

NHỮNG CÂU CHUYỆN XOAY QUANH SỰ RA ĐỜI CỦA TRANSISTOR: MỘT SÁNG CHẾ LỚN CỦA NHÂN LOẠI TRONG THẾ KỶ XX

GS Trần Trí Năng

Đại học Minnesota, Mỹ

Cách đây 75 năm, transistor đã ra đời tại Phòng thí nghiệm Bell (thường được gọi là Bell Labs) tại Murray Hill, bang New Jersey, Mỹ. Ba nhà khoa học đã sáng chế ra linh kiện điện tử quan trọng này là John Bardeen, Walter Houser Brattain và William Bradford Shockley Jr. Thật dễ dàng để thấy rằng, ngày nay hầu hết các thiết bị trong đời sống hàng ngày của chúng ta từ điện thoại thông minh, máy tính, thiết bị y tế, đến quốc phòng... đều phụ thuộc vào công nghệ vi mạch, nơi mà transistor đóng vai trò then chốt. Chính vì vậy, sự ra đời của transistor được đánh giá là một trong những sáng chế lớn nhất của nhân loại trong thế kỷ XX.

“Surface states” và sự ra đời của transistor

Đèn chân không có hiệu ứng khuếch đại được dùng trong hệ thống điện thoại và nhiều ứng dụng khác trước và trong Chiến tranh thế giới thứ hai. Thành phần chính của những loại đèn này là dây tóc nung nóng, vận hành dựa theo nguyên lý nhiệt phát xạ đòi hỏi nhiều năng lượng nên rất dễ cháy. Bên cạnh đó, đèn chân không còn có giá thành cao, dễ vỡ và công kênh nên các nhà điều hành Bell Labs đã nghĩ đến việc thay thế đèn chân không bằng bộ khuếch đại điện tử (electronic amplifier). Vào cuối thập niên 30 của thế kỷ XX, Giám đốc Bell Labs khi đó là Marvin Kelly đã giao cho Shockley phụ trách nghiên cứu về đề tài này. Sau khi chiến tranh chấm dứt (7/1945), một nhóm nghiên cứu vật lý chất rắn được thành lập dưới sự lãnh đạo của Shockley nhằm tiếp tục

nghiên cứu về linh kiện bán dẫn có hiệu ứng khuếch đại.

Ban đầu Shockley đưa ra giả thuyết “Hiệu ứng trường - field effect”. Với giả thuyết này, khi dòng điện chạy qua bề mặt của một tấm bán dẫn, độ dẫn điện của tấm bán dẫn sẽ tăng, đưa đến hiện tượng khuếch đại. Một năm trôi qua, mọi cố gắng kiểm chứng giả thuyết này đều thất bại. Tháng giêng năm 1946, nhóm nghiên cứu chất rắn cảm thấy mất phương hướng và bắt đầu “quờ quạng” trong bóng tối!

Nhằm gia tăng lực lượng nghiên cứu, năm 1946, Shockley tuyển dụng John Bardeen. Cả hai biết nhau lúc còn ở Viện Công nghệ Massachusetts (MIT) và là hai chuyên gia hàng đầu về lý luận trong lĩnh vực vật lý chất rắn. Sau 5 tháng tìm hiểu sự thất bại của Hiệu ứng trường, Bardeen đưa ra lý thuyết liên quan đến

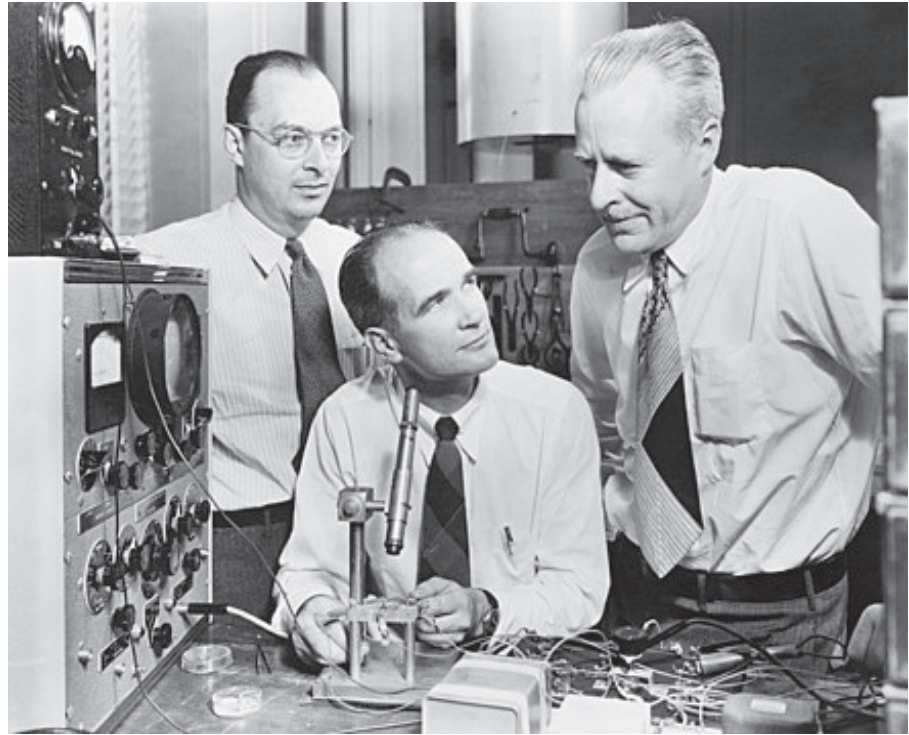
những gì xảy ra trên bề mặt của chất bán dẫn; ông gọi hiện tượng này là “surface states - trạng thái bề mặt”. Nói một cách đơn giản hơn, ông giả thuyết rằng khi sự nạp điện xảy ra trên một lớp bán dẫn, hạt electrons trên bề mặt của lớp này không di động tự do như lúc còn ở bên trong của lớp bán dẫn. Thay vào đó, chúng bị “bẫy” ở bề mặt của lớp bán dẫn và trở thành bất động. Kết quả là “surface states” tạo một bức tường kết đông nằm giữa điện áp bên ngoài và điện áp bên trong của chất bán dẫn. Khám phá này đã làm thay đổi hoàn toàn hướng nghiên cứu của nhóm! Giờ đây mọi người đã có hướng đi mới rõ ràng: Muốn tạo bộ khuếch đại từ tấm silicon hay germanium và gia tăng dòng điện thì trước tiên bức tường kết đông của surface states phải bị phá vỡ.

Nhóm nghiên cứu xác định, trọng tâm nghiên cứu của thời

điểm này là làm thế nào tạo một bề mặt sạch để hạt electrons hay holes có thể di động tự do khi có dòng điện chạy qua. Tháng 11/1947, Brattain và Robert Gibney (chuyên môn về hóa học điện) muốn khảo sát xem chất điện phân, nếu chuẩn bị thích hợp, có thể giúp xuyên thủng bức tường “surface states” này không? Lần thử nghiệm đầu tiên bắt đầu có hiệu quả! Sự khám phá này dẫn đến những diễn tiến mới trong tháng mà nhóm đặt tên là “tháng diệu kỳ”.

Brattain cảm thấy một cái gì đó lớn lao sắp được khám phá! Một tuần sau sự thành công của thí nghiệm với chất điện phân, một buổi sáng Bardeen đi vào phòng thí nghiệm của Brattain và đề nghị một mô hình để chế tạo bộ khuếch đại với chất bán dẫn. Sau khi lắng nghe Bardeen trình bày, Brattain nói với Bardeen: “Mình cùng đi đến phòng thí nghiệm và thử mô hình này xem có hoạt động không?”. Thí nghiệm Bardeen đề nghị được mô tả như sau: Nhỏ một giọt chất điện phân trên bề mặt của tấm bán dẫn rồi dùng một sợi dây kim loại đâm thủng qua chất điện môi, tạo điểm tiếp xúc với bề mặt của tấm bán dẫn. Sau vài lần cho dòng điện chạy qua hệ thống thiết lập này, hai người quan sát một “độ lợi suất” nhỏ đạt được. Hai người đều cho rằng khám phá mới rất triển vọng!

Đêm hôm đó (21/11/1947), trên đường về nhà, Brattain nói với mọi người đi chung xe với ông rằng ông đang cộng tác trong một



Hình 1. William Shockley (ngồi), John Bardeen (đứng, bên trái) và Walter Brattain (nguồn: Wikipedia).

thí nghiệm quan trọng nhất của đời mình. Tuy nhiên vào ngày thứ hai, ông đề nghị mọi người hứa với ông là sẽ giữ bí mật những điều ông đã nói hôm thứ sáu! Về phía Bardeen, ông cũng có linh cảm là một khám phá lớn sắp xảy ra, rất gần! Ông tính toán kết quả thực nghiệm, ghi lại những điều ông và Brattain khám phá trong quyển sổ ghi chép dùng trong phòng thí nghiệm của ông. Trong bữa tối tại nhà, Bardeen đã nói với vợ: “Hôm nay tụi anh đã khám phá ra một điều mới lạ!”. Vợ ông đáp lại: “Thế thì tốt quá”. Câu chuyện liên quan đến sáng chế quan trọng này chỉ có vậy! Với tính ít nói và thận trọng của Bardeen, đây không phải là điều ngạc nhiên!

Sau đó, Bardeen và Brattain cho Shockley biết về khám phá trên và dẫn ông ta đến phòng thí nghiệm để trình bày kết quả đạt được vì Shockley là quản lý của hai người khi ấy (hình 1).

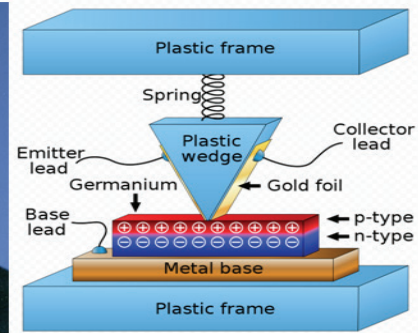
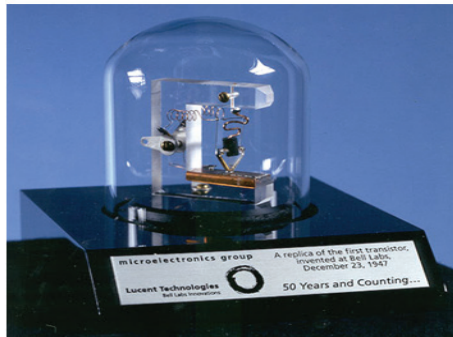
Liên tục trong suốt hai tuần, Bardeen và Brattain làm thí nghiệm với những cấu trúc thiết lập khác nhau và với những tấm bán dẫn khác nhau (n-type và p-type germanium, silicon), với nhiều khoảng cách khác biệt giữa hai điểm tiếp xúc, bằng một số chất điện phân và những cách xử lý khác nhau. Mỗi cấu trúc cho ra một kết quả, một hướng đi và độ khuếch đại khác nhau. Sáng ngày 06/12/1947, Brattain khám phá ra rằng: Sự di động nguyên tử của hạt electrons

Công nghệ, Sản phẩm và Đời sống

và holes do các tạp chất gây ra trong chất bán dẫn đã phát sinh một dòng điện xuyên qua các điểm tiếp xúc bằng vàng. Độ khuếch đại là một dữ kiện quan trọng chứng tỏ “một độ khuếch đại với công suất đáng kể” đã đạt được. Theo đề nghị của Bardeen, Brattain tạo hai đường dây tiếp xúc ở một khoảng cách 0,004 cm bằng cách quấn một lá vàng quanh cái đỉnh của một hình tam giác làm bằng nhựa dẻo (polystyrene). Sau đó, ông dùng dao cạo cắt xuyên qua lá vàng cho đến khi mạch điện mở ra, rồi lấp chỗ cắt với chất cách điện (wax). Đồng thời ông dùng một cái lò xo để đẩy đỉnh của hình tam giác xuống tấm germanium. Khi đó, hai điểm tiếp xúc đã được thiết lập. Một điểm tiếp xúc là emitter, điểm còn lại là collector (hình 2). Lúc này là vào buổi chiều thứ ba ngày 16/12/1947 - được coi là ngày ra đời của transistor đầu tiên trên thế giới!

Shockley và transistor lưỡng cực

Quay lại với Shockley, ông cảm thấy “bị bỏ rơi” vì hơn 1 năm ông hầu như không tham dự vào việc nghiên cứu của Bardeen và Brattain. Giáng sinh năm 1947 là thời gian khó khăn đối với Shockley. Ông rời New Jersey đi dự hội nghị của Hội Vật lý Mỹ và ở lại vùng Midwest chờ tham dự một hội nghị khác. Thời gian đó, đầu óc của ông bỗng “bùng cháy” với nhiều ý tưởng. Suốt hai ngày liên tiếp bắt đầu từ đêm giao thừa, một mình trong khách sạn, ông



Hình 2. Cấu trúc của transistor tiếp điểm mà Bardeen and Brattain đã ghi chép vào sổ tay thí nghiệm ngày 16/12/1947 (nguồn: Google Images).

viết và viết về transistors lưỡng cực. Ba tuần sau đó, trong lúc mọi người bận rộn và phấn khởi với sự thành công của transistor đầu tiên trên thế giới, Shockley làm việc ngày đêm, một mình thiết lập mô hình với những khái niệm về transistor lưỡng cực.

Shockley cố giữ kín những gì ông đang làm. Đây là một điều tối kỵ ở Bell Labs mà Shockley đã vi phạm, nhất là khi ông lại đóng vai trò lãnh đạo. Cho đến giữa tháng 2/1948, trong một buổi họp của nhóm vật lý chất rắn, một cán bộ nghiên cứu tên là John Shive đứng lên báo cáo về một transistor hoạt động với hai điểm tiếp xúc nằm ở hai phía đối diện với tấm germanium. Sự kiện Shive trình bày chứng tỏ rằng holes thực ra đã di chuyển xuyên qua tấm germanium; và điểm này giống như mô hình về transistor lưỡng cực mà Shockley đang cố giữ bí mật. Nhận thấy lúc đó có Bardeen và Brattain tham dự; Shockley biết rằng nếu không phản ứng nhanh, trong vài phút Bardeen sẽ nhận thấy điểm then chốt của kết quả mà Shive trình bày; và có thể Bardeen sẽ đứng

lên đề nghị mô hình về transistor lưỡng cực. Nếu chuyện này xảy ra, thì công việc Shockley làm trong mấy tháng qua sẽ trở thành uổng công! Bất đắc dĩ, Shockley buộc phải “bật dậy” để trình bày nguyên lý và mô hình của transistor lưỡng cực.

Nhiều người trong nhóm “điếng người” vì Shockley đã phớt lờ nguyên tắc “trao đổi tự do ý tưởng” giữa những người trong nhóm. Nhưng rồi mô hình mà Shockley thiết kế cũng chỉ là lý thuyết vì một cấu trúc n-p-n như thế chưa ai thực hiện được. Và vì thế tại thời điểm đó, transistor lưỡng cực của Shockley (trên lý thuyết) có nhiều lợi điểm so với transistor tiếp điểm (đã thực hiện được) không mang nhiều ý nghĩa cho lắm.

Shockley và sự ra đời của Silicon Valley

Sau những gì đã xảy ra, Shockley không cho Bardeen và Brattain làm về transistor mà giao cho họ công việc mới. Ban lãnh đạo cao cấp không can thiệp gì vào quyết định này. Đối với cộng đồng khoa học và công chúng khi

ấy, Shockley là khuôn mặt chính liên quan đến việc nghiên cứu về transistors ở Bell Labs.

Nhưng rồi nhóm vật lý chất rắn dần dần sụp đổ. Bardeen muốn tiếp tục nghiên cứu về transistors nhưng không được phép, ông cũng bất mãn về cách quản lý độc quyền của Shockley nên quyết định chọn công việc giảng dạy tại Đại học Illinois. Brattain cũng tỏ thái độ không vừa lòng và có than phiền với Kelly về Shockley. Sau đó, Kelly cho Brattain hoàn toàn tự do trong việc nghiên cứu ở Bell Labs. Brattain không còn nghiên cứu về transistors và không còn báo cáo trực tiếp với Shockley nữa!

Đến giữa thập niên 50, với Luật Chống độc quyền, AT&T (hãng mẹ của Bell Labs) phải chọn một trong hai hướng: (i) hoặc phân chia hãng thành nhiều hãng nhỏ hơn hoặc (ii) chia sẻ thành quả nghiên cứu với các hãng và cộng đồng nghiên cứu khác. Bell Labs đã quyết định chọn giải pháp thứ hai và đồng ý nhượng bản quyền về kỹ thuật chế tạo transistor với giá 25.000 USD cho mỗi hãng thành viên. Quyết định này đã tạo cơ hội tốt cho những hãng mới thành lập ở Silicon Valley (kể cả Shockley Semiconductor) nắm bắt được những kỹ thuật mới trong một thời gian ngắn với chi phí khiêm tốn.

Shockley cũng bắt đầu tìm hướng đi mới. Ông may mắn gặp được Arnold Beckman (Tổng giám đốc Công ty Beckman

Instruments). Shockley và Beckman đồng ý tạo nên một doanh nghiệp mới về linh kiện bán dẫn trực thuộc Beckman Instruments. Beckman đồng ý hỗ trợ tài chính cho Shockley với điều kiện là trong hai năm, công ty của Shockley phải sản xuất được transistors hàng loạt, với chi phí năm đầu tiên vào khoảng 300.000 USD. Năm 1955, Shockley và Beckman ký hợp đồng.

Beckman muốn Shockley mở công ty tại vùng nam California gần Beckman Instruments; nhưng một phần Shockley muốn về vùng gần Palo Alto nơi mẹ ông đang sống và nơi ông đã lớn lên; một phần khác là lúc đó công nghệ điện tử cũng bắt đầu nảy mầm ở vùng bắc California với Hewlett-Packard, Varian Associates, Fred Terman... Shockley bắt đầu chiêu mộ nhân viên cho công ty mới của ông. Vì các chuyên gia liên quan đến kỹ thuật mới về transistor ở Bell Labs đều từ chối nên Shockley phải tuyển dụng nhân viên ngoài Bell Labs, với độ tuổi hầu hết còn rất trẻ (dưới 30). Công ty do Shockley thành lập lấy tên là Shockley Semiconductor, đặt trụ sở tại 391 San Antonio Road, Mountain View, miền bắc California.

Ngay vào lúc Shockley sắp rời Bell Labs, Marvin Kelly với tư cách là một hội viên của Viện Hàn lâm Khoa học Thụy Điển đã đề nghị giải Nobel về vật lý cho Bardeen, Brattain và Shockley. Ngày 2/11/1956, 3 nhà khoa học

này đã chính thức được trao giải Nobel vật lý về việc sáng chế ra transistor [3].

Một năm sau khi Shockley rời về miền bắc California, 8 người cộng tác với ông (Fairchild Eight) đã chia tay Shockley Semiconductor để thành lập Fairchild Semiconductor, mở đầu cho một trào lưu mới với sự ra đời nhiều công ty khác trong một khoảng thời gian tương đối ngắn. Đối với một số người trong cộng đồng vi mạch, ngày Fairchild Semiconductor được thành lập (18/9/1957) cũng là ngày sinh nhật của công nghệ vi mạch ở Silicon Valley.

Vào thời điểm năm 1957, vùng Santa Clara Valley chưa có chuyên gia về đầu tư. Fairchild Eight đã đóng vai trò rất quan trọng trong việc phát triển công nghệ vi mạch tại Silicon Valley sau này, từ kỹ thuật, kinh doanh cho đến đầu tư vốn. Có khoảng 400 công ty đã ra đời trong thời gian ngắn. Việc mở công ty theo lối “dây chuyền” bắt đầu từ một nhóm người, rồi một số người trong nhóm lại tách ra... Silicon Valley đã ra đời nhiều triệu/tỷ phú mới. Bắt đầu từ Bill Hewlett-Dave Packard (HP), Frederick Terman (Stanford), William Shockley (Shockley Semiconductor)... sau này là Bill Gates (Microsoft), Steve Jobs (Apple), Larry Page/Sergey Brin (Google), Marc Zuckerberg (Facebook), Jerry Yang/ David Filo (Yahoo)... biến Silicon Valley thành trung tâm điện tử của thế giới.

Công nghệ, Sản phẩm và Đời sống

Như vậy, Công ty của Shockley có thể được xem là cái “mầm” giúp sinh sôi, nảy nở hàng trăm công ty liên quan đến công nghệ vi mạch sau này, tới mức Santa Clara Valley đã được đổi tên thành Silicon Valley. Dù có nhiều ý kiến khác nhau về vai trò của Shockley đối với sự lớn mạnh của Silicon Valley, nhưng có một điều chắc chắn như Gordon Moore (nhà đồng sáng lập Intel) đã khẳng định: “Shockley là người đã mang công nghệ silicon đến Silicon Valley”.

Thay lời kết

Theo thiên nghĩ của người viết, linh kiện bán dẫn transistor mà Bardeen, Brattain và Shockley đã tìm ra là sáng chế lớn nhất trong lịch sử khoa học và kỹ thuật. Linh kiện này là yếu tố cơ bản trong các thiết bị điện tử hiện nay và nhiều năm tới. Vào năm 2022, con số transistor nhiều nhất trong một con chip là 114

tỷ (billion) dùng công nghệ 5 nm (1 nanometer = một phần tỷ của một mét). Với đà phát triển như hiện nay, con số này có thể gia tăng nhiều hơn trong tương lai với công nghệ 1 nm, cấu trúc 3D và với những vật liệu khác ngoài chất silicon.

Thành công của linh kiện bán dẫn transistor còn đưa đến việc thành lập Silicon Valley, một trung tâm công nghiệp nổi tiếng mà cho đến ngày hôm nay vẫn chưa có một quốc gia nào trên thế giới có thể thiết lập một mô hình tương tự, với mức độ thành công mà Silicon Valley đang có được.

Sự thành công của họ về sáng chế transistor cũng tùy thuộc rất nhiều vào hoàn cảnh chung quanh, môi trường nghiên cứu, sự tham gia của nhiều người ở Bell Labs, từ các nhà nghiên cứu, kỹ sư, trợ lý đến những người trong ban quản lý như Marvin Kelly. Mô

hình làm việc do Kelly đề xướng đã làm Bell Labs trở thành “thánh địa” của giới khoa học và kỹ thuật trong nhiều thập niên mãi cho đến đầu năm 1980. Mô hình này đã chiêu mộ nhân tài từ mọi nơi trên thế giới về làm việc chung với nhau về một đề tài mà họ cùng theo đuổi, đúng với hướng đi của hãng, với sự tài trợ đầy đủ về tài chính. Họ được tự do làm việc và rất ít bị can thiệp từ ban quản lý. Đây cũng là một trong những yếu tố chính đưa đến những sáng chế lớn lao chẳng những ở Bell Labs mà còn ở những hãng và trung tâm nghiên cứu khác nữa ✍

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] https://en.wikipedia.org/wiki/History_of_the_transistor

[2] G. Zorpette (2002), *EEE Spectrum*, pp.25-29.

[3] Joel N. Shurkin (2006), "Broken genius: the rise & fall of William Shockley, creator of the electronic age", *Macmillian Science*.

GS Trần Trí Năng quê ở Bình Định. Sau khi tốt nghiệp tiến sĩ ngành vật lý bán dẫn, ông được nhận làm hậu tiến sĩ (post-doc) tại Đại học Harvard và Đại học California (Mỹ). Hiện nay, ông giảng dạy tại Đại học Minnesota (Mỹ). Các nghiên cứu của ông tập trung chủ yếu trong lĩnh vực y học điện tử, pin mặt trời và lưu trữ mật độ cao. Ông đã từng làm việc cho các tập đoàn lớn như 3M, Sharp Electronics, Atlantic Richfield Company (ARCO); đã có 62 bằng sáng chế tại Mỹ và tại các quốc gia khác. Sản phẩm dựa vào sáng chế của ông đã nhận được 2 giải thưởng R&D 100 (100 sản phẩm có giá trị nhất trong năm); Giải thưởng Photonic Circle of Excellence (25 sản phẩm về quang học lớn nhất trong năm) và nhiều giải thưởng khác. Đặc biệt, sáng chế của ông về Digital mammography - một hệ thống kỹ thuật dùng trực tiếp tia quang tuyến X để chẩn đoán các bệnh về ngực (đặc biệt là ung thư vú ở phụ nữ) đang được nhiều bệnh viện lớn trên toàn cầu sử dụng và từng được đánh giá là một trong những bước đột phá trong lĩnh vực y khoa điện tử.

GS Trần Trí Năng dành một phần thời gian về nước giảng dạy tại Khoa Điện tử - Viễn thông (Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia TP Hồ Chí Minh) và một số đại học tại Nhật Bản. Ông cũng giúp cung cấp máy lọc nước sạch (tiêu chuẩn WHO) cho bệnh viện và trường học ở các vùng sâu, vùng xa; hỗ trợ sinh viên xin học bổng và du học...