

SIMULASI PARAMETER SI-APD DENGAN MASUKAN SINYAL NRZ MENGUNAKAN C#

Pramesti Puji Lestari¹, Erna Sri Sugesti², Sholekan³

¹Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

Abstrak

Avalanche photodiode (APD) adalah fotodetektor yang mempunyai internal gain sehingga digunakan untuk komunikasi serat optik jarak jauh dan memberikan margin sensitivitas relatif daripada PIN diode. Daerah multiplikasi pada APD memberikan peran penting dalam menciptakan gain, multiplication noise, dan gain-bandwidth. Menurut teori penguatan medan lokal, multiplication noise dan gain-bandwidth pada APD ditentukan oleh rasio koefisien ionisasi elektron dan hole semikonduktor di daerah multiplikasi.

Pada Tugas Akhir ini dilakukan simulasi parameter silikon APD untuk sinyal optik digital NRZ dengan menggunakan bahasa pemrograman Visual Studio 2008 C#. Jenis fotodetektor yang akan digunakan adalah APD berbahan Silikon dari PerkinElmer Optoelectronics seri C30902S.

Simulasi ini dilakukan dengan melakukan perubahan ukuran lebar intrinsik, panjang gelombang, dan daya sinyal, serta menganalisis pengaruh perubahan daya input, panjang gelombang, dan lebar daerah intrinsik terhadap arus total keluaran fotodetektor. Semakin besar daya input yang diterima fotodetektor, semakin besar pula arus output yang dikeluarkan. Dari hasil simulasi, dapat disimpulkan bahwa APD yang digunakan memiliki karakteristik lebar daerah intrinsik dari 0,5-1 mm akan meningkatkan efisiensi kuantum. Efisiensi kuantum maksimum adalah 0,6986. Untuk mencapai multiplikasi lebih dari 200 kali, APD harus bekerja pada panjang gelombang antara 800-1000 nm.

Kata Kunci : APD, bahasa pemrograman Visual Studio 2008, pengkodean NRZ

Abstract

Avalanche photodiode (APD) is photodetector that have internal gains so it is used for long distance optical fiber communication and gives a sensitivity margin relative rather than a PIN diode. Local multiplication in APD provides an important role in creating the gain, multiplication noise, and gain-bandwidth. According to the theory of strengthening of the local field, multiplication noise and gain-bandwidth of the APD is determined by the ratio of electron and hole ionization coefficients of semiconductors in the multiplication.

In this final project is simulation of the APD's parameter for NRZ digital optical signals with bit rate of SDH, and using Visual Studio 2008 programming language to know the characteristics of the APD. Photodetector type is made from silicon APD from PerkinElmer Optoelectronics C30902S series.

Simulations are carried out through changes in the intrinsic width, wavelength, and signal power, and to analyze the effect of changes in input power, wavelength, and width of the intrinsic region to the total current output photodetector. The greater the input power received photodetector, the greater the output current is removed. From the simulation results, it can be concluded that the PPE is used have characteristics intrinsic region width from 0.5 to 1 mm will increase the quantum efficiency. The maximum quantum efficiency is 0.6986. To achieve the multiplication of more than 200 times, PPE must be working at a wavelength between 800-1000 nm.

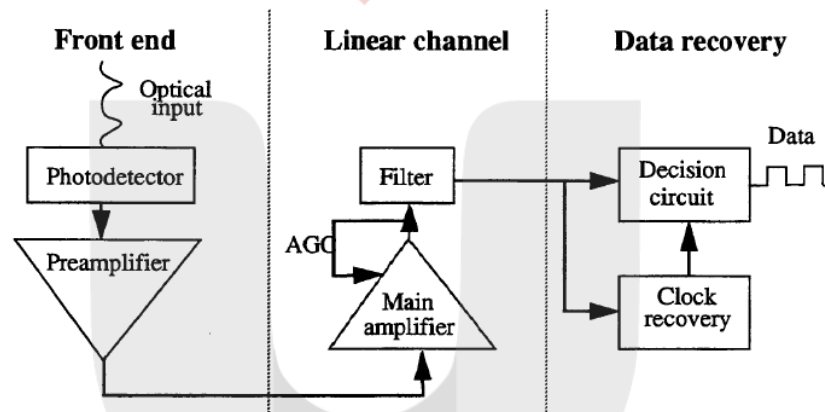
Keywords : APD, Visual Studio 2008 programming, NRZ Code

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Blok sistem rangkaian penerima optik digital terdiri dari tiga bagian seperti yang terlihat pada Gambar 1.1. Yang paling penting dalam desain rangkaian penerima sistem komunikasi digital adalah sensitifitas dan *bandwidth*. Bagian *front end*, yang merupakan bagian paling penting di antara tiga bagian tersebut, terdiri dari fotodetektor yg diikuti *preamplifier*. Fotodetektor berfungsi untuk mengubah *optical bit stream* menjadi *electrical bit stream*.



Gambar 1.1 Blok diagram rangkaian penerima optik digital^[2]

Avalanche photodiode (APD) adalah fotodetektor yang digunakan untuk komunikasi serat optik jarak jauh dengan *bit rate* tinggi karena adanya internal *gain*, yang memberikan margin sensitivitas relatif daripada *PIN diode*. Daerah *multiplikasi* pada APD memberikan peran penting dalam menciptakan *gain*, *multiplication noise*, dan *gain-bandwidth*. Menurut teori penguatan medan lokal, *multiplication noise* dan *gain-bandwidth* pada APD ditentukan oleh rasio koefisien ionisasi elektron dan *hole* semikonduktor di daerah *multiplikasi*. Karena rasio ini adalah tergantung material, untuk medan listrik yang diberikan, upaya untuk meningkatkan kinerja APD telah berfokus pada optimasi profil medan listrik dan karakterisasi bahan baru.^[11]

Bab 1 Pendahuluan

Dari uraian-uraian di atas, maka pada Tugas Akhir ini dilakukan penelitian tentang mekanisme kerja dari *avalanche photodiode* (APD). Dengan penelitian ini diharapkan dapat menentukan karakteristik bahan dari APD yang digunakan, sehingga dapat ditiru cara kerja dari APD tersebut.

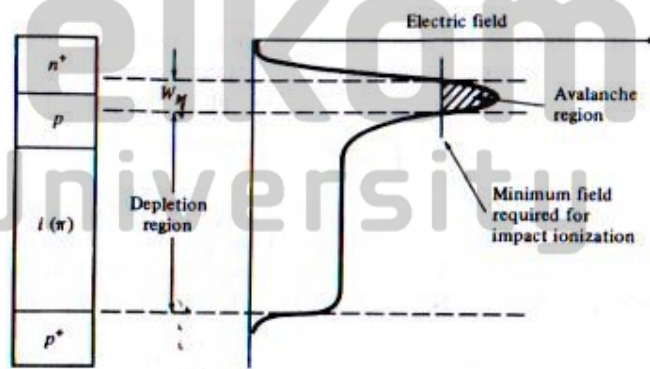
1.2 Tujuan Tugas Akhir

Mengetahui efek yang terjadi akibat perubahan parameter Si-APD untuk masukan sinyal NRZ.

1.3 Perumusan Masalah

Perkalian faktor M telah sering dipertimbangkan dalam hal-hal yang berhubungan dengan *ionization rates* dari berbagai bahan, karena hampir semua data ionisasi telah diperoleh dari pengukuran *multiplication* pada *p-n junctions*. Semikonduktor silikon memiliki tingkat ionisasi elektron α_e berbeda dari tingkat ionisasi *hole* α_h .^[16]

Untuk mencapai efisiensi kuantum tinggi, lebar daerah deplesi harus jauh lebih besar dari $1/\alpha$ (kebalikan dari koefisien penyerapan), sehingga sebagian besar cahaya akan diserap. Jika daerah deplesi terlalu sempit, setiap *carrier* yang dibuat dalam bahan *undepleted* harus menyebar kembali ke daerah deplesi sebelum *carrier* tersebut dapat dikumpulkan. Perangkat dengan daerah deplesi sangat tipis cenderung menunjukkan komponen respon yang berbeda lambat dan cepat. Efisiensi kuantum tinggi diperoleh dengan ketebalan daerah penyerapan antara $1/\alpha$ dan $2/\alpha$.



Gambar 1.2 Struktur *Reach-through Avalanche Photodiode* (RAPD)^[9]

Multiplication (M) mempengaruhi arus total keluaran fotodetektor dengan mengalikan arus foto primer dengan M. Hal tersebut mempengaruhi daya sinyal yang keluar dari fotodetektor.

Dari uraian-uraian di atas, maka pada Tugas Akhir ini dilakukan simulasi sinyal optik digital pada APD berbahan silikon dengan menggunakan pemrograman Visual Studio C#. Keluaran yang diharapkan dari pembuatan Tugas Akhir ini adalah untuk mengetahui pengaruh perubahan karakteristik fotodetektor terhadap arus keluaran fotodetektor, sehingga dapat diperoleh daerah kerja yang optimal dari APD yang digunakan.

1.4. Batasan Masalah

Agar dalam pengerjaan Tugas Akhir ini didapatkan hasil yang optimal, maka masalah akan dibatasi sebagai berikut :

1. Menggunakan bahasa pemrograman Visual Studio 2008 C#
2. Hanya membahas fotodetektor berjenis APD
3. Tidak membahas *noise* fotodetektor
4. Datasheet yang digunakan adalah Silikon APD PerkinElmer Optoelectronics seri C30902S
5. Sinyal input digital dengan pengkodean NRZ

1.5. Tahapan Penyelesaian Masalah

Tahapan yang dipakai dalam penyusunan Tugas Akhir ini, meliputi:

1. Studi Literatur
Studi literatur ini meliputi proses pembelajaran semua materi dengan pencarian referensi serta informasi dari internet, jurnal, buku maupun media yang ada yang berkaitan dengan Tugas Akhir ini.
2. Penentuan parameter *input* dan *output*, serta rumus yang dipakai.
3. Pembuatan program sesuai dengan *datasheet* dan rumus-rumus yang dipakai.
4. Perhitungan parameter-parameter *output* yang ditentukan, yaitu arus *output*, pasangan *electron-hole* yang terbentuk, dan responsivitas.

5. Simulasi APD dengan mengubah parameter-parameter yang ditentukan, yaitu lebar daerah intrinsik dan daya masuk fotodetektor.
6. Analisis pengaruh perubahan-perubahan tersebut pada terhadap keluaran fotodetektor.
7. Penulisan laporan

1.6 Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini membahas tentang latar belakang, tujuan penyusunan Tugas Akhir, perumusan masalah, batasan masalah, tahap-tahap penyelesaian masalah, dan sistematika penulisan Tugas Akhir ini.

BAB II DASAR TEORI

Bab ini membahas tentang teori yang mendukung Tugas Akhir ini yaitu fotodetektor khususnya *avalanche photodiode* (APD) dan pengkodean NRZ.

BAB III PEMODELAN SIMULASI FOTODETEKTOR

Bab ini membahas tentang parameter-parameter serta bahan fotodetektor yang digunakan untuk menentukan nilai keluaran dari sebuah penerima sinyal optik analog baik berupa grafik simulasi maupun hasil perhitungan.

BAB IV ANALISIS KARAKTERISTIK FOTODETEKTOR

Bab ini membahas tentang analisis dari simulasi yang dilakukan dengan mengubah parameter fotodetektor yang telah ditentukan.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Berisi kesimpulan dari hasil simulasi yang dilakukan pada Tugas Akhir ini serta saran-saran untuk pengembangan lebih lanjut.

BAB V

KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Dari simulasi yang telah dilakukan maka dapat ditarik beberapa kesimpulan yaitu :

1. Pada panjang gelombang 830 nm dan lebar daerah intrinsik 0,5 mm, penguatan pada Si-APD menyebabkan sinyal yang keluar dari fotodetektor dikuatkan 248,6 kali.
2. Semakin besar daya *input* fotodetektor, maka arus yang dihasilkan fotodetektor Si-APD tersebut juga semakin besar. Hal ini disebabkan besar arus keluaran fotodetektor merupakan perkalian antara multiplikasi dengan arus foto yang dibangkitkan dari responsivitas dan daya *output*. Batas kemampuan fotodetektor Si-APD adalah paling besar 5 nW sesuai karakteristik dari Si-APD dari pabrikan.
3. Karakteristik dari APD silikon dengan rentang lebar daerah intrinsik antara 0,5 – 1 mm maka nilai efisiensi kuantum semakin meningkat. Di atas rentang lebar daerah intrinsik tersebut, nilai efisiensi kuantum konstan sebesar 0,6986.
4. Untuk mencapai multiplikasi lebih dari 200 kali, maka rentang panjang gelombang yang digunakan adalah 800-1000 nm.

5.2 Saran

1. Untuk pengembangan lebih lanjut diharapkan agar menggunakan jenis pengkodean yang lain
2. Menggunakan struktur APD yang lebih kompleks..

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Selvarajan, S. Kar and T. Srinivas, "*Optical Fiber Communication Principles and Systems*", McGraw-Hill International Edition, 2002
- [2] C. (Forrest) Ma, "*Characterization and Modelling of SAGCM InP/InGaAs Avalanche Photodiodes for Multigigabit Optical Fiber Communications*", Simon Fraser University, Canada, 1995
- [3] D. Dai, M.J.W. Rodwell, J.E. Bowers, Y. Kang, and M. Morse, "*Derivation of the Small Signal Response and Equivalent Circuit Model for a Separate Absorption and Multiplication Layer Avalanche Photodetector*", IEEE Journal Of Selected Topics In Quantum Electronics, VOL. 16, NO. 5, September/Oktober 2010
- [4] E. A. Lacy, "*Fiber Optics*", Prentice Hall Inc, New Jersey, 1982
- [5] E. Sackinger, "*Broadband Circuits for Optical Fiber Communication*", John Wiley and Sons Inc, New Jersey, 2005
- [6] F. C. Allard, "*Fiber Optic Handbook For Engineers and Scientists*", McGraw Hill, USA, 1990
- [7] F. Laforce, "*Low noise optical receiver using Si APD*", PerkinElmer Environmental Health, 22001 Dumberry, Vaudreuil-Dorion, Qc, Canada, 2009
- [8] G. Keiser, "*Local Area Networks*", 2nd Edt, McGraw-Hill Inc, USA, 2002
- [9] G. Keiser, "*Optical Fiber Communications*", 3th Edt, McGraw-Hill Higher Education, USA, 2000
- [10] G. P. Agrawal, "*Fiber-Optic Communications Systems*", 3rd Edt, John Wiley & Sons, Inc. 2002
- [11] H. Mokari and M. H. Seyedi, "*Numerical Analysis Of Homojunction Avalanche Photodiodes (APDs)*", Islamic Azad University, Iran, 2008
- [12] I. Lindra, "*Tugas Akhir: Simulasi Fotodetektor pada WLAN Over Fiber*", IT Telkom, Bandung, 2009
- [13] J. Gowar, "*Optical Communication Systems*", Prentice Hall, UK, 1987
- [14] J. Meel, "*Spread Spectrum*", Belgium, 1999
- [15] P. Egnam, "*Avalanche Photodiode*", International University Bremen, Germany, 2005

- [16] P. Spirito, “*Avalanche Multiplication Factors in Ge and Si Abrupt Junctions*”, University of Naples, Italy, 1973
- [17] W.E. Sayle and P.O. Lauritzen, “*Avalanche Ionization Rates Measured in Silicon and Germanium at Low Electric Fields*”, IEEE Transactions On Electron Devices, Vol. Ed-18, No. 1, January 1971
- [18] www.info@lasercomponents.com, “*Silicon Avalanche Photodiode*”. Diunduh tanggal 6 januari 2011 pukul 18.00 WIB
- [19] www.phototech.com, “*Photodetector.pdf*”. Diunduh tanggal 26 April 2010 pukul 09.25 WIB

