

SISTEM KOMUNIKASI OPTIK

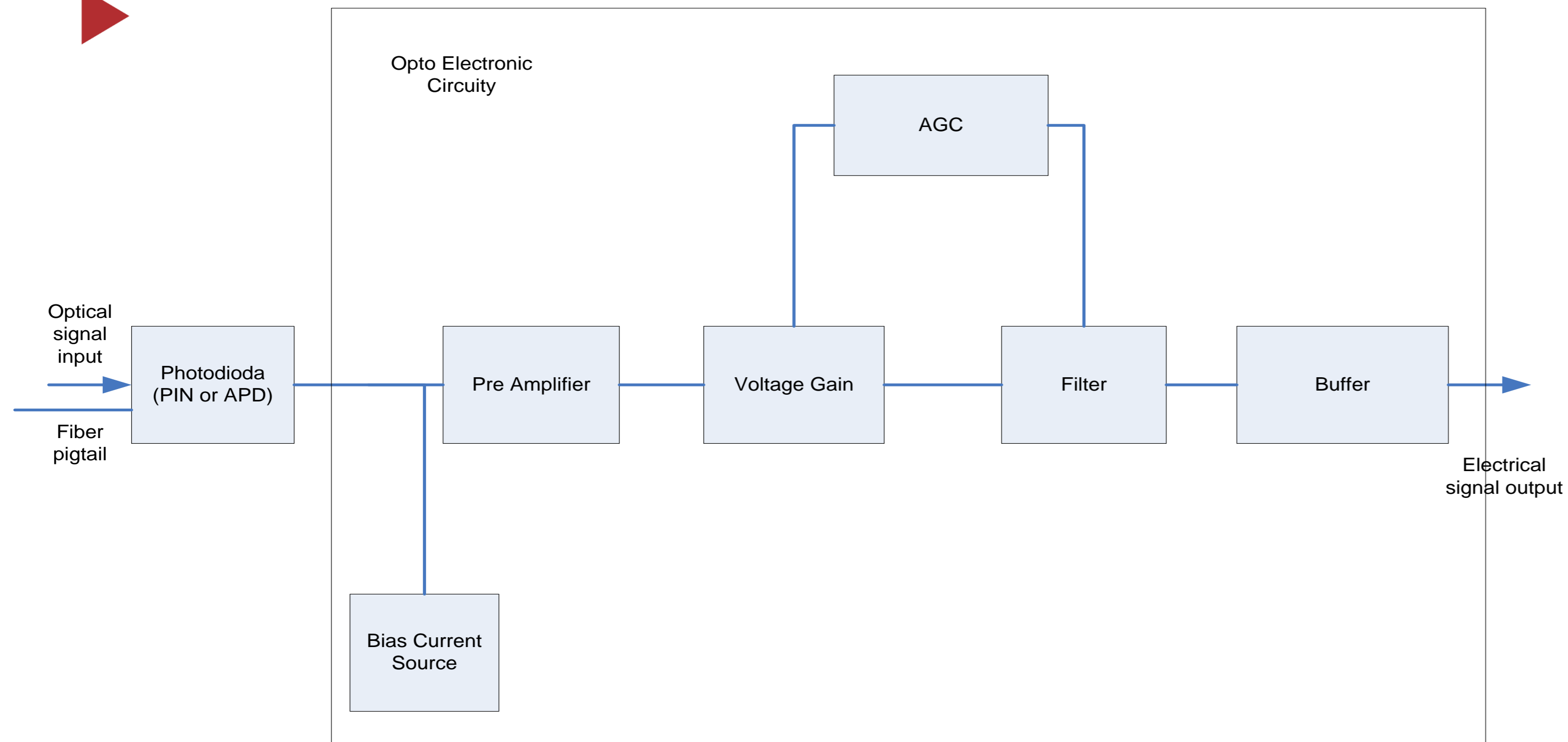
BAB 7 Detektor Optik

Tri Nopiani Damayanti

D3 Teknik Telekomunikasi – Fakultas Ilmu Terapan



SISTEM RECEIVER KOMUNIKASI KABEL OPTIK



Bagian receiver terdiri dari *Optical Signal input, Photodiode (PIN atau APD), Pre-amplifier, Bias current source, Voltage gain, AGC, Filter, Buffer, dan Electrical signal output.*

Gambar . Blok Diagram Receiver pada Sistem Komunikasi Serat Optik

A. Optical Signal Input

B. Photodiode (PIN atau APD)

Komponen *Photodiode* memiliki fungsi untuk mendeteksi cahaya yang datang dari media transmisi optik kemudian mengubah sinyal cahaya tersebut kedalam bentuk listrik. Ada 2 jenis *photodiode* yaitu PIN dan APD.

C. Pre-Amplifier

Berfungsi menguatkan sinyal masukan untuk proses selanjutnya. Komponen ini dikontrol secara otomatis untuk membatasi tegangan *output*. *Pre-amplifier* memperkuat dan mensinkronisasi sinyal yang ditransmisikan dengan merubah sinyal optik menjadi sinyal elektrik kemudian diubah ke sinyal optik kembali. *Amplifier* diperlukan pada sambungan yang sangat panjang (ratusan atau ribuan kilometer) agar didapatkan *power* yang cukup.

D. Bias Current Source

Komponen *Bias current* berfungsi untuk melindungi sumber optik dan mengoptimalisasi respon optik.

E. AGC

▶ *Automatic Gain Control (AGC)* adalah perangkat yang berfungsi memperkuat sinyal masukan. *Automatic Gain Control (AGC)* pada sistem komunikasi serat optik merupakan metode otomatis dalam menyesuaikan *gain* dari penerima (*receiver*) untuk mempertahankan tingkat output rata-rata yang konstan untuk arus gelombang dalam serat optik.

F. FILTER

Filter pada bagian Penerima berfungsi untuk membentuk pulsa tegangan yang berguna mengurangi *noise*.

G. BUFFER

Rangkaian *buffer* merupakan rangkaian yang menghasilkan tegangan *output* sama dengan tegangan *inputnya*. Prinsip dasar dari rangkaian *buffer* adalah penguat arus tanpa terjadi penguatan tegangan. Rangkaian *buffer* baik yang dibuat dari rangkaian transistor ataupun operasioanl amplifier (op-amp) pada umumnya digunakan sebagai stabiliser sinyal.

H. Electrical Signal Output

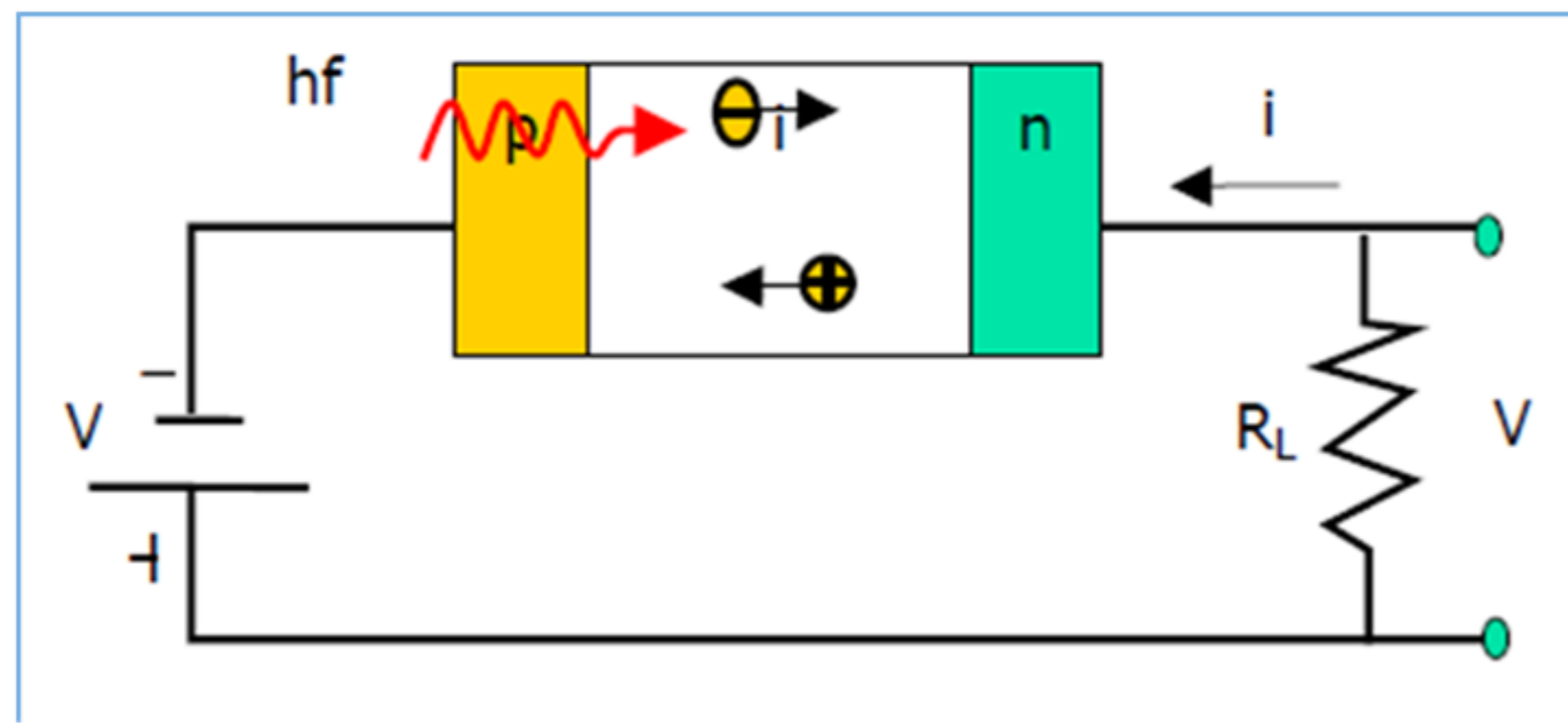
Electrical signal output merupakan sinyal keluaran berbentuk listrik. Dari sinyal masukan yang bisa berupa besaran fisik non-listrik (suara atau gambar), sehingga diperlukan transduser yang merubah sinyal masukan dari bentuk non-listrik ke bentuk listrik.

I. DETEKTOR OPTIK

- ❑ Berfungsi untuk mendeteksi cahaya yang datang dari media transmisi optik kemudian mengubah sinyal cahaya ke bentuk listrik.
- ❑ Terdapat dua jenis detektor yang terbuat dari bahan semikonduktor yaitu photodiode PIN dan photodiode *avalanche photo diode* (APD).
- ❑ Detektor optik yang digunakan pada sistem komunikasi serat optik memiliki karakteristik antara lain :
 1. Kompatibel dengan dimensi kabel optik
 2. Efisiensinya tinggi
 3. Keandalan yang tinggi
 4. Memiliki operasi panjang gelombang yang sama dengan serat optik yang digunakan
 5. Derau yang dihasilkan oleh detektor optik kecil.

Photodiode Positive-Intrinsic-Negative (PIN)

- ▶ □ Photodiode PIN terdiri atas **daerah-p dan daerah-n** yang dipisahkan oleh daerah instrinsik yang di dop dengan sedikit-n.
- **Prinsip kerja dioda PIN** : Mengubah energi optik (*foton*) yang diterima menjadi arus keluaran berdasarkan *photo voltaic effect* dan memerlukan *bias* mundur (*reverse bias*) sebesar 5-20 volt untuk menggambarkan arus *carrier* yang keluar dari daerah instrinsik.



Gambar. Rangkaian Photodiode PIN

Bila sinar *foton* dengan energi hf datang mengenai daerah-i maka *foton* dapat menciptakan pasangan elektron-hole, maka elektron akan naik ke pita konduksi dan meninggalkan *hole* di pita valensi sehingga akan bertindak sebagai *photocarrier*. *Photocarrier* ini kemudian akan berubah menjadi arus listrik (*Photocurrent*) yang akan mengalir melalui hambatan beban R_L .

Unjuk Kinerja Photodioda PIN

1. Responsivitas

Merupakan sesuatu yang berkaitan dengan efisiensi kuantum yang dapat dinyatakan dalam persamaan berikut :

$$R = \frac{I_p}{P_0} = \frac{\eta e}{hf}$$

Dimana :

- R : Responsivity (dalam A/W)
- I_p : arus photodioda
- P_0 : daya optik diterima
- η : efisiensi kuantum
- e : muatan elektron
- h : konstanta Planck
- f : frekuensi

2. Efisiensi kuantum (η)

Adalah perbandingan antara pasangan elektron-hole terhadap foton yang datang pada diode.

$$\eta = \frac{r_e}{r_p}$$

dimana :

r_e adalah rate elektron yang dihasilkan (electrons/s)

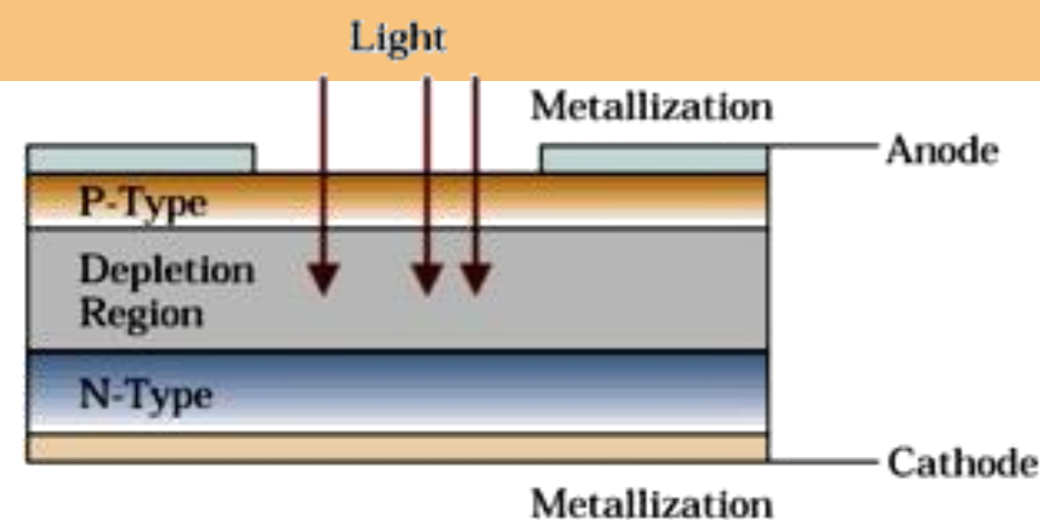
r_p adalah rate foton yang datang pada diode (photons/s)

Unjuk Kinerja Photodioda PIN (2)

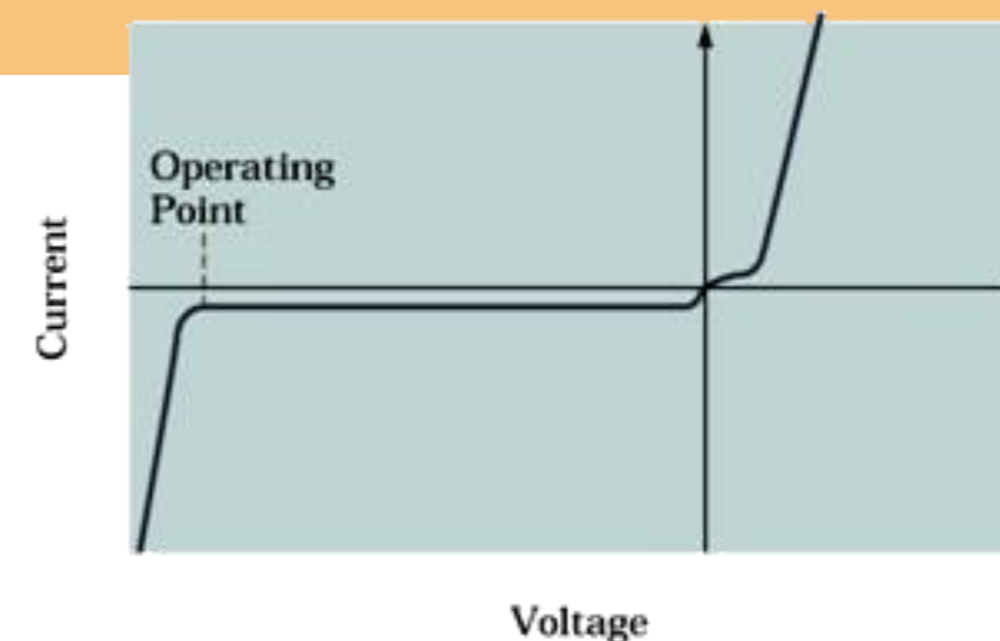
3. Kecepatan respon (*rise time*) ditentukan oleh karakteristik *rise time* detektor tersebut
4. Bandwidth adalah frekuensi maksimum yang dapat dideteksi oleh photodioda, dibatasi oleh waktu respon (*rise time*)
5. Daya optik minimum (MRP : Minimum Required Power) merupakan daya minimum diperlukan pada BER (*Bit Error Rate*) tertentu

AVALANCHE PHOTODIODE (APD)

- ❑ Photodiode APD bekerja pada *reverse bias* yang besar (50-300 volt) pada medan listrik yang tinggi sehingga terjadi **avalanche effect** yang menghasilkan **impact ionization** berantai dan terjadi **multiplikasi avalanche** sehingga terjadi penguatan atau multiplikasi arus.
- ❑ APD secara internal melipat gandakan arus foto sinyal primer sebelum memasuki sirkuit penguat sehingga meningkatkan sensitifitas penerima.
- ❑ Mekanisme pelipatgandaan elektron/hole disebut impact ionization.
- ❑ Carrier baru yg dibangkitkan juga dipercepat oleh medan listrik kuat, shg menguatkan energi utk impact ionization selanjutnya Phenomena tsb disebut **efek avalanche**.
- ❑ Dibawah tegangan breakdown jumlah carrier yg dibangkitkan tertentu, sedangkan diatas tegangan breakdown carrier yg dibangkitkan dpt tak terbatas.



(a) Structure



(b) Bias

AVALANCHE PHOTODIODE (APD)

- ▶ Photodiode APD bekerja pada *reverse bias* yang besar (50-300 volt) pada medan listrik yang tinggi sehingga terjadi **avalanche effect** yang menghasilkan **impact ionization** berantai dan terjadi **multiplikasi avalanche** sehingga terjadi penguatan atau multiplikasi arus.
- APD secara internal melipat gandakan arus foto sinyal primer sebelum memasuki sirkuit penguat sehingga meningkatkan sensitifitas penerima.
- Mekanisme pelipatgandaan elektron/hole disebut impact ionization.
- Carrier baru yg dibangkitkan juga dipercepat oleh medan listrik kuat, shg menguatkan energi utk impact
- ionization selanjutnya Phenomena tsb disebut efek avalanche.
- Dibawah tegangan breakdown jumlah carrier yg dibangkitkan tertentu, sedangkan diatas tegangan
- breakdown carrier yg dibangkitkan dpt tak terbatas.

AVALANCHE PHOTODIODE (APD)

- Multiplikasi M photodiode ditentukan oleh :

$$M = I_M/I_p$$

di mana :

I_M adalah nilai rata-rata total arus output yang dimultiplikasi

I_p adalah arus photo yang tidak dimultiplikasi

- Gain (M) meningkat jika diberikan tegangan dengan *reverse bias* :
di mana :

$$M = \frac{1}{1 - \left(\frac{V_d}{V_{BR}} \right)^n}$$

n adalah nilai konstan dan V_{BR} adalah tegangan *breakdown* detektor (sekitar 20 – 500 V)

AVALANCHE PHOTODIODE (APD)

Karakteristik Photodiode APD adalah sebagai berikut :

1. Absorption

Penyerapan *foton* di dalam photodiode menghasilkan photocurrent yang tergantung kepada koefisien absorpsi (α_o) cahaya di dalam perangkat semikonduktor.

❑ Koefisien *absorpsi* tergantung pada panjang gelombang

❑ Daya yang diserap photodiode :

$$P_{abs} = P_o [1 - \exp(-\alpha_o d)]$$

dimana :

P_{abs} : daya yang diserap

P_o : daya dari FO

d : lebar dari *active region*

α_o : koefisien absorpsi

2. Photocurrent (I_p) dihasilkan oleh cahaya yang datang dari daya optik yang diterima dari FO

dimana :

e adalah elektron

r adalah koefisien pantulan Fresnel

d adalah lebar dari *active region*

α_o adalah koefisien absorpsi

$$I_p = \frac{P_o e (1 - r)}{hf} [1 - \exp(-\alpha_o d)]$$

Hubungan antara P_{abs} , P_o , dan η adalah : $\eta = \frac{P_{abs}}{P_o}$

AVALANCHE PHOTODIODE (APD)

Karakteristik Photodiode APD adalah sebagai berikut :

1. Absorption

Penyerapan *foton* di dalam photodiode menghasilkan photocurrent yang tergantung kepada koefisien *absorpsi* (α_o) cahaya di dalam perangkat semikonduktor.

□ Koefisien *absorpsi* tergantung pada panjang gelombang

□ Daya yang diserap photodiode :

$$P_{abs} = P_o [1 - \exp(-\alpha_o d)]$$

dimana :

P_{abs} : daya yang diserap
 P_o : daya dari FO
 d : lebar dari *active region*
 α_o : koefisien absorpsi

2. *Photocurrent* (I_p) dihasilkan oleh cahaya yang datang dari daya optik yang diterima dari FO

dimana :

e adalah elektron
 r adalah koefisien pantulan Fresnel
 d adalah lebar dari *active region*
 α_o adalah koefisien absorpsi

$$I_p = \frac{P_o e (1 - r)}{hf} [1 - \exp(-\alpha_o d)]$$

Hubungan antara P_{abs} , P_o , dan η adalah : $\eta = \frac{P_{abs}}{P_o}$



TERIMA KASIH
