

บทที่ 1

บทนำ

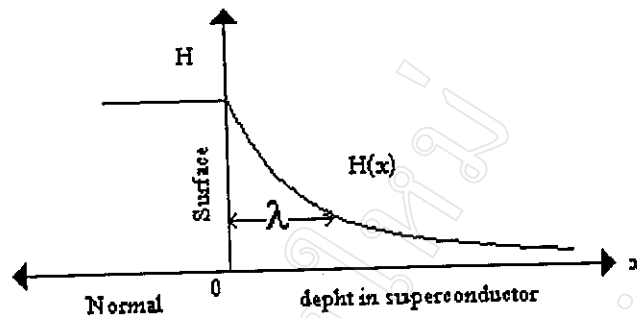
1.1 ประวัติสารตัวนำยวดยิ่ง

ปี ค.ศ.1908 ศาสตราจารย์ H. Kamerlingh Onnes^[1] แห่งมหาวิทยาลัยไลเดน ประเทศเนเธอร์แลนด์ ได้ทำการศึกษาฟิสิกส์อุณหภูมิต่ำและผลิตฮีเลียมเหลวได้เป็นครั้งแรก ในปี ค.ศ.1911 พบความต้านทานไฟฟ้าเป็นศูนย์ในปรอท เรียกสารนี้ว่า ตัวนำยวดยิ่ง และเรียกอุณหภูมิที่เกิดสภาพต้านทานไฟฟ้าเป็นศูนย์ว่า อุณหภูมิวิกฤต (Critical Temperature) ปี ค.ศ. 1912 Onnes ได้พบว่าถ้าให้สนามแม่เหล็กความเข้มสูงหรือกระแสไฟฟ้าที่มีค่าสูงแก่สารตัวนำยวดยิ่งจะสามารถทำลายสภาพการนำยวดยิ่งได้ ต่อมา ปี ค.ศ. 1913 Onnes ได้พบสารตัวนำยวดยิ่งที่มีอุณหภูมิวิกฤต 7.2 เคลวิน และได้มีการค้นพบโลหะบริสุทธิ์อีกหลายชนิดที่มีคุณสมบัติเป็นสารตัวนำยวดยิ่ง

ปี ค.ศ. 1933 W.Meissner และ R.Ochsenfeld^[2] สองนักวิทยาศาสตร์ชาวเยอรมัน พบว่าสารตัวนำยวดยิ่งมีสมบัติเป็นไดอะแมกเนติกแบบสมบูรณ์(perfect diamagnetic) คือ เมื่อวางสารตัวนำยวดยิ่งในสนามแม่เหล็กอย่างอ่อนและลดอุณหภูมิลงถึงอุณหภูมิวิกฤต สนามแม่เหล็กถูกผลักออกมาไม่สามารถทะลุเข้าไปในเนื้อสารเรียกปรากฏการณ์นี้ว่า ปรากฏการณ์ไมส์สเนอร์(Meissner Effect) และเมื่ออุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิวิกฤตเส้นแรงแม่เหล็กจะกลับสู่เนื้อสารได้ ซึ่ง ณ ที่อุณหภูมิที่สูงกว่าอุณหภูมิวิกฤตสารไม่เป็นสารตัวนำยวดยิ่ง

ปี ค.ศ. 1934 F และ H.London ได้เสนอ Two fluid model เป็นรูปแบบที่อธิบายการไหลของกระแสไฟฟ้า ในภาวะของการนำไฟฟ้ายวดยิ่งอย่างง่ายและปรากฏการณ์ที่สนามแม่เหล็กภายนอกสามารถซึมผ่านเข้าไปในเนื้อสารได้ในระยะทางหนึ่ง(penetration depth, λ) สนามแม่เหล็กที่ผิวจะมีความเข้มข้นมากและจะมีค่าลดลงอย่างรวดเร็วตามระยะทางที่สนามแม่เหล็กผ่านเข้าไปในเนื้อสารที่สถานะการนำยวดยิ่ง

ปี ค.ศ. 1950 Vitaly Ginzburg และ Landau เสนอทฤษฎี Phenomenological Theory หรือเรียกว่า Microscopic ของสภาพการนำไฟฟ้ายวดยิ่ง โดยอธิบายในเชิงมหภาค เช่น ปรากฏการณ์ไมส์สเนอร์ เป็นต้น



รูปที่ 1.1 แสดงการลดลงของสนามแม่เหล็กที่ผ่านเข้าไปในเนื้อสารตัวนำยวดยิ่ง

ปี ค.ศ. 1957 John Bardeen, Lenon Cooper และ Robert Schrieffer^[3] ประสบความสำเร็จในการอธิบายคุณสมบัติขั้นพื้นฐานของอิเล็กตรอนที่อยู่ในสถานะนำไฟฟ้ายวดยิ่ง ในสภาพการนำไฟฟ้ายวดยิ่งอิเล็กตรอนมีพฤติกรรมจับกันเป็นคู่ๆ อิเล็กตรอนซึ่งเดิมเป็นอนุภาค fermion เมื่อจับคู่กันแล้วจะมีคุณสมบัติเป็นอนุภาค Boson อิเล็กตรอนที่จับกันเป็นคู่ได้อาศัยแรงดึงดูดคูลอมบ์เป็นสื่อกลาง ในสถานะนำไฟฟ้ายวดยิ่งคู่อิเล็กตรอนซึ่งเป็นซูเปอร์คอนดักชันอิเล็กตรอนจะอยู่ที่ระดับพลังงาน Fermi ถ้าคู่อิเล็กตรอนสลายตัวไปก็จะทำให้ซูเปอร์อิเล็กตรอนสูญเสียไปด้วย

ปี ค.ศ. 1960 Giaver พบปรากฏการณ์ทลเนลลิงของอิเล็กตรอน (Tunneling Effect) เป็นวิธีวัดช่องว่างพลังงานของสารตัวนำยวดยิ่ง

ปี ค.ศ. 1962 B.D. Josephson^[4] ชาวอังกฤษ พบว่าเมื่อวางฉนวนบางๆ (10 Å) ขึ้นกลางระหว่างสารตัวนำยวดยิ่งจะมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน โดยไม่ต้องจ่ายแรงเคลื่อนไฟฟ้า ปริมาณของกระแสที่ไหลแปรตามการเปลี่ยนแปลงสนามแม่เหล็ก เป็นปรากฏการณ์เชิงควอนตัม (Quantum Tunneling Effect) ในปีถัดมาได้มีผู้ทดลองและยืนยันปรากฏการณ์นี้ ซึ่งปรากฏการณ์นี้เรียกว่า ปรากฏการณ์ Josephson Tunneling Effect

ปี ค.ศ. 1973 Testardi^[5] พบว่าโลหะผสมของไนโอเบียม-เจอร์เมเนียม (Nb₃Ge) เป็นสารตัวนำยวดยิ่งและมีอุณหภูมิวิกฤตที่ 23.3 เคลวิน หลังจากการค้นพบนี้ก็มีการค้นพบสารตัวนำยวดยิ่งตัวอื่นเพิ่มขึ้น แต่ไม่พบอุณหภูมิวิกฤตสูงกว่านี้

ปี ค.ศ. 1986 Bednorz และ Muller^[6] นักวิทยาศาสตร์ของห้องวิจัย IBM Zurich Research Laboratory ประเทศสวิตเซอร์แลนด์ ค้นพบสารตัวนำยวดยิ่งที่เป็นสารเซรามิก โดยมีส่วนประกอบของแบเรียม(Ba) แลนทานัม(La) ทองแดง(Cu)และออกซิเจน(O) เขียนให้อยู่ในรูปสม

การเคมีได้ว่า $\text{La}_{2-x}\text{Ba}_x\text{CuO}_{4-y}$ มีอุณหภูมิวิกฤติ 35 เคลวิน เป็นการค้นพบสารตัวนำยวดยิ่งที่มีอุณหภูมิวิกฤติที่สูงขึ้นหลังจากเวลาผ่านไป 13 ปี

ปี ค.ศ. 1987 Bednorz และคณะ^[7] ได้ทดลองแทนที่ แบเรียม(Ba) ด้วยธาตุที่อยู่ในหมู่ที่ 2 ของตารางธาตุ(alkaline earth) ได้แก่ สตรอนเชียม(Sr) และ แคลเซียม (Ca) ที่มีรัศมีไอออนิก (ionic radius) ที่มีค่าใกล้เคียงกับ แบเรียม มีสูตรเป็น La-M-Cu-O ($\text{M} = \text{Sr, Ca}$) พบว่ามีอุณหภูมิ 30 เคลวิน

ปี ค.ศ. 1987 Paul C.W.Chu และคณะ Houston University^[8] ได้ทำการวิจัยภายใต้ความดันสูง 10,000 – 12,000 เท่าของบรรยากาศ พบว่าสาร $\text{La}_{2-x}\text{Ba}_x\text{CuO}_4$ มีคุณสมบัติเป็นสารตัวนำยวดยิ่งและมีอุณหภูมิวิกฤติที่ 52 เคลวิน ต่อมา Chu และ คณะ ได้ทดลองด้วยการแทนที่ แบเรียม(Ba) ด้วย สตรอนเชียม(Sr) ในปีเดียวกัน Paul C.W.Chu , Man-Kuen Wa และทีมวิจัยแห่งมหาวิทยาลัยฮันด์สวิลล์ อลาบามา ได้ทดลองการแทนที่ แลนทานัม(La) ด้วยอิตเทรียม(Y) พบว่าสารประกอบของ Y-Ba-Cu-O มีอุณหภูมิวิกฤตสูงกว่า 92 เคลวิน

ปี ค.ศ. 1988 Hirochi Maeda^[9] และคณะสถาบันวิจัยแห่งชาติ Tsukuba ได้พบสารตัวนำยวดยิ่ง ซึ่งเตรียมจากสารประกอบ Bi-Sr-Ca-Cu-O (BSCCO) โดยวิธี Solid State reaction เฟส $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+y}$ (2:2:1:2) มีอุณหภูมิวิกฤติที่ 85 เคลวิน หรือเรียกเฟสนี้ว่าเฟส 85 เคลวิน และที่เฟส $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_{8+y}$ (2:2:3:2) มีอุณหภูมิวิกฤติที่ 110 เคลวิน บางทีเรียกเฟสนี้ว่าเฟส 110 เคลวิน

ปี ค.ศ. 1992 ทีมงานของ Kaneko^[10] นักวิทยาศาสตร์แห่ง SRL-ISTEC พบสารตัวนำยวดยิ่งที่เตรียมจากสารประกอบ Ti-Ba-Ca-Cu-O และที่เฟส $\text{TiBa}_2\text{CaCu}_2\text{O}_9(1:2:1:2)$ มีอุณหภูมิวิกฤต 116 เคลวิน และที่เฟส $\text{TiBa}_2\text{Ca}_3\text{Cu}_2\text{O}_{11}(1:2:2:3)$ มีอุณหภูมิวิกฤต 122 เคลวิน

ปี ค.ศ. 1993 ได้มีการค้นพบสารตัวนำยวดยิ่งของ Hg-Ba-Ca-Cu-O ที่เฟส $\text{HgBa}_2\text{CaCu}_2\text{O}_8(1:2:1:2)$ มีอุณหภูมิวิกฤต 122 เคลวิน และ ที่เฟส $\text{HgBa}_2\text{Ca}_3\text{Cu}_2\text{O}_8(1:2:2:3)$ มีอุณหภูมิวิกฤต 133 เคลวิน^[11]

1.2 สาร $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_4$

ปี ค.ศ. 1987 R.J. Cava และคณะ^[12] ได้รายงานผลการวัดค่าสภาพต้านทานและผลของค่า magnetic susceptibility ของสาร $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_4$ ในรูปของ Bulk ที่ปลูกสารด้วยวิธี powder method ที่ช่วงการได้ $x \leq 0.3$ ที่ $x = 0.2$ มีอุณหภูมิที่สารเปลี่ยนเป็นสารตัวนำยวดยิ่ง 36.2 เคลวิน

ปี ค.ศ. 1987 Tarascon และ คณะ^[13] ได้ทำการศึกษาคุณสมบัติทาง magnetic และ electronic ของสารตัวนำยวดยิ่ง $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_{4+\delta}$ ในรูปของ Bulk $0.05 \leq x \leq 1.1$ พบว่า $x = 0.15$ เป็นจุดที่ให้อุณหภูมิวิกฤตของสารสูงที่สุด 39.3 เคลวิน แต่เมื่อนำเอาสารมา anneal ในออกซิเจน ที่ความดัน 1 บาร์ อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 ชั่วโมง พบว่าสารมีอุณหภูมิวิกฤตสูงขึ้นเป็น 40.3 เคลวิน

ปี ค.ศ. 1987 R.B. van Dover และ คณะ^[14] ได้รายงานค่าอุณหภูมิวิกฤตที่ขึ้นกับค่าการโด๊ป x ของสาร $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_{4+\delta}$ ความเป็นสภาพตัวนำยวดยิ่งที่ใกล้จุด $x = 0.15$ จะให้ค่าการเปลี่ยนแปลงที่สูงที่สุด จากการสังเกต onset temperature มีความเป็นไปได้ว่าจะเป็น metastable ของสารซึ่งจะให้ค่าอุณหภูมิวิกฤตที่สูงกว่า

ปี ค.ศ. 1987 M.Gurvitch และ A.T. Fiory^[15] ได้ทำการวัดค่าสภาพต้านทานจากอุณหภูมิวิกฤต ถึง 1100 เคลวิน สำหรับสาร $\text{La}_{1.625}\text{Sr}_{0.175}\text{CuO}_4$ จะได้เส้นกราฟที่เป็นเส้นตรง และสำหรับ YBa_2CuO_7 จะได้เส้นกราฟที่เป็นเส้นตรงตั้งแต่อุณหภูมิ 600 เคลวิน เส้นกราฟจะมีลักษณะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเมื่ออุณหภูมิสูงกว่า 600 เคลวิน ทั้งนี้เพราะมีการสูญเสียออกซิเจน และความชันของกราฟมีการเปลี่ยนแปลง ที่อุณหภูมิ 950 เคลวิน ซึ่งโครงสร้างมีการเปลี่ยนแปลงสถานะคงที่หายไปในส่วนหนึ่งของเส้นตรงจากข้อมูลมีถึงแรงน้อยๆ ที่เกิดจากการจับกันของ electron-phonon สารตัวนำยวดยิ่งทั้งสองสารนี้

ปี ค.ศ. 1988 Minoru และ คณะ^[16] ได้ทำการศึกษาค่า Hall coefficient, R_H และ คุณสมบัติทาง Optics ของผลึกเชิงเดี่ยว $\text{La}_2\text{Sr}_{2-x}\text{CuO}_4$ แบบ Thin film ที่ช่วงการโด๊ปค่าตั้งแต่ 0 ถึง 0.36 โดยทำการปลูกผลึกลงบน SiTiO_3 (100) ซึ่งเป็น substrates พร้อมกับแกน C ที่ตั้งฉากกับผิวของสารพบว่าค่า R_H มีค่าเป็นบวกและมีค่าลดลงอย่างรวดเร็วตามค่า x(Sr) สำหรับ Polycrystalline ที่ผ่านมาที่เป็นตัวบ่งบอกของ anisotropy ของ R_H และของ Optic transmission spectrum พบว่ามีการดูดกลืนพลังงานของ energy gap ที่ 2 eV. แถบพลังงานที่เปลี่ยนแปลงตามการโด๊ปของสาร Sr ซึ่งจะไปส่งเสริมให้ความหนาแน่นของสถานะนั้นใกล้กับสถานะของ Fermi level

ปี ค.ศ. 1988 J.B. Torrance และ คณะ^[17] ศึกษาสาร $\text{La}_2\text{Sr}_{2-x}\text{CuO}_4$ ที่ปลูกด้วยวิธี solid state reaction พบว่าที่ค่าความหนาแน่นมากที่สุดของโฮล $p = 0.15$ $[\text{CuO}]$ เพราะค่าที่เพิ่มขึ้น $x > 0.15$ จะมีผลให้เกิด vacancies ออกซิเจนมากขึ้นและ จากการ annealing sample ภายใต้ความดันออกซิเจน 100 บาร์ ส่งผลให้ vacancies ออกซิเจนมีค่าลดลงและส่งผลให้ค่า hole concentration มีค่าเพิ่มขึ้นไปเป็น $p = 0.40$ (หรือ $\text{Cu}^{+2.40}$) พบว่ามีค่าอุณหภูมิวิกฤตคงที่ประมาณ

36 เคลวิน สำหรับ $p = 0.15$ และเมื่อ $p \simeq 0.32$ สภาพตัวนำยวดยิ่งจะหายไปถึงแม้ว่าจะนำไฟฟ้าได้ดีก็ตาม

ปี ค.ศ. 1989 I.Tanaka และ H.Kujima^[18] ได้เตรียมสารผลึกเชิงเดี่ยว $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_4$ ด้วยวิธี Travelling Solvent Floating Zone Technique (TSFZ) ได้ความยาวผลึก 15 มิลลิเมตรและเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตร และสามารถกำหนดแนวแกนของผลึกที่ต้องการปลูกได้

ปี ค.ศ. 1990 K.Sreedhar และ P.Ganguly^[19] ศึกษาสาร $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_{4.8}$ ในช่วงการโด๊ปที่ $0 \leq x \leq 1.2$ และสาร ($\delta = 0.0$) ที่ annealing ออกซิเจนที่ความดัน 1 บาร์ ในช่วงที่ $0.0 < x < 0.33$ ผลการโด๊ปพบว่าค่า a พารามิเตอร์มีค่าลดลง ค่า c พารามิเตอร์มีค่าเพิ่มขึ้น และให้อัตราส่วนของ c/a ที่มากที่สุดที่ $x = 0.33$ จะขึ้นอยู่กับรูปแบบ low-spin ของไอออน Cu^{3+} และในช่วงการโด๊ปที่ $0.15 < x < 0.33$ ค่าสภาพต้านทานที่เพิ่มขึ้นกับอุณหภูมิแต่ค่า Pauli magnetic susceptibility ที่ลดลง ณ อุณหภูมิวิกฤตและเปอร์เซ็นต์ของค่าไมซ์สเนอร์ ที่ลดลงตามค่าการโด๊ป x โดยเฉพาะเมื่อ $x = 0.33$ มีค่าความโหด ~ 0.33 โหด/Cu และช่วงการเติม สหกรณ์เชื่อมที่สูง ($0.33 < x < 0.4$) ความเป็นสารตัวนำยวดยิ่งจะค่อยๆหายไปเมื่ออุณหภูมิลงไปถึง 5 เคลวิน

ปี ค.ศ. 1991 T.Ito และ คณะ^[20] ศึกษาการนำไฟฟ้าระหว่างระนาบ CuO_2 (ρ_{ab}) ของ $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$ และ $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_4$ พบว่าคุณสมบัติทางไฟฟ้าใน 3 มิติเป็นแบบไม่สมมาตร เมื่อ $\rho_{ab}\rho_c < \rho_F^2$ ที่พื้นผิวทรงกลม Fermi (Fermi Surface) โดยที่ค่า $\rho_F \sim h/(e^2 k_F)$ และมีเส้นผ่านศูนย์กลางของทรงกลม k_F ผลของค่าสภาพความต้านทานของ $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_4$ ที่ช่วงการโด๊ปตั้งแต่ $0.08 \leq x \leq 0.35$ ค่าผลค่าของค่า ρ_c เมื่อเทียบกับเวลามีค่าติดลบ $d\rho_c/dT$, $\rho_c \geq 10^{-2} \Omega\text{cm}$ และค่า $\rho_{ab} \geq 10^{-4} \Omega\text{cm}$ และที่จุด optimal ค่า ρ_F มีค่าประมาณ $10^{-3} \Omega\text{cm}$ ในขณะที่ $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$ มีค่า $d\rho_c/dT > 0$, $\rho_c < 10^{-2} \Omega\text{cm}$

ปี ค.ศ. 1991 Minoru Suzuki^[21] และ คณะ ได้ทำการวัดค่าสภาพต้านทานของผลึกเชิงเดี่ยว $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_4$ ที่ปลูกในรูปของ Thin film พบว่าเมื่อให้สนามแม่เหล็กเข้าไปในเนื้อสารค่า Coherence length, ξ_c ในแนวตั้งฉากกับระนาบ Cu-O มีค่าเพิ่มขึ้นตามปริมาณค่า x และ ที่ $x = 0.08$, $\xi_c = 0.55 \text{ A}$ $x = 0.3$, $\xi_c = 3 \text{ A}$ ในขณะที่ในแนวขนานกับระนาบ Cu-O, $\xi_{ab}(0)$ เกือบทุกค่าจะมีค่าคงที่โดยจะมีค่าในช่วง 31-33 A

ปี ค.ศ. 1992 H.Takagi และคณะ^[22] ศึกษาารูปแบบของค่าสภาพต้านทานที่ขึ้นกับอุณหภูมิของสาร $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_4$ ในระนาบ ab วัดในช่วงอุณหภูมิ 4-1000 เคลวิน ของช่วงการเติม สหกรณ์เชื่อมที่ $0 < x < 0.33$ พบว่าเส้นกราฟ ที่ช่วงต่ำกว่าจุด underdope ค่าสภาพต้านทานที่

อุณหภูมิสูงๆจะมีค่าคงที่ ทำให้ทราบว่าเกิด Fermi surface ขึ้นในปริมาณน้อยๆ และที่จุด overdop ($x > 0.2$) ค่า ρ_{ab} จะมีลักษณะเพิ่มขึ้นตามกฎของ power-law ค่า $\rho \propto T^{1.5}$ ในช่วงที่ อุณหภูมิสูงขึ้นไปถึง 1000 เคลวิน

ปี ค.ศ. 1993 J.P. Franck และ คณะ^[23] ได้ศึกษาผลไอโซโทปของ Cu และ O ของ $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_4$ ที่ $x=0.15$ และ 0.125 พบว่าอนุภาคของ α_{Cu} และ α_{O} ที่ $x=0.15$ พบว่า $\alpha_{\text{Cu}}=0.15$ และ $\alpha_{\text{O}}=0.11$ ขณะที่ $x=0.125$ ค่า $\alpha_{\text{O}}=0.93$ และค่าของ α_{Cu} มีการเลื่อน ของอุณหภูมิวิกฤต, $\Delta T_c = 0.14-0.2$ เคลวิน ที่ $x=0.125$ และ $\Delta T_c \approx 0.7$ เคลวิน และที่ไอโซโทป ของ α_{O} ที่ $x=0.15$ มีการเลื่อนของอุณหภูมิวิกฤตน้อยมาก ขณะที่ $x=0.125$ มีค่า $\Delta T_c \approx 0.5$ เคลวิน

ปี ค.ศ. 1993 Y.Nakamura และ คณะ^[24] ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติแบบไม่ สมมาตรของสาร ได้แก่ ค่าสภาพต้านทาน thermopower ที่ได้จากการสังเกตของผลึกเชิงเดี่ยว $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_4$ ที่มีส่วนประกอบของสทรอนเทียมในช่วง $0.1 \leq x \leq 0.30$ พบว่าประจุที่เคลื่อนที่ของ สารตัวนำยวดยิ่งมีการเปลี่ยนแปลง เป็นแบบ 2 มิติ ในขณะที่การเปลี่ยนแปลงใน 3 มิติ จะสังเกต พบได้ที่อุณหภูมิสูงๆ หรือ ที่สารนั้นไม่เป็นสารตัวนำยวดยิ่ง(เลยจุด overdope)

ปี ค.ศ. 1994 H.Y.Hwang และ คณะ^[25] ได้ศึกษาการสั้นของประจุที่ชั้นโลหะ Cuprate ที่ ระบาย Cu-O พบว่าค่า Hall coefficient(R_H) ของ $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_4$ ($0 < x < 0.15$) ขึ้นกับอุณหภูมิ มาก และที่ $x=0.15$ ให้ค่า R_H มากที่สุดขณะที่ $x > 0.15$ จะมีค่า R_H ลดลง

ปี ค.ศ. 1994 T.Shibuchi และ คณะ^[26] ได้ศึกษาแอนไอโซทรอปิกของ Penetration depth, λ ของ $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_4$ ในช่วงของ carrier concentration ที่ $0.09 < x < 0.19$ ค่า พบว่า $\lambda_c(0)/\lambda_{ab}(0)$ จะลดลงเมื่อค่า x เพิ่มขึ้นและค่า λ_c ให้ค่าที่แตกต่างกันตามอุณหภูมิ

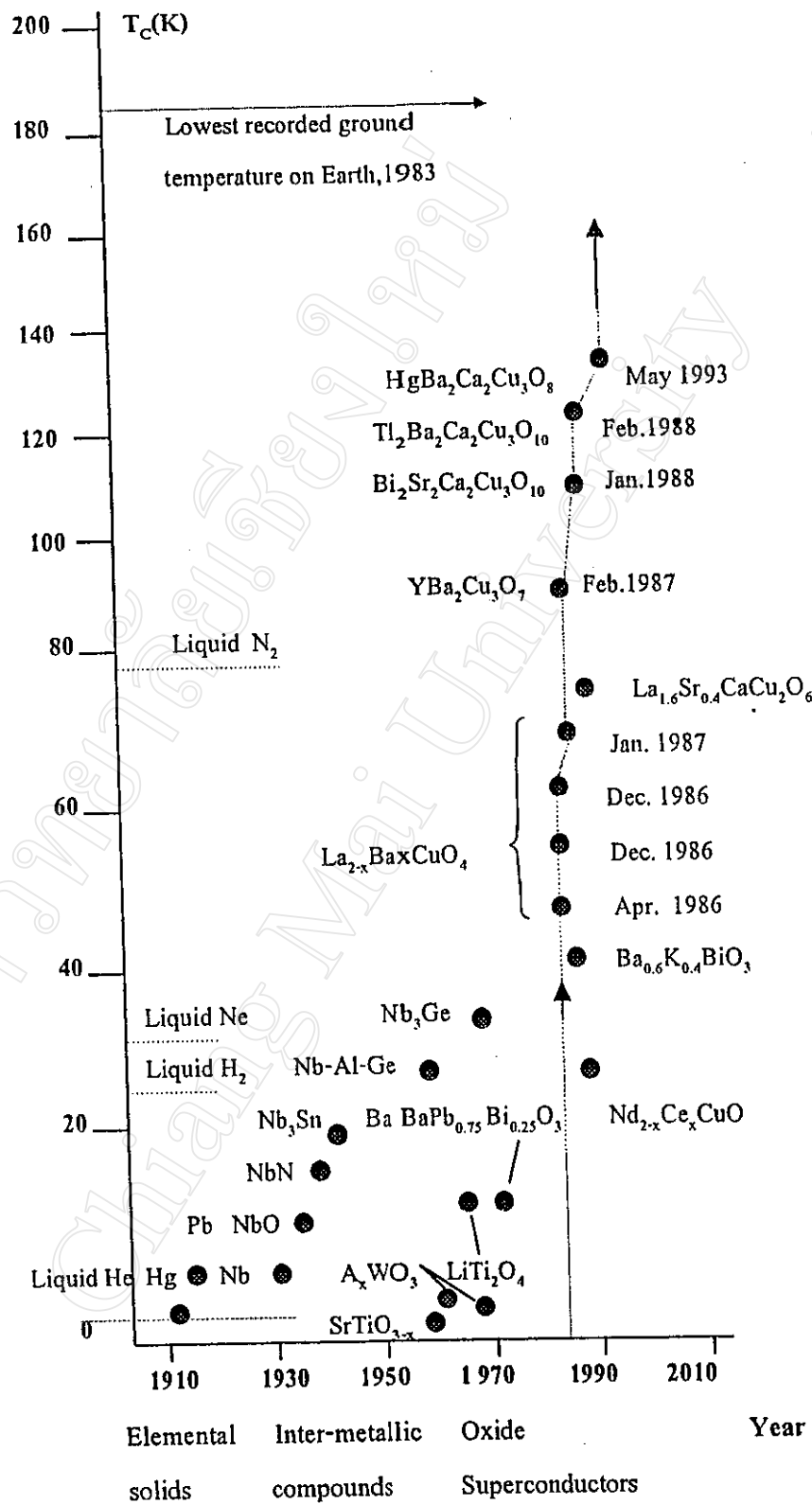
ปี ค.ศ. 1996 G.s. Boabinger และ คณะ^[27] ศึกษาสมบัติการนำยวดยิ่งของสารผลึก เชิงเดี่ยว $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_4$ และ $\text{Bi}_2\text{Sr}_{1.96}\text{La}_{0.05}\text{CuO}_y$ (Bi-2201) ปลุกด้วยวิธี TSFZ และทำการวัดค่า สภาพต้านทาน ณ ที่สถานะปกติจนกระทั่งถึงอุณหภูมิลงไปถึงประมาณ 0.7 เคลวิน พบว่าสาร LSCO มีค่า carrier concentration ที่เพิ่มขึ้นพร้อมพฤติกรรมมีการเปลี่ยนแปลงจากฉนวนไปเป็น โลหะของค่าสภาพต้านทานในระนาบ Cu-O และแนวตั้งฉากกับระนาบ Cu-O ที่ใกล้จุดค่าที่ทำให้ค่า อุณหภูมิวิกฤตที่สูงที่สุด ขณะที่สาร Bi-2201พบว่าค่าสภาพต้านทานในระนาบมีลักษณะเป็นโลหะ แต่ในแนวตั้งฉากกับระนาบ Cu-O แสดงคุณสมบัติเป็นฉนวน

ปี ค.ศ. 1996 A.Bianconi และ คณะ^[28] ศึกษาการบิดผิดรูปของระนาบ CuO_2 ของสาร $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_{0.15}\text{CuO}_4$ ด้วย x-ray absorption fine structure(EXAFS) พบว่าโครงสร้างของออกตะฮีดรอน

ดรอน CuO_x มีความแตกต่างเป็นสองแบบเมื่ออุณหภูมิต่ำกว่า 100 เคลวิน ผลจากการทดลองสนับสนุนรูปแบบของ Two component model

1.3 วัตถุประสงค์ของการทำวิจัย

เนื่องจากสภาพความต้านทานแบบแอนไอโซทรอปิกของผลึกเชิงเดี่ยว $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_4$ สามารถตรวจสอบได้โดยการวัดค่าสภาพต้านทานด้วยวิธี four-point probe ในระนาบ $\text{CuO}_2(\rho_{ab})$ และในแนวตั้งฉากกับระนาบ $\text{CuO}_2(\rho_c)$ และเพราะ ห้องวิจัยมีระบบ closed circuit refrigerator ที่สามารถทำงานได้ในช่วงอุณหภูมิ 20 – 300 เคลวิน จึงทำให้สนใจที่จะทำการศึกษา หรือวัดค่าสภาพต้านทานแบบแอนไอโซทรอปิกของผลึกเชิงเดี่ยว $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_4$ ที่ $x = 0.2$, 0.3 และ 0.35 ในช่วงอุณหภูมิที่ดังกล่าว เพื่อเป็นแนวทางในการศึกษาพฤติกรรมของการเป็นตัวนำยิ่งยวดยิ่งอุณหภูมิสูงต่อไป



รูปที่ 1.2 แสดงการวิวัฒนาการของการค้นพบสารตัวนำยวดยิ่งอุณหภูมิสูง^[29]