকনত, নিম্ন উল্লেখিত কোনটো উক্তি সত্য ঃ

(a) ইলেকট্ৰন সমূহ মুখ্য বাহক আৰু ত্ৰিযোজী পৰমাণু হৈছে ডোপেণ্ট।

(b) ইলেকট্ৰন সমূহ গৌণ বাহক পঞ্চযোজী পৰমাণু হৈছে ডোপেণ্ট।

(c) হ'ল সমূহ গৌণ বাহক আৰু পঞ্চযোজী পৰমাণু হৈছে ডোপেণ্ট।

(d) হ'ল সমূহ মুখ্য বাহক আৰু ত্ৰিযোজী পৰমাণু হৈছে ডোপেণ্ট।

14.2 p - জাতীয় অৰ্ধপৰিবাহীৰ কাৰণে অনুশীলনী 14.1 ৰ কোনটো উক্তি সত্য।

14.3 কাৰ্বন, চিলিকন আৰু জাৰ্মেনিয়ামৰ প্ৰত্যেকৰে চাৰিটাকৈ যোজ্যতা ইলেকট্ৰন আছে। যোজ্যতা আৰু পৰিবহন পটিক পৃথক কৰি ৰখা শক্তি অন্তৰাল যথাক্ৰমে $(E_g)_C$, $(E_g)_{Si}$ আৰু $(E_g)_{Ge}$ য়ে ইহঁতৰ চৰিত্ৰ নিৰ্ধাৰণ কৰে। নিম্ন উল্লেখিত কোনটো উক্তি সত্য?

(a) $(E_g)_{Si} < (E_g)_{Ge} < (E_g)_C$

(b) $(E_g)_C < (E_g)_{Ge} > (E_g)_{Si}$

(c) $(E_g)_C > (E_g)_{Si} > (E_g)_{Ge}$

(d) $(E_g)_C = (E_g)_{Si} = (E_g)_{Ge}$

14.4 বায়াছ নিদিয়া p-n জাংছন এটাত, p - অঞ্চলৰ পৰা n - অঞ্চললৈ হ'লৰ ব্যাপন ঘটিছে কাৰণ

(a) n - অঞ্চলৰ মুক্ত ইলেকট্ৰন সিহঁতক আকৰ্ষণ কৰিছে

(b) বিভৱ ভেদৰ দ্বাৰা সিহঁত জাংছন পাৰ হৈ গৈছে।

(c) p - অঞ্চলত হ'লৰ গাঢ়তা n - অঞ্চলৰ তুলনাত বেছি।

(d) ওপৰৰ সকলো।

14.5 যেতিয়া p-n জাংছন এটাত অগ্ৰবৰ্তী বায়াছ প্ৰয়োগ কৰা হয়, ই

(a) বিভৱ প্ৰাচীৰ বৃদ্ধি কৰিব।

(b) মুখ্য বাহকৰ প্ৰবাহ হ্ৰাস হৈ শূন্য হব।

(c) বিভৱ প্ৰাচীৰ কমিব।

(d) ওপৰৰ এটাও নহয়।

14.6 অৰ্দ্ধ তৰংগ সংদিশকত, যদি ইনপুট কম্পনাংক 50 Hz হয়, আউটপুট কম্পনাংক কিমান হব?

14.7 2.8 eV পটি অন্তৰালৰ অৰ্ধপৰিবাহীৰ পৰা p-n ফট'ডায়ড এটা নিৰ্মাণ কৰা হৈছে। ই 6000 nm ৰ তৰংগ দৈৰ্ঘ্য ধৰা পেলাব পাৰিবনে?

অতিৰিক্ত অনুশীলনী

14.8 প্ৰতি m^3 ত চিলিকন পৰমাণুৰ সংখ্যা 5×10^{28}। ইয়াক একেসময়তে প্ৰতি m^3 ত 5×10^{22} পৰমাণু থকা আৰ্ছেনিক আৰু প্ৰতি m^3 ত 5×10^{20} পৰমাণু থকা ইন্দিয়ামৰ সৈতে ডোপ কৰা হ'ল। ইলেকট্ৰন আৰু হ'লৰ সংখ্যা নিৰ্ণয় কৰা। দিয়া আছে $n_i = 1.5 \times 10^{16}\ m^{-3}$ পদাৰ্থটো n -জাতীয় নে p -জাতীয়?

14.9 বিশুদ্ধ অৰ্ধপৰিবাহী এটাত শক্তি অন্তৰাল E_g ৰ মান হৈছে 1.2eV। ইয়াত হ'লৰ গতিশীলতা (mobility) ইলেকট্ৰনৰ গতিশীলতাতকৈ (mobility) বহুত কম আৰু উষ্ণতাৰ ওপৰত ই নিৰ্ভৰশীল নহয়। 600K আৰু 300K ত পৰিবাহীতাৰ অনুপাত কি হব? ধৰা ইন্ট্ৰিন্‌চিক বাহক গাঢ়তা n_i ৰ উষ্ণতাৰ ওপৰত নিৰ্ভৰশীলতা হৈছে

$$n_i = n_0 \exp\left(-\frac{E_g}{2k_B T}\right)$$ য'ত n_0 এটা ধ্ৰুৱক

14.10 এটা p-n জাংছন ডায়ডত, প্ৰবাহ I ৰ প্ৰকাশৰাশি হৈছে

$$I = I_0 \exp\left(\frac{eV}{2k_B T} - 1\right)$$

য'ত I_0 ক পশ্চাৎবৰ্তী পৰিগৰ্ভিত প্ৰবাহ বোলা হয়, V হৈছে ডায়ডৰ বিভৱ আৰু অগ্ৰবৰ্তী বায়াছত ই ধনাত্মক আৰু পশ্চাৎবৰ্তী বায়াছত ঋণাত্মক, I ডায়ডৰ মাজেৰে প্ৰবাহ, k_B হৈছে বল্টজ্‌মেনৰ ধ্ৰুৱক (8.6×10^{-5} eV/K) আৰু T হৈছে পৰম উষ্ণতা। যদি ডায়ড এটাৰ বাবে $I_0 = 5 \times 10^{-12}$ A আৰু, T = 300 K তেতিয়া

(a) অগ্ৰবৰ্তী বিভৱ 0.6 V ত অগ্ৰবৰ্তী প্ৰবাহৰ মান কিমান?

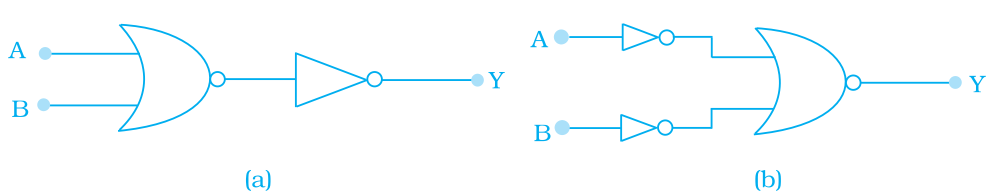
(b) ডায়ডৰ বিভৱ 0.7 V লৈ বৃদ্ধি কৰিলে প্ৰবাহৰ বৃদ্ধি কিমান হব?

(c) গতিশীল ৰোধৰ মান কিমান?

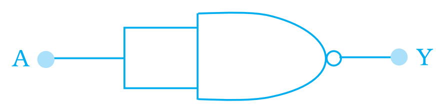
(d) যদি পশ্চাৎবৰ্তী বিভৱ 1 V ৰ পৰা 2 V লৈ পৰিবৰ্তন কৰা হয় প্ৰবাহৰ মান কিমান হব?

14.11 চিত্ৰ 14.36 ত দেখুওৱাৰ দৰে তোমাক দুটা বৰ্তনী দিয়া হৈছে। দেখুওৱা (a) বৰ্তনীটোৱে OR গেট ৰূপে আৰু (b) বৰ্তনীয়ে AND গেটৰূপে কাম কৰিছে।

14.12 চিত্ৰ 14.37 ত দিয়া NAND গেটৰ সংযোগৰ বাবে ট্ৰুথটেবল লিখা।



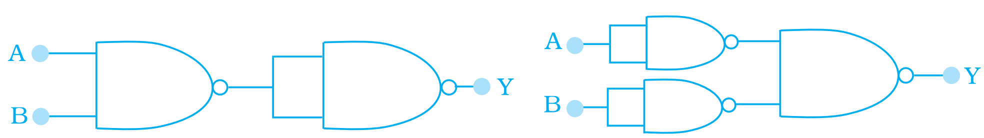
চিত্ৰ 14.36



চিত্ৰ 14.37

এই বৰ্তনীয়ে বহনকৰা আচল লজিক ক্ৰিয়া চিনাক্ত কৰা।

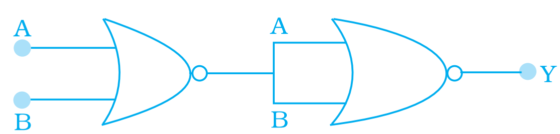
14.13 NAND গেট থকা দুটা বৰ্তনী (চিত্ৰ 14.38 ত দেখুওৱাৰ দৰে) তোমাক দিয়া হৈছে। দুয়োটা বৰ্তনীয়ে বহন কৰা লজিক ক্ৰিয়া চিনাক্ত কৰা।



(a) (b)

চিত্ৰ 14.38

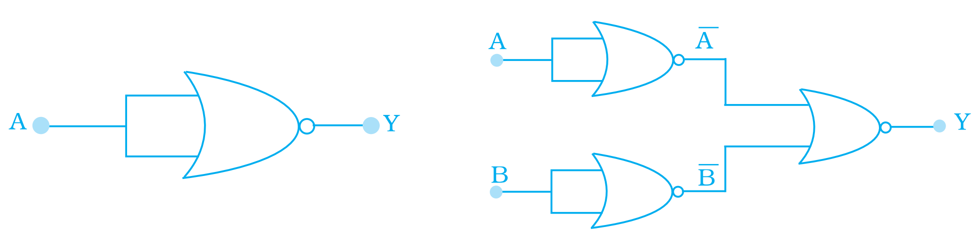
14.14 NOR গেটেৰে গঠিত, তলৰ চিত্ৰ 14.39 ত দিয়া বৰ্তনীৰ ট্ৰুথটেবল লিখা আৰু এই বৰ্তনীত সম্পাদন হোৱা লজিক ক্ৰিয়া (OR, AND, NOT) চিনাক্ত কৰা।



চিত্ৰ 14.39

[ইঙ্গিত (Hin)ঃ A = 0, B = 1তেতিয়া দ্বিতীয় NOR গেটৰ ইনপুট A আৰু B, 0 হ'ব আৰু সেয়ে Y=1, একেদৰে সংযোগ A আৰু B ৰ আন সংযোগৰ বাবে Y ৰ মান উলিওৱা। OR, AND, NOT গেটৰ ট্ৰুথটেবলৰ লগত তুলনা কৰা। আৰু শুদ্ধটো নিৰ্ণয় কৰা।]

14.15 কেবল NOR গেটেৰে গঠন কৰা, চিত্ৰ 14.40 ত দিয়া, বৰ্তনীৰ ট্ৰুথটেবল লিখা আৰু দুয়োটা বৰ্তনীত সম্পাদন হোৱা লজিক ক্ৰিয়া (OR, AND, NOT) চিনাক্ত কৰা।



(a) (b)

চিত্ৰ 14.40