

HỆ ĐO QUANG BÁN DẪN GIAO TIẾP MÁY VI TÍNH VỚI CARD ĐIỀU KHIỂN PCI 6024E VÀ PHẦN MỀM LABVIEW 5.1 RT

Võ Hồng Hải, Trương Kim Hiếu

Khoa Vật lý – Trường Đại học Khoa học Tự nhiên – ĐHQG-HCM

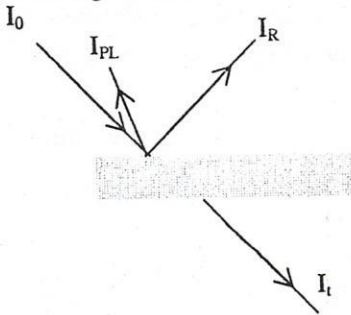
(Bài nhận ngày 24 tháng 11 năm 2004, hoàn chỉnh sửa chữa ngày 18 tháng 02 năm 2005)

TÓM TẮT: Một hệ đo thực hiện các phương pháp đo nghiên cứu Quang bán dẫn (Truyền qua/hấp thụ; Phản xạ; Quang phản xạ_PR) đã được lần lượt thiết lập, giao tiếp máy vi tính, phần mềm điều khiển Turbo Pascal [1,2,3]. Ở công trình này, chúng tôi đã cải tiến, thiết kế lại toàn bộ hệ thống quang và điện tử, đặc biệt là lập trình điều khiển với phần mềm LABVIEW R.T 5.1 và card PCI 6024E, đồng thời bổ sung thêm phương pháp đo Quang phát quang (PL). Như vậy, hệ đo mới đã bao gồm được đầy đủ các phép đo truyền thống (truyền qua – phản xạ – phát quang), thêm phép đo nghiên cứu trạng thái bề mặt bán dẫn (PR), tất cả đều được điều khiển bởi một chương trình duy nhất, phục vụ cho nghiên cứu những tính chất quang cơ bản nhất ở bán dẫn: Các hằng số quang (T, α, R), các tâm quang bên trong và trạng thái mặt ngoài bán dẫn.

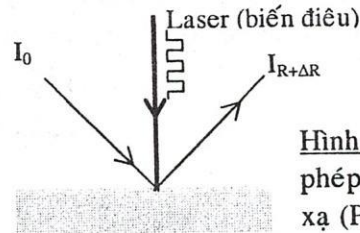
1. TÓM TẮT LÝ THUYẾT

1.1 Nguyên tắc các phép đo truyền thống Truyền qua/hấp thụ – Phản xạ – Phát quang ($T/\alpha, R - PL$) và phương pháp Quang – phản xạ (PR).

Từ mô hình tương tác bức xạ quang với môi trường vật chất (tinh thể bán dẫn), có thể mô tả ngắn gọn các phép đo truyền thống để nghiên cứu tính chất quang như trên Hình 1. Bức xạ tới I_0 đến mẫu, một phần bị phản xạ I_R , phần xuyên vào mẫu bị hấp thụ một phần và một phần ló ra I_t . Ngoài ra, trong điều kiện thích hợp, có thể nhận được bức xạ phát ra từ mẫu nghiên cứu (hiện tượng phát quang) với cường độ I_{PL} .



Hình 1a: Mô hình tương ứng các phép đo $T/\alpha; R; PL$.



Hình 1b: Mô hình phép đo Quang phản xạ (PR)

Hệ đo ghi nhận các tín hiệu quang I_0, I_R, I_t và I_{PL} chuyển sang tín hiệu điện nhờ Detector quang, bộ phận điện tử và phần mềm điều khiển sẽ xử lý, hiển thị các kết quả phổ truyền qua $T(\lambda) = I_t(\lambda)/I_0(\lambda)$ - hấp thụ $\alpha(\lambda) = \ln I_0/I_t(\lambda)$, phản xạ $R(\lambda) = I_R(\lambda)/I_0(\lambda)$ và phổ phát quang $I_{PL}(\lambda)$. Ở phương pháp Quang – phản xạ, có tia Laser biến điệu kích thích mẫu làm sản sinh cặp điện tử/lỗ trống quang, gây ra sự “dao động” của dây năng lượng mặt ngoài, làm xuất hiện thêm thành phần biến đổi ΔR , từ đó có biểu thức diễn tả phổ Quang-phản xạ chứa đựng thông tin về cường độ điện trường bề mặt [3]:

$$\frac{\Delta R}{R}(E) \sim \exp \left[-\frac{\sqrt{E - E_g} \Gamma}{(\hbar \Omega)^{3/2}} \right] \cos \left[\frac{2}{3} \left(\frac{E - E_g}{\hbar \Omega} \right)^{3/2} + \theta \right] \quad (1)$$

Với E_g : Độ rộng khe năng lượng; E : Năng lượng photon; Γ : Thông số giảm nở năng lượng, $\hbar \Omega$: năng lượng quang điện.

Dựa vào phương trình (1) và các cực trị của phổ Quang phản xạ ta xác định được thông số năng lượng quang $\hbar \Omega$. Mặt khác, cường độ điện trường bề mặt F_s được xác định qua $\hbar \Omega$:

$$\hbar\Omega = \left(\frac{e^2 \hbar^2}{2\mu} F_s^2\right)^{1/3} \quad (2)$$

Ở đây, μ là khối lượng hiệu dụng rút gọn, e là điện tích electron. Từ đó ta tính được điện trường bề mặt F_s , độ cong (thế) vùng năng lượng bề mặt ($e\Phi_b$) và mật độ điện tích bề mặt Q_{ss} như công thức (3):

$$F_s^2 = \frac{8\mu(\hbar\Omega)^3}{e^2 \hbar^2} \quad e\Phi_b = \frac{\epsilon\epsilon_0 F_s^2}{2e^*} \quad Q_{ss} = 2\epsilon\epsilon_0 n^* \Phi_b \quad (3)$$

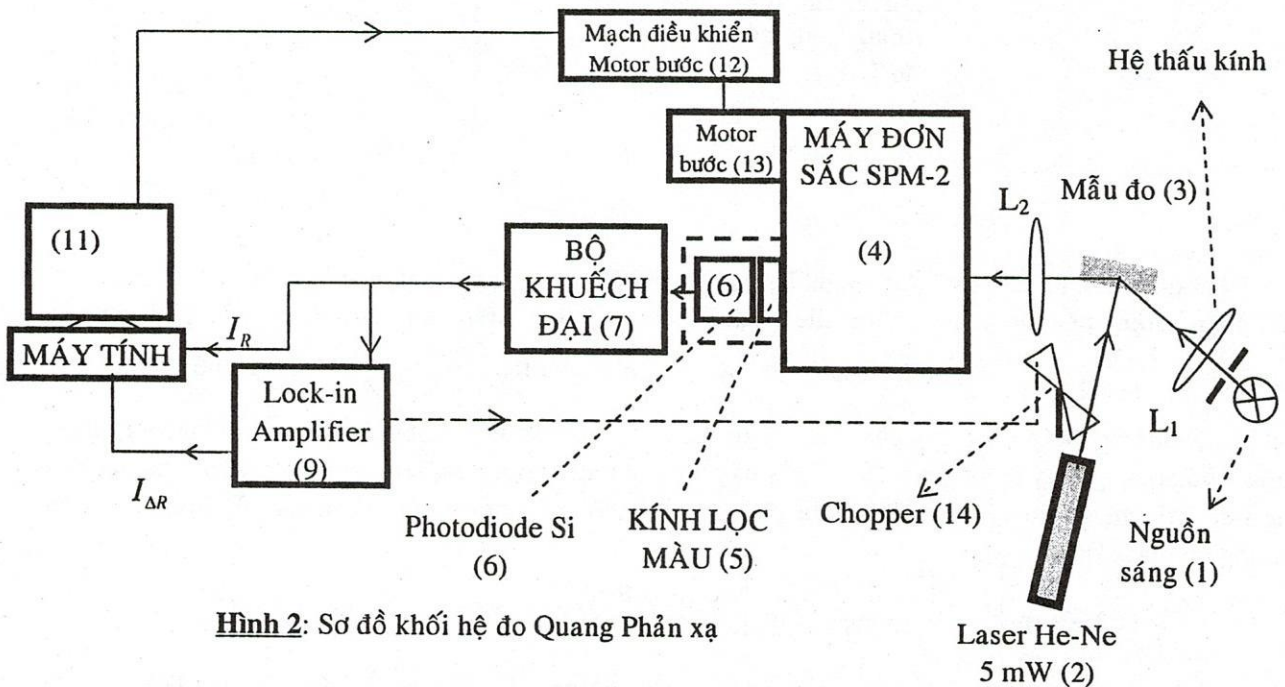
1.2 Phần mềm LABVIEW [4,5,6]:

Thời gian gần đây, việc sử dụng phần mềm LABVIEW trong ghép nối các thiết bị đo với máy vi tính đã trở nên phổ biến và cần thiết trong các phòng thí nghiệm. LABVIEW (Laboratory Virtual Instruments Engineering Workchbench) là một chương trình ứng dụng tương tự như các chương trình C hay Basic hay Lab Windows của hãng National Instruments. Tuy nhiên, LABVIEW khác với các chương trình trên ở một điểm quan trọng là: trong khi C hay Assembler sử dụng ngôn ngữ lập trình dạng văn bản để tạo ra các đoạn mã thì LABVIEW sử dụng ngôn ngữ lập trình dạng đồ họa hình ảnh (G) thông qua các biểu tượng để tạo ra mã điều khiển chứa trong “Block diagram”. Những chương trình lập trình bằng LABVIEW được gọi là “VI” (Virtual Instruments : các thiết bị ảo) vì giao diện và cách thức hoạt động của nó tương tự như một thiết bị thật. LABVIEW chạy trên Window, cho giao diện đẹp và “thân thiện” với người sử dụng.

2. THỰC NGHIỆM

2.1. Hệ đo Quang bán dẫn

Hệ đo Quang bán dẫn được thiết kế gồm 2 phần rõ ràng: Phần quang (lối vào máy đơn sắc) và phần Quang-điện tử (lối ra máy đơn sắc) như ở hình (2). Ở hệ đo này có thể thực hiện các phép đo Truyền qua/Hấp thu, Phản xạ, Quang phát quang, và Quang phản xạ (PR). Toàn bộ hệ đo Quang bán dẫn được điều khiển bằng máy vi tính thông qua phần mềm LABVIEW 5.1 RT và Card PCI 6024E của hãng National Instrument (Mỹ). Hệ thống quang được thiết kế trên một nền đặc biệt, có thể thay đổi cấu hình dễ dàng ứng với từng loại phép đo. Trên hình (2) là ví dụ hệ đo cho phép đo Quang phản xạ.



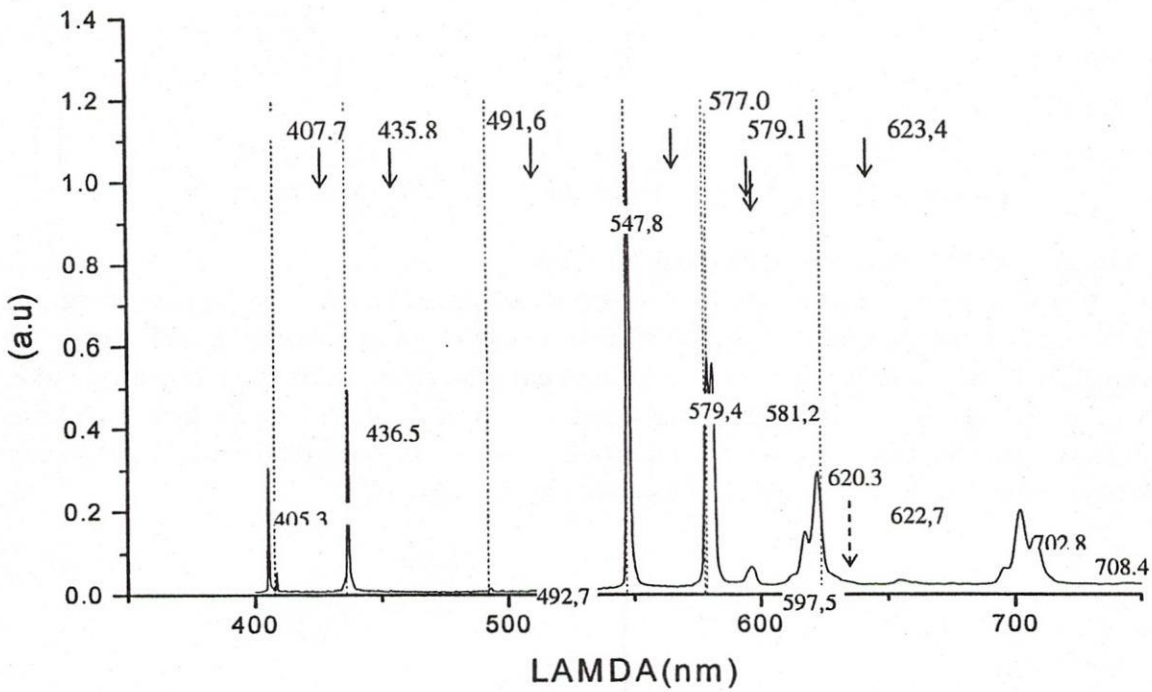
Hình 2: Sơ đồ khối hệ đo Quang Phản xạ

Laser He-Ne
5 mW (2)

Theo “truyền thống“, trong sơ đồ hệ đo Truyền qua/Hấp thu và Quang phản xạ, mẫu được đặt ở phía sau khe lối ra máy đơn sắc. Trong khi đó, ở hệ đo Phản xạ, Phát quang thì thường là ngược lại. Ở

hệ đo này, toàn bộ hệ quang (có đặt mẫu đo) được thiết kế ở phần không gian phía trước máy đơn sắc (cho tất cả các phép đo). Mô hình này hoàn toàn tương đương (về phương diện Quang – Quang phổ), nhưng có ưu điểm là Detector được áp sát cố định vào thân (khe lối ra) máy đơn sắc, đặc biệt là nhờ đó có thể hiệu chỉnh, thay đổi cấu hình hệ quang phù hợp từng phép đo một cách rất thuận tiện.

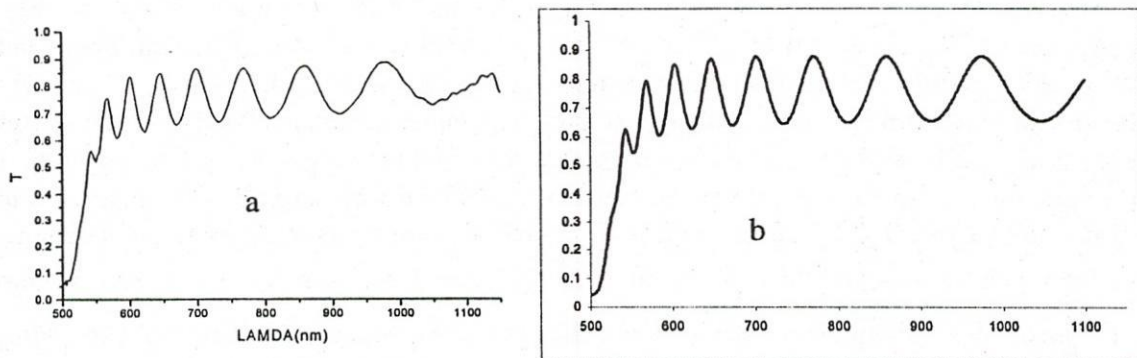
Độ phân giải của hệ đo được đánh giá qua việc so sánh với phổ chuẩn của bức xạ đèn thủy ngân [7]. Kết quả trên hình (3) cho thấy độ lệch các trị số bước sóng $\Delta\lambda = |\lambda_{LT} - \lambda_{TN}| : 0,7 \rightarrow 2,4$ nm. Ngoài ra, phổ nhận được từ hệ đo có thêm nhiều Peak không có trong phổ chuẩn, đặc biệt có xuất hiện vạch kép như: 579,4 nm và 581,2 nm; 620,3 nm và 622,7 nm; 702,8 nm và 708,4 nm.



Hình 3: Phổ đèn thủy ngân được đo từ hệ đo. Các trị số ứng với đường (mũi tên xuống) là các giá trị Peak cho bởi phổ chuẩn [7].

2.2. Phổ truyền qua của màng mỏng bán dẫn CdS

Trên hình (4) là phổ truyền qua ở màng bán dẫn CdS, được thực hiện bởi hệ đo của chúng tôi (4a) so sánh với phổ đo bởi hệ đo truyền qua V530 JASCO – (Nhật) tại PTN Vật liệu Kỹ thuật cao, ĐH.KHTN, TPHCM (4b). Độ lệch về độ dài sóng $|\Delta\lambda| = |\lambda^* - \lambda_0| = (0,3 \div 2,9)$ nm, và biên độ các cực trị phổ là < 5%.



Hình 4: Phổ truyền qua ở màng bán dẫn CdS. Cấu trúc “dao động” ở phần trên phổ cho phép xác định được độ dày màng và chiết suất màng

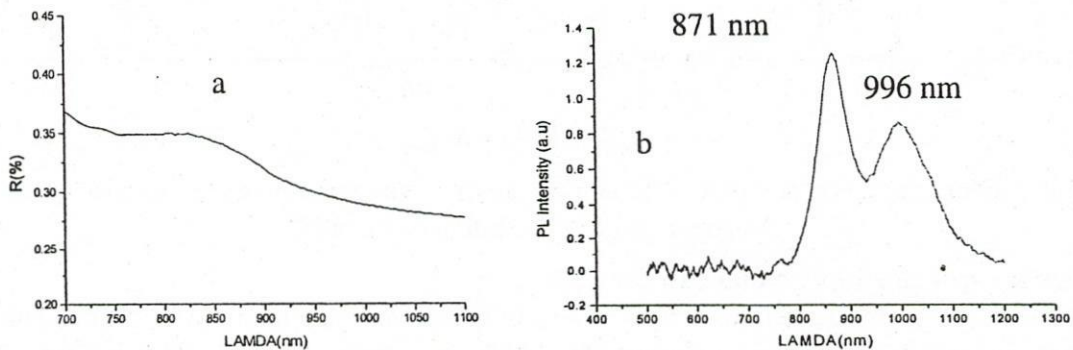
Kết quả xử lý phổ (thông qua phần mềm của chúng tôi) cho phép xác định độ rộng vùng cấm E_g , độ dày màng d (nm) và chiết suất n như ở bảng 1.

bước sóng (nm)	E_g (eV)	Độ dày d (nm)	Chiết suất (n)
914.444	$2,3_1 \pm 0,1$	1590 ± 10	2.156
859.615			2.1618
810.833			2.1666
770.139			2.1789
733.768			2.1914
700.339			2.2016
672.857			2.221
646.494			2.2356

Bảng 1: Kết quả xử lý phổ truyền qua ở màng CdS (hình 4a).

2.3 Phổ phản xạ và Quang phát quang của bán dẫn GaAs

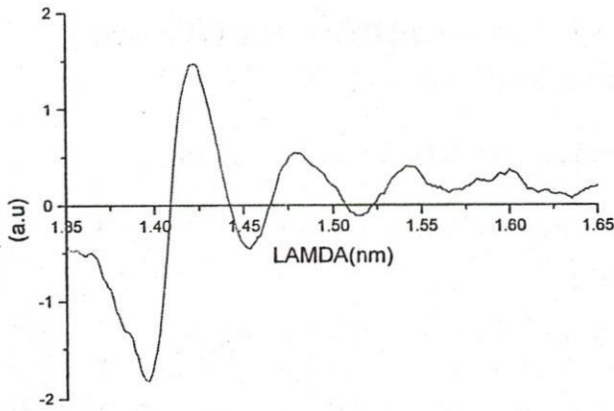
Để khảo sát tính chất của bán dẫn GaAs chúng tôi đo phổ phản xạ và quang phát quang trên hệ đo này (Hình 5). Ở phổ phản xạ (hình 5a) hệ số phản xạ của GaAs vào khoảng 0,3 phù hợp tốt với số liệu tham khảo. Ở vùng bờ hấp thụ riêng, phổ phản xạ cũng thể hiện một bờ tương ứng với giá trị $E_g \sim 1,42$ eV (870 nm). Phổ Quang phát quang của GaAs ở nhiệt độ phòng với nguồn kích thích Laser (632,8 nm/ 5mW) (hình 5b) tương ứng với sự tái hợp bức xạ Vùng - Tạp chất (996 nm/1,24 eV). Ở đây, tạp chất Acceptor là Sn với $E_A = 0,18$ eV. Kết quả này khá phù hợp với [8].



Hình 5: Phổ phản xạ, phổ Quang phát quang của bán dẫn GaAs ở nhiệt độ phòng.

2.4 Phổ quang phản xạ (PR) của bán dẫn GaAs.

Phổ Quang phản xạ PR đối với bán dẫn n-GaAs được thực hiện với nguồn sáng dò tới 45° , nguồn sáng kích thích biến điệu Laser He-Ne (623,8 nm/ 5mW) tới vuông góc. Theo ghi nhận của chúng tôi, chưa có tác giả nào đặt vấn đề các góc tới của tia tới và tia Laser kích thích. Thông thường, người ta chọn tia dò tới vuông góc, và tia Laser tới xiên góc trên bề mặt. Ở sơ đồ này, chúng tôi chọn các góc tới như trên nhằm hai tiêu chí: Tăng khả năng hấp thụ tia Laser kích thích, làm cho thể bề mặt bị suy giảm triệt để hơn, từ đó, giá trị điện trường bề mặt đo được sẽ gần với giá trị thực hơn (Theo nhiều tác giả, trong phép đo Quang-phản xạ, thể bề mặt khó có thể bị “đập tắt” hoàn toàn); thứ hai là, góc tới của tia dò gần với góc Briuxton sẽ cho hệ số phản xạ cao, tăng độ nhạy của phép đo, tăng tỉ số $\frac{\Delta R}{R}$. Trên hình (6) thấy phổ PR có dạng rất đặc trưng: Dao động Franz-Keldysh (FKO) với biên độ giảm dần theo chu kỳ. Phần mềm xử lý phổ của chúng tôi cho phép xác định được độ rộng vùng cấm ($E_g = 1,42_2$ eV) và điện trường bề mặt $F_s = 0,53.10^6$ V/m. Như nói trên, kết quả của phép đo PR trên hệ đo này cho thông tin định danh chất bán dẫn (thông qua E_g), đặc biệt xác định được trạng thái bề mặt mẫu nghiên cứu thông qua F_s , $e\phi_b$ hoặc Q_{ss} .



Hình 6: Phổ quang phản xạ (PR) của bán dẫn GaAs, đo ở nhiệt độ phòng.

3. KẾT LUẬN

Đã thiết lập hệ đo “QUANG BÁN DẪN” tổng hợp cho các phép đo Truyền Qua/Hấp Thu – Phản Xạ - Phát Quang – Quang Phản Xạ giao tiếp máy vi tính thông qua một chương trình điều khiển xuyên suốt duy nhất bằng ngôn ngữ LABVIEW 5.1 RT và Card PCI 6024E (National Instrument-Mỹ). Các kết quả khảo sát cho thấy hệ đo có độ chính xác và độ tin cậy cao.

CONNECTING THE OPTICAL AND SPECTRAL SET-UP TO COMPUTER BY THE PCI 6024E CARD AND THE LABVIEW 5.1 RT SOFTWARE

Vo Hong Hai – Truong Kim Hieu

Faculty of Physics – Natural Sciences University – VNU-HCM

ABSTRACT: The optical and spectral set-up, applied to the Transmission/ Absorption; Reflectance and Photo-Reflectance measurements, had been established and connected to computer by 12 bits ADC card and the programmed software Pascal [1,2,3]. In this paper, we have improved the optical and the electronic components, moreover, have employed the LABVIEW 5.1 RT software and the PCI 6024E card in order to control all the system automatically. Besides, the Photo Luminescence measurement is also supplemented to the set-up. As a result, this optical and spectral set-up includes all traditional optical measurements such as Transmission/ Absorption, Reflectance, Photo Luminescence and, specially, Photo-reflectance for studying the optical properties on the semiconductors such as the optical constants (T, α, R), internal optical traps and the surface states.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Trương Kim Hiếu, Nguyễn Chí Thượng, *Hệ đo Quang bán dẫn giao tiếp máy tính*, báo cáo Hội nghị khoa học Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Tp. HCM, 1995.
- [2] Trương Kim Hiếu, Lê Đỗ Ninh, *Hệ đo Quang bán dẫn giao tiếp máy vi tính khảo sát phổ hấp thu*, Tập san khoa học, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Tp. HCM, 1997.
- [3] T.K. HIEU; N.C. THUONG; L.D. NINH; D. DUC; V.H. HAI; D.T.M. TRINH, *The Modulation Spectroscopy Photorefectance (PR) for the determination of photoelectric surface states on Semiconductor GaAs*, International Workshop on optics and spectroscopy, Hanoi, Vietnam, from 30 march to 1 April, 2000.
- [4] National Instruments Corporation, *Data Acquisition Basics Manual*, 2000.
- [5] National Instruments Corporation, *DAQ 6023E/ 6024E/ 6025E User Manual*, 2000.
- [6] *The Measurement And Automation Catalog 2002*, National Instruments, USA.
- [7] *Thực tập vật lý đại cương*, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên ĐHQG-HCM, 2003.
- [8] M Levinshtein and S Rumyantsev, *Handbook series on Semiconductor Parameters*, World Scientific, 1996.