# THERMIONIC CONVERTER


จัดทำโดย

| | | | |
|---|---|---|---|
| น.ส. | มนัสวี | พรหมประสิทธิ์ | รหัส 33100294 |
| นาย | ยงยุทธ์ | นุ่มศิริ | รหัส 33100307 |
| นาย | อดิศักดิ์ | สินสิริถาวร | รหัส 33100476 |
| นาย | อภิวัฒน์ | เต็มสุนทร | รหัส 33100491 |


ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต
สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า
คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2536


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



033141

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2536

ภาควิชาไฟฟ้ากำลัง

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง THERMIONIC CONVERTER

ผู้จัดทำ


นางสาว มนัสวี พรหมประสิทธิ์

นาย ยงยุทธ์ นุ่มศิริ

นาย อดิศักดิ์ สินสิริถาวร

นาย อภิวัฒน์ เต็มสุนทร


..... อาจารย์ที่ปรึกษา

( อาจารย์ สมเจตน์ เทียมเมือง )


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# เทอร์ไมโอนิค คอนเวอร์เตอร์

# THERMIONIC CONVERTER

โดย น.ส. มนัสวี พรหมประสิทธิ์ 33100294
นาย ยงยุทธ์ นุ่มศิริ 33100307
นาย อดิศักดิ์ สินสิริถาวร 33100476
นาย อภิวัฒน์ เต็มสุนทร 33100491
อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ สมเจตน์ เทียมเมือง
ปีการศึกษา 2536

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นการศึกษาถึงทฤษฎีของ THERMIONIC CONVERTER ซึ่งเป็นอุปกรณ์ประเภท DIRECT ENERGY CONVERSION THERMIONIC CONVERTER จะใช้หลักการปลดปล่อยอิเลคตรอนของโลหะเมื่อได้รับความร้อน (THERMIONIC EMISSION) และใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์จำลองการทำงานของ THERMIONIC CONVERTER แสดงผลการคำนวณออกทางจอภาพ เก็บผลการคำนวณลงในแฟ้มข้อมูล และสร้างกราฟของ OUTPUT CURRENT CHARACTERISTIC โดยเขียนโปรแกรมด้วยภาษา FORTRAN ยกเว้นโปรแกรมที่ใช้ PLOT กราฟจะเขียนด้วยภาษา PASCAL

ABSTRACT

IN THIS THESIS, WE RESEARCHED IN THEORY OF THERMIONIC CONVERTER THAT IS ONE OF DIRECT ENERGY CONVERTION EQUIPMENTS. THERMIONIC CONVERTER WORKS IN THE PRINCIPLE OF THERMIONIC EMISSION THAT METAL CAN EMITT ELECTRON WHEN IT IS APPLIED HEAT. AND WE USE PROGRAM COMPUTER TO SIMULATE THE OPERATION OF THERMIONIC CONVERTER , DISPLAY RESULTS OF PROGRAM CALCULATION , SAVE RESULTS OF CALCULATION INTO FILES AND CREATE GRAPH OF OUTPUT CURRENT CHARACTERISTIC . MOST PROGRAMS ARE WRITED BY FORTRAN LANGUAGE EXCEPT PROGRAMS THAT USE FOR CREATE GRAPH ARE WRITED BY PASCAL LANGUAGE.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ


บทที่ 1 THERMIONIC EMISSION

1.1 อิเลคตรอนในโลหะ และ FERMI ENERGY ..... 1
1.2 ELECTRON MOTIVE และ WORK FUNCTION ..... 4
1.3 ELECTRON SATURATION CURRENT ..... 6
1.4 ION THERMIONIC EMISSION - ION SATURATION CURRENT .... 7

บทที่ 2 DIODE THERMIONIC CONVERTER

2.1 ELECTRON MOTIVE DIAGRAM ใน INTERELECTRODE SPACE .... 11
2.2 OUTPUT CURRENT CHARACTERISTIC ..... 13
2.3 IDEAL OUTPUT POWER CHARACTERISTIC ..... 20
2.4 ผลกระทบของ NEGATIVE SPACE CHARGE EFFECT ..... 21
2.5 SPACE CHARGE CONTROL ..... 22

บทที่ 3 โปรแกรมการคำนวณคุณลักษณะ THERMIONIC CONVERTER

3.1 ที่มา ..... 24
3.2 ปริมาณทางกายภาพ ..... 25
3.3 SURFACE PHYSICS ..... 30
3.4 สมรรถภาพของ THERMIONIC CONVERTER ..... 31

บทที่ 4 SIMCON PROGRAM

4.1 ความสามารถของโปรแกรม SIMCON ..... 36
4.2 โครงสร้างการทำงานของโปรแกรมหลัก ..... 37
4.3 ข้อจำกัดของการคำนวณของโปรแกรม SIMCON ..... 44
4.4 อินพุทของโปรแกรม SIMCON ..... 44
4.5 เอาท์พุทของโปรแกรม SIMCON ..... 47


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.6 การทดสอบการใช้งานของโปรแกรม SIMCON ..... 50
4.7 การเปรียบเทียบผลการคำนวณกับผลการทดลอง ..... 58
4.8 ผลการทดลองใช้โปรแกรม SIMCON สร้างกราฟของ OUTPUT CURRENT CHARACTERISTIC ที่อุณหภูมิต่างๆของ EMITTER ..... 62
4.9 ผลการทดลองใช้โปรแกรม SIMCON สร้างกราฟของ OUTPUT CURRENT CHARACTERISTIC ที่อุณหภูมิต่างๆของ COLLECTOR.....63
4.10 ผลการทดลองใช้โปรแกรม SIMCON สร้างกราฟของ OUTPUT CURRENT CHARACTERISTIC ที่อุณหภูมิต่างๆของ CESIUM.....64
4.11 ผลการทดลองใช้โปรแกรม SIMCON สร้างกราฟของ OUTPUT CURRENT CHARACTERISTIC ที่ระยะต่างๆของ SPACING.....65

ภาคผนวก.....66

บรรณานุกรม.....67

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 1

# THERMIONIC EMISSION

เมื่อโลหะที่มีอุณหภูมิไม่เป็น 0 k ถูกจุ่มลงในไอบริสุทธิ์ (Rarefied vapor) พื้นผิวของโลหะจะปลดปล่อยอนุภาคที่มีประจุ เช่น อิเลคตรอนหรืออิออนออกมา ปรากฏการณ์นี้จะเรียกว่า THERMIONIC EMISSION นอกจากนี้ ยังมีอนุภาคที่เป็นกลางถูกปลดปล่อยออกมาเช่นเดียวกัน

ถ้าอนุภาคนั้นไม่ได้ถูกทำให้เคลื่อนที่ออกจากบริเวณของผิวโลหะที่ปลดปล่อยมันออกมา อิเลคตรอนจะเคลื่อนที่กลับมาสู่ผิวโลหะนั้น ภายใต้สภาวะนี้ ผิวโลหะจะอยู่ในสภาวะสมดุลย์ และกระแสที่ถูกปล่อยออกมาจากพื้นผิวจะเท่ากับกระแสที่ไหลกลับสู่พื้นผิว หรือ ที่สภาวะสมดุลย์จะมีกระแสสุทธิ (NET CURRENT) เป็น 0 นั่นเอง

อย่างไรก็ตาม ถ้ามีการเตรียมการเพื่อที่จะเก็บรวบรวมอนุภาคที่ถูกปลดปล่อยออกมาโดยใช้อิเลคโทรดอื่น ซึ่งอิเลคโทรดนั้นได้มีการเชื่อมต่อทางไฟฟ้ากับขั้วอิมิตเตอร์จะทำให้เกิดความแตกต่างระหว่างกระแสที่ปล่อยออกมากับกระแสที่ไหลกลับทำให้กระแสสุทธิไม่เป็น0

ถ้าไม่มีสนามไฟฟ้าที่รุนแรงจากภายนอก ขนาดของกระแสต่างๆที่ถูกปลดปล่อยออกมาจากโลหะจะขึ้นอยู่กับธรรมชาติและคุณสมบัติทาง THERMODYNAMIC ของพื้นผิวเท่านั้น ในทางตรงกันข้าม ขนาดของกระแสที่ไหลกลับสู่พื้นผิว จะขึ้นอยู่กับวิธีการในการเก็บรวบรวมอนุภาคที่ถูกปลดปล่อยออกมา

เรื่องที่จะกล่าวถึงต่อไปนี้เป็นความรู้เบื้องต้นที่เกี่ยวกับ THERMIONIC EMISSION และความสัมพันธ์ที่จะอธิบายอัตราการปลดปล่อยอนุภาคที่มีประจุออกจากผิวโลหะร้อน

## 1.1 อิเลคตรอนในโลหะและ FERMI ENERGY

ในการทำความเข้าใจกับ ELECTRON THERMIONIC จะต้องใช้ความรู้เกี่ยวกับพฤติกรรมของอิเลคตรอนในผลึกของโลหะและแรงที่อิเลคตรอนกระทำเมื่อมันพยายามที่จะหนีจากผิวโลหะในผลึกโลหะนั้น อิเลคตรอนสามารถเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระ และจะมีพลังงานศักย์ของอิเลคตรอน (ELECTRON POTENTIAL ENEGY) เท่ากันหมดที่ $\chi_0$ หรือ อาจจะกล่าวได้ว่า โครงสร้างของโลหะ สามารถละทิ้งได้เมื่อพิจารณาการเคลื่อนที่ของอิเลคตรอน อย่างไรก็ตาม ไม่ใช่อิเลคตรอนทุกตัวจะเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระ จำนวนของอิเลคตรอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

อิสระจะเท่ากับ จำนวนของอะตอม คูณกับ จำนวน VALENCE ELECTRON ของแต่ละอะตอม

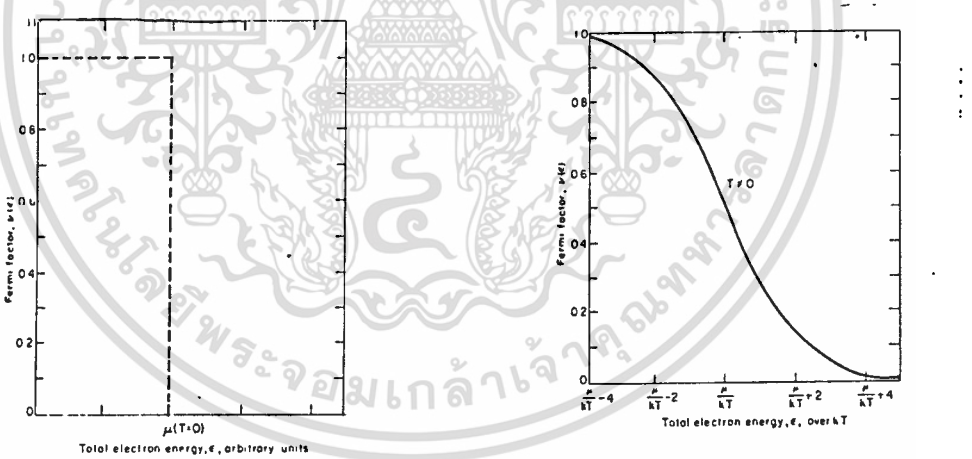
เมื่อโลหะมีอุณหภูมิ T อิเลคตรอนอิสระจะมีการเคลื่อนที่ในทุกทิศทางโดยมีความเร็วและพลังงานศักย์แตกต่างกันมากจำนวนอิเลคตรอนอิสระโดยเฉลี่ยที่มีพลังงานอยู่ระหว่าง $\alpha$ กับ $\alpha + d\alpha$ จะเป็นสัดส่วนกับ FERMI FACTOR, $V(\alpha)$ ซึ่ง FACTOR นี้มีความสัมพันธ์ดังนี้

$$V(\alpha) = \frac{1}{1 + \exp\{(\alpha - \mu)/kT\}} \qquad \ldots\ldots\ldots(1.1)$$

k = BOLTZMANN'S CONSTANT ($k = 1.3804*10^{-10}$ erg/K หรือ $8.62*10^{-10}$ eV/K)

$\mu$ = ปริมาณเกี่ยวกับคุณลักษณะของโลหะ

กราฟของ $V(\alpha)$ กับ $\alpha$ เมื่อ T เท่ากับ 0 และไม่เท่ากับ 0 แสดงไว้ในรูปที่ 1.1




a) b)

รูปที่ 1.1 กราฟของ Fermi Factor $V(\alpha)$ กับพลังงาน ($\alpha$) เมื่อ $T = 0$ และเมื่อ $T \neq 0$

ปริมาณ $\mu$ จะเป็นค่าทางพลังงานและจะมีค่าเท่ากับ $\alpha$ เมื่อ $V(\alpha)=0.5$ และเมื่อพลังงานของอิเลคตรอน ($\alpha$) น้อยกว่า $\mu$, $V(\alpha)$ จะมากกว่า 0.5 แต่เมื่อพลังงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

($\alpha$) มากกว่า $\mu$ ค่า $V(\alpha)$ จะน้อยกว่า 0.5

รูปที่ 1.1 แสดงให้เห็นว่า เมื่อ T=0 $\mu$ จะมีค่าพ้องกับค่าพลังงานสูงสุดของอิเลคตรอน ในสภาวะนี้ $\mu$ จะถูกเรียกว่า FERMI ENERGY และในที่นี้ $\mu$ จะถูกเรียกว่า FERMI ENEGY โดยไม่คำนึงถึงอุณหภูมิ

สำหรับโลหะที่ SOMMERFIELD GAS APPROXIMATION เป็นจริง ค่า FERMI ENERGY จะทำให้เกิดคุณลักษณะสำคัญดังต่อไปนี้ ถ้าโลหะ 2 ชิ้นสัมผัสกันโดยไม่มีพลังงานหรือกระแสไฟฟ้าไหลจากชิ้นหนึ่งไปยังอีกชิ้นหนึ่ง เช่น โลหะทั้ง 2 อยู่ในภาวะสมดุลย์ THERMODYNAMIC ไม่เพียงแต่อุณหภูมิของโลหะจะเท่ากันเท่านั้น FERMI ENERGY ยังเท่ากันอีกด้วย และถ้าโลหะทั้ง 2 มีอุณหภูมิเท่ากันแต่มีค่า FERMI ENERGY ต่างกันอยู่ $\Delta\mu$ ค่าความแตกต่างนี้ ($\Delta\mu$) จะเท่ากับงานที่อิเลคตรอนหนึ่งตัวต้องการในการเคลื่อนจากโลหะชิ้นหนึ่งไปยังอีกชิ้นหนึ่ง และถ้าเรานำ VOLTMETER มาต่อระหว่างโลหะทั้งสอง จะสามารถอ่านค่าความแตกต่างของ FERMI ENERGY ได้

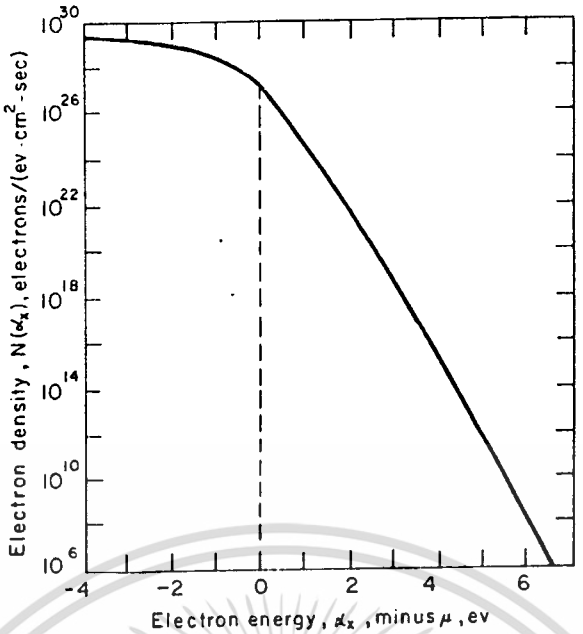
จาก FERMI-DIRAC STATISTIC ทำให้สามารถคำนวณหาจำนวนอิเลคตรอนอิสระ ($N(\alpha_x)d\alpha_x$) ในหนึ่งหน่วยพื้นที่ในหนึ่งหน่วยเวลา ซึ่งมีทิศทางการเคลื่อนที่ตั้งฉากกับพื้นที่และมีพลังงานอยู่ระหว่าง $\alpha_x$ กับ $\alpha_x + d\alpha_x$ กราฟระหว่าง $N(\alpha_x)$ กับ $\alpha_x$ ค่า $N(\alpha_x)$ สามารถหาได้จากความสัมพันธ์ดังนี้

$$N(\alpha_x) = \frac{4\pi mekT}{h^3} \exp\left[-\frac{\alpha_x-\mu}{kT}\right] \quad \text{เมื่อ } \alpha_x-\mu >> kT \quad ....(1.2)$$

$m_e$ = มวลของอิเลคตรอน ($m_e = 9.108*10^{-28}$ g)

$h$ = PLANCK'S CONSTANT ($h = 6.6256*10^{-27}$ $erg^{-s}$ หรือ $4.140*10^{-15}$ $ev^{-s}$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



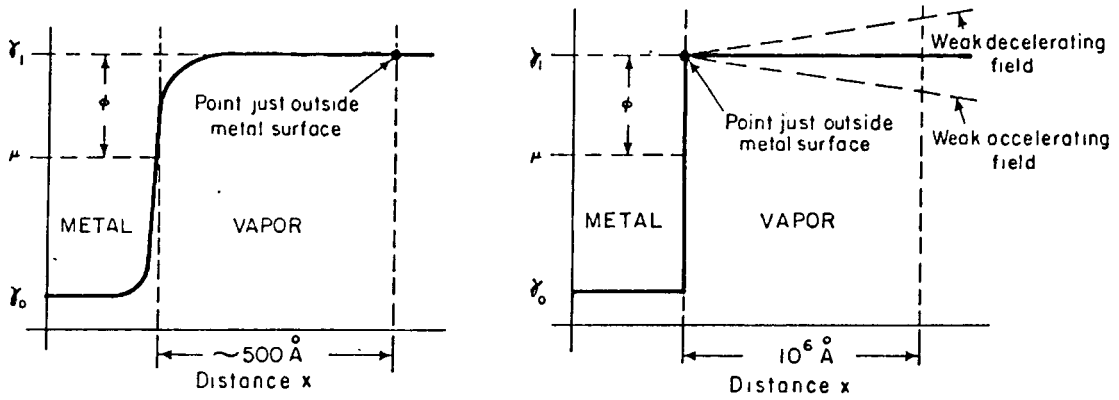

รูปที่ 1.2 กราฟของ Electron Density, $N(\alpha_x)$ กับ $(\alpha_x)$ เมื่อ T = 1000 K

เมื่อทำการรวมค่า $N(\alpha_x)$ ทุกค่าของ $\alpha_x$ จะได้จำนวนรวมของอิเลคตรอนอิสระที่เข้ามาใกล้รอยต่อ (BOUNDARY) ระหว่างโลหะและไอต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ต่อหนึ่งหน่วยเวลา แต่อย่างไรก็ตามจำนวนอิเลคตรอนนี้ไม่ใช่อิเลคตรอนทั้งหมดที่หลุดจากโลหะ เนื่องจากขณะที่อิเลคตรอนข้ามรอยต่อ (BOUNDARY) อิเลคตรอนจะถูกแรงหน่วง แรงนี้จะทำให้อิเลคตรอนเคลื่อนที่ช้าลง และเป็นสาเหตุให้อิเลคตรอนบางส่วนเคลื่อนที่กลับไปยังโลหะ

## 1.2 ELECTRON MOTIVE และ WORK FUNCTION

แรงที่กระทำต่ออิเลคตรอนขณะเคลื่อนที่ข้ามรอยต่อระหว่างโลหะ และไอสามารถหาได้จาก ELECTRON MOTIVE (ช)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




รูปที่ 1.3 แผนภาพของ Electron Motive ที่รอยต่อของโลหะกับไอ

รูปที่ 1.3 แสดง ELECTRON MOTIVE ($\chi$) กับตำแหน่ง (X) ในบริเวณรอยต่อของโลหะกับไอ ภายในโลหะ ELECTRON MOTIVE อาจจะถือว่ามีค่าคงที่และเท่ากับ $\chi_0$ ที่ใกล้รอยต่ออิเลคตรอนจะถูกดึงดูดโดย DIPOLE FORCE เนื่องจากอะตอมโลหะที่พื้นผิวมีพันธะไม่สมมาตร ( ASYMMETRICAL BOND ) ค่า ELECTRON MOTIVE จะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเข้าใกล้พื้นผิวดังรูป 1.3a) อย่างไรก็ตาม ในตำแหน่งที่ไกลกว่า 10 A ที่ระยะห่างประมาณ 500 A แรงที่กระทำจะมีค่าน้อยมาก ดังนั้นที่ระยะห่างจากผิวมากกว่า 500 A ELECTRON MOTIVE นั้นเกือบจะมีค่าคงที่

สนามไฟฟ้าภายนอกจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของ ELECTRON MOTIVE ดังแสดงในรูปที่ 1.3b) และการเปลี่ยนแปลงนี้ จะเกิดขึ้นที่ระยะหางจากพื้นผิวประมาณ 500 A และจะไม่เกิดขึ้นใกล้กับโลหะยกเว้นสนามไฟฟ้าที่ใช้นั้นแรงและจุดที่สนามไฟฟ้าอ่อนๆ เริ่มมีผลต่อ ELECTRON MOTIVE จะเรียกว่า POINTS JUST OUTSIDE THE SURFACE และค่า ELECTRON MOTIVE ที่จุดนี้ ($\chi_1$) เป็นคุณสมบัติประการหนึ่งของพื้นผิวโลหะ

คุณสมบัติอีกประการหนึ่งของพื้นผิวก็คือ ความแตกต่างระหว่าง ELECTRON MOTIVE ($\chi_1$) และ FERMI ENERGY ($\mu$) นั่นคือ

$$\phi = \chi_1 - \mu \qquad \text{.....(1.3)}$$

ค่า $\phi$ นี้จะเรียกว่า ELECTRON WORK FUNCTION หรือ WORK FUNCTION ของผิวโลหะ ความแตกต่างของค่า ELECTRON MOTIVE ที่ภายในและที่ POINTS JUST

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ในเชิงพาณิชย์ ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

OUTSIDE THE SURFACE ($\chi_1-\chi_0$) จะเป็น POTENTIAL BARRIER ที่อิเลคตรอนจะต้องเอาชนะเพื่อที่จะหนีออกจากโลหะ และในกรณีที่ไม่มีสนามไฟฟ้าภายนอกอิเลคตรอนที่หนีออกมาได้จะต้องมีพลังงานรวมในแนวตั้งฉากกับรอยต่อมากกว่า $\chi_1$

## 1.3 ELECTRON SATURATION CURRENT

ในกรณีที่ไม่มีสนามไฟฟ้าภายนอกกระแสอิเลคตรอนที่ถูกปลดปล่อยจากโลหะร้อน และข้ามพื้นผิวผ่าน POINT JUST OUTSIDE THE SURFACE ออกสู่ไอ จะถูกเรียกว่า กระแสอิเลคตรอนอิ่มตัว (ELECTRON SATURATION CURRENT) และเราจะหาค่า ELECTRON SATURATION CURRENT DENSITY ($J_s$) สำหรับพื้นผิวสม่ำเสมอได้จากการอินทิเกรต $N(\alpha_x)$ ในช่วงของ $\alpha_x$ จาก $\chi_1$ ถึง INFINITY เนื่องจากสำหรับวัสดุทุกชนิดที่อุณหภูมิใช้งาน ค่า $\chi_1-\mu$ จะมีค่ามากกว่า kT อย่างมากดังนั้น $N(\alpha_x)$ จึงเป็นไปดังสมการ 1.2 และผลลัพธ์ของการอินทิเกรตจะได้ดังนี้

$$J_s = AT^2 \exp -\frac{(\chi_1-\mu)}{kT} = AT^2 \exp\left(\frac{\phi}{kT}\right) \quad \text{.....(1.4)}$$

โดยที่

$$A = \frac{4\pi m_e k^2 e}{h^2} = 120 \text{ amp/cm}^2\text{-}^\circ\text{K}^2$$

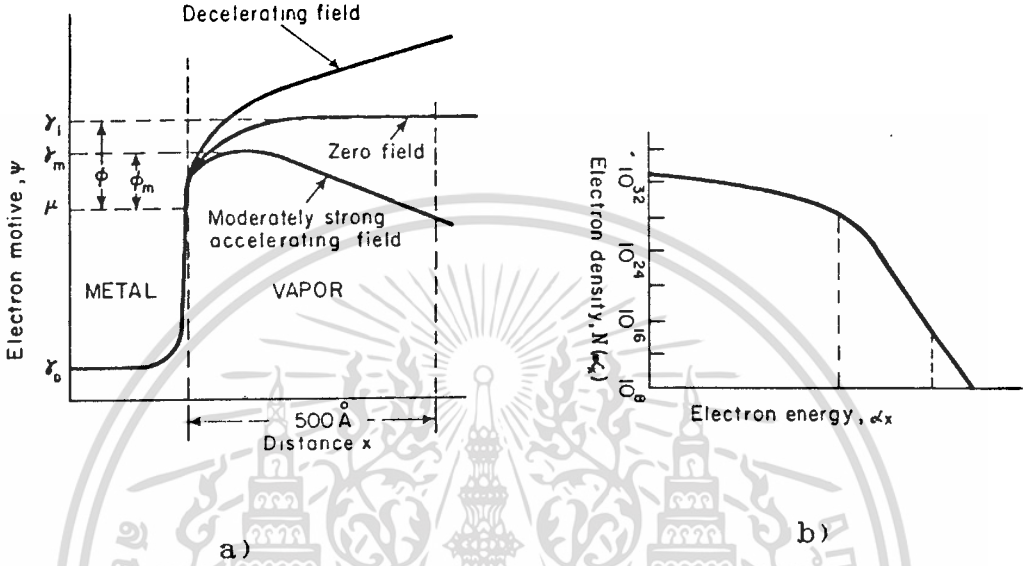
e = ประจุของอิเลคตรอน ( $e = 1.6021*10^{-19}$ COULOMB )

สมการที่ 1.4 จะเรียกว่า RICHARDSON EQUATION หรือ RICHARDSON-DUSHMANN EQUATION

สนามไฟฟ้าภายนอกที่แรง จะทำให้ การปลดปล่อยอิเลคตรอนเกิดการเปลี่ยนแปลง เพราะจะทำให้ ELECTRON MOTIVE ในไอเกิดการเปลี่ยนแปลง รูปที่ 1.4 เป็นรูปของ ELECTRON MOTIVE ภายใต้สภาวะที่มีสนามไฟฟ้าแบบเร่ง (ACCELERATING) และแบบหน่วง (DECELERATING) สำหรับสนามไฟฟ้าแบบเร่ง สมการ 1.4 สามารถใช้ในการคำนวณหา ความหนาแน่นของอิเลคตรอนที่ถูกปลดปล่อยออกมา โดยที่ค่า $\phi$ จะถูกแทนด้วย $\phi_m$ ซึ่งเป็นผลต่างระหว่าง MAXIMUM MOTIVE ($\chi_m$) กับ FERMI ENERGY ($\mu$) ดังรูป 1.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และจะเห็นได้ชัดว่าค่า $\phi_m$ ไม่ใช่คุณสมบัติเฉพาะของผิวโลหะที่ปลดปล่อยอิเลคตรอน แต่จะเป็นฟังก์ชันของสนามไฟฟ้าภายนอก การเพิ่มขึ้นของการปลดปล่อยอิเลคตรอนเนื่องจากสนามไฟฟ้านี้เรียกว่า SCHOTTKY EFFECT




รูปที่ 1.4 แผนภาพของ Electron Motive ที่รอยต่อของโลหะกับไอเมื่อมีสนามไฟฟ้าภายนอก

## 1.4 ION THERMIONIC EMISSION-ION SATURATION CURRENT

ตามปกติแล้ว ผิวของโลหะบริสุทธิ์จะมีการปลดปล่อยไอออนบวกต่ำมาก จำนวนของไอออนบวกที่ปลดปล่อยออกมาจะน้อยมากจนสามารถละทิ้งได้ แต่ถ้าผิวของโลหะสัมผัสกับไอของธาตุที่แตกต่างกับโลหะนั้นและเป็นธาตุที่เหมาะสม เช่น ทังสเตนจุ่มอยู่ในไอซีเซียม การปลดปล่อยอิออนจะถูกทำให้เพิ่มขึ้นอย่างมาก ภายใต้สภาวะที่มีอุณหภูมิพื้นผิวและความดันไอที่แน่นอน อิออนบวกที่ถูกปลดปล่อยออกมาจะเป็น IONIZED ATOM หรือโมเลกุลของไอก็ได้ ค่า ION SATURATION DENSITY ($J_s$) ซึ่งจะได้จากความสัมพันธ์ดังนี้

$$J_s = \frac{eP_x}{(2\pi m_x T_x)^{1/2}\{1 + 2\exp[(V_1 - \phi)/kT]\}} \quad \ldots\ldots(1.5)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$P_x$ = ความดันของไอ

$T_x$ = อุณหภูมิของไอ

$m_x$ = มวลของไอ

$V_i$ = พลังงานอิออไนซ์เซชั่นอันดับที่ 1 ของไอ

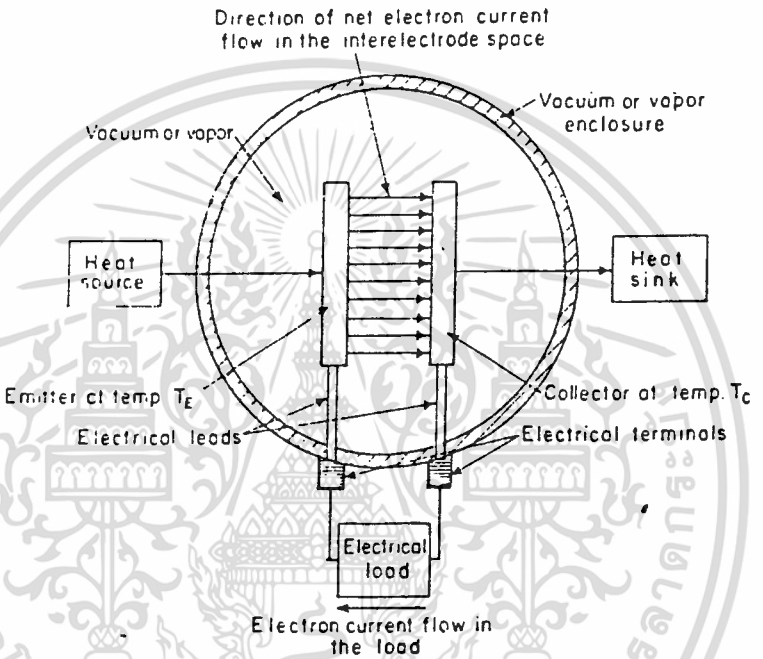
จากสมการพบว่า $J_s$ จะมีค่าน้อย เมื่ออุณหภูมิของ Emitter ($T_E$) มีค่าน้อย หรือเมื่อ $V_i$ มีค่ามากกว่า Work Function ($\phi$) หรือเมื่อความดัน ($P_x$)มีค่าต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 2

## DIODE THERMIONIC CONVERTER

ตัวอย่างอย่างง่ายของ Diode Thermionic Converter จะแสดงได้ดังรูปที่ 2.1




รูปที่ 2.1 แผนภาพของ Diode Thermionic Converter อย่างง่าย

อุณหภูมิของ Emitter และ Collector จะถูกรักษาไว้ที่ $T_E$ และ $T_C$ โดยการใช้ Heat Source และ Heat Sink ตามลำดับ เมื่อทำการต่อ Load ที่ Terminal กระแสอิเลคตรอนสุทธิจะไหลจาก Collector ไป Emitter โดยผ่านสายตัวนำ (Lead) และ Load และจะไหลจากEmitterไป Collectorโดยผ่านทางช่องว่างระหว่าง Electrode พฤติกรรมการไหลของกระแสอิเลคตรอนแบบนี้ ให้ถือว่าเป็น Positive current และสามารถแทนได้ด้วยจำนวนบวก

การไหลของกระแสอิเลคตรอนสุทธิผ่าน Lead และ Load จะยังคงไหลอยู่ได้ เพราะ Electrode มีอุณหภูมิต่างกัน หรืออาจกล่าวได้ว่ามีความต่างศักย์เกิดขึ้นระหว่าง Collector & Emitter ขนาดของกระแสอิเลคตรอนขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของ Electrode

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



033141

และความต้านทานไฟฟ้าของ Load จากการให้เครื่องหมายของกระแสจึงกำหนดให้ความต่างศักย์ระหว่าง Emitter และ Collector เป็นบวก เมื่อมีกำลังไฟฟ้าถูกจ่ายให้แก่ Load หรือกำลังไฟฟ้าเป็นPositive Power นั้นเอง

โดยทั่วไปกระแสที่ไหลใน Interelectrode Space จะประกอบไปด้วยกระแส 3 ส่วนคือ ส่วนที่ 1 เป็นกระแสที่เกิดจากอิเลคตรอนซึ่งปลดปล่อยจาก Emitter และเคลื่อนที่ถึง Collector กระแสส่วนที่ 2 เกิดจากอิเลคตรอนซึ่งปลดปล่อยจาก Collector และเคลื่อนที่มาถึง Emitter และส่วนที่ 3 เป็นกระแสที่เกิดจากอิออนบวกซึ่งอาจถูกปลดปล่อยจาก Emitter และเคลื่อนที่มาถึง Collector ตามปกติแล้วกระแสที่เกิดจากอิออนบวกจะมีค่าน้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับกระแสอิเลคตรอน

กระแสอิเลคตรอนต่อ 1 หน่วยพื้นที่ของEmitterจะเรียกว่า Emitter Electron Saturation Current Density ($J_{Es}$) จะมีสมการดังนี้

$$J_{Es} = A(T_E)^2 \exp(-\phi_E/kT_E) \quad \text{.....(2.1)}$$

$\phi_E$ = COLLECTOR WORK FUNCTION

เช่นเดียวกัน Collector Electron Saturation Current หรือ Collector Back Emission Density ($J_{cs}$) จะมีสมการดังต่อไปนี้

$$J_{cs} = A(T_c)^2 \exp(-\phi_c/kT_c) \quad \text{.....(2.2)}$$

$\phi_c$ = COLLECTOR WORK FUNCTION

ในสมการ 2.1 และ 2.2 นั้นเราจะไม่คำนึงถึงผลของสนามไฟฟ้าภายนอก

กระแส Emitter Ion Saturation Current Density ($\bar{J}_{Es}$) เมื่อ Interelectrode Space ถูกบรรจุด้วยไอจะได้สมการดังนี้

$$\bar{J}_{Es} = \frac{eP_x}{(2\pi m_x T_x)^{1/2}\{1+2\exp[(V_1-\phi_E)/kT_E]\}} \quad \text{---- (2.3)}$$

อย่างไรก็ตาม อนุภาคที่มีประจุทั้งหมดที่ถูกปลดปล่อยจาก Electrode หนึ่งไม่จำเป็นที่จะต้องมาถึง Electrode อีกอันหนึ่งเสมอไป ดังนั้นกระแสอิเลคตรอนสุทธิที่



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มาถึง Collector ตามปกติแล้ว จะไม่เท่ากับผลต่างระหว่าง Emitter-electron กับ Collector-electron บวกด้วย Emitter Ion Saturation Current

## 2.1 ELECTRON MOTIVE DIAGRAM ใน INTERELECTRODE SPACE

การกระจายของ Electron Motive ใน Interelectrode Space ของ Thermionic Converter สามารถแสดงได้โดย Electron Interelectrode Motive Diagram หรือเรียกอย่างง่ายๆว่า Interelectrode Motive

ค่า Interelectrode Motive ภายใต้สภาวะการเคลื่อนที่ของอนุภาคแบบอุดมคติ (Ideal) ได้แสดงไว้ดังรูปที่ 2.2 ค่า Motive นี้จะเปลี่ยนแปลงแบบเชิงเส้น (Linear) กับระยะทางจาก Emitter ถึง Collector ด้วยเหตุนี้ค่าสูงสุดจึงอยู่ที่ Electrode ใดก็ได้ ค่าของ Motiveที่Emitter จะเรียกว่า Emitter Motive ($\chi_E$) และค่า Motiye ที่ Collector จะเรียกว่า Collector Motive ($\chi_c$)

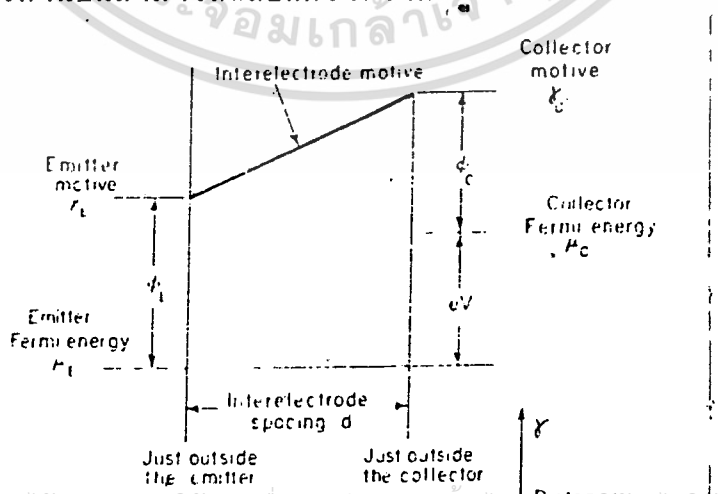
ค่าของ Electron Motive ที่จุดใดๆ ใน Interelectrode Space หาได้จากสมการ

$$\chi = \chi_c + (\chi_E - \chi_c)(1 - x/d) \qquad \text{.....(2.4)}$$

d = Interelectrode Spacing

x = ระยะทางที่วัดจาก Emitter

จากสมการด้านบนสามารถพล็อตกราฟได้ดังรูปที่ 2.2




รูปที่ 2.2 แผนภาพของ Interelectrode Motive ภายใต้สภาวะอุดมคติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่า Work Function ของ Emitter($\phi_E$) และของ Collector($\phi_C$) จะมีค่า

$$\phi_E = \gamma_E - \mu_E \qquad \text{.....(2.5)}$$

$$\phi_C = \gamma_C - \mu_C \qquad \text{.....(2.6)}$$

ผลต่างของ ($\gamma_E - \gamma_C$) เมื่อนำมาหารด้วย ประจุของอิเลคตรอน (e) จะเรียกว่า Internal Voltage Drop ( $\Delta$ V ) ของ Converter

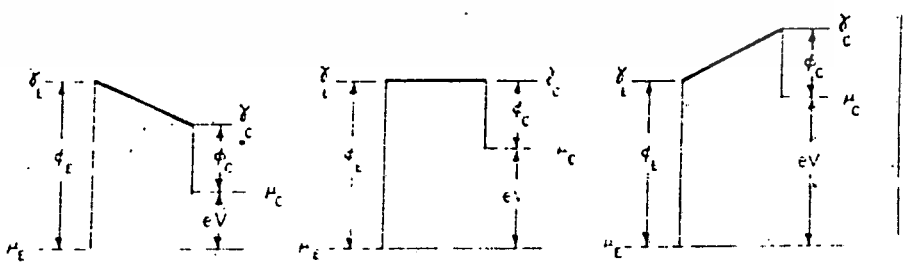
$$\Delta V = (\gamma_E - \gamma_C)/e \qquad \text{.....(2.7)}$$

ถ้า Emitter , Collector , สายตัวนำ และ Load มีอุณหภูมิเท่ากันแล้ว ค่า ($\mu_C - \mu_E$) เท่ากับงานที่ทำโดยอิเลคตรอนที่ไหลผ่าน Load ถ้านำค่าผลต่างนี้มาหารด้วยประจุของอิเลคตรอน จะมีค่าเท่ากับ ความต่างศักย์ระหว่าง Emitter และ Collector ที่วัดด้วย Voltmeter

แต่ใน Thermionic Converter ค่า ( $\mu_C - \mu_E$ )/e จริงๆแล้วจะไม่เท่ากับความต่างศักย์ที่วัดด้วย Voltmeter เนื่องจาก Emitter และ Collector ไม่ได้มีอุณหภูมิเท่ากัน ทำให้เกิดผลของ Thermoelectric Effect บนสายตัวนำของ Voltmeter อย่างไรก็ตาม Thermoelectric Effect จะมีผลน้อยมาก ดังนั้นจึงถือว่า

$$V = (\mu_C - \mu_E)/e \qquad \text{---- (2.8)}$$

โดยที่ V คือความต่างศักย์ระหว่าง Electrode ซึ่งจะเรียกว่า Electrode Output Voltage



**รูปที่ 2.3 แผนภาพของ Interelectrode Motive เมื่อ Electrode Output Voltage**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.2 OUTPUT CURRENT CHARACTERISTIC

Output Current หมายถึง กระแสสุทธิที่ไหลใน Thermionic Converter และความสัมพันธ์ระหว่าง Output Current กับ Electrode Output Voltage จะเรียกว่า Output Current Characteristic

ถ้าสมมุติให้ อิเลคตรอนที่หลุดออกมาจากผิวโลหะมี Electron Motive เป็น $\chi_1$ และอิเลคตรอนทั้งหมดที่หลุดออกมา เคลื่อนที่ออกมาจากผิวโลหะโดยไม่มีการชนกับอนุภาคอื่นและเคลื่อนที่ไปในทิศทางเดียวกัน อิเลคตรอนทั้งหมดจะเคลื่อนที่มาถึงจุดที่มี Electron Motive เป็น $\chi_2$ได้ ก็ต่อเมื่อ $\chi_2 < \chi_1$ เนื่องจากอิเลคตรอนจะไม่ถูกต้านด้วยแรงหน่วง

ในทางตรงกันข้าม ถ้า $\chi_2 > \chi_1$ แล้ว จะมีอิเลคตรอนเพียงบางส่วนเท่านั้นที่เคลื่อนที่มาถึงจุดที่มี Electron Motive เป็น $\chi_2$ โดยอิเลคตรอนที่มาถึงนั้น จะเป็นสัดส่วนกับตัวแปร f โดยที่ค่าของ f เป็นไปตามสมการดังต่อไปนี้

$$f = \exp[-(\chi_2 - \chi_1)/kT] \text{ เมื่อ } \chi_2 > \chi_1 \quad \ldots\ldots(2.9)$$

อิเลคตรอนส่วนที่เหลือจะเคลื่อนที่กลับไปยัง Emitter และค่า $\chi_2 - \chi_1$ ($\chi_2 - \chi_1 > 0$) จะเป็น Motive Barrier ซึ่งจะจำกัดการไหลของอิเลคตรอน

ถ้าพิจารณาผลของการชนกันระหว่างอิเลคตรอน กับ อนุภาคอื่นๆ จะพบว่า เมื่ออิเลคตรอนชนกับอนุภาคต่างๆใน Interelectrode Space จะทำให้ทิศทางการเคลื่อนที่เปลี่ยนแปลงไป และพลังงานจลน์ของอิเลคตรอนจะลดลง ปรากฏการณ์ทั้งสองนี้จะทำให้กระแสลดลงเพราะการเปลี่ยนทิศทางการเคลื่อนที่จะทำให้การเคลื่อนที่กลับของอิเลคตรอนมีมากขึ้น และการลดลงของพลังงานจลน์ จะทำให้ความสามารถของอิเลคตรอน ในการที่จะเอาชนะ Motive Barrier ลดลง

สำหรับอิออน เราสามารถพิจารณาการเคลื่อนที่ภายใน Interelectrode Space โดยไม่คำนึงถึงผลของการชนกับอนุภาคอื่นๆ ได้เช่นเดียวกับอิเลคตรอน คือถ้าผลต่างของ Electron Motive ระหว่างจุด 2 จุด ($\chi_2 - \chi_1$) เป็นบวก อิออนทั้งหมดจะสามารถเคลื่อนที่จากจุดที่ 1 ไปยังจุดที่ 2 ได้ โดยผลต่างของ Electron Motive ไม่มีผลใดๆ ถ้าผลต่าง ($\chi_2 - \chi_1$) เป็นลบ ผลต่างนี้จะเป็น Motive Barrier ของอิออน ทำให้มีอิออนเพียงบางส่วนที่เอาชนะ Motive Barrier นี้ได้ อิออนที่เคลื่อนที่จากจุดที่ 1 มายังจุดที่ 2 ได้ จะเป็นสัดส่วนกับ f โดยที่ f เท่ากับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$f = \exp[-(\chi_1-\chi_2)/kT] \quad \text{เมื่อ } \chi_1 > \chi_2 \quad .....(2.10)$$

$\chi_1$ = Electron Motive ที่จุด 1

$\chi_2$ = Electron Motive ที่จุด 2

ในการพิจารณาค่า Ideal Output Current ของ Thermionic Converter นั้น เราจะพิจารณาในรูปของ Ideal Output Current Density (J) โดยในการพิจารณาเราจะยังไม่คำนึงถึงผลของการชนกันของอนุภาคต่างๆ รวมทั้งผลของแรงที่อนุภาคทำระหว่างกันใน Interelectrode Spacing ดังนั้นค่า J ที่พิจารณานี้จึงเป็นค่าสูงสุดที่สามารถเกิดขึ้นได้

พิจารณา Thermionic Converter อย่างง่ายในรูปที่ 2.1 จะพบว่า ค่า J จะประกอบด้วยกระแส 3 ส่วนคือ

$J_{EC}$ = Electron Current Density ที่ไหลจาก Emitter ไปยัง Collector

$J_{CE}$ = Electron Current Density ที่ไหลจาก Collector ไปยัง Emitter

$\overline{J_{EC}}$ = Ion Current Density ที่ไหลจาก Emitter ไปยัง Collector

ในที่นี้เราถือว่า Ion Current Density ที่ไหลจาก Collector มายัง Emitter มีค่าน้อยมากจนสามารถละทิ้ง โดยกระแสทั้งสามส่วน มีความสัมพันธ์กับ Ideal Output Current Density (J) ดังนี้

$$J = J_{EC} - J_{CE} - \overline{J_{EC}} \quad .....(2.11)$$

ถ้าสมมติให้ $J_{CE}$ , $\overline{J_{EC}}$ มีค่าน้อยมากจนสามารถละทิ้งได้ และ Emitter Motive ( $\chi_E$ ) มากกว่า Collector Motive ( $\chi_C$ ) ดังรูปที่ 2.3(a) หรืออาจกล่าวได้ว่า

$$\chi_E > \chi_C \quad \text{หรือ} \quad eV < \phi_E - \phi_C$$

V = Electrode Output Voltage

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในกรณีเช่นนี้กระแส Emitter Saturation Current Density ทั้งหมด

จะมาถึง Collector ดังนั้น

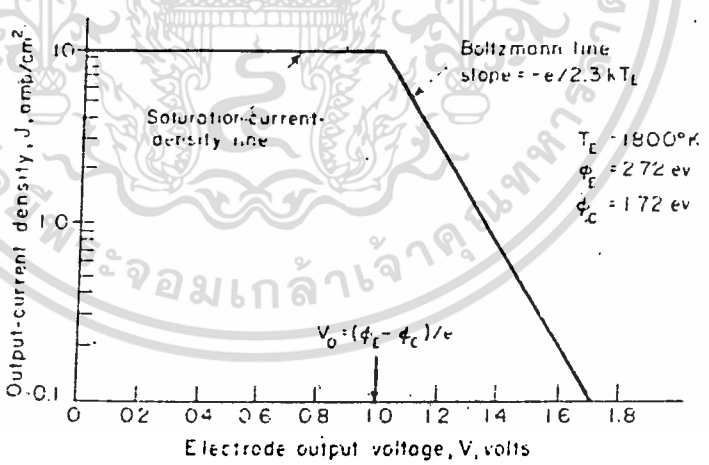
$$J = J_{Ec} = J_{Es} = A(T_E)^2 \exp\{-\frac{\phi_E}{kT_E}\} \quad \ldots\ldots(2.12)$$

ในกรณี $\chi_E < \chi_C$ หรือ $eV > \phi_E - \phi_C$ ดังรูป 2.3(c) จะพบว่ามีกระแส Emitter Saturation Current Density เพียงบางส่วนที่ไปถึง Collector เนื่องจากมี Motive Barrier ( $\chi_C - \chi_E$ ) ดังนั้น

$$J = J_{Ec} = f_E J_{Es} = A(T_E)^2 \exp\{-\frac{(\phi_C + eV)}{kT_E}\}$$

เมื่อ $eV > \phi_E - \phi_C$ .....(2.13)

โดยที่ $f_E = \exp\{-\frac{(\chi_C - \chi_E)}{kT_E}\} = \exp\{-\frac{(\phi_C + eV - \phi_E)}{kT_E}\}$ .....(2.14)




รูปที่ 2.4 กราฟของ Ideal Output Current Characteristic (เมื่อ $T_C = 0$ และ $\overline{J_{Es}} = 0$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 2.4 ซึ่ง เป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Ideal Output

Current Density (J) กับ Electrode Output Voltage (V) กรณีที่ V น้อยกว่า Contact Potential ($V_o$) (เมื่อ $V_o = (\phi_E - \phi_C)/e$) กระแส J นั้นจะมีค่าคงที่เท่ากับ $J_{ES}$ ซึ่งจะเรียกกราฟในช่วงนี้ว่า Saturation Current Density Line ส่วนในกรณี V มากกว่า $V_o$ นั้น J จะมีค่าลดลงแบบ Exponential เมื่อ V เพิ่มขึ้นซึ่งจะเรียกกราฟในช่วงนี้ว่า Boltzmann Line จุดเปลี่ยนของเส้นกราฟ (Break Point) จะเกิดขึ้นเมื่อ

$$J = J_{ES} \quad \text{และ} \quad V = V_o = \frac{\phi_E - \phi_C}{e} \qquad .....(2.15)$$

ค่า J ที่หาได้จากข้อสมมติข้างต้นนี้จะใช้ได้ดีในกรณีที่ Collector Electron Saturation Current กับ Emitter Ion Saturation Current มีค่าเพียงไม่กี่เปอร์เซนต์ของ Emitter Electron Saturation Current

ในกรณีที่ต้องการหาค่า J ที่มีความถูกต้องมากขึ้น ทำได้โดยการคำนวณหาค่า J ตามสมการ (2.11) ซึ่งเป็นสมการที่พิจารณาผลของ $J_{CE}$ และ $\overline{J_{EC}}$ ด้วย ในการพิจารณาหาค่า $J_{CE}$ และ $\overline{J_{EC}}$ จะทำได้ในทำนองเดียวกับการหาค่า $J_{EC}$

ในกรณีที่ $\chi_E > \chi_C$ หรือ $eV < \phi_E - \phi_C$ กระแสอิเลคตรอน $J_{CE}$ ที่มาถึง Emitter จะมีเพียงบางส่วนเท่านั้น ดังนั้น

$$J_{CE} = f_C J_{CS} = A(T_C)^2 \exp\frac{-(\phi_E - eV)}{kT_E} \qquad .....(2.16)$$

โดย $$f_C = \exp\frac{-(\chi_E - \chi_C)}{kT_C} = \exp\frac{-(\phi_E - \phi_C - eV)}{kT_C} \qquad .....(2.17)$$

และกระแสอิออน $\overline{J_{EC}}$ จะมีเพียงบางส่วนเท่านั้นที่มาถึง Collector ดังนั้น

$$\overline{J_{EC}} = \overline{J_{ES}} \exp\frac{-(\chi_E - \chi_C)}{kT_E} \quad \text{เมื่อ} \quad eV < \phi_E - \phi_C \qquad .....(2.18)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในกรณีที่ $\chi_E < \chi_C$ หรือ $eV > \phi_E - \phi_C$ กระแสอิเลคตรอน $J_{CE}$ ทั้งหมดจะมาถึง Emitter ได้ และกระแสอิออน $J_{EC}$ ทั้งหมดจะไหลมาถึง Collector ได้ ดังนั้น

$$J_{CE} = J_{CS} = A(T_C)^2 \exp\left(-\frac{\phi_C}{kT_C}\right) \qquad \text{.....(2.19)}$$

$$\overline{J_{EC}} = \overline{J_{ES}} \qquad \text{.....(2.20)}$$

หมายเหตุ $\overline{J_{ES}}$ เป็นไปตามสมการ (2.6)

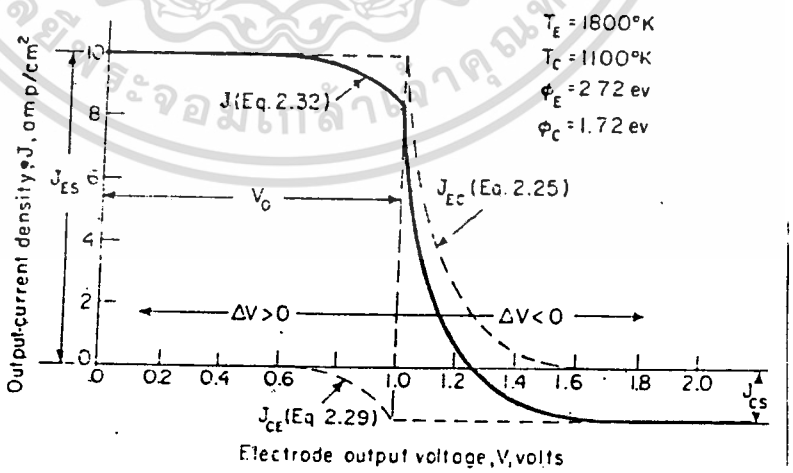
เมื่อทำการแทนค่าสมการของ $J_{EC}$ , $J_{CE}$ , $\overline{J_{EC}}$ ในกรณีต่างๆลงในสมการ

$$J = A(T_E)^2 \exp\left(-\frac{\phi_E}{kT_E}\right) - A(T_C)^2 \exp\left(-\frac{\phi_E - eV}{kT_C}\right) - \overline{J_{ES}} \exp\left(-\frac{\phi_E - \phi_C}{kT_E}\right)$$

เมื่อ $eV < \phi_E - \phi_C$ .....(2.21)

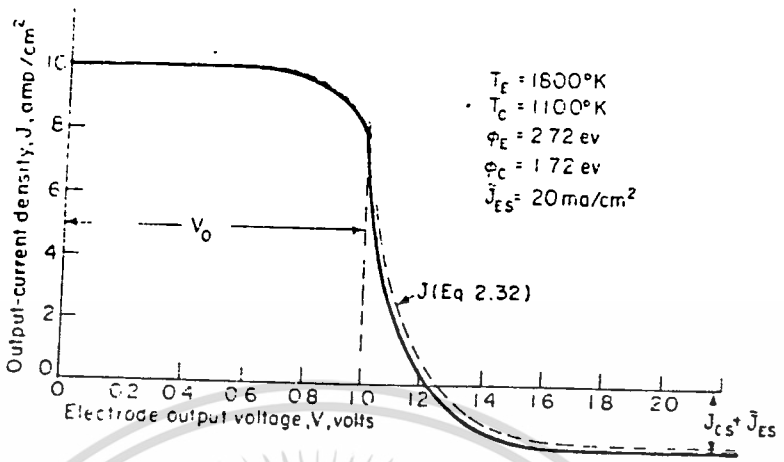
$$J = A(T_E)^2 \exp\left(-\frac{\phi_C + eV}{kT_E}\right) - A(T_C)^2 \exp\left(-\frac{\phi_C}{kT_C}\right) - J_{ES}$$

เมื่อ $eV > \phi_E - \phi_C$ .....(2.22)




**รูปที่** 2.5 กราฟของ Ideal Output Current Characteristic เมื่อ $J_{CS} = 0$ และ $J_{ES} = 0$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




รูปที่ 2.6 กราฟของ Ideal output Current Characteristic ในกรณีที่รวม Back Emission ($J_{cs}$) และ Positive Ion Emission ($J_{ES}$)

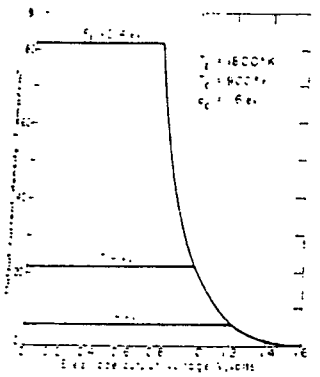
รูปที่ 2.5 และ 2.6 เป็นกราฟแสดง Ideal Output Current Characteristic ในรูปที่ 2.5 เป็นกราฟของ Ideal Output Current Characteristic ที่ไม่รวมค่า $\overline{J_{ES}}$ ส่วนรูปที่ 2.6 เป็นกราฟแสดงผลของ $\overline{J_{ES}}$ ซึ่งจะเห็นว่ามีผลต่อ Ideal Output Current Characteristic น้อยมาก เนื่องจากค่า $\overline{J_{ES}}$ เมื่อเทียบกับค่า Emitter Electron Saturation Current แล้วจะมีค่าน้อยมาก ดังนั้นโดยทั่วไป จึงสามารถละทิ้งได้

เราสามารถแสดง Ideal Output Current Density ในเทอมของ $\Delta V$ โดยไม่คิดผลของ $\overline{J_{ES}}$ ได้ดังนี้

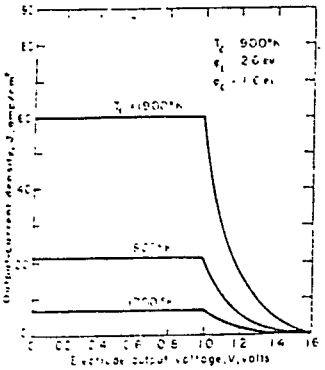
$$J = J_{ES} - J_{cs} \exp\left(\frac{e\Delta V}{kT}\right) \quad , \text{เมื่อ} \Delta V > 0 \quad \ldots\ldots(2.23)$$

$$J = J_{ES} \exp\left(\frac{e\Delta V}{kT}\right) - J_{cs} \quad , \text{เมื่อ} \Delta V < 0 \quad \ldots\ldots(2.24)$$

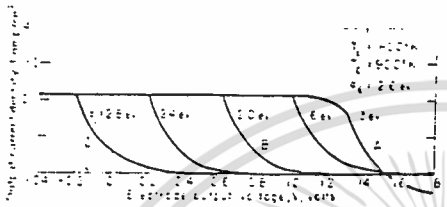
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



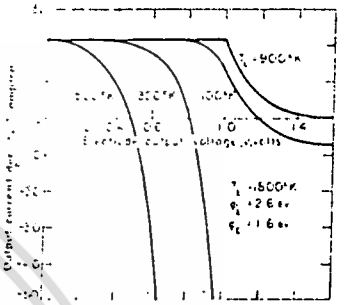
a) Emitter Work Function



b) Emitter Temperature

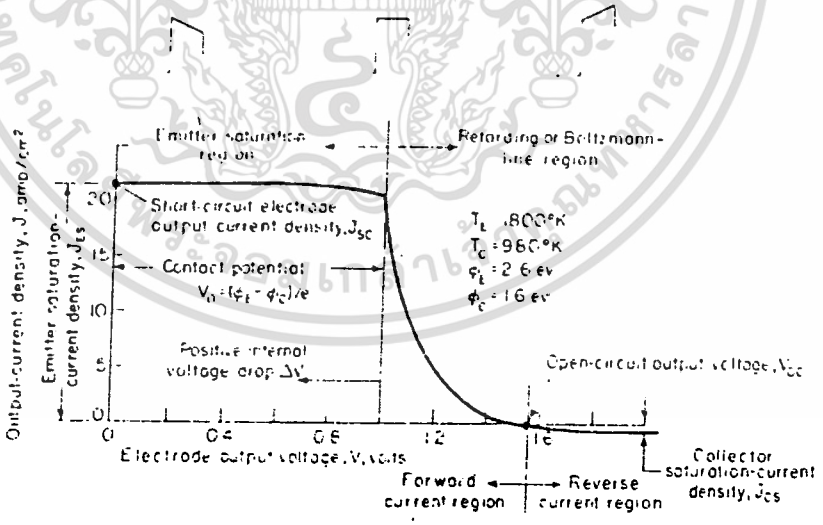


c) Collector Work Function



d) Collector Temperature

**รูปที่ 2.7 กราฟแสดงผลของคุณสมบัติต่างๆของ Electrode ต่อ Ideal Output Current Characteristic**




**รูปที่ 2.8 กราฟของ Typical Ideal Output Current Characteristic**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.3) IDEAL OUTPUT POWER CHARACTERISTIC

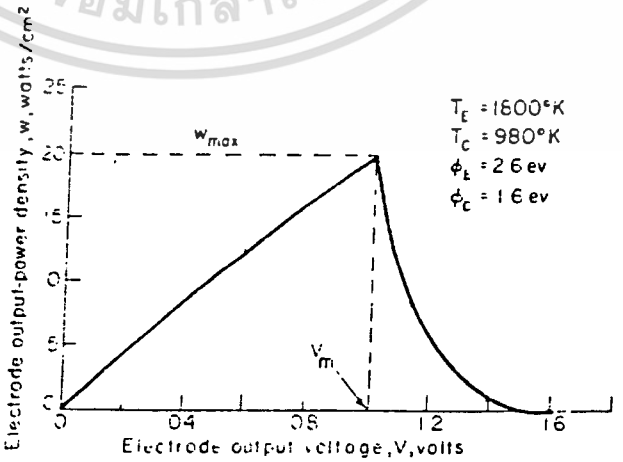
กำลังไฟฟ้าที่ Thermionic Converter จ่ายให้ Load จะเรียกว่า Electrode Output Power (W) และกำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้แก่ Load ต่อหน่วยพื้นที่ จะเรียกว่า Electrode Output Power Density (w) ซึ่งสามารถหาค่าได้จากสมการดังต่อไปนี้

$$w = J*V \quad ; \quad W = S*w \qquad \text{.....(2.25)}$$

S = พื้นที่ใช้งาน ( Active Area ) ของแต่ละ Electrode

ถ้าเครื่องหมายของ J และ V เป็นบวก w จะมีค่าเป็นบวกด้วย แสดงว่า Thermionic Converter สามารถจ่ายกำลังไฟฟ้าแก่ Load ได้ หรืออาจกล่าวได้ว่า Converter จะจ่ายกำลังไฟฟ้าได้ ก็ต่อเมื่อมีกระแสสุทธิไหลจาก Emitter ไปยัง Collector โดยผ่าน Interelectrode Space ( $J > 0$ ) และ Fermi Energy ของ Collector ต้องมากกว่า Fermi Energy ของ Emitter ( $V > 0$ )

ความสัมพันธ์ระหว่าง Electrode Power Output กับ Electrode Output Voltage จะเรียกว่า Electrode Output Power Characteristic ถ้าค่ากระแสที่ใช้ในการคำนวณหาค่า w เป็น Ideal Output Current Density ค่า w จะเรียกว่า Ideal Output Power กราฟในรูปที่2.9 เป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง w กับ V โดยกราฟนี้ไม่คำนึงถึงผลของ Back Emission และ Ion Current ซึ่งจะพบว่าPower มีค่าสูงสุดที่ $V_m$ และในช่วงที่ V น้อยกว่า $V_m$ Power จะเพิ่มขึ้นแบบLinearและในช่วง V มากกว่า $V_m$ Power จะลดลงแบบ Exponential

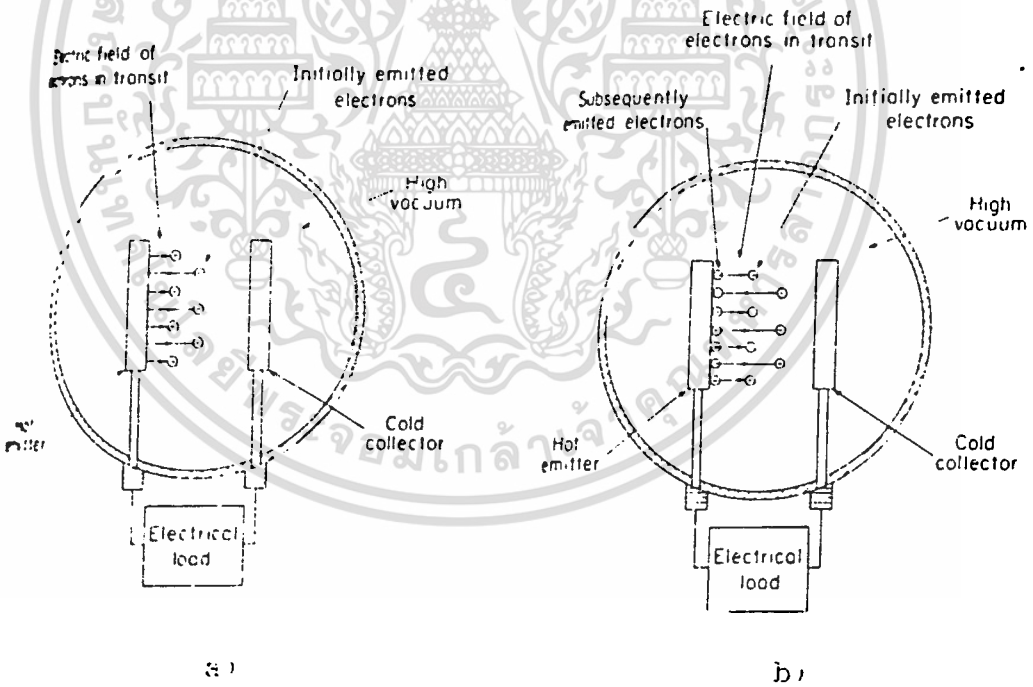



รูปที่ 2.9 กราฟแสดง Ideal Output Power Characteristic

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.4 ผลกระทบของ NEGATIVE SPACE CHARGE EFFECT

ใน Thermionic Converter ประเภท Vacumn Diode นั้น เมื่ออุณหภูมิของ Emitter สูงขึ้น อิเลคตรอนจำนวนหนึ่งจะถูกปลดปล่อยออกมา และจะเคลื่อนที่อย่างอิสระไป ยังCollector ดังรูปที่ 2.10 a) เนื่องจากอิเลคตรอนที่ถูกปลดปล่อยออกมามีความเร็วจำกัด มันจึงต้องใช้เวลาช่วงหนึ่งในการเดินทางมาถึง Collector ในช่วงเวลานี้ อิเลคตรอนจะอยู่ใน Interelectrode Space ซึ่งจะทำให้เกิดกลุ่มของประจุลบอิสระที่เรียกว่า Negative Space Charge กลุ่มของประจุนี้จะสร้างสนามไฟฟ้าซึ่งจะต้านการเคลื่อนที่ของอิเลคตรอน ดังนั้นอิเลคตรอนที่ถูกปลดปล่อยตามหลังมา จึงถูกต้านด้วยสนามไฟฟ้านี้และมีบางส่วนถอยกลับไปยัง Emitter อิเลคตรอนที่มาถึง Collector ได้นั้นจะต้องเป็นอิเลคตรอนที่มีพลังงานจลน์มากพอที่จะเอาชนะแรงต้านได้เท่านั้น ปรากฏการณ์นี้เรียกว่า Negative Space Charge Effect




รูปที่ 2.10 แผนภาพของ Negative Space Charge Effect

โดยทั่วไปแล้ว กระแสอิเลคตรอนสุทธิจะน้อยกว่ากระแส Saturation จาก Emitter เนื่องจากผลของ Negative Space Charge Effect ความแตกต่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ระหว่างกระแสทั้งสองนี้ จะยิ่งมากขึ้นตามการเพิ่มขึ้นของจำนวนอิเลคตรอนที่อยู่ใน Inter electrode Space ในช่วงเวลาใดๆ และจำนวนอิเลคตรอนในInterelectrode Space นี้ จะเพิ่มขึ้นตามการเพิ่มขึ้นของระยะห่างระหว่าง Electrode การเพิ่มขึ้นของกระแสอิเลคตรอนที่ไหล และการลดลงของความเร็วเฉลี่ยของอิเลคตรอน ที่เคลื่อนที่ใน Interelectrode Space เราสามารถลด Negative Space Charge Effect ได้ โดยการลดระยะห่างระหว่าง Electrode หรือ ลดกระแสอิเลคตรอน หรือเพิ่มความเร็วของอิเลคตรอน หรือทั้งสามวิธีรวมกัน

## 2.5 SPACE CHARGE CONTROL

เนื่องจาก Electron จะทำให้เกิด Negative Space Charge ในระหว่าง Emitter และ Collector ซึ่งจะจำกัดประสิทธิภาพของ Thermionic Converter การลดผลของ Negative Space Charge สามารถทำได้หลายวิธี แต่วิธีที่ให้ผลดีที่สุดคือ การเพิ่ม Positive Ion เข้าไปใน Interelectrode Space โดยการใช้ Ionized Gas

การเพิ่ม Ionized Gas เข้าไปใน Interelectrode Space จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงใน Potential Distribution ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์นี้ ได้แก่ Surface Ionization , Electron Scrattering และ Surface Adsorbed Layer Cesium ใน Thermionic Converter เพิ่มขึ้นขณะที่อุณหภูมิของ Emitter คงที่ การปลดปล่อย Ion Current จะเพิ่มขึ้นในช่วงแรก แต่เมื่อการดูดซับ (Adsorption) บนพื้นผิวเริ่มเกิดขึ้น จะทำให้ Work Function ของพื้นผิวลดลง ซึ่งจะลดอัตราการเพิ่มขึ้นของ Ion หรือ อาจกล่าวได้ว่าเมื่อความดันของ Cesium เพิ่มขึ้น จนถึงจุดๆหนึ่งแล้ว ถ้าความดันยังเพิ่มต่อไป จะทำให้การปลดปล่อย Ion ลดลง ส่วนการปลดปล่อย Electron นั้น โดยทั่วไปแล้ว จะเพิ่มขึ้น ตามการเพิ่มความดันของ Cesium จากการทดลองพบว่า จะมีค่าความดันอยู่ค่าหนึ่ง ที่จะสามารถสร้าง Ion ได้มากพอที่จะรวมตัวกับ Space Charge ($P_{nn}$) และ Work Function ของพื้นผิวที่ความดันนี้จะเรียกว่า Neutralization Work Function ($\phi_{nn}$) ดังนั้นถ้าเราใช้งาน Emitter ที่ความดันมากกว่า $P_{nn}$ หรือ Work Function น้อยกว่า $\phi_{nn}$ Surface Ionization จะผลิต Ion ไม่พอที่จะทำให้ Negative Space Charge ทั้งหมด เป็นกลาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากธรรมชาติของ Ionized Gas ระหว่าง Electrode ทำให้ Hernquist กำหนดแบบการทำงานของ Cesium Vapor Thermionic Converter ไว้ 3 Mode คือ

1) The Plasma Mode : Mode นี้จะใช้ Cesium ความดันต่ำ และ Emitter ที่มีอุณหภูมิสูง

2) The High Pressure Mode : ใน Mode นี้ความดันของ Cesium อาจจะอยู่ในช่วงไม่กี่ Torr (1 Torr = 1 mmHg) Cesium ที่มีความดันสูงจะทำให้ Emitter ถูกปกคลุมด้วย Cesium และ Mode นี้จะต้องใช้ Interelectrode Space ที่มีขนาดเล็กเพื่อจำกัดการสูญเสียเนื่องจาก Electron Collision

3) The Arc หรือ Ball of Fire หรือ Ignited Mode : ในการใช้ที่ Mode นี้จะใช้อุณหภูมิต่ำกว่า Mode 2 การเกิด Ion จะเกิดจาก Impact Ionization เป็นส่วนใหญ่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 3

# โปรแกรมการคำนวณคุณลักษณะ THERMIONIC CONVERTER

## บทนำ

รายงานฉบับนี้อธิบายถึงทฤษฎีขั้นพื้นฐาน และคู่มือการใช้โปรแกรม สำหรับผู้ใช้ SIMCON-SIMULATED CONVERTER) ซึ่งเกี่ยวกับการคำนวณทางด้านไฟฟ้า ความร้อน และกายภาพของ CESIUM THERMIONIC CONVERTER โปรแกรมการใช้จำเป็นต้องใส่ข้อมูลที่แน่นอนเกี่ยวกับคุณลักษณะของอิเลคโทรด ระยะห่างของอิเลคโทรด และความหนาแน่นของกระแสเอาท์พุท เมื่อเราป้อนอินพุทโปรแกรมจะทำการคำนวณซ้ำตามสมการ NON LINEAR ซึ่งเป็นสมการที่อธิบายเกี่ยวกับปรากฏการณ์ภายใน CONVERTER ผลของโปรแกรมจะแสดงค่าของแรงดันเอาท์พุท ประสิทธิภาพที่แท้จริง และพารามิเตอร์ที่น่าสนใจเกี่ยวกับปฏิบัติการของ CONVERTER ตัวอย่าง เช่น ค่า WORK FUNCTION ของอิเลคโทรดชีทส์ (SHEATH) แรงดันตกคร่อมของพลาสมาที่เป็นกลาง เป็นต้น

## ทฤษฎี

1.ที่มา

หัวข้อนี้อธิบายถึงทฤษฎีทางไฟฟ้า และความร้อนที่แสดงคุณลักษณะของ CESIUM THERMIONIC CONVERTER การวิเคราะห์การปฏิบัติการของTHERMIONIC CONVERTER จะต้องพิจารณา

1) ค่าพื้นผิวของอิเลคโทรด (ELECTRODE SURFACE)

2) ระยะห่างระหว่างอิเลคโทรด

3) SCHOTTKY EFFECT ที่เกิดขึ้นระหว่างระยะห่างของอิเลคโทรดและที่ผิว

ปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในแต่ละส่วน จะถูกพิจารณาและศึกษา โดยทฤษฎีเก่า เช่น ศึกษาปรากฏการณ์ทางผิว โดย RASOR , WARNER , LEVINE , GYFTO POULOS , STEINER ซึ่งจะ DERIVE สมการ โดยแสดงถึงค่า WORK FUNCTION ของโลหะที่ถูกเคลือบ โดยแผ่น ABSORBATE FILM อีกส่วนหนึ่งจะศึกษาปรากฏการณ์ โดย HANSEN ,

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า



ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

WARNER , HOUSTON , SHAVIT , HATSOPOULOS , WILKIN , GYFTO POULOS โดยจะศึกษาถึงการปฏิบัติการของ THERMIONIC CONVERTER ในโหมด EXTINGUISH ขณะที่อีกกลุ่มจะศึกษาในโหมดของ IGNITE

การศึกษาปรากฏการณ์ SCHOTTKY EFFECT ที่ขั้วอิมิตเตอร์ และคอลเลคเตอร์ ใน THERMIONIC CONVERTER จากการศึกษานี้ทำให้เกิดความเข้าใจในขบวนการทางฟิสิกส์ที่มีผลต่อการปฏิบัติการ THERMIONIC CONVERTER โดยในอดีตไม่ได้มีการรวม หรือขยายการปฏิบัติการ THERMIONIC CONVERTER ของทฤษฎีต่างๆที่กล่าวมาแล้วเข้าด้วยกัน ดังนั้น เราจะรวมทฤษฎีของคุณลักษณะ THERMIONIC CONVERTER เข้าด้วยกัน ซึ่งจะมีลักษณะที่สำคัญในการวิเคราะห์ ดังนี้ คือ

1) การปฏิบัติการของ THERMIONIC CONVERTER จะขึ้นกับอิทธิพลจากปรากฏการณ์ที่ผิว และปริมาตร และ SCHOTTKY EFFECT

2) ไม่มีข้อจำกัดเกี่ยวกับโหมดของ THERMIONIC CONVERTER

3) เกี่ยวข้องกับขั้วที่ไม่เปลี่ยนสภาพของพลาสมา

4) อุณหภูมิที่อิมิตเตอร์จะเป็นอุณหภูมิที่สูงขึ้น

5) จากข้อ 1-4 จะสำหรับการกำหนดประสิทธิภาพของ CONVERTER

2. ปริมาตรทางกายภาพ (VOLUME PHYSICS)

2.1 การวิเคราะห์พลาสมา

พลาสมาที่เป็นกลางที่อยู่ระหว่างขั้วทั้งสองใน THERMIONIC CONVERTER ถูกวิเคราะห์ด้วยสมการดิฟเฟอเรนเชียล โดยที่อุณหภูมิของอิเลกตรอนในพลาสมามีค่าคงที่ โดยที่สมการแสดงได้ดังต่อไปนี้

$$dJ_- /dx = dJ_+/dx = e(\alpha_1 n - \beta_r n^3) \quad .....(3.1)$$

$$J_- = -e\mu_-(\bullet_-(dn/dx)+nE); \; J_+ = -e\mu_+(\bullet_+(dn/dx)-nE) \quad .....(3.2)$$

เมื่อ $J_\alpha$ , $\mu_\alpha$ , $\bullet_\alpha$ เป็นความหนาแน่นของกระแส,โมบิลิตี้(MOBILITY), อุณหภูมิของแรงดันที่สมดุลย์สำหรับอิเลคตรอน($\alpha$ = e) และไอออน($\alpha$ = i)ตามลำดับ

n คือ ความหนาแน่นของอนุภาคของประจุ

E คือ ความเข้มสนามไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$\alpha_i$ คือ ความถี่ของการไอออไนซ์เซชั่น

$\beta_r$ คือ ค่า THREE BODY RECOMBINATION COEFFICIENT

จากสมการที่ 1 บรรยายถึงขบวนการ RECOMBINATION ของการไอออไนซ์เซชั่นของปริมาตรแบบ MULTISTAGE THREE BODY RECOMBINATION COEFFICIENT($C_s$) ถูกสมมุติ ให้มีการฟอร์มตัวคล้ายกับไฮโดรเจน ซึ่งทั้งสองอะตอมมีวาเลนซ์อิเลคตรอนอะตอมละหนึ่งค่า และคล้ายกับว่ามีพลังงานแฝงสำหรับใช้ในสถานะกระตุ้นที่สูงขึ้นไป

$$\beta_r = k_e/(\epsilon_e)^{4.5} \text{ cm}^6/\text{sec} \qquad \text{.....(3.3)}$$

โดยที่ $\epsilon_e$ คือ แรงดันอิเลคตรอน

$K_e$ คือ ค่าคงที่ที่ได้มาจากข้อมูลจากการทดลอง

จากสมดุลย์ของเทอร์โมไดนามิค ค่าความถี่ไอออไนซ์เซชั่น ($\alpha_i$) มีความสัมพันธ์กับค่า RECOMBINATION COEFFICIENT ซึ่งเรียกว่าสมการ SAHA :

$$\alpha_i/\beta_r = n_e^2 = (2\pi e m_e \epsilon_e/h^2)^{1.5} n_x \exp(-v_i/\epsilon_e) \qquad \text{.....(3.4)}$$

โดยที่ $n_e$ คือ ความหนาแน่นของอนุภาคประจุที่สมดุลย์ของ SAHA

$m_\alpha$ คือ มวลของสปีชีส์ $\alpha$

h คือ ค่าคงที่ของแพลงค์

$n_x$ คือ ความหนาแน่นของก๊าซที่อยู่ระหว่างอิมิตเตอร์และคอลเลคเตอร์

$V_i$ คือ แรงดันของการไอออไนซ์เซชั่นของก๊าซที่อยู่ระหว่างอิมิตเตอร์และคอลเลคเตอร์

จากสมการที่ 4 เราสมมุติให้ว่าสามารถใช้ได้กับความไม่สมดุลย์ของพลาสมาได้ด้วยอิเลคตรอนกับ MOBILITY ของไอออนในสมการที่ 2 ถูกกำหนดความสัมพันธ์ได้ดังนี้

$$\mu_\alpha = e/(m_\alpha \nu_\alpha) \; ; \; \alpha = e, i \qquad \text{.....(3.5)}$$

$$\nu_\alpha = (3/4)(\delta_{ex})\sqrt{(2\pi e \epsilon_e/m_e n_x)} + \frac{1.75 e^4 n \text{Ln}\Delta}{64\pi\epsilon_0^2 (e\epsilon_e)^{1.5}\sqrt{(2\pi m_e)}} \qquad \text{...(3.6)}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่ $v_\alpha$ คือ ความถี่ของการชนกันโดยดูที่ประสิทธิภาพของโมเมนตัม สำหรับแต่ละ SPECIES $\alpha$

$\sigma_{\alpha x}$ คือ CROSS SECTION ของการชนกันของทรงกลมที่แข็ง สำหรับ SPECIES $\alpha$

$\Psi_\alpha$ คือ ค่าเปอร์มิตติวิตี้

สมการแรกในสมการที่ 6 ถือว่าเป็นการชนกันระหว่างอนุภาคที่เป็นกลาง กับอิเลคตรอน

สมการที่ 3.1,3.2 เป็นสมการที่ตัดค่าของสนามไฟฟ้าและค่า MOBILITY ของอนุภาคออกไป ดังนั้น จะได้สมการที่เรารู้จักกันดี คือ สมการ AMBIPOLAR DIFFUSION ในรูป 3 มิติ ดังนี้

$$d^2Y/ds^2 = -2Y^2y(1-y)^2 \quad ; \quad y = n/n_e \quad ;$$

$$s = x/d \quad ; \quad Y^2 = u_i d^2/(2D_a) \qquad \ldots\ldots(3.8)$$

โดยที่ $D_a$ คือ ค่า AMBIPOLAR DIFFUSION COEFFICIENT

$d$ คือ ระยะห่างระหว่าง อิลมิเตอร์ กับ คอลเลคเตอร์

สมการที่ 3.8 ถูกอินทิเกรต จะได้ดังนี้ :

$$p(s) = dy/ds = +,-\sqrt{(k-y^2(2-y^2))} \qquad \ldots\ldots(3.9)$$

โดยที่ K คือ ค่าคงที่ของการอินทิเกรต , คำตอบของสมการที่ 3.9 คือ ฟังก์ชัน JACOB ELLIPTIC

สำหรับ K <= 1 คำตอบโดยทั่วไปเขียนได้ดังนี้

$$y(s) = \sqrt{2m/(1+m)}\ sn(u;m); \quad u = \sqrt{2/(1+m)} \,/\, Y(s+s_o);$$

$$m = (1-\sqrt{(1-k)})/(1+\sqrt{(1-k)}) \qquad \ldots\ldots(3.10a)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่ sn(u;m) คือค่า ELLIPTIC SINE ฟังก์ชันของอาร์กิวเมนต์ U และ m, $s_o$ คือ ค่าคงที่ของการอินทิเกรต

สำหรับ K >= 1 ด้านข้างของความหนาแน่นอนุภาคประจุถูกเขียนได้ดังนี้

$$y(s) = (1/\sqrt{(2m-1)})\ sc(u;m)\ dn(u;m);$$

$$u = (1-\sqrt{(2m-1)})\ Y(s+s_o);\ m = (1+\sqrt{k})/2\sqrt{k} \quad \ldots\ldots(3.10b)$$

โดยที่ sc(u;m) และ dn(u;m) คือ ELLIPTIC ฟังก์ชันของอาร์กิวเมนต์ u และพารามิเตอร์ m

จากสมการที่ 3.10 จะถูกใช้ในโปรแกรม SIMCON ในการคำนวนซ้ำ สำหรับในกรณีที่คิดสมดุลย์ของพลาสมา

ด้านข้างของสนามไฟฟ้าในพลาสมาที่เป็นกลางได้ถูกรวมจากสมการ 1 และ 2 เข้าด้วยกันจนกลายเป็นความสัมพันธ์ดังนี้

$$E = -\frac{\mu_o \theta_o - \mu_1 \theta_1}{(\mu_- + \mu_1)d}\ \frac{1}{y}\frac{dy}{ds} - \frac{J}{e(\mu_- + \mu_1)n_- y} \quad \ldots\ldots(3.11)$$

โดยที่ $J = j_- - j_1$ คือ ความหนาแน่นของกระแสเอาท์พุท

และจากอุณหภูมิของอิเลกตรอนพลาสมาที่คงที่ ทำให้เราได้สมการสมดุลย์ของพลังงานดังนี้คือ

$$q_{-1} - q_{-o} = jv_p - (j_{11} - j_{1o})v_1 \quad \ldots\ldots(3.12)$$

โดยที่ $q_o$ คือ ฟลักซ์ของพลังงานจลน์ของอิเลกตรอน

$v_p$ คือ แรงดันตกคร่อมระหว่างขั้วอิมิตเตอร์กับคอลเลคเตอร์

ตัวห้อย o,1 แทนค่าขอบของพลาสมาของอิมิตเตอร์และคอลเลคเตอร์ตามลำดับ

ค่าคงที่ของการอินทิเกรต ในสมการที่ 10 กับค่าของฟลักซ์ของพลังงานจลน์ของอิเลคตรอน $q_{-o}$ และ $q_{-1}$ ในสมการที่ 3.12 จะถูกวิเคราะห์ใน ELECTROSTATIC SHEATH ในหัวข้อต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.2 การวิเคราะห์ชีสต์

ELECTROSTATIC SHEATH ระหว่างอิมิตเตอร์ และคอลเลคเตอร์ในพลาสมา ถูกวิเคราะห์โดยพิจารณาอิเลกตรอนกับกระแสไอออน และฟลักซ์ของพลังงานจลน์ของอิเลคตรอนที่สมดุลย์อยู่ระหว่างชีสต์ เช่น ระหว่างอิเลคโทรดและพลาสมาที่อยู่ใกล้กัน ความสมดุลย์ของชีสต์ขึ้นกับขั้ว ซึ่งมีผลทำให้เกิดความเร่งหรือหน่วงของชีสต์ และทำให้อิเลคตรอนที่เคลื่อนที่ไปยังคอลเลคเตอร์ เกิดความเร่งหรือหน่วงตามชีสต์ด้วย อิเลคตรอนและกระแสไอออนกับฟลักซ์ของพลังงานจลน์ที่สมดุลย์ ถูกแสดงในตารางที่ 1 สำหรับชีสต์ของคอลเลคเตอร์ และอิมิตเตอร์ที่เกิดความเร่งและหน่วงในตารางนี้ $j_m$ , $i_m$ คือ อิเลคตรอนและความหนาแน่นของกระแสไอออนตามลำดับ สำหรับอิมิตเตอร์ (m = E) และคอลเลคเตอร์ (m = C) ขอบของพลาสมาและ $j_r$ และ $i_r$ คือ ความหนาแน่นของกระแสอิเลคตรอนและไอออนแบบสุ่มตามลำดับ

ข้อสังเกต แรงดันตกคร่อมของชีสต์ถูกแทนด้วย ลบและบวก สำหรับความเร่งและหน่วงของชีสต์ ตามลำดับ

ตารางที่ 1 การวิเคราะห์ชีสต์ของคอลเลคเตอร์และอิมิตเตอร์

| ACCELERATING EMITTER SHEATH ($V_E \leq 0$) | ACCELERATING COLLECTOR SHEATH ($V_C \leq 0$) |
|---|---|
| 1. $J_{e0} = J_E - (J_{r0} - 1/2\ J_{e0}) \exp(V_E/\theta_e)$ | 1. $J_{e1} = (J_{r1} + i/2\ J_{e1}) - J_C \exp(V_C/\theta_C)$ |
| 2. $J_{i0} = I_E \exp(V_E/\theta_E) - (I_{r0} - 1/2\ J_{i0})$ | 2. $J_{i1} = (I_{r1} + 1/2\ J_{i1}) \exp(V_C/\theta_C) - I_C$ |
| 3. $q_{e0} = 2\ J_E(\vartheta_E - \vartheta_e) + J_{e0}(2\ \theta_e - V_E)$ | 3. $q_{e1} = 2\ J_{r1}(\vartheta_e - \theta_C) + J_{e1}(\theta_e + \theta_C)$ |
| **RETARDING EMITTER SHEATH ($V_E \geq 0$)** | **RETARDING COLLECTOR SHEATH ($V_C \geq 0$)** |
| 1. $J_{e0} = J_E \exp(-V_E/\vartheta_E) - (J_{r0} - 1/2\ J_{e0})$ | 1. $J_{e1} = (J_{r1} + 1/2\ J_{e1}) \exp(-V_C/\theta_C) - J_C$ |
| 2. $J_{i0} = I_E - (I_{r0} - 1/2\ J_{i0}) \exp(-V_E/\vartheta_E)$ | 2. $J_{i1} = (I_{r1} + 1/2\ J_{i1}) - I_C \exp(-V_C/\theta_C)$ |
| 3. $q_{e0} = 2\ J_{r0}(\vartheta_E - \theta_e) + J_{e0}(\theta_E + \theta_e)$ | 3. $q_{e1} = 2\ J_C(\theta_e - \theta_C) + J_{e1}(2\ \theta_e + V_C)$ |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อสังเกต

1) คือ กระแสอิเลคตรอนสมดุลย์

2) คือ กระแสไอออนสมดุลย์

3) คือ ฟลักซ์พลังงานจลน์ของอิเลคตรอนสมดุลย์

ความหนาแน่นของกระแสอิเลคตรอน และไอออน จากอิมิตเตอร์และคอลเลคเตอร์ ในตารางที่ 1 ถูกควบคุม โดยปรากฏการณ์ที่ผิว และ SCHOTTKY EFFECT ด้วย ซึ่งจะกล่าวในหัวข้อต่อไป

3. SURFACE PHYSICS

สนามไฟฟ้าอิสระ , ค่า WORK FUNCTION ของอิเลคตรอน $\phi_m$ ของโลหะขั้นพื้นฐาน(m) ที่ถูกเคลือบด้วยฟิลม์ ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติขั้นพื้นฐาน(SUBSTATE) และคุณสมบัติของการดูดซับ (ADSORBATE) อุณหภูมิขั้นพื้นฐาน ($t_m$) อุณหภูมิของการดูดซับ ($t_a$) หรือกล่าวได้ว่า $\phi_a - \phi_m (t_m, t_a)$ จากความสัมพันธ์นี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษา SURFACE PHYSICS

การวิเคราะห์ค่า WORK FUNCTION ของอิมิตเตอร์ และ คอลเลคเตอร์ (CESIATED ELECTRODE) โดยที่เราสามารถจะแยกการวิเคราะห์ออกเป็น 3 ส่วน คือ

1) ค่า WORK FUNCTION ของอิเลคตรอน และพลังงาน DESORPTION ของอะตอมและไอออนที่ถูกกำหนด โดยฟังก์ชันของ SURFACE COVERAGE

2) การส่งออกไป (EMISSION) ของอิเลคตรอน และไอออน ถูกเขียนในเทอมของพลังงาน DESORPTION

3) สมการแสดงสถานะ (EQUATION OF STATE)

3.3.1 WORK FUNCTION & พลังงาน DESORPTION

ค่า WORK FUNCTION ($\phi_m$) ของอิเลคตรอน และพลังงาน DESORPTION ของอะตอม และไอออน ($\phi_{am}, \phi_{im}$) แสดงได้ดังความสัมพันธ์ตามสมการ

$$\phi_m = \phi_{om} - (\phi_{om}-\phi_{am})(1-G(\theta_m))-a_m f_m \theta_m/(1+b_m \theta_m 1.5) \quad .....(3.13)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\phi_{xm} = D_{om}/(1-f_m^2)+(\phi_{sm}-\phi_{xm})G(\theta_m)f_m - 0.5D_{1m}f_m 2 \quad \ldots\ldots(3.14)$$

$$\phi_{im} = \phi_{xm} + V_i - \phi_m \quad \ldots\ldots(3.15)$$

$$a_m = \frac{0.9054\times10^{-8}\,((R_{SM}+R_g)-1/(2-_{SM}))\,-_{gm}}{1 + (R_g)3 \,/\, (R_{SM}+R_g)3} \quad \ldots\ldots(3.16)$$

$$b_m = 9R_x^3 \gamma_{xm}^{1.5} \quad \ldots\ldots(3.17)$$

$$D_{om} = \frac{S_{SM} S_g}{(S_{SM})2 + (S_g)2} */(H_{sm}H_x)$$

สำหรับอิเลคโทรด,m ค่า $\phi_{sm}$ และ $\phi_{xm}$ คือ ค่า WORK FUNCTION ที่ ZERO และ MONOLAYER COVERAGE ตามลำดับ

$\theta_m$ คือ ค่า COVERAGE ใน MONOLAYER

$f_m$ คือ เศษส่วนของประจุอิเลคทรอนิคส์ที่ถูกแปลงกลับไปกลับมา ระหว่างชั้นพื้นฐานกับชั้นวาเลนซ์อิเลคตรอนที่ถูกดูดซับ

$R_{sm}$ และ $R_x$ คือ รัศมีของอะตอมชั้นพื้นฐานและดูดซับ ตามลำดับ

$\gamma_{sm}$ และ $\gamma_{xm}$ คือ ความหนาแน่นเชิงผิวของอะตอมชั้นพื้นฐานและดูดซับ ตามลำดับ

$S_m$ และ $S_x$ คือ BOND STREGTH ของชั้นพื้นฐานและดูดซับ ตามลำดับ

$D_{1m}$ คือ ลักษณะของพลังงานของการดูดซับของระบบ

$G(\theta) = 1-3\theta^2+2\theta^3$

3.3.2 อัตราการส่งออก (EMISSION) ของอะตอมและไอออน

หลักสำคัญของกลศาสตร์สถิตย์ถูกเขียนแสดง โดยอัตราการส่งออกของอะตอมและไอออน ($E_{xm}$,$E_{im}$) ดังต่อไปนี้

$$E_{xm} = w_x \sigma_m \gamma_{xm} \theta_m \exp(\Delta S_m/k) \exp(-\phi_{xm}/\theta_m)$$

$$E_{im} = w_i \sigma_m \gamma_{xm} \theta_m \exp(\Delta S_m/k) \exp(-\phi_{im}/\theta_m)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\gamma_m = \gamma_m' \exp((e_m/\gamma_m')(\partial\gamma_m'/\partial e_m))$$

$$\gamma_m' = \frac{1}{2\pi} \frac{\{\phi_{xm}(m_x + 4m_{sm})\}^{1/2}}{\{2m_x m_{sm}[(R_{sm} + R_x)^2 - 1/(2\gamma_{sm})]\}^{1/2}}$$

$$\Delta S_m = k(\mathrm{Ln}x_m + (e/x_m)(\partial x_m/\partial e_m));$$

$$x_m = 1/((1-\sqrt{e_m})(\sqrt{(1-e_m)}))$$

โดยที่ $m_{sm}$ คือ มวลของอะตอมชั้นพื้นฐาน

$Y_m$ คือ ลักษณะความถี่ของการออสซิลเลชั่นของการดูดซับ

$\Delta s_m$ คือ ความเหมือนของลักษณะประจุ (ENTROPY) ที่เกี่ยวข้องกับขบวนการ EMISSION

3.3.3 SURFACE EQUATION OF STATE

สมการสถานะทางพื้นผิวแทนได้ด้วย สมการสมดุลย์ระหว่างอัตราทางด้านออก และด้านเข้าของอนุภาคหนักที่พื้นผิวอิเลคโทรด

$$A_{xm} + A_{im} = E_{xm} + Eim \qquad .....(3.18)$$

เมื่อ $A_{xm}, A_{im}$ คือ อัตราด้านขาออกของอะตอมและไอออนที่พื้นผิวของอิเลคโทรด m

รูปแบบอย่างง่ายของสมการที่ 3.18 ให้คิดว่า

1) การไอออไนซ์เชชั่นที่พื้นผิวจะน้อยมากเมื่อเทียบกับ 1 (UNITY)

2) พลาสมาที่เป็นกลางที่ติดอยู่กับอิเลคโทรดถูกไอออไนซ์ได้น้อยมาก

เงื่อนไขเหล่านี้อยู่ภายใต้การทดลองของ THERMIONIC CONVERTER และยังให้ค่า IONIC CONTRIBUTIONS ของอัตราการส่งออก (EMISSION RATES)ที่พื้นผิวของอิเลคโทรดน้อยจนสามารถตัดทิ้งได้ ดังนั้น สมการทางพื้นผิวจะได้ว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$A_{xm} = p_x/\sqrt{2\pi em_x\theta_m} = E_{xm} \qquad .....(3.18a)$$

สำหรับอิเลคโทรดเฉพาะชนิดกับอุณหภูมิของ CESIUM สมการที่ 3.13-3.17 และ 3.18a สามารถใช้ขบวนการทำซ้ำ เพื่อทำการคำนวณหาค่า WORK FUNCTION ของอิเลคโทรด และค่าคุณสมบัติต่างๆของอิเลคโทรดได้

3.3.4 ลักษณะสำคัญของอิเลคโทรด ( COMMENT ON ELECTRODE CHARACTERIZATION)

ความหมายตามทฤษฎีของ STEINER-GYFTFTOPOULOS กล่าวว่า อิเลคโทรดของ THERMIONIC CONVERTER จะถูกกำหนดด้วยปริมาณต่างๆ คือ $\phi_{sm}, \phi_{xm}, C_{sm}, \gamma_{xm}, H_{sm}, H_x, R_{sm}, R_x, S_{sm}, S_x . D_{im}$ ค่าพารามิเตอร์ $R_{sm}, R_x, S_{sm}, S_x$ คือ คุณสมบัติขั้นพื้นฐาน(SUBSTRATE) และดูดซับ(ABSORPTION)ของอะตอม จะถูกมองว่าเป็นค่าอิสระ จึงทำให้มีเหตุผลที่เชื่อว่า ค่าพารามิเตอร์ที่เหลือนั้นไม่เป็นค่าอิสระ แต่จะขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของขั้นพื้นฐาน(SUBSTRATE)และดูดซับ(ADSORBATE) ของอะตอม

ในหัวข้อการศึกษานี้ อธิบายเรื่องได้ค่อนข้างยาก เพราะค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ที่ต้องการนั้น ไม่สามารถวัดได้โดยตรง การแก้ไขในจุดนี้กระทำได้โดย การเปลี่ยนรูปสมการของ SURFACE PHYSICS ให้อยู่ในรูปขั้นพื้นฐานที่ง่ายขึ้น และสามารถวัดค่าได้โดยตรง เช่น ค่าคุณสมบัติต่างๆของขั้นพื้นฐาน(SUBSTRATE) และดูดซับ(ADSORBATE)ของอะตอม หรือค่า CRYSTALLOGRAPHIC ของอิเลคโทรด

4. สมรรถภาพของ THERMIONIC CONVERTER

4.1 คุณลักษณะของกระแสเอาท์พุท

ค่าแรงดันเอาท์พุทของ THERMIONIC CONVERTER สำหรับค่าความหนาแน่นของกระแสเอาท์พุท (j) เฉพาะค่าหนึ่งๆ สามารถแทนได้ด้วย ค่าผลรวมของแรงดันตกคร่อมระหว่างอิมิตเตอร์และคอลเลคเตอร์ ที่ระดับพลังงาน FERMIได้สมการดังนี้

$$V = \phi_E' + V_E - V_p + V_C + \phi_C' \qquad .....(3.19)$$

4.2 ประสิทธิภาพที่แท้จริง (INTRINSIC EFFICIENCY)

$n_i$ ของ THERMIONIC CONVERTER ที่แสดงในที่นี้ เป็นประสิทธิภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ไม่คิดความสูญเสียของอิเลคโทรด ของโครงสร้าง ดังนั้นค่าประสิทธิภาพนี้จึงเป็นค่าอิสระขึ้นอยู่กับรายละเอียดทางการออกแบบ CONVERTER ที่แสดงได้ดังนี้

$$n_i = P/(Q_e + Q_i + Q_r + Q_x) \qquad \text{.....(3.20)}$$

เมื่อ $P = J*V$ คือ ค่าความหนาแน่นของพลังงานเอาท์พุท

$Q_e, Q_i, Q_r, Q_x$ คือ ค่าฟลักซ์ความร้อน (HEAT FLUX) ซึ่งเคลื่อนที่จากอิมิตเตอร์ เนื่องจากอิเลคตรอน ไอออน รังสี และการนำของก๊าซ

จากสมการที่ 3.20 สามเทอมแรกของสมการ คือ

$$Q_e = J_{ec}(\phi_E' + V_E) + q_{ec} \qquad \text{.....(3.21)}$$

$$q_i = -J_{ic}(\phi_E' + V_E) + J_{ic}V_i \qquad \text{.....(3.22)}$$

$$q_r = \sigma\left(\frac{T_E^4}{1/\varepsilon_E(T_E)+1/\varepsilon_C(T_E/T_C)-1} - \frac{T_C^4}{1/\varepsilon_E(T_E/T_C)+1/\varepsilon_C(T_C)-1}\right) \qquad \text{(3.23)}$$

ซึ่งค่า $\sigma$ คือ ค่าคงที่ของ STEFAN-BOLTZMANN

$\varepsilon_e(T_e)$ และ $\varepsilon_c(T_c)$ คือ ค่าอุณหภูมิที่ขึ้นกับค่า EMISIVITY ของอิมิตเตอร์และคอลเลคเตอร์ ดังนั้น สามารถประมาณค่าได้ ดังความสัมพันธ์ ดังนี้คือ

$$\varepsilon_m = A_m + B_m * T_m \; ; \; m = E, C \qquad \text{.....(3.24)}$$

ซึ่งค่า $A_m$ (INTERCEPT) และ $B_m$ (TEMPERATURE COEFFICIENT) ได้จากการทดลอง การแสดงค่า การนำของก๊าซระหว่างอิมิตเตอร์และคอลเลคเตอร์($Q_x$) สำหรับ CESIUM แสดงได้ดังนี้คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$Q_x = \frac{1.10*10^{-6}(T_E^{3/2}-T_C^{3/2})}{d+1.15*10^{-5}(T_E+T_C)/P_x} \qquad \text{.....(3.25)}$$

ค่า $T_E$ และ $T_C$ มีหน่วยเป็นองศาเคลวิน(K)

d มีหน่วยเป็น cm

$P_x$ มีหน่วยเป็น torr

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 4

# SIMCON PROGRAM

ในการคำนวนหาคุณสมบัติต่างๆ ของ THERMIONIC CONVERTER ที่สภาวะการใช้งานใดๆ นั้น จำเป็นที่จะต้องใช้สมการจำนวนมาก และมีวิธีการคำนวนที่ยุ่งยากซับซ้อน ซึ่งมีผลให้เวลาการคำนวนต้องใช้เวลานาน ดังนั้น คอมพิวเตอร์จึงเข้ามามีบทบาทสำคัญในการทำให้เวลาที่ใช้ในการคำนวนลดลง และทำให้การศึกษาคุณสมบัติต่างๆ ของ THERMIONIC CONVERTER ทำได้สะดวกมากยิ่งขึ้น

โปรแกรม SIMCON คือ โปรแกรมคอมพิวเตอร์ ที่ถูกสร้างขึ้นเพื่อจำลองการทำงานของ THERMIONIC CONVERTER และคำนวนคุณสมบัติที่สภาวะการใช้งานต่างๆ ซึ่งจะกล่าวถึงในรายละเอียดต่อไป

## 4.1 ความสามารถของโปรแกรม SIMCON

โปรแกรม SIMCON เป็นโปรแกรมที่เขียนขึ้นด้วยภาษา FORTRAN ในการใช้งานโปรแกรม เราจะต้องป้อนข้อมูลอินพุทเข้าไป ซึ่งข้อมูลอินพุทนี้ได้แก่สภาวะการใช้งาน คุณสมบัติของอิเลคโทรด หรือคุณสมบัติของ cesium เป็นต้น ซึ่งข้อมูลอินพุทนี้สามารถป้อนเข้าสู่โปรแกรมได้ 2 วิธี คือ

1) ป้อนผ่านทางคีย์บอร์ด

2) อ่านจากไฟล์ที่มีข้อมูลของอินพุทอยู่ ซึ่งไฟล์นี้จะต้องสร้างขึ้นจากโปรแกรม SIMCON เท่านั้น

เมื่อทำการป้อนข้อมูลอินพุทแล้ว เราจะยังสามารถแก้ไขข้อมูลอินพุทได้อีก ซึ่งเมื่อทำการแก้ไขแล้ว เราสามารถเก็บไว้ในไฟล์ได้อีกด้วย หลังจากป้อนข้อมูลอินพุทแล้วโปรแกรมก็จะทำการคำนวนตามกระบวนการ และจะทำการแสดงผลของการคำนวณออกมา โดยผู้ใช้สามารถเลือก output option ได้ ซึ่งแต่ละ option นั้นจะให้เอาท์พุทที่แตกต่างกัน ซึ่งจะกล่าวถึงในรายละเอียดต่อไป

หลังจากโปรแกรมทำการแสดงผลของการคำนวณแล้ว ผู้ใช้สามารถเก็บผลการคำนวณไว้ใน TEXT FILE ได้อีกด้วย ซึ่งเราสามารถใช้โปรแกรมอิดิเตอร์ต่างๆ ทำการจัดรูปแบบ และพิมพ์ออกมาทางเครื่องพิมพ์ได้ (ในการเก็บค่าเอาท์พุทนี้โปรแกรมจะทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

การเก็บผลการคำนวณทั้งหมด หรือทำการเก็บทุกๆ option นั่นเอง)

นอกจากนี้โปรแกรม SIMCON ยังมีโปรแกรมสำหรับสร้างกราฟระหว่างแรงดันเอาท์พุท กับ ความหนาแน่นของกระแสเอาท์พุท (หรือเรียกกราฟนี้ว่า OUTPUT CURRENT CHARACTERISTICS) ในการสร้างกราฟนั้น เราสามารถสร้างพร้อมกันได้ทั้ง 6 กราฟ โดยผู้ใช้จะต้องทำการป้อนข้อมูลอินพุทผ่านทางคีย์บอร์ด หรือ อ่านจากไฟล์เช่นเดียวกับการคำนวณค่าเอาท์พุทตามปกติ แต่ถ้ากราฟที่จะสร้างนี้ถูกเก็บไว้ในไฟล์เรียบร้อยแล้ว ก็สามารถเรียกออกมาดูได้เลย ในการสร้างกราฟพร้อมกันมากกว่า 1 กราฟนั้นผู้ใช้ต้องทำการป้อนข้อมูลอินพุทของแต่ละกราฟ หรือเรียกไฟล์ที่เก็บข้อมูลของกราฟออกมา จนครบทุกกราฟ

ในกรณีที่สร้างกราฟโดยการป้อนข้อมูลอินพุทจนครบแล้ว โปรแกรมจะทำการคำนวณข้อมูลที่ใช้ในการสร้างกราฟออกมา ซึ่งเราสามารถเก็บผลการคำนวนนี้ไว้ในไฟล์ เพื่อเรียกใช้ต่อไป

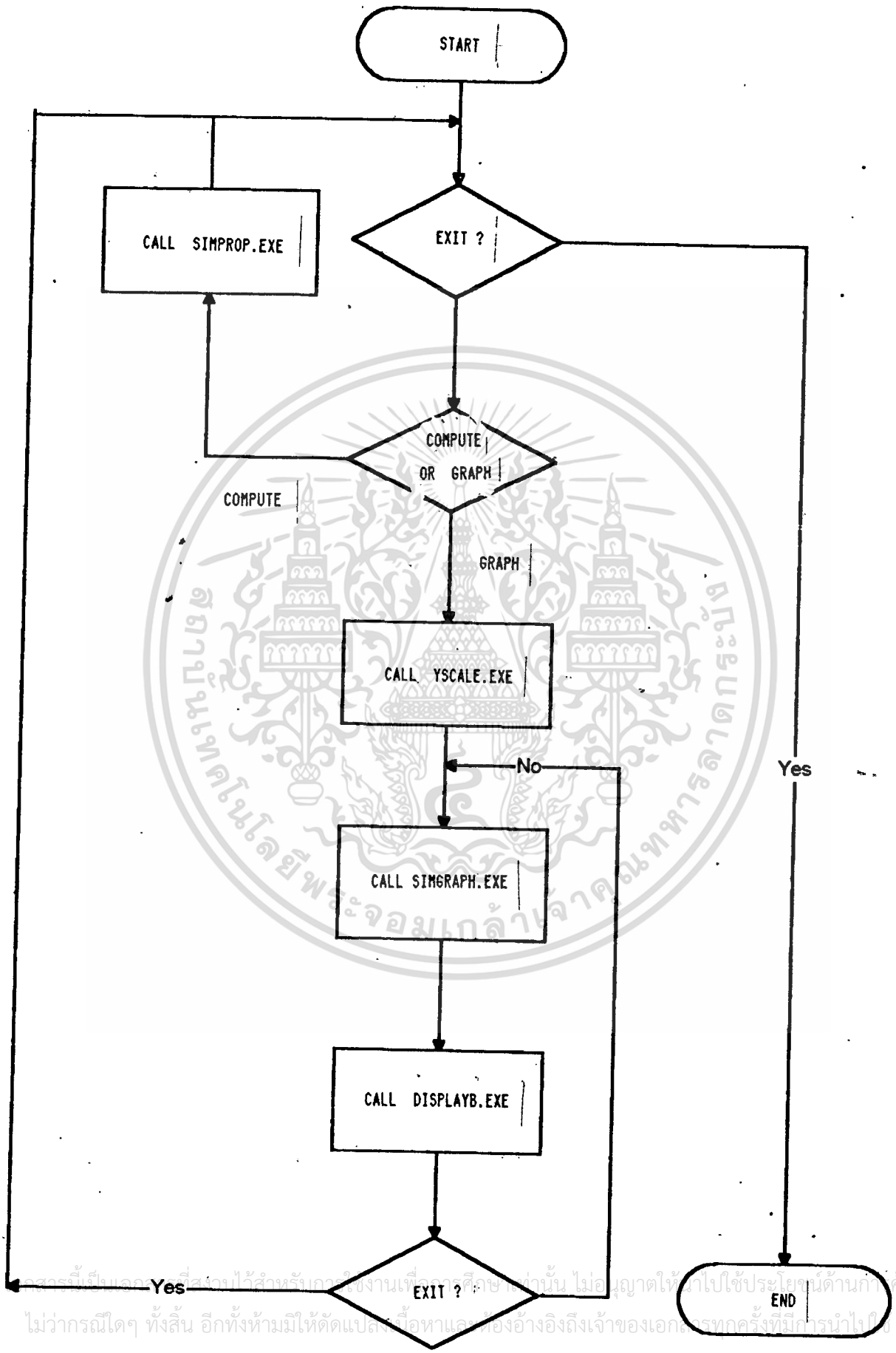
## 4.2 โครงสร้างการทำงานของโปรแกรมหลัก

ในการใช้โปรแกรม SIMCON นั้น เราจะเรียกผ่านแบตช์ไฟล์ ชื่อ SIMCON.BAT แบตช์ไฟล์นี้จะทำการสร้างเมนูหลัก เพื่อให้ผู้ใช้เลือกระหว่าง การคำนวณคุณสมบัติของ THERMIONIC กับการสร้างกราฟ โดยถ้าเลือกใช้การคำนวณคุณสมบัติของ THERMIONIC CONVERTER โปรแกรมจะเรียกใช้ SIMPROP.EXE ซึ่งโปรแกรม SIMPROP.EXE นี้จะรับค่าอินพุท แล้วทำการคำนวณ ผลที่ได้จากการคำนวณจะถูกแสดงออกทางจอภาพต่อไป เมื่อผู้ใช้ใช้งานเสร็จแล้วก็จะกลับสู่โปรแกรมหลักต่อไป

ถ้าผู้ใช้เลือกการใช้กราฟ ขั้นแรกโปรแกรมจะะเรียกใช้โปรแกรม YSCALE.EXE เพื่อหาขนาดหน้าจอ หลังจากนั้นจะเรียกโปรแกรม SIMGRAPH.EXE โปรแกรมนี้จะรับค่าอินพุท ซึ่งเป็นคุณสมบัติของแต่ละกราฟ จากนั้นจะทำการคำนวณเพื่อสร้างข้อมูลที่ใช้ในการสร้างกราฟ หลังจากนั้นจะเรียกใช้โปรแกรม DISPLAY.EXE ซึ่งเป็นโปรแกรมที่เขียนด้วยภาษา PASCAL เพื่อแสดงกราฟความสัมพันธ์ของการคำนวณออกทางจอภาพ หลังจากนั้นก็จะกลับสู่โปรแกรมหลักต่อไป

จากข้อมูลด้านบน เราสามารถเขียนโฟล์วชาร์ตได้ดังนี้

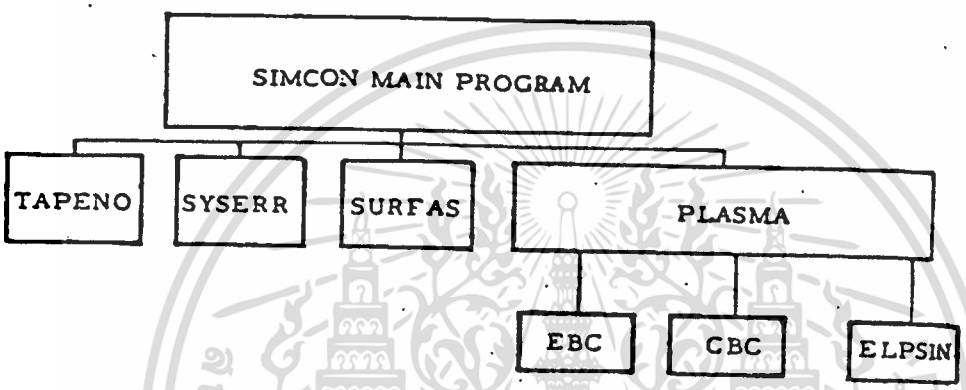
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับโครงสร้างของโปรแกรม SIMPROP.EXE นั้น จะมีลักษณะคล้ายกันกล่าวคือ เราสามารถที่จะแยกโครงสร้าง ออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่ใช้สร้างจอภาพสำหรับการรับค่าอินพุทและแสดงผลเอาท์พุท กับส่วนที่ใช้ในการคำนวณ ซึ่งเป็นส่วนหัวใจของโปรแกรม

ในส่วนแรกนั้น จะขอละไว้ไม่กล่าวถึงในรายละเอียด สำหรับส่วนที่ 2 นั้น ทั้งโปรแกรม SIMPROP.EXE และ SIMGRAPH.EXE จะมีโครงสร้างของโปรแกรมที่เหมือนกัน ซึ่งมีโครงสร้างดังนี้




รูปที่ 4.1 โครงสร้างการทำงานของโปรแกรม SIMCON

โปรแกรมที่ใช้คำนวณนั้น ในส่วนโปรแกรมหลักจะมีการเรียกใช้ซับรูทีน ดังต่อไปนี้ คือ SURFAS , PLASMA , EBC และ CBC SUBROUTINE ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

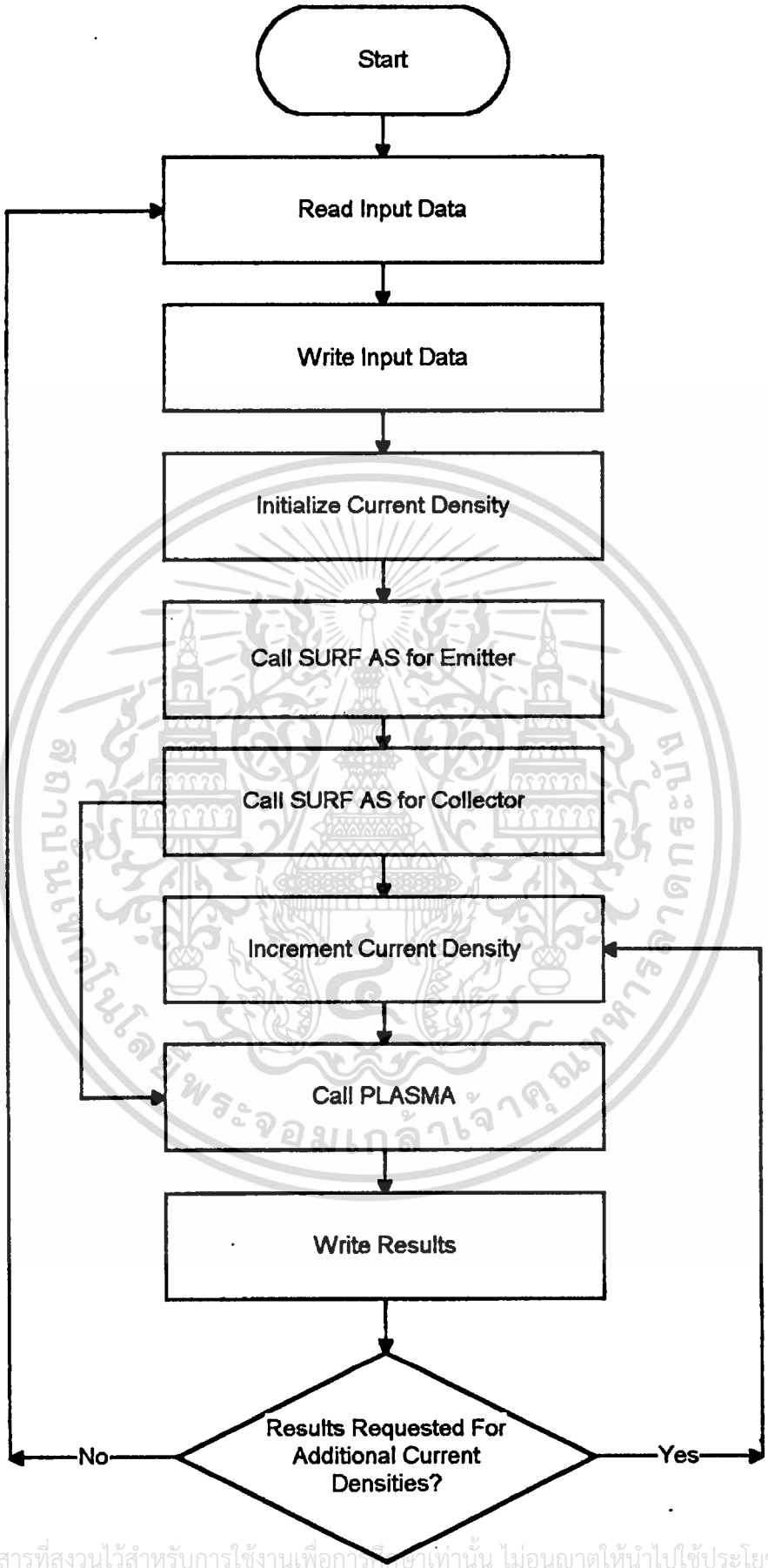
1) <u>โปรแกรมหลักของ SIMCON</u>

เป็นโปรแกรมส่วนที่มีหน้าที่ดังต่อไปนี้คือ

- ทำหน้าที่ รับค่าอินพุทเข้าสู่โปรแกรม
- ทำหน้าที่ ควบคุมการเรียกซับรูทีนที่ใช้ในการคำนวณ เพื่อให้ผลการคำนวณตามที่ต้องการ
- ทำหน้าที่ ควบคุมการแสดงผลของการคำนวณ

ในส่วนของโปรแกรมหลักนั้น สามารถเขียนเป็นโฟล์วชาร์ตได้ดังนี้

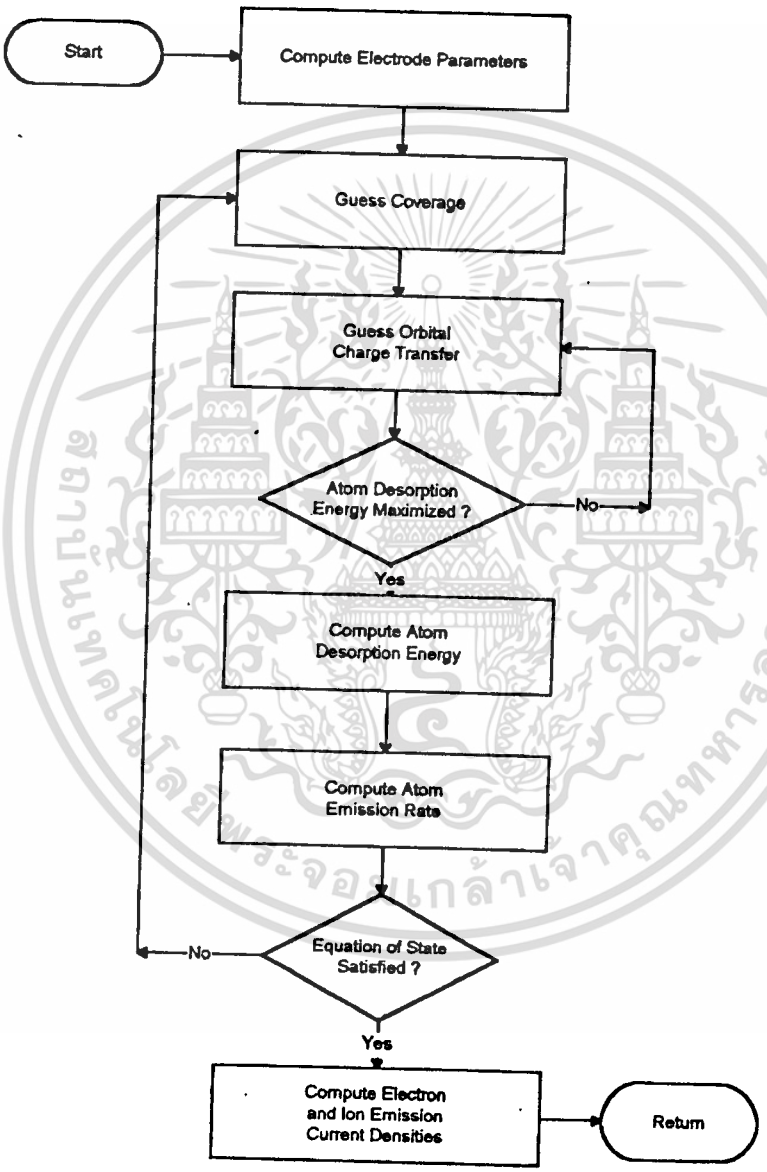
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) ซับรูทีน SURFAS

ใช้คำนวณ FIELD-FREE WORK FUNCTIONS และ CHARGED PARTICLE EMISSION CURRENT DENSITIES ของขั้วอิมิตเตอร์และคอลเลคเตอร์ ซึ่งสามารถเขียนโฟล์วชาร์ตได้ดังนี้

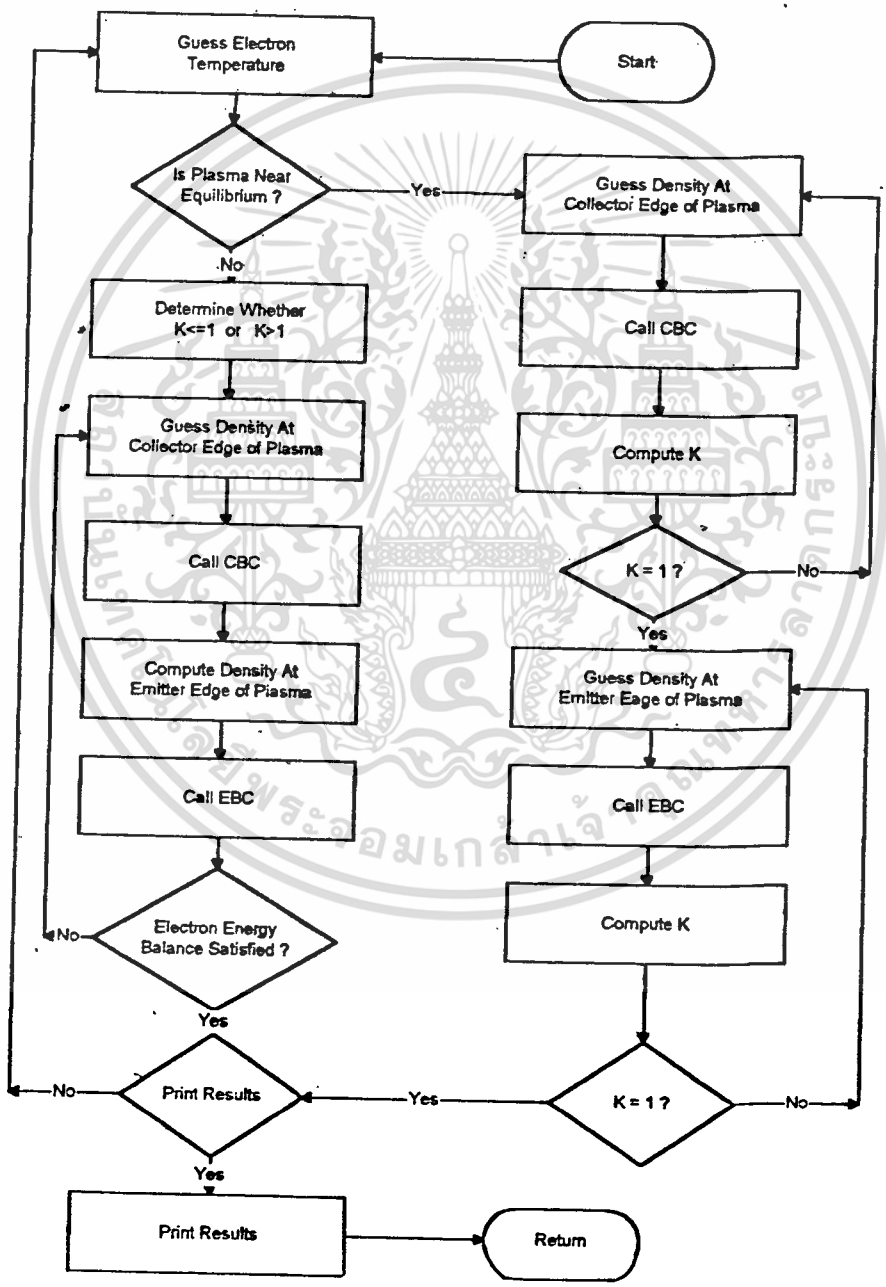



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) ซับรูทีน PLASMA

ซับรูทีนนี้ จะทำการคำนวณเกี่ยวกับปรากฏการณ์ ซึ่งเกิดขึ้นในขอบเขตของพลาสมาที่เป็นกลางที่อยู่ระหว่างขั้วทั้งสองของ THERMIONIC CONVERTER โดยจะทำการคำนวณค่าความหนาแน่นของอนุภาคประจุ กระแส อุณหภูมิ และ แรงดันตกคร่อมของพลาสมาที่เป็นกลาง

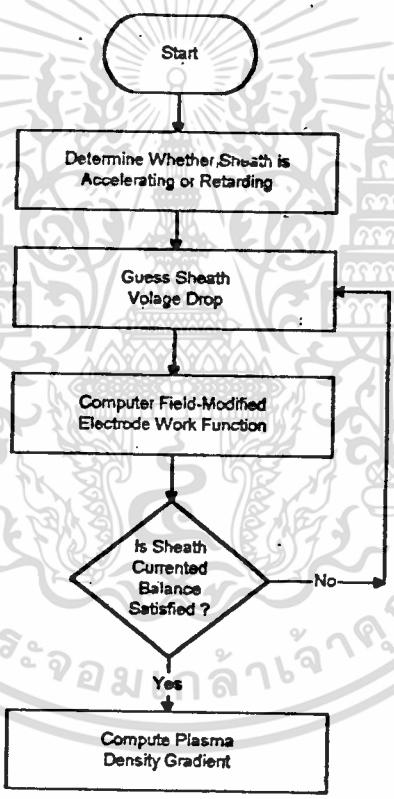
โฟล์วชาร์ตของซับรูทีน PLASMA สามารถเขียนได้ดังนี้




เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) ซับรูทีน EBC และ CBC

ซับรูทีน EBC (EMITTER BOUNDARY CONDITIONS) และ CBC (COLLECTOR BOUNDARY CONDITIONS) จะถูกเรียกโดยซับรูทีน PLASMA เพื่อจะหาค่า SELF-CONSISTENT SHEATH VOLTAGE DROPS และ FIELD-MODIFIED WORK FUNCTIONS ซึ่งสามารถเขียนโฟล์วชาร์ตได้ดังต่อไปนี้




เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5) ซับรูทีน ELPSIN

ซับรูทีนนี้ จะทำการคำนวณค่า ELLIPTIC SINE FUNCTION ของอาร์กิวเมนต์ U และพารามิเตอร์ M ค่า ALTERNATE ELLIPTIC SINE FUNCTION ก็จะถูกหาจาก ELLIPTIC SINE FUNCTION

## 4.3 ข้อจำกัดของการคำนวณของโปรแกรม SIMCON

1) ความหนาแน่นของกระแสเอาท์พุท (OUTPUT CURRENT DENSITY) ต้องมีค่าเป็นบวก

2) ค่าอุณหภูมิของคอลเลคเตอร์ จะต้องมีค่าต่ำเพียงพอ เพื่อที่จะให้เกิดการส่งออก (EMISSION) ของไอออนน้อยที่สุด

## 4.4 อินพุทของโปรแกรม SIMCON (ทั้งของ SIMPROP.EXE และ SIMGRAPH.EXE)

การรับค่าอินพุทของโปรแกรมนั้น ผู้ใช้สามารถจะเลือกได้ว่าจะให้โปรแกรมอ่านค่าอินพุทจากคีย์บอร์ด หรือจะให้อ่านจากไฟล์ที่เก็บข้อมูลของอินพุทไว้

เนื่องจากอินพุทของโปรแกรมมีจำนวนมาก เราจึงแบ่งอินพุทออกเป็นการ์ดตามคุณสมบัติที่เกี่ยวข้องกัน ดังนี้

การ์ด 1 สภาพการปฏิบัติการของคอนเวอร์เตอร์

| พารามิเตอร์ | หน่วย | ฟอร์แมต |
|---|---|---|
| อุณหภูมิของอิมิตเตอร์ $T_e$ | K | F 8.3 |
| อุณหภูมิของคอลเลคเตอร์ $T_c$ | K | F 8.3 |
| อุณหภูมิของ CESIUM $T_v$ | K | F 8.3 |
| ระยะห่างระหว่างชั้ว d | mils | F 8.3 |

การ์ด 2 คุณสมบัติของอิมิตเตอร์ m = E

| พารามิเตอร์ | หน่วย | ฟอร์แมต |
|---|---|---|
| น้ำหนักอะตอม $A_m$ | - | F 8.3 |
| ZERO COVERAGE WORK FUNCTION $\phi_m$ | eV | F 8.3 |
| FULL COVERAGE WORK FUNCTION $\phi_{cm}$ | eV | F 8.3 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น รวมทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| | | |
|---|---|---|
| HEAT OF SUBLIMATION $H_{sm}$ | eV | F 8.3 |
| รัศมีของโลหะ $R_{sm}$ | A | F 8.3 |
| BOND STRENGTH $S_{sm}$ | - | F 8.3 |
| SUBSTRATE ATOM DENSITY $\delta_{sm}$ | $A^{-2}$ | F 8.3 |
| ADSORPTION SITE DENSITY $\delta_{xm}$ | $A^{-2}$ | F 8.3 |
| ค่าลักษณะพลังงาน $D_{1m}$ | eV | F 8.3 |

<u>การ์ด 3</u> คุณสมบัติของคอลเลคเตอร์ m = C

| พารามิเตอร์ | หน่วย | ฟอร์แมต |
|---|---|---|
| น้ำหนักอะตอม $A_{sm}$ | - | F 8.3 |
| ZERO COVERAGE WORK FUNCTION $\phi_{sm}$ | eV | F 8.3 |
| FULL COVERAGE WORK FUNCTION $\phi_{xm}$ | eV | F 8.3 |
| HEAT OF SUBLIMATION $H_{sm}$ | eV | F 8.3 |
| รัศมีของโลหะ $R_{sm}$ | A | F 8.3 |
| BOND STRENGTH $S_{sm}$ | - | F 8.3 |
| SUBSTRATE ATOM DENSITY $\delta_{sm}$ | $A^{-2}$ | F 8.3 |
| ADSORPTION SITE DENSITY $\delta_{xm}$ | $A^{-2}$ | F 8.3 |
| ค่าลักษณะพลังงาน $D_{1m}$ | eV | F 8.3 |

<u>การ์ด 4</u> คุณสมบัติของไอ

| พารามิเตอร์ | หน่วย | ฟอร์แมต |
|---|---|---|
| น้ำหนักอะตอม $A_x$ | - | F 8.3 |
| HEAT OF SUBLIMATION $H_x$ | eV | F 8.3 |
| รัศมีของโลหะ $R_x$ | A | F 8.3 |
| BOND STRENGTH $S_x$ | - | F 8.3 |
| ศักดาของการไอออไนซ์เซชั่น $V_i$ | eV | F 8.3 |
| ELECTRON-NEUTRAL CROSS SECTION $\delta_{ex}$ | $A^{-2}$ | F 8.3 |
| ION-NEUTRAL CROSS SECTION $\delta_{ix}$ | $A^{-2}$ | F 8.3 |
| ค่าคงที่สัมประสิทธิ์ของ RECOMBINATION $k_r$ | $cm^6(eV)^{4.5}/sec$ | E 8.3 |
| ค่าคงที่ของ SCHOTTKY EFFECT $k_s$ | - | F 8.3 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การ์ด 5 พารามิเตอร์ของการแผ่รังสีความร้อน

| พารามิเตอร์ | หน่วย | ฟอร์แมต |
|---|---|---|
| EMITTER EMISSIVITY INTERCEPT $A_E$ | - | F 8.3 |
| ค่าสัมประสิทธิ์ของ EMITTER EMISSIVITY TEMPERATURE $B_E$ | $K^{-1}$ | E 8.3 |
| COLLECTOR EMISSIVITY INTERCEPT $A_E$ | - | F 8.3 |
| ค่าสัมประสิทธิ์ของ COLLECTOR EMISSIVITY TEMPERATURE $B_E$ | $K^{-1}$ | E 8.3 |

การ์ด 6 การ์ดสำหรับควบคุมการคำนวณ

| พารามิเตอร์ | หน่วย | ฟอร์แมต |
|---|---|---|
| N คือ จำนวนความหนาแน่นของกระแสเอาท์พุท ซึ่งเป็นค่าจำนวนเต็ม และไม่เกิน 50 ค่า | - | I 8 |
| ค่าแรงดันเอาท์พุทที่น้อยที่สุด $V_m$ (ถ้าค่าความหนาแน่นของเอาท์พุทให้ค่าแรงดันเอาท์พุทน้อยกว่าค่าที่น้อยที่สุด โปรแกรมจะตัดค่าความหนาแน่นของกระแสเอาท์พุทออกไป | V | F 8.3 |
| ค่า IP เป็นค่าสำหรับเลือก OUTPUT OPTION ซึ่งจะมีค่า IP = 1,2,3,4,5 | - | I 8 |

การ์ด 7 ความหนาแน่นของกระแสเอาท์พุท

| พารามิเตอร์ | หน่วย | ฟอร์แมต |
|---|---|---|
| ค่าความหนาแน่นของกระแสเอาท์พุท (ไม่เกิน 50 ค่า) | $Amps/cm^2$ | F 8.3 |

หมายเหตุ

สำหรับโปรแกรม SIMGRAPH.EXE จะรับค่าอินพุทตั้งแต่การ์ด 1-การ์ด 5 เท่านั้น ส่วนโปรแกรม SIMPROP.EXE จะรับค่าอินพุททุกการ์ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 4.5 เอาท์พุทของโปรแกรม SIMCON

### 4.5.1 เอาท์พุทของโปรแกรม SIMPROP.EXE

เอาท์พุทของโปรแกรม SIMCON จะแสดงออกมาทางจอภาพ และผู้ใช้สามารถเก็บค่าเอาท์พุทไว้ในรูปของเท็กซ์ไฟล์ เอาท์พุทจะประกอบด้วย ผลการคำนวณ ซึ่งในการแสดงผลส่วนที่ได้จากการคำนวณนั้น ผู้ใช้สามารถเลือกดูได้ว่าจะต้องการดูค่าของข้อมูลใด ดังนั้นเราจึงแบ่งการแสดงผลออกมาในรูปของ OUTPUT OPTION (IP) ซึ่งมีทั้งหมด 5 OPTION ดังนี้

1) OUTPUT OPTION IP1

เป็นการแสดงผลของ ELECTRICAL AND THERMAL PERFORMANCE SUMMARY ของกระแสแต่ละค่า โดยจะทำการแสดงผลทีละค่าของกระแส ซึ่งมีข้อมูลดังต่อไปนี้

VOLTAGE - แรงดันเอาท์พุทที่ขั้ว (V)

POWER - ความหนาแน่นพลังงานเอาท์พุทที่ขั้วอิเลคโทรด ($W/cm^2$)

EFF - ประสิทธิภาพที่แท้จริง

E-COOL - COOLING HEAT FLUX ของอิเลคตรอนที่ขั้วอิมิตเตอร์ ($W/cm^2$)

I-COOL - COOLING HEAT FLUX ของไอออนที่ขั้วอิมิตเตอร์ ($W/cm^2$)

CS-COND - CONDUCTION HEAT FLUX ของ CESIUM ($W/cm^2$)

TH RAD - HEAT FLUX ของการแผ่รังสีความร้อน ($W/cm^2$)

HEAT IN - HEAT FLUX ทั้งหมดที่ขั้วอิมิตเตอร์ ($W/cm^2$)

2) OUTPUT OPTION IP2

เป็นการแสดงผลของ VOLTAGE AND EMMISSION CURRENT SUMMARY ของกระแสแต่ละค่า โดยจะทำการแสดงผลทีละค่าของกระแส ซึ่งมีข้อมูลดังต่อไปนี้

EM W FUN - ค่า FIELD MODIFIED EMITTER WORK FUNCTION (eV)

EM SHEATH - แรงดันตกคร่อมของอิมิตเตอร์ชีสต์ (eV)

PL VOLT - แรงดันตกคร่อมของพลาสมาระหว่างขั้วทั้งสอง (eV)

CO SHEATH - แรงดันตกคร่อมของคอลเลคเตอร์ชีสต์ (eV)

CO W FUN - ค่า FIELD MODIFIED COLLECTOR WORK FUNCTION (eV)

JE - ค่า FIELD MODIFIED ELECTRON EMISSION จากอิมิตเตอร์ ($A/cm^2$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

JC - ค่า FIELD MODIFIED ELECTRON EMISSION จากคอลเลคเตอร์ ($A/cm^2$)

IE - ค่า FIELD MODIFIED ION EMISSION จากอิมิตเตอร์($A/cm^2$)

IC - ค่า FIELD MODIFIED ION EMISSION จากคอลเลคเตอร์ ($A/cm^2$)

3) OUTPUT OPTION IP3

เป็นการแสดงผลของ CHARGED PARTICLE DENSITY PROFILE ของกระแสแต่ละค่า โดยจะทำการแสดงผลทีละค่าของกระแส ซึ่งมีข้อมูลดังต่อไปนี้

INT CON K - ค่าคงที่ของการอินทิเกรต

MODULUS M - ELLIPTIC FUNCTION MODULUS M

Y(X = 0) - CHARGED PARTICLE DIMENSIONLESS DENSITY AT EMITTER EDGE OF PLASMA

P(X = 0) - CHARGED PARTICLE DIMENSIONLESS DENSITY GRADIENT AT EMITTER EDGE OF PLASMA

Y(X = D) - CHARGED PARTICLE DIMENSIONLESS DENSITY AT COLLECTOR EDGE OF PLASMA

P(X = D) - CHARGED PARTICLE DIMENSIONLESS DENSITY GRADIENT AT COLLECTOR EDGE OF PLASMA

4) OUTPUT OPTION IP4

เป็นการแสดงผลของ PLASMA PROPERTIES ของกระแสแต่ละค่า โดยจะทำการแสดงผลทีละค่าของกระแส ซึ่งมีข้อมูลดังต่อไปนี้

CS DEN - ความหนาแน่นของไอ CESIUM ($cm^{-3}$)

E-MFP - จำนวนของ ELECTRON-CESIUM MEAN FREE PATHS ACROSS PLASMA (DIMENSIONLESS)

I-MFP - จำนวนของION-CESIUM MEAN FREE PATHS ACROSS PLASMA (DIMENSIONLESS)

GAMMA - พารามิเตอร์ของการ IONIZATION ($\gamma$) (DIMENSIONLESS)

EL TEMP - อุณหภูมิของอิเลคตรอนพลาสมา (K)

SAHA DEN - ความหนาแน่นของอนุภาคประจุที่ สมดุลย์ SAHA ($cm^{-3}$)

COUL RES - ค่า PLASMA COULOMB RESISTIVITY ( cm)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น ทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

JI(X =0) - ความหนาแน่นของกระแสไอออนที่อิมิตเตอร์ ($A/cm^2$)

JI(X =D) - ความหนาแน่นของกระแสไอออนที่คอลเลคเตอร์ ($A/cm^2$)

5) OUTPUT OPTION IP5

เป็นการแสดงผลของ PLASMA PROPERTIES ซึ่งจะทำการแสดงข้อมูลดังต่อไปนี้ออกมาคือ CURRENT , VOLTAGE , POWER , EFF , HEAT IN โดยจะแสดงผลทุกค่าของกระแสที่เราทำการคำนวณ

นอกจากนี้ในการแสดงผลแต่ OPTION จะแสดงค่า THERMIONIC CONVERTER OPERATING CONDITION ออกมาด้วยเสมอไม่ว่าจะแสดงผลด้วย OPTION ใดก็ตาม ซึ่งมีข้อมูลดังนี้ คือ

EM TEMP - อุณหภูมิของอิมิตเตอร์ (K)

CO TEMP - อุณหภูมิของคอลเลคเตอร์ (K)

RES TEMP - อุณหภูมิของไอ (K)

SPACING - ระยะห่างระหว่างขั้ว (mils)

WFEO - ZERO FIELD EMITTER WORK FUNCTION (eV)

JEO - ZERO FIELD ELECTRON EMISSION FROM EMITTER ($A/cm^2$)

IEO - ZERO FIELD ION EMISSION FROM EMITTER ($A/cm^2$)

WFCO - ZERO FIELD COLLECTOR WORK FUNCTION (eV)

JCO - ZERO FIELD ELECTRON EMISSION FROM COLLECTOR ($A/cm^2$)

ICO - ZERO FIELD ION EMISSION FROM COLLECTOR ($A/cm^2$)

นอกจากการแสดงผลบนจอภาพแล้ว ผู้ใช้ยังสามารถสั่งให้เก็บค่าเอาท์พุทของโปรแกรมลงไปไฟล์ได้อีกด้วย

4.5.2 เอาท์พุทของ SIMGRAPH.EXE

เนื่องจากเอาท์พุทของ SIMGRAPH.EXE นั้นเป็นการสร้างเอาท์พุทให้โปรแกรม DISPLAYB.EXE นำไปพล็อตกราฟ ดังนั้น จึงขอกล่าวถึงอย่างคร่าวๆ ดังนี้

โปรแกรม SIMGRAPH.EXE จะทำการแสดงค่าเอาท์พุทของแรงดันออกมาเท่ากับค่าของ MAXPOINT ที่ได้จากโปรแกรม YSCALE.EXE แล้วทำการเก็บค่าลงในไฟล์ เพื่อให้โปรแกรม DISPLAYB.EXE อ่าน และนำค่าไปพล็อตกราฟต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 4.6 การทดสอบการใช้งานของโปรแกรม SIMCON

เนื่องจากโปรแกรม SIMCON จะมี 2 โปรแกรมย่อย คือ SIMPROP.EXE และ SIMGRAPH.EXE ดังนั้น จึงขอแบ่งการทดสอบออกเป็น 2 ส่วน คือ

### 4.6.1 การทดสอบโปรแกรม SIMPROP.EXE

โปรแกรม SIMPROP.EXE จะทำการจำลองการทดลองของ THERMIONIC CONVERTER ชนิดที่บรรจุ CESIUM ที่มีอิมิตเตอร์ทำด้วยทังสเตน (W)และคอลเลคเตอร์ทำด้วยโมลิบดินัม (Mo) โดยคุณสมบัติของทังสเตน โมลิบดินัม และ CESIUM มีดังนี้คือ

อิมิตเตอร์ (W)

| | |
|---|---|
| น้ำหนักอะตอม (amu) | 184 |
| ZERO COVERAGE WORK FUNCTION (eV) | 4.75 |
| FULL COVERAGE WORK FUNCTION (eV) | 1.95 |
| HEAT OF SUBLIMATION (eV) | 8.61 |
| รัศมีของโลหะ (A) | 1.37 |
| BOND STRENGTH | 2.62 |
| SUBSTRATE ATOM DENSITY ($A^{-2}$) | 0.192 |
| ADSORPTION SITE DENSITY ($A^{-2}$) | 0.048 |
| $D_1$ ENERGY | 1.564 |
| EMISSIVITY INTERCEPT | 0.020 |
| EMISSIVITY TEMPERATURE COEFF. ($K^{-1}$) | $0.117*10^{-3}$ |

คอลเลคเตอร์ (Mo)

| | |
|---|---|
| น้ำหนักอะตอม (amu) | 96 |
| ZERO COVERAGE WORK FUNCTION (eV) | 4.38 |
| FULL COVERAGE WORK FUNCTION (eV) | 1.95 |
| HEAT OF SUBLIMATION (eV) | 6.77 |
| รัศมีของโลหะ (A) | 1.36 |
| BOND STRENGTH q | 2.31 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| | |
|---|---|
| SUBSTRATE ATOM DENSITY ($A^{-2}$) | 0.192 |
| ADSORPTION SITE DENSITY ($A^{-2}$) | 0.048 |
| $D_1$ ENERGY | 1.065 |
| EMISSIVITY INTERCEPT | 0.0 |
| EMISSIVITY TEMPERATURE COEFF. ($K^{-1}$) | $0.103*10^{-3}$ |

ไอ (Cs)

| | |
|---|---|
| น้ำหนักอะตอม (amu) | 133 |
| HEAT OF SUBLIMATION (eV) | 0.73 |
| รัศมีของโลหะ (A) | 2.66 |
| BOND STRENGTH (DIMENSIONLESS) | 1.00 |
| IONIZATION POTENTIAL (eV) | 3.89 |
| ELECTRON-NEUTRAL CROSS SECTION ($A^{-2}$) | 400 |
| ION-NEUTRAL CROSS SECTION ($A^{-2}$) | 570 |
| ค่าคงที่สัมประสิทธิ์ของ RECOMBINATION ($k_r$) | $2.8*10^{-26}$ |
| ค่าคงที่ SCHOTTKY EFFECT ($k_s$) | 1.0 |

โดย สมมุติว่าใช้ THERMIONIC CONVERTER ทำงานในสภาพการใช้งานต่อไปนี้ คือ

| | |
|---|---|
| อุณหภูมิของอิมิตเตอร์ $T_e$ | 2000.0 K |
| อุณหภูมิของคอลเลคเตอร์ $T_c$ | 1000.0 K |
| อุณหภูมิของ CESIUM $T_r$ | 600.0 K |
| ระยะห่างระหว่างขั้ว d | 10.0 mils |
| EMITTER EMISSIVITY INTERCEPT $A_E$ | 0.02 |
| ค่าสัมประสิทธิ์ของ EMITTER EMISSIVITY TEMPERATURE $B_E$ | 1.17e-4 $K^{-1}$ |
| COLLECTOR EMISSIVITY INTERCEPT $A_E$ | 0.00 |
| ค่าสัมประสิทธิ์ของ COLLECTOR EMISSIVITY TEMPERATURE $B_E$ | 1.03e-4 $K^{-1}$ |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่เราต้องการคำนวณหาค่าของพารามิเตอร์ต่างๆ ที่ค่าความหนาแน่นของกระแสเอาท์พุท ดังต่อไปนี้

0.0,1.0,2.0,...,19.0 Amps

เมื่อทำการป้อนค่าอินพุทต่างๆ แล้วทำการรันโปรแกรมจนครบแล้ว จะได้ค่าเอาท์พุท ดังนี้

THERMIONIC CONVERTER OPERATION CONDITIONS

| EM TEMP | CO TEMP | RES TEMP | SPACING | WFEO | JEO | IEO | WFCO | JCO |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2000.000 | 1000.000 | 600.000 | 10.000 | 3.060 | 9.414 | .156374 | 1.749 | .184 |

OUTPUT CURRENT CHARACTERISTIC

| CURRENT | VOLTAGE | POWER | EFF | E-COOL | I-COOL | CS COND | TH RAD | HEAT I |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| .000 | 1.946 | .000 | .000 | .083 | .006 | 1.833 | 8.853 | 10.77 |
| 1.000 | 1.435 | 1.435 | .101 | 3.556 | .009 | 1.833 | 8.853 | 14.25 |
| 2.000 | 1.246 | 2.492 | .143 | 6.748 | -.001 | 1.833 | 8.853 | 17.43 |
| 3.000 | 1.185 | 3.555 | .172 | 9.987 | -.018 | 1.833 | 8.853 | 20.65 |
| 4.000 | 1.145 | 4.580 | .192 | 13.235 | -.043 | 1.833 | 8.853 | 23.87 |
| 5.000 | 1.106 | 5.531 | .204 | 16.465 | -.080 | 1.833 | 8.853 | 27.07 |
| 6.000 | 1.065 | 6.391 | .211 | 19.667 | -.132 | 1.833 | 8.853 | 30.22 |
| 7.000 | 1.021 | 7.150 | .215 | 22.836 | -.202 | 1.833 | 8.853 | 33.31 |
| 8.000 | .975 | 7.801 | .215 | 25.970 | -.294 | 1.833 | 8.853 | 36.36 |
| 9.000 | .927 | 8.340 | .212 | 29.066 | -.411 | 1.833 | 8.853 | 39.34 |
| 10.000 | .875 | 8.754 | .207 | 32.125 | -.554 | 1.833 | 8.853 | 42.25 |
| 11.000 | .822 | 9.038 | .200 | 35.143 | -.729 | 1.833 | 8.853 | 45.10 |
| 12.000 | .766 | 9.198 | .192 | 38.124 | -.933 | 1.833 | 8.853 | 47.87 |
| 13.000 | .709 | 9.211 | .182 | 41.058 | -1.177 | 1.833 | 8.853 | 50.56 |
| 14.000 | .643 | 9.005 | .169 | 43.921 | -1.478 | 1.833 | 8.853 | 53.12 |
| 15.000 | .577 | 8.658 | .156 | 46.748 | -1.819 | 1.833 | 8.853 | 55.61 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## THERMIONIC CONVERTER PROPERTIES

### EMITTER PROPERTIES

| AT WT | B W FUN | C W FUN | SUB HEAT | RADIUS | BOND STR | SUB DEN | ADS DEN | D1 ENE |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 184.000 | 4.750 | 1.950 | 8.610 | 1.370 | 2.620 | .192 | .048 | 1.56 |

### COLLECTOR PROPERTIES

| AT WT | B W FUN | C W FUN | SUB HEAT | RADIUS | BOND STR | SUB DEN | ADS DEN | D1 ENE |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 96.000 | 4.380 | 1.950 | 6.770 | 1.360 | 2.310 | .192 | .048 | 1.06 |

### VAPOR PROPERTIES

| AT WT | SUB HEAT | RADIUS | BOND STR | ION POT | E-N XSEC | I-N XSEC | REC CON | SCHO |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 133.000 | .730 | 2.660 | 1.000 | 3.890 | 400.000 | 570.000 | .000 | 1. |

### RADIATION PARAMITERS

| EM EMIS | EM T COEF | CO EMIS | CO T COEF |
|---|---|---|---|
| .020 | .117E-03 | .000 | .103E-03 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CONVERTER PROPERTIES FOR J = .000

VOLTAGE AND EMISSION CURRENT SUMMARY

| EM W FUN | EM SHEATH | PL VOLT | CO SHEATH | CO W FUN | JE | JC | IE | IC |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 3.040 | -.167 | .379 | .425 | 1.731 | 10.568 | .228 | .139292 | .000 |

PLASMA PROPERTIES

| CS DEN | E-MFP | I-MFP | GAMMA | FL TEMP | SAHA DEN | COUL RES | J1(X=0) | J1(X=D) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| .230E+17 | 13.745 | 13.852 | 1.246 | 1965.545 | .228E+14 | .407 | .006087 | .01057 |

CHARGED PARTICLE DENSITY PROFILE

| INT CON K | MODULUS | Y(X=0) | P(X=0) | Y(X=D) | P(X=D) |
|---|---|---|---|---|---|
| 1.361 | .929 | 1.133 | -.828 | .120 | -1.439 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CONVERTER PROPERTIES FOR J = 1.000

VOLTAGE AND EMISSION CURRENT SUMMARY

| EM W FUN | EM SHEATH | PL VOLT | CO SHEATH | CO W FUN | JE | JC | IE | IC |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 3.040 | -.169 | .207 | .099 | 1.742 | 10.578 | .201 | .139165 | .000 |

PLASMA PROPERTIES

| CS DEN | E-MFP | I-MFP | GAMMA | FL TEMP | SAHA DEN | COUL RES | J1(X=0) | J1(X=D) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| .230E+17 | 13.745 | 13.852 | .965 | 1915.020 | .165E+14 | .433 | .009179 | .00607 |

CHARGED PARTICLE DENSITY PROFILE

| INT CON K | MODULUS | Y(X=0) | P(X=0) | Y(X=D) | P(X=D) |
|---|---|---|---|---|---|
| 2.748 | .802 | 1.524 | -1.804 | .095 | -1.594 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดสอบความถูกต้องของโปรแกรม SIMPROP.EXE

จากผลการทดสอบโปรแกรม เมื่อเรานำผลที่ได้มาเปรียบเทียบกับผลการคำนวณในรายงานของ NUCLEAR THERMIONIC POWER OPERATION , NUCLEAR TECHNOLOGY DEPARTMENT , GENERAL ELECTRIC COMPANY NO GESR-2109เรื่อง SIMCON : A DIGITAL COMPUTER PROGRAM FOR COMPUTING THERMIONIC CONVERTER PERFORMANCE CHARACTERISTIC ซึ่งผลการเปรียบเทียบได้ผลการคำนวณเท่ากันทุกค่า ดังนั้น เราพอสรุปได้ว่า การทำงานของโปรแกรม SIMPROP.EXE ถูกต้อง

4.6.2 การทดสอบโปรแกรม SIMGRAPH.EXE

เมื่อทำการป้อนอินพุทที่ใช้ในการทดสอบโปรแกรม SIMPROP.EXE แล้วให้โปรแกรม SIMGRAPH.EXE สร้างกราฟออกมา หลังจากนั้น ใช้โปรแกรม SIMPROP.EXE ทำการคำนวณแรงดันที่กระแสใกล้ๆ กับจุดตัดของแกน Y ของกราฟ ซึ่งเป็นแกนของกระแส โดยใช้ค่าอินพุทเดียวกับ ซึ่งได้ผลการทดสอบดังนี้

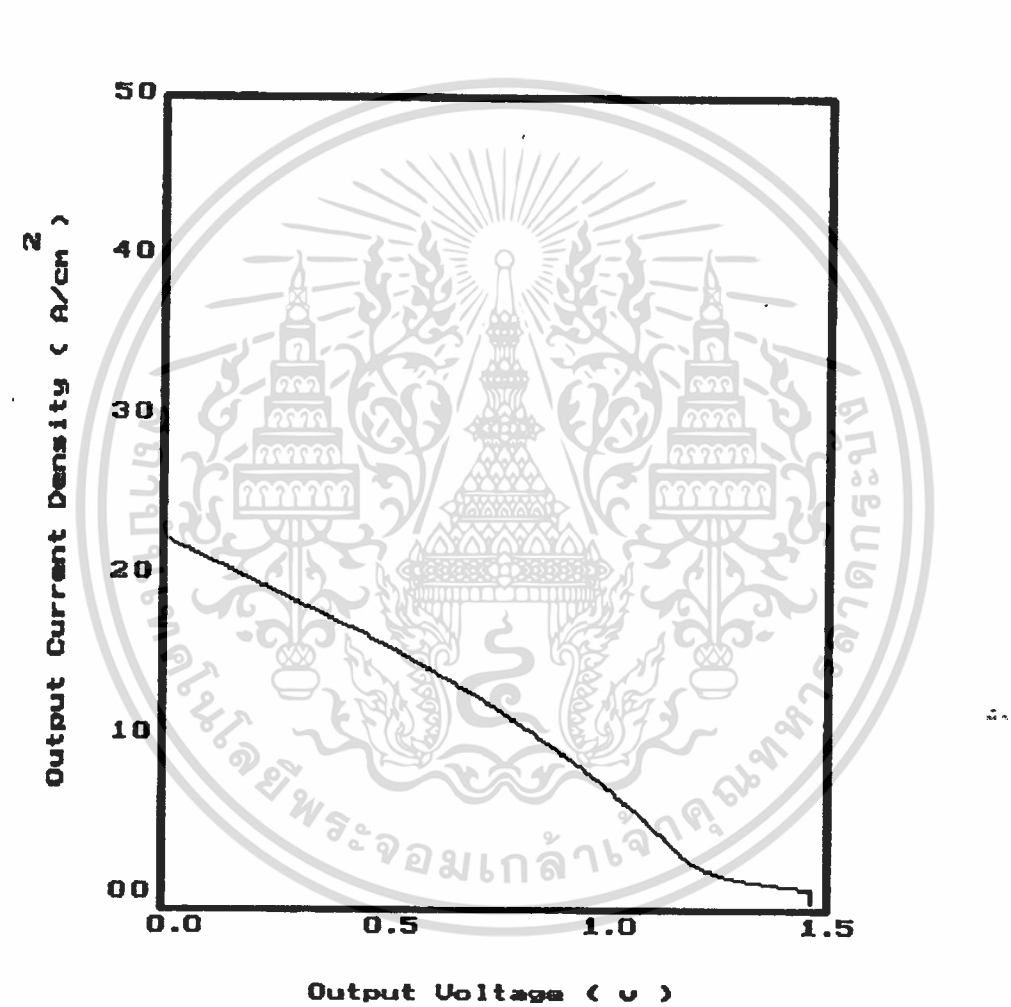
THERMIONIC CONVERTER OPERATION CONDITIONS

| EM TEMP | CO TEMP | RES TEMP | SPACING | WFEO | JEO | IEO | WFCO | JCO | ICO |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2000.000 | 1000.000 | 600.000 | 10.000 | 3.060 | 9.414 | .156374 | 1.749 | .184 | .000000 |

OUTPUT CURRENT CHARACIERISTIC

| CURRENT | VOLTAGE | POWER | EFF | E-COOL | I-COOL | CS COND | TH RAD | HEAT IN |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 22.680 | .003 | .074 | .001 | 66.805 | -6.393 | 1.833 | 8.853 | 71.098 |
| 22.690 | .003 | .057 | .001 | 66.830 | -6.401 | 1.833 | 8.853 | 71.115 |
| 22.700 | .002 | .039 | .001 | 66.855 | -6.409 | 1.833 | 8.853 | 71.131 |
| 22.710 | .001 | .022 | .000 | 66.880 | -6.418 | 1.833 | 8.853 | 71.148 |
| 22.720 | .000 | .005 | .000 | 66.904 | -6.426 | 1.833 | 8.853 | 71.164 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**Thermionic Converter Characteristic**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

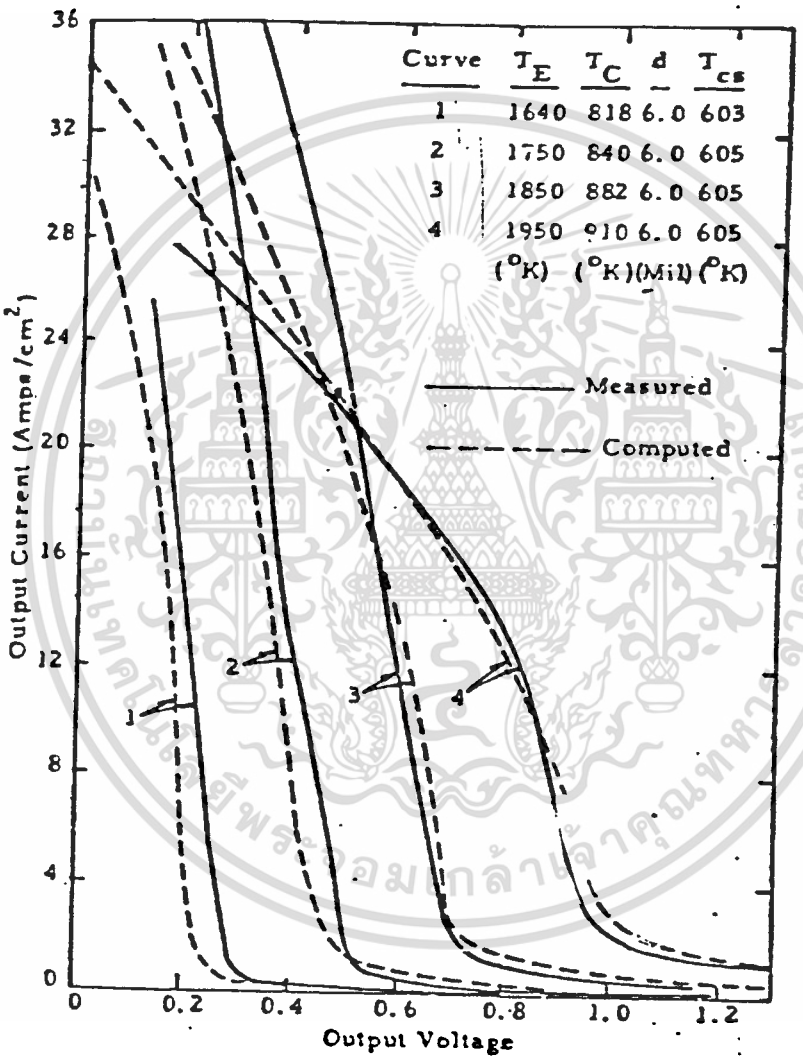
จากผลการคำนวณพบว่าที่กระแส 22.72 Amps/$cm^2$ จะพบว่ามีแรงดันเป็น 0.00 V ซึ่งเป็นค่าที่บริเวณจุดตัดของแกน Y พอดี ดังนั้น เราจึงพอจะสรุปได้ว่า โปรแกรมสามารถพล็อตกราฟได้ตรงกับผลการคำนวณของโปรแกรม SIMPROP.EXE

## 4.7 การเปรียบเทียบผลการคำนวณกับผลการทดลอง

จากผลการทดลองที่ได้จากรายงานของ TECO เรื่อง "EMITTER CRYSTAL STRUCTURE STUDY" J.P.L REPORT,NASA CONTRACT 950228 TECO REPRORT,TE 36-64. โดยในรายงานนี้เป็นผลการทดลองที่ได้จาก THERMIONIC CONVERTER ที่มีอิมิตเตอร์ที่ทำด้วย POLYACRYSTALLINE,HEAT-TREATED TUNGSTEN , COLLECTOR ทำด้วย POLYCRYSTALLINE MOLIBDINUM

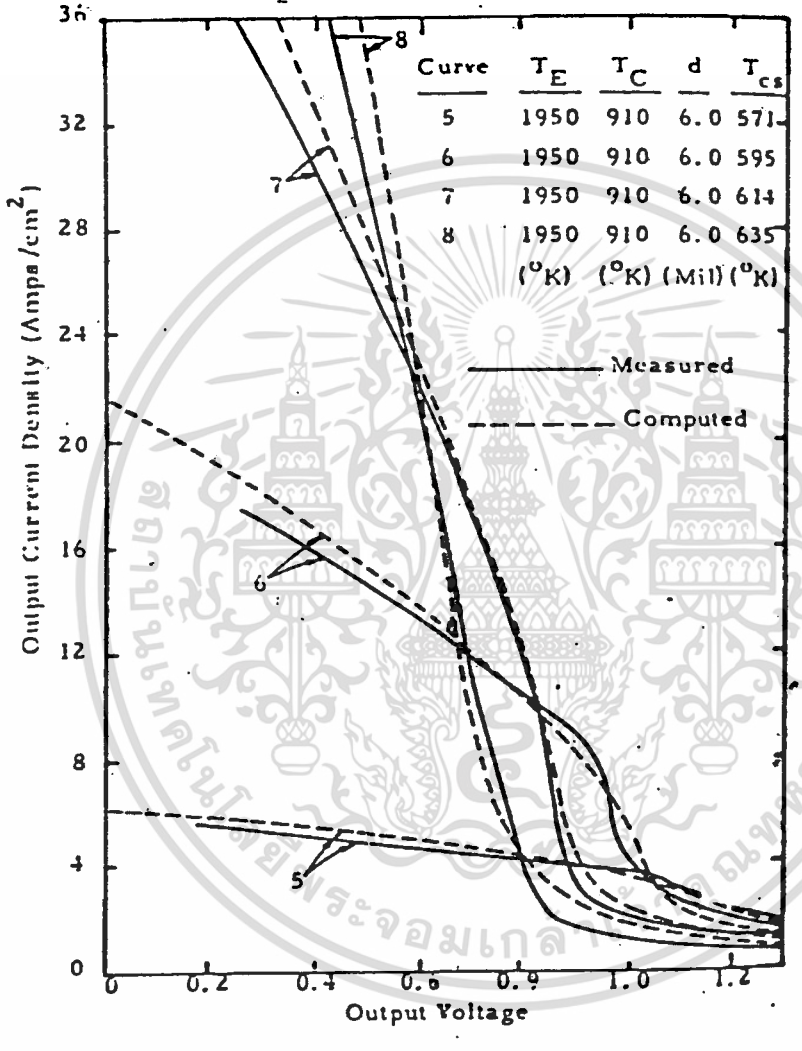
เมื่อนำค่า PROPERTY ต่างๆ มาทำการคำนวณ โดย SIMCON ที่ CONDITION ต่างๆ แล้วนำค่ากระแสและแรงดันไฟฟ้าที่ได้จากการคำนวณและการทดลอง มา PLOT กราฟ OUTPUT CURRENT CHARACTERISTIC จะได้กราฟดังต่อไปนี้คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

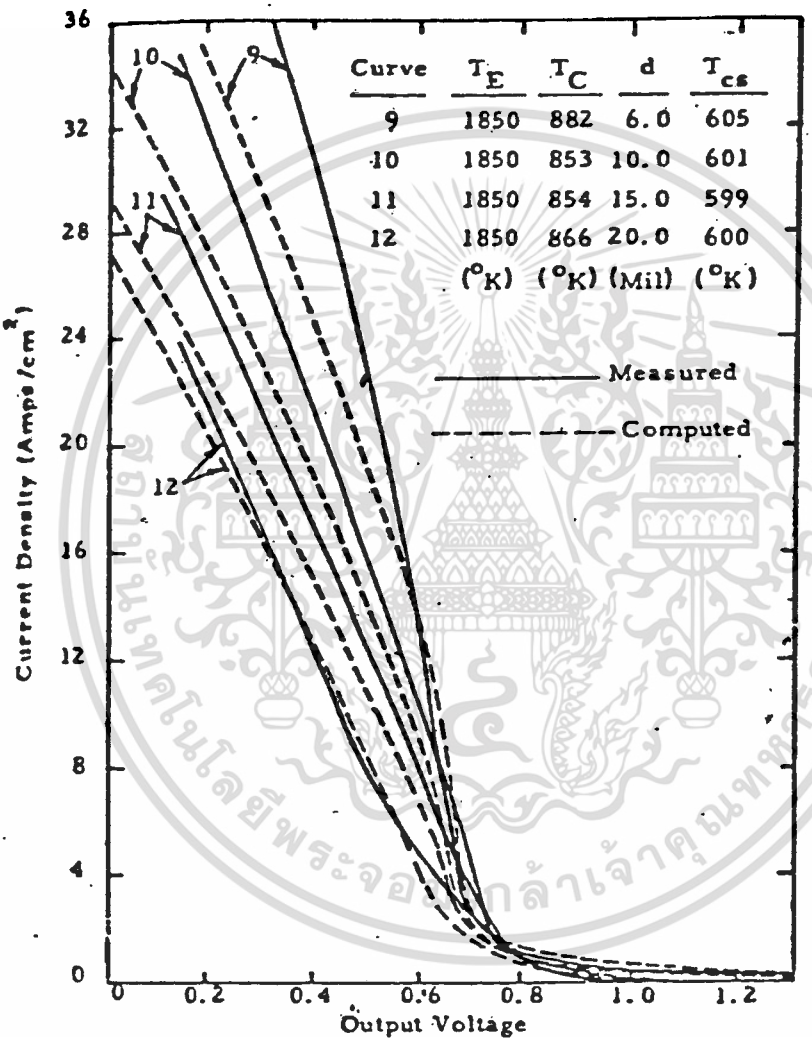





เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

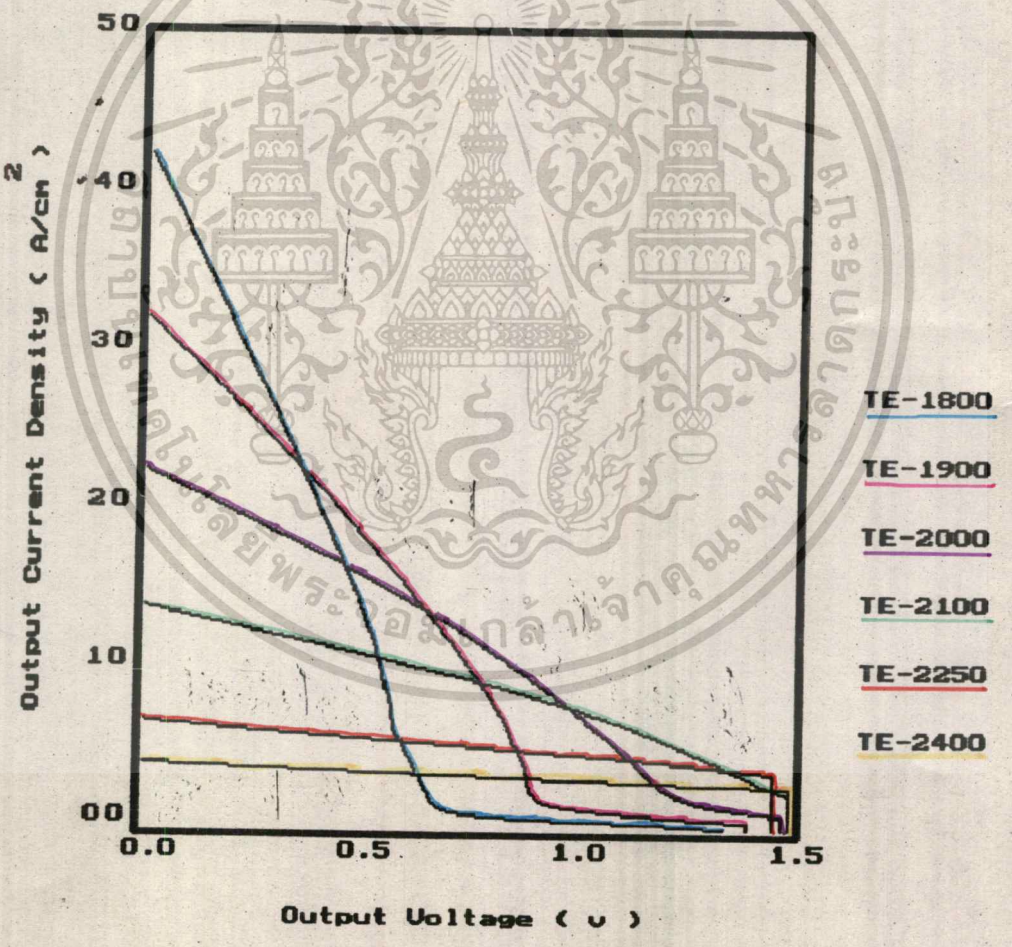



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากกราฟจะพบว่า ที่ค่ากระแสต่ำๆนั้น ความแตกต่างระหว่างผลการคำนวณ กับผลการทดลองจะมีค่าน้อย เมื่อค่ากระแสเพิ่มขึ้น ความแตกต่างก็จะมากขึ้นตามไปด้วย

## 4.8 ผลการทดลองใช้โปรแกรม SIMCON สร้างกราฟของ OUTPUT CURRENT CHARACTERISTIC ที่อุณหภูมิต่างๆของ EMITTER

ทดลองใช้โปรแกรม SIMCON สร้างกราฟ OUTPUT CURRENT CHARACTERISTIC ที่อุณหภูมิของ EMITTER มีค่าเท่ากับ 1800, 1900, 2000, 2100, 2250,2400 โดยมีคุณสมบัติอื่นๆเหมือนกัน จะได้กราฟดังต่อไปนี้

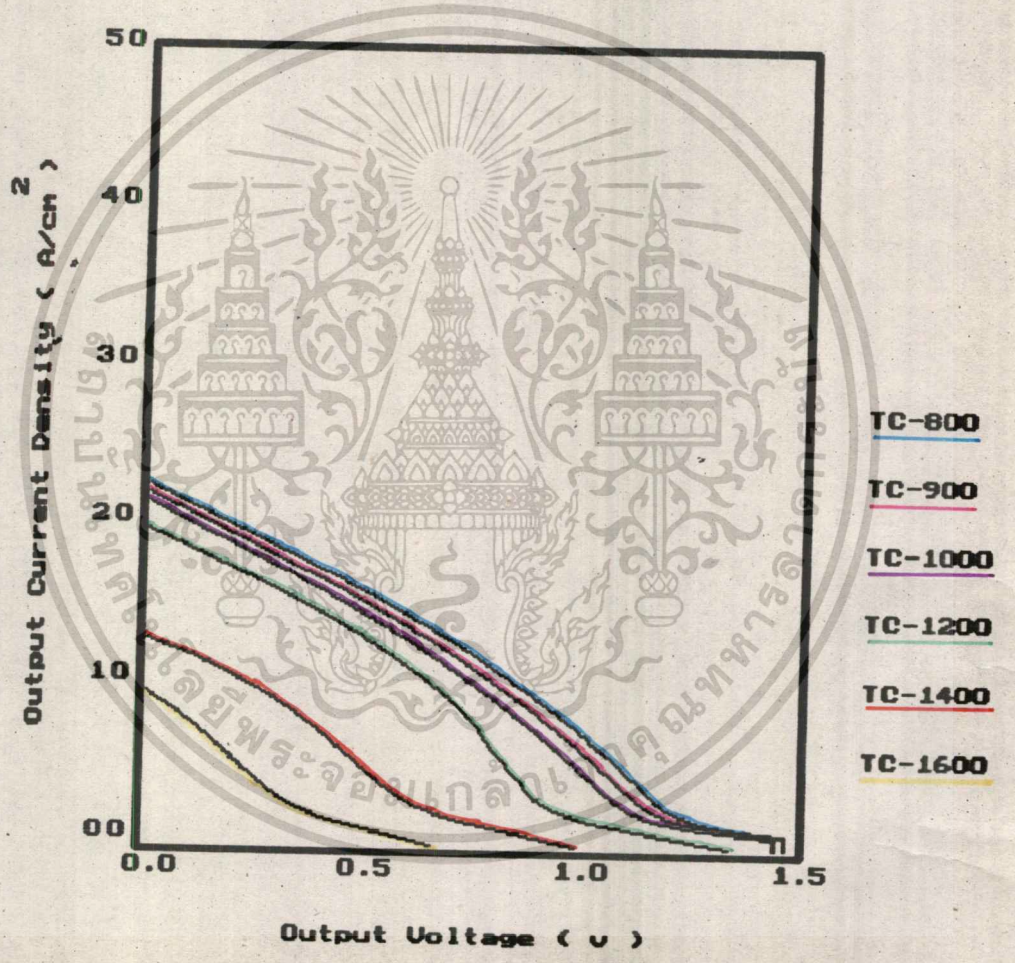



**Thermionic Converter Characteristic**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.9 ผลการทดลองใช้โปรแกรม SIMCON สร้างกราฟของ OUTPUT CURRENT CHARACTERISTIC ที่อุณหภูมิต่างๆของ COLLECTOR

ทดลองใช้โปรแกรม SIMCON สร้างกราฟ OUTPUT CURRENT CHARACTERISTIC ที่อุณหภูมิของ COLLECTOR มีค่าเท่ากับ 800, 900, 1000, 1200, 1400, 1600 โดยมีคุณสมบัติอื่นๆเหมือนกัน จะได้กราฟดังต่อไปนี้

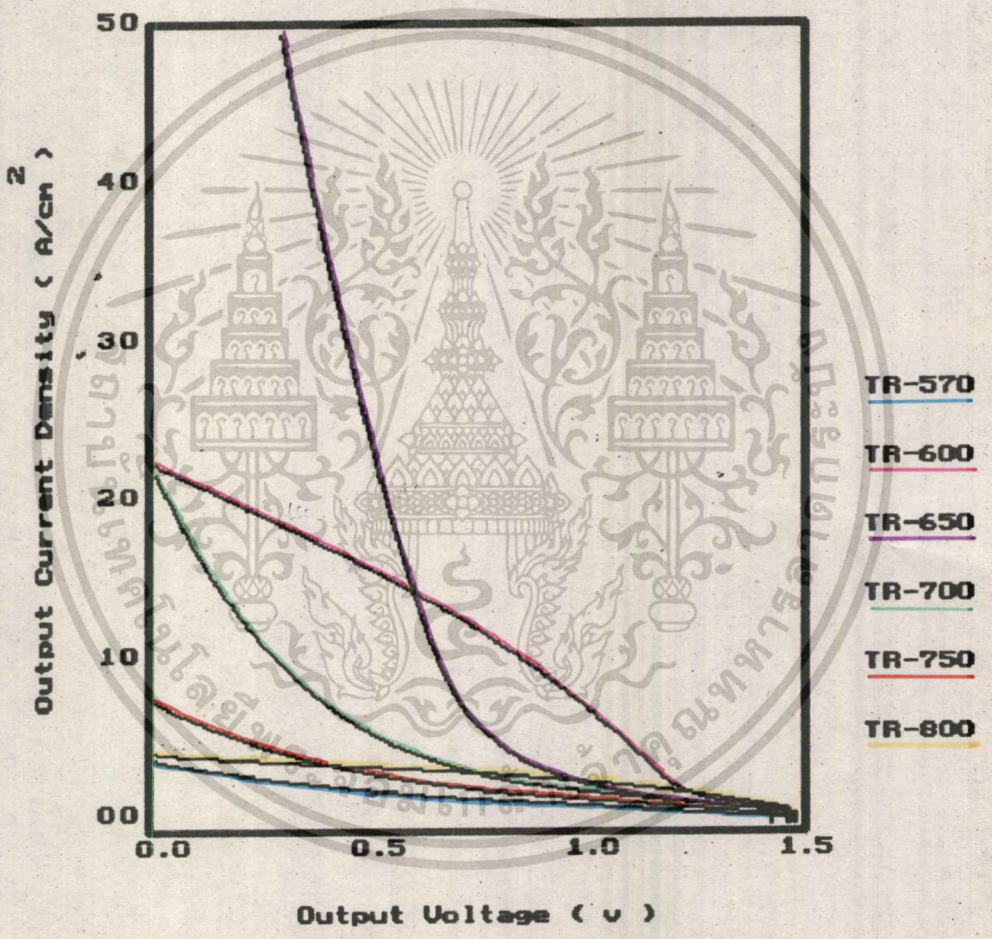



**Thermionic Converter Characteristic**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.10 ผลการทดลองใช้โปรแกรม SIMCON สร้างกราฟของ OUTPUT CURRENT CHARACTERISTIC ที่อุณหภูมิต่างๆของ CESIUM

ทดลองใช้โปรแกรม SIMCON สร้างกราฟ OUTPUT CURRENT CHARACTERISTIC ที่อุณหภูมิของ CESIUM มีค่าเท่ากับ 570, 600, 650, 700, 750, 800 โดยมีคุณสมบัติอื่นๆเหมือนกัน จะได้กราฟดังต่อไปนี้

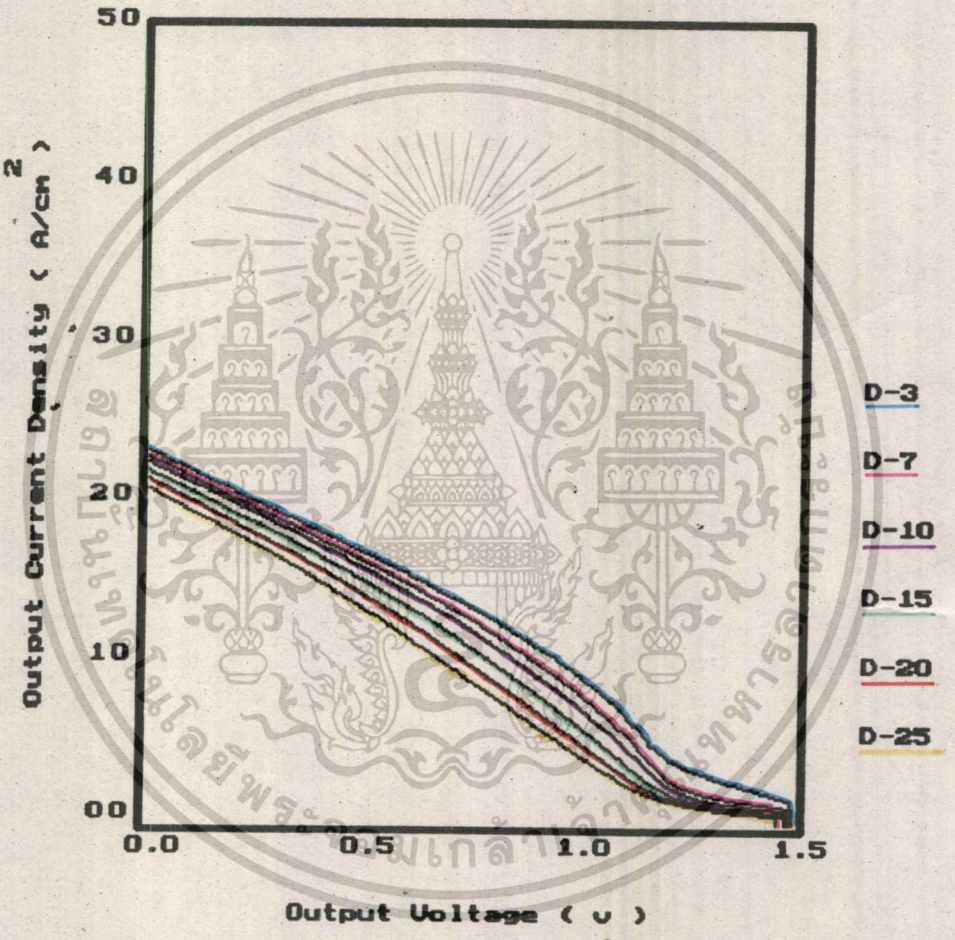



Thermionic Converter Characteristic

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.11 ผลการทดลองใช้โปรแกรม SIMCON สร้างกราฟของ OUTPUT CURRENT CHARACTERISTIC ที่ระยะต่างๆของ SPACING

ทดลองใช้โปรแกรม SIMCON สร้างกราฟ OUTPUT CURRENT CHARACTERISTIC ที่ระยะต่างๆของ SPACING มีค่าเท่ากับ 3, 7, 10, 15, 20, 25 โดยมีคุณสมบัติอื่นๆ เหมือนกัน จะได้กราฟดังต่อไปนี้




Thermionic Converter Characteristic

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ภาคผนวก

จากการศึกษาส่วนทฤษฎีและส่วนโปรแกรมของ THERMIONIC CONVERTER ในการทำการคำนวณ PROPERTIES ต่างๆนั้น เราสามารถใช้โปรแกรม SIMPROP. คำนวณได้โดยตรงและเมื่อจะศึกษาแนวโน้มของ OUTPUT เราก็สามารถใช้โปรแกรม SIMGRAPH. เพื่อ PLOT กราฟดูได้อย่างชัดเจน โดยต้องเรียกโปรแกรม SIMGRAPH. ผ่าน BATHFILE เนื่องจากโปรแปรม SIMGRAPH. นั้นเราเขียนขึ้นโดยใช้ภาษา PASCAL แต่ส่วน SIMPROP.นั้นเป็นโปรแกรมที่เขียนด้วยภาษา FORTRAN ดังที่ได้กล่าวมาแล้วในบทที่ 3 และบทที่ 4

ในส่วนต่อไปแสดงโปรแกรม SIMPROP. และส่วนโปรแกรม BATHFILE นอกจากนั้นเป็นตัวอย่าง OUTPUT CURRENT CHARACTERISTICS ที่มี THERMIONIC COVERTER OPERATION CONDITIONS ตามที่กำหนด โดยใช้อิมิตเตอร์ที่ทำด้วยทังสเตน (W) และคอลเลคเตอร์ทำด้วยโมลิบดินัม (Mo) ที่บรรจุไอของซีเซียม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
C SIMCON   SIMCON MAIN PROGRAM
      DIMENSION OCUR(50),INVO(50)
      DIMENSION QROP(50),QELOP(50),QIONOP(50),QINOP(50)
      DIMENSION QCSOP(50),POP(50),VOP(50),EFFOP(50)
      DIMENSION WFEOP(50),VEOP(50),VPOP(50),VCOP(50),WFCOP(50),JEOP(50)
      DIMENSION JCOP(50),IEOP(50),ICOP(50)
      DIMENSION KOP(50),MOP(50),YCOP(50),POXOP(50),Y1OP(50),P1XOP(50)
      DIMENSION DGASOP(50),REOP(50),RIOP(50),GAMOP(50),TELOP(50)
      DIMENSION DSAHAOP(50),REIOP(50),JICOP(50),JI1OP(50)
      COMMON /A/ AG,HG,RG,SG,VIG,VALG,CSEG,CSIG
      COMMON /B/ KB,KR,KS,GAMCR
      COMMON /C/ WFEO,JEO,IEO,WFCO,JCO,ICO
      COMMON /X/ WFE,JE,IE,WFC,JC,IC,J
      COMMON /D/ IP,ICONV,TE,TC,PG,D,V,QEL,QION,TR
      COMMON/G/ AE,FOE,FCE,HE,RE,SE,SDE,ADE,CE
      COMMON/H/ AC,FOC,FCC,HC,RC,SC,SDC,ADC,CC
      COMMON/I/ A1,B1,A2,B2
      COMMON/J/ NM,VM
      COMMON/K/ OCUR
      COMMON/N/ QROP,QELOP,QIONOP,QINOP
      COMMON/O/ QCSOP,POP,VOP,EFFOP ,P,EFF
      COMMON/P/ WFEOP,VEOP,VPOP,VCOP,WFCOP,JEOP
      COMMON/Q/ JCOP,IEOP,ICOP
      COMMON/R/ KOP,MOP,YCOP,POXOP,Y1OP,P1XOP
      COMMON/S/ DGASOP,REOP,RIOP,GAMOP,TELOP
      COMMON/T/ DSAHAOP,REIOP,JICOP,JI1OP
      COMMON/U/ INDEX,INVO
      REAL JICOP,JI1OP
      REAL,JEOP,JCOP,IEOP,ICOP,KOP,MOP
      CHARACTER*1 ANS,A,B
      CHARACTER*30 FILENAME
      REAL KB,KR,KS
      REAL JEO,IEO,JCO,ICO,JE,IE,JC,IC,J
      LOGICAL T
      A=CHAR(177)
      B=CHAR(178)
5     CALL INIT
11    CALL BLOCK ('40','34','09',14)
112   CALL COM2('4')
      READ (*,1000)ANS
      IF(ANS.EQ.'N'.OR.ANS.EQ.'N')GO TO 1120
      IF(ANS.EQ.'Y'.OR.ANS.EQ.'Y')GO TO 1111
      CALL ERR
      GO TO 112
1111  CALL COM2('8')
      READ(*,1900)FILENAME
      INQUIRE(FILE =FILENAME,EXIST=T)
      IF(.NOT.T)THEN
      CALL COM2('9')
      READ (*,1000)ANS
      GO TO 1111
      END IF
      OPEN(1,FILE=FILENAME,STATUS='OLD')
      CALL RDFILE
      CLOSE(1)
      CALL SMCD1
11111 CALL COM2('1')
      READ (*,1000)ANS
      IF(ANS.EQ.'N'.OR.ANS.EQ.'N')GO TO 1112
      IF(ANS.EQ.'Y'.OR.ANS.EQ.'Y')GO TO 11112
      CALL ERR
      GO TO 11111
11112 CALL BLOCK ('40','34','09',14)
12221 CALL CARD1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
13331 READ (*,1000)ANS
      IF(ANS.EQ.'N'.OR.ANS.EQ.'N')GO TO 1112
      IF(ANS.EQ.'Y'.OR.ANS.EQ.'Y')GO TO 11112
      CALL ERR
      CALL COM2('1')
      GO TO 13331
1112  CALL SMCD2
22222 CALL COM2('1')
      READ (*,1000)ANS
      IF(ANS.EQ.'N'.OR.ANS.EQ.'N')GO TO 1113
      IF(ANS.EQ.'Y'.OR.ANS.EQ.'Y')GO TO 11122
      CALL ERR
      GO TO 22222
11122 CALL BLOCK ('40','34','09',14)
12222 CALL CARD2
13332 READ (*,1000)ANS
      IF(ANS.EQ.'N'.OR.ANS.EQ.'N')GO TO 1113
      IF(ANS.EQ.'Y'.OR.ANS.EQ.'Y')GO TO 11122
      CALL ERR
      CALL COM2('1')
      GO TO 13332
1113  CALL SMCD3
33333 CALL COM2('1')
      READ (*,1000)ANS
      IF(ANS.EQ.'N'.OR.ANS.EQ.'N')GO TO 1114
      IF(ANS.EQ.'Y'.OR.ANS.EQ.'Y')GO TO 11133
      CALL ERR
      GO TO 33333
11133 CALL BLOCK ('40','34','09',14)
12223 CALL CARD3
13333 READ (*,1000)ANS
      IF(ANS.EQ.'N'.OR.ANS.EQ.'N')GO TO 1114
      IF(ANS.EQ.'Y'.OR.ANS.EQ.'Y')GO TO 11133
      CALL ERR
      CALL COM2('1')
      GO TO 13333
1114  CALL SMCD4
44444 CALL COM2('1')
      READ (*,1000)ANS
      IF(ANS.EQ.'N'.OR.ANS.EQ.'N')GO TO 1115
      IF(ANS.EQ.'Y'.OR.ANS.EQ.'Y')GO TO 11144
      CALL ERR
      GO TO 44444
11144 CALL BLOCK ('40','34','09',14)
12224 CALL CARD4
13334 READ (*,1000)ANS
      IF(ANS.EQ.'N'.OR.ANS.EQ.'N')GO TO 1115
      IF(ANS.EQ.'Y'.OR.ANS.EQ.'Y')GO TO 11144
      CALL ERR
      CALL COM2('1')
      GO TO 13334
1115  CALL SMCD5
55555 CALL COM2('1')
      READ (*,1000)ANS
      IF(ANS.EQ.'N'.OR.ANS.EQ.'N')GO TO 1116
      IF(ANS.EQ.'Y'.OR.ANS.EQ.'Y')GO TO 11155
      CALL ERR
      GO TO 55555
11155 CALL BLOCK ('40','34','09',14)
12225 CALL CARD5
13335 READ (*,1000)ANS
      IF(ANS.EQ.'N'.OR.ANS.EQ.'N')GO TO 1116
      IF(ANS.EQ.'Y'.OR.ANS.EQ.'Y')GO TO 11155
      CALL ERR
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      CALL COM2('1')
      GO TO 13335
 1116 CALL SMCD6
 66666 CALL COM2('1')
      READ (*,1000)ANS
      IF(ANS.EQ.'N'.OR.ANS.EQ.'N')GO TO 1117
      IF(ANS.EQ.'Y'.OR.ANS.EQ.'Y')GO TO 11166
      CALL ERR
      GO TO 66666
 11166 CALL BLOCK ('40','34','09',14)
 12226 CALL CARD6
 13336 READ (*,1000)ANS
      IF(ANS.EQ.'N'.OR.ANS.EQ.'N')GO TO 1117
      IF(ANS.EQ.'Y'.OR.ANS.EQ.'Y')GO TO 11166
      CALL ERR
      CALL COM2('1')
      GO TO 13336
 1117 CALL SMCD7
 77777 CALL COM2('1')
      READ (*,1000)ANS
      IF(ANS.EQ.'N'.OR.ANS.EQ.'N')GO TO 1118
      IF(ANS.EQ.'Y'.OR.ANS.EQ.'Y')GO TO 11177
      CALL ERR
      GO TO 77777
 11177 CALL BLOCK ('40','34','09',14)
 12227 CALL CARD7
 13337 READ (*,1000)ANS
      IF(ANS.EQ.'N'.OR.ANS.EQ.'N')GO TO 1311
      IF(ANS.EQ.'Y'.OR.ANS.EQ.'Y')GO TO 11177
      CALL ERR
      CALL COM2('1')
      GO TO 13337
 1118 GO TO 1311
 1120 CALL BLOCK ('40','34','09',14)
      CALL CARD1
 1121 READ (*,1000)ANS
      IF(ANS.EQ.'Y'.OR.ANS.EQ.'Y')GO TO 11
      IF(ANS.EQ.'N'.OR.ANS.EQ.'N')GO TO 12
      CALL ERR
      CALL COM2('1')
      GO TO 1121
 12   CALL BLOCK ('40','34','09',14)
      CALL CARD2
 1122 READ (*,1000)ANS
      IF(ANS.EQ.'Y'.OR.ANS.EQ.'Y')GO TO 12
      IF(ANS.EQ.'N'.OR.ANS.EQ.'N')GO TO 13
      CALL ERR
      CALL COM2('1')
      GO TO 1122
 13   CALL BLOCK ('40','34','09',14)
      CALL CARD3
 1123 READ (*,1000)ANS
      IF(ANS.EQ.'Y'.OR.ANS.EQ.'Y')GO TO 13
      IF(ANS.EQ.'N'.OR.ANS.EQ.'N')GO TO 14
      CALL ERR
      CALL COM2('1')
      GO TO 1123
 14   CALL BLOCK ('40','34','09',14)
      CALL CARD4
 1124 READ (*,1000)ANS
      IF(ANS.EQ.'Y'.OR.ANS.EQ.'Y')GO TO 14
      IF(ANS.EQ.'N'.OR.ANS.EQ.'N')GO TO 15
      CALL ERR
      CALL COM2('1')
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      GO TO 1124
 15   CALL BLOCK ('40','34','09',14)
      CALL CARD5
 1125 READ (*,1000)ANS
      IF(ANS.EQ.'Y'.OR.ANS.EQ.'Y')GO TO 15
      IF(ANS.EQ.'N'.OR.ANS.EQ.'N')GO TO 16
      CALL ERR
      CALL COM2('1')
      GO TO 1125
 16   CALL BLOCK ('40','34','09',14)
      CALL CARD6
 1126 READ (*,1000)ANS
      IF(ANS.EQ.'Y'.OR.ANS.EQ.'Y')GO TO 16
      IF(ANS.EQ.'N'.OR.ANS.EQ.'N')GO TO 17
      CALL ERR
      CALL COM2('1')
      GO TO 1126
 17   CALL BLOCK ('40','34','09',14)
      CALL CARD7
 1127 READ (*,1000)ANS
      IF(ANS.EQ.'Y'.OR.ANS.EQ.'Y')GO TO 17
      IF(ANS.EQ.'N'.OR.ANS.EQ.'N')GO TO 1311
      CALL ERR
      CALL COM2('1')
      GO TO 1127
 1000 FORMAT (A)
 1100 FORMAT(F8.3)
 1200 FORMAT(E8.3)
 1300 FORMAT(I8)
 1900 FORMAT(A30)
 1311 VALG  = 1.0
      GAMCR = 5.0
      KR    = 1.0
CC
C     COMPUTE THERMAL RADIATION AND CS CONDUCTION
CC
      PG = 2.45E+8*EXP(-8910.0/TR)/SQRT(TR)
      T1 = TE
      T2 = TC
      T3 = SQRT(T1*T2)
      E1 = 1.0/(1.0/(A1+B1*T1)+1.0/(A2+B2*T3)-1.0)
      E2 = 1.0/(1.0/(A1+B1*T3)+1.0/(A2+B2*T2)-1.0)
      QR = 5.67*(E1*T1**4 - E2*T2**4)*1.0E-12
      QCS= 1.1E-6*(TE**1.5-TC**1.5)/(D/400.0+1.15E-5*(TE+TC)/PG)
CC
C     EVALUATE ZERO-FIELD ELECTRODE PERFORMANCE
CC
 36   CALL SURFAS (AE,FOE,FCE,HE,RE,SE,SDE,ADE,CE,TE,PG,WFEO,JEO,IEO,DE)
 41   CALL SURFAS (AC,FOC,FCC,HC,RC,SC,SDC,ADC,CC,TC,PG,WFCO,JCO,ICO,DC)
      CALL PICPER
CC
C     SET OUTPUT CURRENT DENSITY
CC
 60   INDEX = 0
 61   INDEX = INDEX+1
      IF(INDEX.GT.NM) GO TO 5999
      J = OCUR(INDEX)
CC
C     PERFORM VOLUME PHYSICS AND SCHOTTKY EFFECT COMPUTIONS
CC
      CALL PLASMA
      INVO(INDEX)=ICONV
      IF(ICONV.EQ.0) GO TO 61
      IF(V.LT.VM) GO TO 5999
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
 999  FORMAT(F8.3)
CC
C     EVALUATE AND WRITE OUT ELECTRICAL AND THERMAL PERFORMANCE
CC
      P   = J*V
      QIN = QEL + QICN + QR + QCS
      EFF = P/QIN
      VOP(INDEX)=V
      POP(INDEX)=P
      EFFOP(INDEX)=EFF
      QELOP(INDEX)=QEL
      QICNOP(INDEX)=QICN
      QCSOP(INDEX)=QCS
      QROP(INDEX)=QR
      QINOP(INDEX)=QIN
      CALL PERCENT
      GO TO 61
 5999 CALL DISPLAY
 6000 CALL INIT
 499  CALL COM2('0')
      READ(*,1000)ANS
      IF(ANS.EQ.'Y'.OR.ANS.EQ.'Y')THEN
      CALL COM2('T')
      READ(*,1900)FILENAME
      INQUIRE(FILE =FILENAME,EXIST=T)
      IF(.NOT.T)THEN
      OPEN(2,FILE=FILENAME,STATUS='NEW')
      GO TO 500
      END IF
      CALL COM2('3')
      READ(*,1000)ANS
      IF(ANS.EQ.'N'.OR.ANS.EQ.'N') GO TO 499
      OPEN(2,FILE=FILENAME,STATUS='OLD')
 500  CALL REPORT
      CLOSE(2)
      END IF
 6666 CALL COM2('7')
      READ (*,1000)ANS
      IF(ANS.EQ.'N'.OR.ANS.EQ.'N')GO TO 5555
      IF(ANS.EQ.'Y'.OR.ANS.EQ.'Y')GO TO 7777
      CALL ERR
      GO TO 6666
 7777 CALL COM2('8')
      READ(*,1900)FILENAME
      INQUIRE(FILE =FILENAME,EXIST=T)
      IF(.NOT.T)THEN
      OPEN(1,FILE=FILENAME,STATUS='NEW')
      GO TO 7778
      END IF
      CALL COM2('3')
      READ(*,1000)ANS
      IF(ANS.EQ.'N'.OR.ANS.EQ.'N') GO TO 6666
      OPEN(1,FILE=FILENAME,STATUS='OLD')
 7778 CALL WRFILE
      CLOSE(1)
 5555 CONTINUE
 8000 CALL CLS
  80  FORMAT( F8.3 )
  81  FORMAT( 10F8.3 )
  82  FORMAT( I8,F8.3,I8 )
  86  FORMAT( 1H0,5F12.3 )
 139  FORMAT( 1H0,4F12.3)
  88  FORMAT( E8.3 )
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  141  FORMAT( 2F12.3,E12.3,F12.3 )
   94  FORMAT( 1H0,5F12.3 )
  143  FORMAT( 1H0,F12.3,F12.6,2F12.3,F12.6)
   97  FORMAT( F8.3,E8.3,F8.3,E8.3 )
   98  FORMAT( 5F12.3 )
  145  FORMAT( 4F12.3 )
   99  FORMAT( 1H0,F12.3,E12.3,F12.3,E12.3 )
  106  FORMAT( 1H0 )
  111  FORMAT( I8 )
       END
CSURFAS     SURFACE PHYSICS SUBROUTINE
       SUBROUTINE SURFAS(AS,FOS,FOG,HS,RS,SS,SSS,ASS,C,TS,PG,FS,EES,EIS,C
      &S)
       COMMON /A/ AG,HG,RG,SG,VIG,VALG,CSEG,CSIG
CC
C      EVALUATE ADSORBTION SYSTEM PARAMETERS
CC
       SWG = 2.0
       SDS = 100.0*SSS
       ADS = 100.0*ASS
       R   = RG + RS
       COSB= SQRT(1.0 - 50.0/(SDS*R**2.0))
       ALF = RG**3 + 1.65*RS**3
       C1  = 0.905*R*ADS*COSB/(1.0+ALF/R**3)
       C2  = 9.0E-3*ALF*ADS**1.5
       C3  = C
       S   = 2.0/(SG/SS+SS/SG)
       DO  = SQRT(HS*HG)*S
       ARS = 0.56E+4*PG/SQRT(AG*TS)
CC
C      BEGIN SURFACE COVERAGE ITERATION
CC
       NCS = 0
       CS  = 0.5
       DELCS = 0.5
  10   CONTINUE
       NCS = NCS + 1
       IF(NCS.GT. 15) GO TO 45
       G  = 1.0 - 3.0*CS*CS + 2.0*CS*CS*CS
       DG = -6.0*CS*(1.0-CS)
CC
C      BEGIN FRACTIONAL CHARGE TRANFER ITERATION
CC
       NF = 0
       F  = 0.5
  12   CONTINUE
       NF  = NF+1
       IF(NF.GT.15) GO TO 45
       FOF = DO*F/SQRT(1.0-F**2)+C3*F-(FOS-FOG)*G
       DFOF= DO/(1.0-F**2)**1.5+C3
       FN  = F-FOF/DFOF
       IF(FN.LE.0.0) FN = 0.5*F
       IF(FN.GE.1.0) FN = 0.5*(1.0+F)
       IF(ABS(FN-F).LE.0.01) GO TO 15
       F   = FN
       GO TO 12
CC
C      END FRACTIONAL CHARGE TRANFER ITERATION
CC
  15   FAS   = DO*SQRT(1.0-F**2) - 0.5*C3*F**2 + F*(FOS-FOG)*G
       DFAS  = F*(FOS-FOG)*DG
       FS    = FOG +(FOS-FOG)*G - F*C1*CS/(1.0+C2*CS**1.5)
       FREQ1 = 2.50E-6*SQRT(FAS)*SQRT((AG+4.0*AS)/(2.0*AG*AS))/(R*COSB)
       U     = 0.5*CS*DFAS/FAS
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      FREQ  = FREQ1*EXP(U)
      ENT   = EXP(0.5*(CS/(1.0-CS)+SQRT(CS)/(1.0-SQRT(CS))))/(SQRT(1.0-CS
     &)*(1.0-SQRT(CS)))
      ERS   = 1.0E+14*FREQ*SWG*ADS*CS*ENT*EXP(-11600.0*FAS/TS)
      IF(ABS((ERS-ARS)/ARS)-0.005) 40,20,20
 20   IF(ERS-ARS) 25,40,30
 25   DELCS = DELCS/2.0
      CS    = CS + DELCS
      GO TO 10
 30   DELCS = DELCS/2.0
      CS    = CS - DELCS
      GO TO 10
CC
C     END SURFACE COVERAGE ITERATION
CC
C     COMPUTE ELECTRON AND ION EMISSION CURRENT DENSITIES
CC
 40   EES   = 120.0*TS**2*EXP(-11600.0*FS/TS)
      EIS   = 2.598E+1*PG*EXP(11600.0*(FS-VIG)/TS)/SQRT(AG*TS/11600.0)
 45   RETURN
      END
CPLASMA      PLASMA PHYSICS SUBROUTINE
      SUBROUTINE PLASMA
      DIMENSION INVO(50)
      DIMENSION QROP(50),QELOP(50),QIONOP(50),QINOP(50),ICONVO(50)
      DIMENSION QCSOP(50),POP(50),VOP(50),EFFOP(50)
      DIMENSION WFEOP(50),VEOP(50),VPOP(50),VCOP(50),WFCOP(50),JEOP(50)
      DIMENSION JCOP(50),IEOP(50),ICOP(50)
      DIMENSION KOP(50),MOP(50),YOOP(50),POXOP(50),Y1OP(50),P1XOP(50)
      DIMENSION DGASOP(50),REOP(50),RIOP(50),GAMOP(50),TELOP(50)
      DIMENSION DSAHAOP(50),RETOP(50),JIOOP(50),JI1OP(50)
      COMMON /A/ AG,HG,RG,SG,VIG,VALG,CSEG,CSIG
      COMMON /B/ KB,KR,KS,GAMCR
      COMMON /C/ WFEO,JEO,IEO,WFCO,JCO,ICO
      COMMON /X/ WFE,JE,IE,WFC,JC,IC,J
      COMMON /D/ IP,ICONV,TE,TC,PG,D,V,QEL,QION,TR
      COMMON/E/ RE,RI,RA,VIE,VIC,VIL,AA,BB,VE,VC,JRQ,IRQ,Y1Q,YOQ,NE,NC
      COMMON/F/ JEM,IEM
      COMMON/Z/ WORD ,NCP,NLP,CWF
      COMMON/N/ QROP,QELOP,QIONOP,QINOP
      COMMON/O/ QCSOP,POP,VOP,EFFOP ,P,EFF
      COMMON/P/ WFEOP,VEOP,VPOP,VCOP,WFCOP,JEOP
      COMMON/Q/ JCOP,IEOP,ICOP
      COMMON/R/ KOP,MOP,YOOP,POXOP,Y1OP,P1XOP
      COMMON/S/ DGASOP,REOP,RIOP,GAMOP,TELOP
      COMMON/T/ DSAHAOP,RETOP,JIOOP,JI1OP
      COMMON/U/ INDEX,INVO
      REAL JIOOP,JI1OP
      REAL JEOP,JCOP,IEOP,ICOP,KOP,MOP
      REAL KB,KR,KS
      REAL JEO,IEO,JCO,ICO,JE,IE,JC,IC,J
      REAL JRQ,IRQ
      REAL K,M,MP,JI1,JIO,JL1,JLO,JRQO,KL
      REAL JEM,IEM
      CEI(X1) = 1.3862944+(1.0-X1)*(0.1119723+0.0725296*(1.0-X1))-
     &(0.50+(1.0-X1)*(0.1213478+0.0288729*(1.0-X1)))*ALOG(ABS(1.0-X1))
      ICONV = 0
      VIE   = TE/11600.0
      VIC   = TC/11600.0
      VIG   = 0.5*(VIE+VIC)
      VIA   = (JEO/(JEO+JCO))*VIE+(JCO/(JEO+JCO))*VIC
      RE    = 1.25E-4*PG*D*CSEG/VIG
      RI    = 0.884E-4*PG*D*CSIG/VIG
      DGAS  = 1.94E+19*PG/(TE+TC)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      JEM   = JEO
      IEM   = IEO
      IF((J/JEM).LT.0.99) GO TO 5
      JEM   = 1.05*J
      IEM   = IEO*JEO/JEM
 5    CONTINUE
      Y1B   = 0.0
CC
C     BEGIN ELECTRON TEMPERATURE ITERATION
CC
      N1    = 0
      N2    = 0
      N9    = 0
      VILL  = 0.0862
      VILU  = 0.3448
      VIL   = VIA+(0.22-VIA)*J/JEM
 10   N2    = N2+1
      IF(N2.GT.20) GO TO 325
 12   CONTINUE
      N3    = 0
      N4    = 0
      N5    = 0
      N6    = 0
      N7    = 0
      N8    = 0
      NC    = 0
      NE    = 0
 15   CONTINUE
      RA    = RI*(VIG/(VIL+VIG))
      TEL   = 11600.0*VIL
      JRQO  = 4.23E+6*SQRT(PG/VIG)*VIL**1.25*EXP(-0.5*VIG/VIL)
      XX    = 2.15E-4*JRQO*VIG/(SQRT(VIL)*PG)
      JRQ   = JRQO*(SQRT(1.0+XX**2)-XX)
      IRQ   = 2.334E-2*SQRT(VIG/(AG*VIL))*JRQ
      DSAHA = 0.377E+12*JRQ/SQRT(VIL)
      CLN   = ALOG(2.54E+4*VIL**1.75/SQRT(JRQ))
      REI   = 5.23E-3*CLN*KR/VIL**1.5
      IF(N2.GT.1.OR.N9.GT.0) GO TO 30
CC
C     REFINE INITIAL ELECTRON TEMPERATURE ESTIMATE
CC
 20   N1    = N1+1
      IF(N1.GT.20) GO TO 325
      IF((0.5*J/JRQ).LT.1.0) GO TO 25
      VIL   = VIL+0.017
      GO TO 15
 25   DD    = ALOG(ABS(((1.0-0.5*J/JRQ)/(1.0+0.5*J/JRQ))*((JCO+J)
     &/(JEM-J))))
      F     = 2.0*(JEM+JCO)*(VIL-VIA)+4.0*IRQ*VIG-J*(DD*VIL+RE*VIL*J/JRQ
     &+J*REI*(D/400.0))
      IF(F.LT.0.0) VILL = VIL
      IF(F.GT.0.0) VILU = VIL
      DF    = 2.0*(JEM+JCO)+4.0*(VIG/VIL)**2*IRQ-DD*J+RE*(VIG/VIL-1.0)
     &*J**2/JRQ+1.5*J*(J*REI*(D/400.0)/VIL)
      VILN  = VIL-F/DF
      IF(VILN.LE.VILL.OR.VILN.GE.VILU) VILN = 0.5*(VILL+VILU)
      IF(ABS((VIL-VILN)/VIL).LE.0.01) GO TO 28
      VIL   = VILN
      GO TO 15
 28   CONTINUE
      VILL  = 0.0862
      VILU  = 0.3448
CC
C     CHECK FOR NEAR EQUILIBRIUM PLASMA
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
CC
 30   GAM   = 5.91E+18*JRQ*D*SQRT(PG*CSIG/(VTG*(VTG+VTL)*VTL**5.5))*KB
      Y1Q   = (JCO+0.5*J-ICO)/(JRQ-IRQ)
      YOQ   = (JEO-0.5*J-IEO)/(JRQ-IRQ)
      AA    = 1.414*(VTL/VTG)*(CSEG/CSIG)
      BB    = JRQ*REI*D/(400.0*RE*VTL)
      Y1M   = 0.5*(J-ICO)/JRQ
      IF(Y1M.LT. 0.0) Y1M = 0.0
      Y1L   = Y1M
      Y1U   = 1.0
      IF(GAM.GT.GAMCR) GO TO 200
CC
C     CHECK FOR MINMUM VALUE OF K
CC
      Z1L   = AA*(1.0+BB*Y1L)
      P1L   = RA*(Z1L*J/JRQ-ICO/IRQ)
      KL    = (P1L/GAM)**2+Y1L**2*(2.0-Y1L**2)
      IF(KL.LT.1.0) GO TO 35
      GO TO 115
CC
C     DENSITY PROFILE FOR K EQUAL TO 1
CC
 35   CONTINUE
      P1    = GAM*(1.0-Y1L)*(1.0+Y1L)
      DP1L  = P1-P1L
      DP1P  = DP1L
      Y1P   = Y1L
      Y1    = Y1Q
      IF(Y1.LE.Y1L.OR.Y1.GE.Y1U) Y1 = 0.5*(Y1L+Y1U)
 40   N3    = N3+1
      IF(N3.GT.20) GO TO 325
      P1    = GAM*(1.0-Y1)*(1.0+Y1)
      CALL CBC (Y1,P12)
      IF(NC.GT.20) GO TO 325
      K     = (P12/GAM)**2 + Y1**2*(2.0-Y1**2)
      DP1   = P1-P12
      IF(DP1.GT.0.0) Y1L = Y1
      IF(DP1.LT.0.0) Y1U = Y1
      Y1N   = Y1 - DP1*(Y1-Y1P)/(DP1-DP1P)
      IF(Y1N.LE.Y1L.OR.Y1N.GE.Y1U) Y1N = Y1-DP1*(Y1-Y1L)/(DP1-DP1L)
      IF(Y1N.LE.Y1L.OR.Y1N.GE.Y1U) Y1N = 0.5*(Y1L+Y1U)
      IF(ABS(K-1.0).GE.1.0E-4) GO TO 45
      IF(ABS((Y1N-Y1)/Y1).GE.0.001) GO TO 45
      IF(Y1.LE.Y1Q.AND.ABS((Y1N-Y1)/(Y1Q-Y1M)).GE.0.05) GO TO 45
      GO TO 50
 45   Y1P   = Y1
      DP1P  = DP1
      Y1    = Y1N
      GO TO 40
 50   UO    = 0.5*ALOG(ABS((1.0+Y1)/(1.0-Y1)))
      YO    = TANH(GAM+UO)
      PO    = GAM*(1.0-YO)*(1.0+YO)
      CALL EBC(YO,PO2)
      IF(NE.GT.20) GO TO 325
      DPO   = PO - PO2
      IF(DPO.GE.0.0) Y1L = 0.5*(J-ICO)/JRQ
      IF(DPO.GE.0.0) Y1U = Y1
      IF(DPO.LT.0.0) Y1L = Y1
      IF(DPO.LT.0.0) Y1U = 1.0
      DPOP  = DPO
      Y1P   = Y1
      YOP   = YO
      MP    = 1.0
      IF(DPO.GE.0.0) GO TO 60
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      IF(DPO.LT.0.0) GO TO 120
CC
C     DENSITY PROFILE AND Y INTEGRAL FOR K LESS THAN 1
CC
 60   CONTINUE
      Y1   = Y1L
      P1   = P1L
      K    = KL
      N4   = 1
      GO TO 65
 61   Y1   = 0.5*(Y1L+Y1U)
 62   N4   = N4+1
      IF(N4.GT.25) GO TO 325
      CALL CBC(Y1,P1)
      IF(NC.GT.20) GO TO 325
      K    = (P1/GAM)**2 + Y1**2*(2.0-Y1**2)
      IF(K.LT.1.0) GO TO 65
      Y1U  = Y1
      Y1   = 0.5*(Y1+Y1P)
      GO TO 62
 65   M    = (1.0-SQRT(1.0-K))/(1.0+SQRT(1.0-K))
      EI   = CEI(M)
      DU   = SQRT(2.0/(1.0+M))*GAM
      IF(DU.GT.2.0*EI) GO TO 105
      YM   = SQRT(2.0*M/(1.0+M))
      W1   = Y1/YM
      U1   = W1
      N7   = 0
 80   N7   = N7+1
      IF(N7.GT.20) GO TO 325
      W1C  = SN(U1,M)
      DU1  = (W1-W1C)/SQRT((1.0-W1C**2)*(1.0-M*W1C**2))
      IF(ABS(DU1/U1).LE.0.01) GO TO 85
      U1   = U1+DU1
      GO TO 80
 85   UO   = U1+DU
      IF(UO.GT.2.0*EI) GO TO 105
      ESUO = SN(UO,M)
      IF(ESUO.GE.1.0) ESUO = 0.99999
      WO   = ESUO
      YO   = YM*WO
      IF(UO.GE.EI) PO = -GAM*SQRT(K-YO**2*(2.0-YO**2))
      IF(UO.LT.EI) PO = +GAM*SQRT(K-YO**2*(2.0-YO**2))
      CALL EBC(YO,PO2)
      IF(NE.GT.20) GO TO 325
      DPO  = PO - PO2
      IF(N4.EQ.1.AND.DPO.GT.0.0) GO TO 290
      IF(N4.LE.3) GO TO 90
      IF(ABS((M-MP)/M).GE.0.01.OR.ABS((M-MP)/(1.0-M)).GE.0.01) GO TO 90
      IF(Y1.LE.Y1Q.AND.ABS((Y1-Y1P)/(Y1-Y1M)).GE.0.05) GO TO 90
      GO TO 110
 90   IF(DPO.GT.0.0) Y1U = Y1
      IF(DPO.LT.0.0) Y1L = Y1
      IF(N4.EQ.1) Y1N = Y1Q
      IF(N4.GT.1) Y1N = Y1 - ((Y1-Y1P)/(DPO-DPOP))*DPO
      IF(Y1N.LE.Y1L.OR.Y1N.GE.Y1U) Y1N = 0.5*(Y1L+Y1U)
      Y1P  = Y1
      DPOP = DPO
      MP   = M
      Y1   = Y1N
      GO TO 62
105   Y1L  = Y1
      MP   = M
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      GO TO 61
  110 ESU1  = W1
      ECU1  = SQRT(1.0-W1**2)
      EDU1  = SQRT(1.0-M*W1**2)
      IF(UO.LE.EI) ECUO = +SQRT(1.0-WO**2)
      IF(UO.GT.EI) ECUO = -SQRT(1.0-WO**2)
      EDUO  = SQRT(1.0-M*WO**2)
      YINV  = (1.0+M)/(2.0*GAM*SQRT(M))*ALOG(ABS(((EDUO-ECUO)/(EDU1-ECU
     &1))*(ESU1/ESUO)))
      Y1B   = Y1
      GO TO 250
CC
C     DENSITY PROFILE AND Y INTEITRAL FOR K GREATER THAN 1
CC
  115 CONTINUE
      Y1U   = 1.1E+6
      Y1    = Y1L
      P1    = P1L
      K     = KL
      GO TO 125
  120 CONTINUE
      Y1U   = 1.1E+6
      IF(Y1Q.GT.Y1L) Y1 = Y1Q
      IF(Y1Q.LE.Y1L) Y1 = 1.0
  122 N4    = N4+1
      IF(N4.GT.25) GO TO 325
      CALL CBC(Y1,P1)
      IF(NC.GT.20) GO TO 325
      K     = (P1/GAM)**2+Y1**2*(2.0-Y1**2)
      IF(K.GT.1.0) GO TO 125
      Y1L   = Y1
      IF(Y1U.LT.1.0E+6) Y1 = 0.5*(Y1L+Y1U)
      IF(Y1U.GT.1.0E+6) Y1 = 2.0*Y1
      GO TO 122
  125 M     = (1.0+SQRT(K))/(2.0*SQRT(K))
      EI    = CEI(M)
      DU    = GAM/SQRT(2.0*M-1.0)
      IF(DU.GT.EI) GO TO 170
      YM    = 1.0/SQRT(2.0*M-1.0)
      W1    = Y1/YM
      U1    = W1
      N8    = 0
  140 N8    = N8+1
      IF(N8.GT.20) GO TO 325
      ESU1  = SN(U1,M)
      ECU1  = SQRT(ABS(1.0-ESU1**2))
      EDU1  = SQRT(ABS(1.0-M*ESU1**2))
      W1C   = ESU1*EDU1/ECU1
      DU1   = (ECU1**2/(EDU1**2-M*(ESU1*ECU1)**2))*(W1-W1C)
      IF(ABS(DU1/U1).LE.0.01) GO TO 150
      U1    = U1+DU1
      GO TO 140
  150 UO    = U1+DU
      IF(UO.GT.EI) GO TO 170
      ESUO  = SN(UO,M)
      IF(ESUO.GE.1.0) ESUO = 0.99999
      ECUO  = SQRT(ABS(1.0-ESUO**2))
      EDUO  = SQRT(ABS(1.0-M*ESUO**2))
      WO    = ESUO*EDUO/ECUO
      YO    = YM*WO
      PO    = GAM*SQRT(K-YO**2*(2.0-YO**2))
  160 CALL EBC(YO,PO2)
      IF(NE.GT.20) GO TO 325
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      DPO    = PO-PO2
     . IF(N4.EQ.0.AND.DPO.GT.0.0) GO TO 290
      IF(N4.LE.3) GO TO 163
      IF(ABS((Y1-Y1P)/Y1).GE.0.01.OR.ABS((YO-YOP)/YO).GE.0.01) GO TO 163
      IF(Y1.LE.Y1Q.AND.ABS((Y1-Y1P)/(Y1Q-Y1M)).GE. 0.05) GO TO 163
      IF(ABS(PO).GT.1.0.AND.ABS(DPO/PO).GE.0.01) GO TO 163
      IF(ABS(PO).LE.1.0.AND.ABS(DPO).GE.0.01) GO TO 163
      GO TO 175
  163 IF(DPO.GT.0.0) Y1U = Y1
      IF(DPO.LT.0.0) Y1L = Y1
      IF(N4.EQ.0.AND.Y1Q.GT.Y1L) Y1N = Y1Q
      IF(N4.EQ.0.AND.Y1Q.LE.Y1L) Y1N = 1.0
      IF(N4.EQ.0) GO TO 165
      IF(Y1U.LT.1.0E+6) GO TO 164
      Y1N    = 2.0*Y1
      GO TO 165
  164 Y1N    = Y1 - ((Y1-Y1P)/(DPO-DPOP))*DPO
      IF(Y1N.LT.Y1L.OR.Y1N.GT.Y1U) Y1N = 0.5*(Y1L+Y1U)
  165 Y1P    = Y1
      YOP    = YO
      DPOP   = DPO
      MP     = M
      Y1     = Y1N
      GO TO 122
  170 IF(N4.EQ.0) GO TO 290
      Y1U    = Y1
      Y1     = 0.5*(Y1L+Y1U)
      GO TO 122
  175 YINV   = (1.0/(GAM*SQRT(K)))*ALOG(ABS((ESUO/ESU1)*(EDU1/EDUO)))
      Y1B    = Y1
      GO TO 250
CC
C     DENSITY PROFILE AND Y INTEGRAL FOR NEAR-EQUILIBRIUM PLASMA
CC
  200 CONTINUE
      K      = 1.0
      M      = 1.0
      Y1     = Y1B
      IF(Y1.LE.Y1L.OR.Y1.GE.Y1U) Y1 = 0.5*(Y1L+Y1U)
  205 N5     = N5+1
      IF(N5.GT.20) GO TO 325
      P1     = GAM*(1.0-Y1)*(1.0+Y1)
      CALL CBC(Y1,P12)
      IF(NC.GT.20) GO TO 325
      DP1    = P1-P12
      IF(DP1.GT.0.0) Y1L = Y1
      IF(DP1.LT.0.0) Y1U = Y1
      IF(N5.EQ.1) Y1N = Y1 + DP1/(2.0*GAM*Y1)
      IF(N5.GT.1) Y1N = Y1 - ((Y1-Y1P)/(DP1-DP1P))*DP1
      IF(Y1N.LE.Y1L.OR.Y1N.GE.Y1U) Y1N = 0.5*(Y1L+Y1U)
      IF(N5.GT.1.AND.ABS((Y1-Y1N)/Y1).LE.0.01.AND.ABS(DP1/P1).LE.0.01)
     &GO TO 215
      Y1P    = Y1
      DP1P   = DP1
      Y1     = Y1N
      GO TO 205
  215 XO1    = (1.0/GAM)*0.5*ALOG(ABS((1.0+Y1)/(1.0-Y1)))
      Y1B    = Y1
      YOL    = 0.0
      YOU    = 1.0
      YO     = 1.0
  225 N6     = N6+1
      IF(N6.GT.20) GO TO 325
     PO      =  -GAM*(1.0-YO)*(1.0+YO)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ ซึ่งได้รับอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      CALL EBC(YO,PO2)
      IF(NE.GT.20) GO TO 325
      IF(PO2.LE.0.0) GO TO 235
      IF(N6.EQ.1) GO TO 290
      YOL    = YO
      YO     = 0.5*(YOL+YOU)
      GO TO 225
  235 DPO    = PO-PO2
      IF(DPO.GT.0.0) YOU = YO
      IF(DPO.LT.0.0) YOL = YO
      IF(N6.EQ.1) YON = YO - DPO/(2.0*GAM*YO)
      IF(N6.GT.1) YON = YO - ((YO-YOP)/(DPO-DPOP))*DPO
      IF(YON.LE.YOL.OR.YON.GE.YOU) YON = 0.5*(YOL+YOU)
      IF(N6.GT.1.AND.ABS((YO-YON)/YO).LE.0.01.AND.ABS(DPO/PO).LE.0.01)
     &GO TO 245
      YOP    = YO
      DPOP   = DPO
      YO     = YON
      GO TO 225
  245 XOO    = (1.0/GAM)*0.5*ALOG(ABS((1.0+YO)/(1.0-YO)))
  248 YINV   = 1.0+XO1+XOO+(1.0/GAM)*ALOG(SQRT((1.0-YO)*(1.0+YO)*(1.0
     &-Y1)*(1.0+Y1))/(4.0*YO*Y1))
CC
C     CONCLUDE ELECTRON TEMPERATURE ITERATION (ELECTRON ENERGY BALANCE)
CC
  250 RMOB   = 3.30E-2*SQRT(VIL/(AG*VIG))*(CSEG/CSIG)
      RMOB1  = RMOB*(1.0+BB*Y1)
      RMOBO  = RMOB*(1.0*BB*YO)
  255 JI1    = -RMOB1*J+(IRQ/RA)*P1
      JIO    = -RMOBO*J+(IRQ/RA)*PO
      JL1    = J+JI1
      JLO    = J+JIO
  260 IF(VC.GE.0.0) QC = 2.0*(JL1+JC)*VIL-2.0*JC*VIC+JI1*(VIG+VC)
      IF(VC.LT.0.0) QC = 2.0*(JRQ*Y1+0.5*JL1)*VIL - 2.0*(JRQ*Y1-0.5*JL1)
     &*VIC - JL1*VC + JI1*(VIG+VC)
  265 IF(VE.GE.0.0) QE = 2.0*(JRQ*YO+0.5*JLO)*VIE - 2.0*(JRQ*YO-0.5*JLO)
     &*VIL + JLO*VE + JIO*(VIG-VE)
      IF(VE.LE.0.0) QE = 2.0*JE*VIE - 2.0*(JE-JLO)*VIL + JIO*(VIG-VE)
      VP = -VIL*ALOG(Y1/YO)-0.5*(JL1+JLO)*(RE*VIL*YINV/JRQ+REI*D/400.0)
  270 F      = QC-QE+J*(VE+VC+VP)
      V      = WFE-WFC+VE+VP+VC
      IF(F.LT.0.0) VILL = VIL
      IF(F.GT.0.0) VILU = VIL
      IF(N2.EQ.1.AND.J.GE.JE) GO TO 280
      IF(N2.EQ.1) DF = 2.0*(JE+JC) + 4.0*(VIG/VIL)**2*IRQ-J*ALOG(((1.0
     &-0.5*J/JRQ)/(1.0+0.5*J/JRQ))*((JC+J)/(JE-J)))+RE*VIL*J/JRQ+J*
     &REI*(D/400.0)
      IF(N2.GT.1) DF = (F-FP)/(VIL-VILP)
  280 CONTINUE
      VILN   = VIL-F/DF
      IF(VILN.LE.VILL.OR.VILN.GE.VILU) VILN = 0.5*(VILL+VILU)
  285 IF(N2.LE.3.OR.ABS((VILN-VIL)/VIL).GE.0.002) GO TO 288
      DELV   = ((V-VPRV)/(VIL-VILP))*(VILN-VIL)
      IF(ABS(DELV).LE.0.005) GO TO 300
  288 VPRV   = V
      VILP   = VIL
      FP     = F
      VIL    = VILN
      GO TO 10
  290 CONTINUE
      N9     = N9+1
      IF(N9.GT.20) GO TO 325
      VILL   = VIL
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      IF(VILU.LT.0.344) VIL = 0.5*(VIL+VILU)
      IF(VILU.GE.0.344) VIL = VIL+0.017
      IF(VIL.LE.VILL.OR.VIL.GE.VILU) GO TO 325
      GO TO 12
  300 CONTINUE
      POX    = -PO
      P1X    = -P1
      QEL    = QE-JIO*(VIG-VE)+JLO*WFE
      QION   = JIO*(VIG-VE-WFE)
      ICONV  = 1
      KOP(INDEX)=K
      MOP(INDEX)=M
      YOOP(INDEX)= YO
      POXOP(INDEX)= POX
      Y1OP(INDEX)= Y1
      P1XOP(INDEX)= P1X
      DGASOP(INDEX)= DGAS
      REOP(INDEX)= RE
      RIOP(INDEX)= RI
      GAMOP(INDEX)= GAM
      TELOP(INDEX)= TEL
      DSAHAOP(INDEX)= DSAHA
      REIOP(INDEX)= REI
      JIOOP(INDEX)= JIO
      JI1OP(INDEX)= JI1
      WFEOP(INDEX)= WFE
      VEOP(INDEX)= VE
      VPOP(INDEX)= VP
      VCOP(INDEX)=VC
      WFCOP(INDEX)= WFC
      JEOP(INDEX)= JE
      JCOP(INDEX)= JC
      IEOP(INDEX)= IE
      ICOP(INDEX)= IC
  325 GO TO 360
  330 FORMAT(1HO,32HCHARGED PARTICLE DENSITY PROFILE)
  331 FORMAT(72HO    INTCONK    MODULUS      Y(X=0)      P(X=0)      Y(
     &X=D)      P(X=D))
  332 FORMAT(1HO,6F12.3)
  333 FORMAT(1HO,17HPLASMA PROPERTIES)
  334 FORMAT(60HO      CS DEN        E-MFP        I-MFP        GAMMA       EL
     &TEMP)
  339 FORMAT(48HO    SAHADEN     COULRES     JI(X=0)     JI(X=D))
  335 FORMAT(1HO,E12.3,4F12.3)
  340 FORMAT(1HO,E12.3,F12.3,2F12.3)
  336 FORMAT(1HO,36HVOLTAGE AND EMISSION CURRENT SUMMARY)
  337 FORMAT(60HO      EMWFUN      EMSHEAT      PL VOLT      COSHEAT       CO
     &WFUN)
  341 FORMAT(48HO           J          JC          IE          IC)
  338 FORMAT(1HO,5F12.3)
  342 FORMAT(1HO,2F12.3,2F12.6)
  360 RETURN
      END
CEBC        EMITTER BOUNDARY CONDITIONS
      SUBROUTINE EBC(YO,PO)
      COMMON /B/ KB,KR,KS,GAMCR
      COMMON /C/ WFEO,JEO,IEO,WFCO,JCO,ICO
      COMMON /X/ WFE,JE,IE,WFC,JC,IC,J
      COMMON/E/ RE,RI,RA,VIE,VIC,VIL,AA,BB,VE,VC,JRQ,IRQ,Y1Q,YOQ,NE,NC
      COMMON/F/ JEM,IEM
      REAL KB,KR,KS
      REAL JEO,IEO,JCO,ICO,JE,IE,JC,IC,J
      REAL JRQ,IRQ
      REAL LO,LEP
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น และไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา รวมทั้งไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่ต่อ ในทุกรูปแบบ ทั้งนี้ผู้ใช้งานต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      REAL JEM,IEM
      WFE    = WFEO
      JE     = JEO
      IE     = IEO
      ZO     = AA*(1.0+BB*YO)
      LO     = 0.487*VIL**0.75/SQRT(ABS(JRQ*YO))
      IF(YO-YOQ) 10,10,20
CC
C     COMPUTATIONS FOR RETARDING EMITTER SHEATH
CC
 10   NE     = 0
      B      = (JRQ+IRQ)*YO/JE+2.0+0.5*J/JE
      C      = (J+IE+2.0*JRQ*YO)/JE
      XX     = B*B/C
      IF(XX.LT.100.0) G = 0.5*XX*(1.0-SQRT(1.0-4.0/XX))
      IF(XX.GE.100.0) G = 1.0
      E      = (C/B)*G
      VE     = -VTE*ALOG(ABS(E))
 15   NE     = NE+1
      IF(NE.GT.20) GO TO 40
      DWFE   = 0.0076*SQRT(ABS(KS*VE/LO))
      RED    = EXP(-DWFE/VTE)
      JE     = JEO*RED
      IE     = IEO/RED
      PO     = RA*(IE/IRQ-YO*E)/(1.0-0.5*E)+RA*ZO*J/JRQ
      F      = (JRQ+IRQ)*YO*E-2.*JRQ*YO-(1.-.5*E)*(J-2.*JE*E)-IE
      DF     = -(JRQ+IRQ)*YO*E/VTE-(2.0-E)*(1.+.5*DWFE/VE)*JE*E/VTE
     &-0.5*(J-2.0*JE*E)*E/VTE-0.5*IE*DWFE/(VE*VTE)
      VEN    = VE-F/DF
      IF(VEN.LE.0.0) VEN = 0.5*VE
      IF(NE.LE.1.0.OR.ABS(VE-VEN).GE.0.005) GO TO 18
      IF(PO.LE.1.0.AND.ABS(PO-POP).GE.0.005) GO TO 18
      IF(PO.GT.1.0.AND.ABS((PO-POP)/PO).GE.0.005) GO TO 18
      WFE    = WFEO+DWFE
      GO TO 40
 18   POP    = PO
      VE     = VEN
      E      = EXP(-VE/VTE)
      GO TO 15
CC
C     COMPUTATIONS FOR ACCELERATING EMITTER SHEATH
CC
 20   NE     = 0
      IF(J.LT.JEO) GO TO 23
      VE     = -VTL
      E      = EXP(VE/VTL)
      GO TO 25
 23   B      = ((JRQ+IRQ)*YO-0.5*J+2.0*IE)/IE
      C      = (JE-J+2.0*IRQ*YO)/IE
      XX     = B*B/C
      IF(XX.LT.100.0) G = 0.5*XX*(1.0-SQRT(1.0-4.0/XX))
      IF(XX.GE.100.0) G =1.0
      E      = (C/B)*G
      VE     = VTL*ALOG(ABS(E))
 25   NE     = NE+1
      IF(NE.GT.20) GO TO 40
      DWFE   = 0.0076*SQRT(ABS(-KS*VE/LO))
      ENH    = EXP(DWFE/VTE)
      JE     = JEO*ENH
      IE     = IEO/ENH
      IEP    = IE*E**(VTL/VTE)
      PO     = RA*(2.0*IEP/IRQ+ZO*J/JRQ-2.0*YO)
      F      = (JRQ+IRQ)*YO*E-2.0*IRQ*YO+(1.0-0.5*E)*(J+2.0*IEP)-JE
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      DF     = (JRQ+IRQ)*YO*E/VTL+(2.0-E)*(IEP/VTE)*(1.0-DWFE/VE)-0.5*
     &(J+2.0*IEP)*E/VTL-0.5*JE*DWFE/(VIE*VE)
      VEN    = VE-F/DF
      IF(VEN.GE.0.0) VEN = 0.5*VE
      IF(NE.LE.1.OR.ABS(VE-VEN).GE.0.005) GO TO 35
      IF(PO.LE.1.0.AND.ABS(PO-POP).GE.0.005) GO TO 35
      IF(PO.GT.1.0.AND.ABS((PO-POP)/PO).GE.0.005) GO TO 35
      GO TO 38
 35   POP    = PO
      VE     = VEN
      E      = EXP(VE/VTL)
      GO TO 25
 38   CONTINUE
      WFE    = WFEO - DWFE
 40   RETURN
      END
CCBC       COLLECTOR BOUNDARY CONDITIONS
      SUBROUTINE CBC(Y1,P1)
      COMMON /B/ KB,KR,KS,GAMCR
      COMMON /C/ WFEO,JEO,IEO,WFCO,JCO,ICO
      COMMON /X/ WFE,JE,IE,WFC,JC,IC,J
      COMMON /D/ IP,ICONV,TE,TC,PG,D,V,QEL,QION,TR
      COMMON/E/ RE,RI,RA,VIE,VIC,VIL,AA,BB,VE,VC,JRQ,IRQ,Y1Q,YOQ,NE,NC
      REAL KB,KR,KS
      REAL JEO,IEO,JCO,ICO,JE,IE,JC,IC,J
      REAL JRQ,IRQ
      REAL L1,ICP
      WFC    = WFCO
      JC     = JCO
      IC     = ICO
      Z1     = AA*(1.0+BB*Y1)
      L1     = 0.487*VTL**0.75/SQRT(ABS(JRQ*Y1))
      IF(Y1.NE.Y1Q) GO TO 8
      VC     = 0.
      P1     = 2.*RA*(Y1-IC/IRQ)+RA*Z1*J/JRQ
      GO TO 40
 8    CONTINUE
      IF(Y1-Y1Q) 10,10,20
CC
C     COMPUTATIONS FOR ACCELERATING COLLECTOR SHEATH
CC
 10   NC     = 0
      B      = (JRQ+IRQ)*Y1/JC-0.5*J/JC+2.0
      C      = 2.0*JRQ*Y1/JC+IC/JC-J/JC
      XX     = B*B/C
      IF(XX.LT.100.0) G = 0.5*XX*(1.0-SQRT(1.0-4.0/XX))
      IF(XX.GE.100.0) G = 1.0
      E      = (C/B)*G
      VC     = VTC*ALOG(ABS(E))
 15   NC     = NC+1
      IF(NC.GT.20) GO TO 40
      DWFC   = 0.0076*SQRT(ABS(-KS*VC/L1))
      RED    = EXP(-DWFC/VTC)
      JC     = JCO*RED
      IC     = ICO/RED
      P1     = RA*(Y1*E-IC/IRQ)/(1.0-0.5*E)+RA*Z1*J/JRQ
      F      = (JRQ+IRQ)*Y1*E-2.*JRQ*Y1+(1.-.5*E)*(J+2.*JC*E)-IC
      DF     = (JRQ+IRQ)*Y1*E/VTC+(2.-E)*(1.-.5*DWFC/VC)*JC*E/VTC
     &-.5*(J+2.*JC*E)*E/VTC-.5*IC*DWFC/(VTC*VC)
      VCN    = VC-F/DF
      IF(VCN.GE.0.0) VCN = 0.5*VC
      IF(NC.LE.1.OR.ABS(VC-VCN).GE.0.005) GO TO 18
      IF(P1.LE.1.0.AND.ABS(P1-P1P).GE.0.005) GO TO 18
      IF(P1.GT.1.0.AND.ABS((P1-P1P)/P1).GE.0.005) GO TO 18
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      WFC    = WFCO+DWFC
      GO TO 40
   18 P1P    = P1
      VC     = VCN
      E      = EXP(VC/VTC)
      GO TO 15
CC
C     COMPUTATIONS FOR RETARDING COLLECTOR SHEATH
CC
   20 NC     = 0
      E      = (2.0*IRQ*Y1+JC+J-2.0*IC)/((JRQ+IRQ)*Y1+0.5*J-IC)
      VC     = -VTL*ALOG(E)
   25 NC     = NC+1
      IF(NC.GT.20) GO TO 40
      DWFC   = 0.0076*SQRT(ABS(KS*VC/L1))
      ENH    = EXP(DWFC/VTC)
      JC     = JCO*ENH
      IC     = ICO/ENH
      ICP    = IC*EXP(-VC/VTC)
      P1     = RA*(2.0*Y1+Z1*J/JRQ-2.0*ICP/IRQ)
      F      = Y1*((JRQ+IRQ)*E-2.0*IRQ)-(1.0-0.5*E)*(J-2.0*ICP)-JC
      DF     = -(JRQ+IRQ)*Y1*E/VTL-JC*DWFC/(2.0*VC*VTC)-(2.0-E)*(ICP/VT
     &C)*(1.0+0.5*DWFC/VC)-0.5*(J-2.0*ICP)*E/VTL
      VCN    = VC-F/DF
      IF(VCN.LE.0.0) VCN = 0.5*VC
      IF(NC.LE.1.OR.ABS(VC-VCN).GE.0.005) GO TO 35
      IF(P1.LE.1.0.AND.ABS(P1-P1P).GE.0.005) GO TO 35
      IF(P1.GT.1.0.AND.ABS((P1-P1P)/P1).GE.0.005) GO TO 35
      GO TO 38
   35 P1P    = P1
      VC     = VCN
      E      = EXP(-VC/VTL)
      GO TO 25
   38 CONTINUE
      WFC    = WFCO-DWFC
   40 RETURN
      END
CELPSIN     ELLIPTIC SINE FUNCTION
      FUNCTION SN(XIN,C)
      DIMENSION P(10),P1(10),V(10),Y(10),Z(10)
      CEI(X1) = 1.3862944+(1.0-X1)*(0.1119723+0.0725296*(1.0-X1))-
     &(0.50+(1.0-X1)*(0.1213478+0.0288729*(1.0-X1)))*ALOG(ABS(1.0-X1))
      EI     = CEI(C)
      IF(XIN.GT.EI) X = 2.0*EI-XIN
      IF(XIN.LE.EI) X = XIN
      IF(C-0.5) 5,5,15
CC
C     COMPUTATIONS FOR C LESS THAN 0.5
CC
    5 J      = 1
      P(J)   = C
      P1(J)  = 1.0-C
      V(J)   = X
      GO TO 9
    7 J      = J+1
      P(J)   = ((1.0-SQRT(ABS(P1(J-1))))/(1.0+SQRT(ABS(P1(J-1)))))**2.0
      P1(J)  = 1.0-P(J)
      V(J)   = V(J-1)/(1.0+SQRT(ABS(P(J))))
    9 IF(P(J)-0.0001) 10,7,7
   10 JMAX   = J
      Y(JMAX) = SIN(V(JMAX))-0.25*P(JMAX)*(V(JMAX)-SIN(V(JMAX))*COS(V(JM
     &AX)))*COS(V(JMAX))
      IF(JMAX-1) 13,13,11
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
 11   M       = JMAX-1
      DO 12 L = 1,M
      N       = JMAX-L
 12   Y(N)    = ((1.0+SQRT(ABS(P(N+1))))*Y(N+1))/(1.0+SQRT(ABS(P(N+1)))
     &*Y(N+1)**2.0)
 13   CONTINUE
      SN      = Y(1)
      GO TO 25
CC
C     COMPUTATIONS FOR C GREATER THAN 0.5
CC
 15   J       = 1
      P(J)    = C
      P1(J)   = 1.0-C
      V(J)    = X
      GO TO 21
 17   J       = J+1
      P(J)    = 4.0*SQRT(ABS(P(J-1)))/(1.0+SQRT(ABS(P(J-1))))**2.0
      P1(J)   = ((1.0-SQRT(ABS(P(J-1))))/(1.0+SQRT(ABS(P(J-1)))))**2.0
 20   V(J)    = 0.5*V(J-1)*(1.0+SQRT(ABS(P(J-1))))
 21   IF(P1(J)-0.0001) 23,17,17
 23   JMAX    = J
      HIN     = TANH(V(JMAX))
      HSC     = SQRT(ABS(1.0-HIN**2.0))
      HSN     = HIN/HSC
      HCN     = 1.0/HSC
      Z(JMAX) = HSC+0.25*P1(JMAX)*(HSN*HCN+V(JMAX))*HIN*HSC
      IF(JMAX-1) 40,40,30
 30   M       = JMAX-1
      DO 35 L = 1,M
      N       = JMAX-L
 35   Z(N)    = (1.0-SQRT(ABS(P1(N+1))))*(Z(N+1)**2.0+SQRT(ABS(P1(N+1)))
     &)/(P(N+1)*Z(N+1))
 40   CONTINUE
      SN      = SQRT(ABS((1.0-Z(1)**2.0)/C))
 25   RETURN
      END
*     ********************************************************
      BLOCK DATA
      CHARACTER*2 DAT1
      DIMENSION DAT1(80)
      COMMON/BLK1/DAT1
      DATA DAT1/'01','02','03','04','05','06','07','08','09',
     1'10','11','12','13','14','15','16','17','18','19',
     2'20','21','22','23','24','25','26','27','28','29',
     3'30','31','32','33','34','35','36','37','38','39',
     4'40','41','42','43','44','45','46','47','48','49',
     5'50','51','52','53','54','55','56','57','58','59',
     6'60','61','62','63','64','65','66','67','68','69',
     7'70','71','72','73','74','75','76','77','78','79',
     8'80'/
      END
*     ********************************************************
      SUBROUTINE INIT
      CHARACTER*1 A,B,C,D,E,F,G
      A = CHAR(178)
      B = CHAR(187)
      C = CHAR(188)
      D = CHAR(200)
      E = CHAR(201)
      F = CHAR(205)
      G = CHAR(186)
      CALL CLS
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      CALL GRAPHIC('40','34')
      M = 14
      CALL BLOCK('40','34','11',M)
      CALL LOCATE('01','01')
      CALL SCREEN('0')
      CALL SCREEN('1')
      CALL COLOR('40','32')
      CALL LOCATE ('02','01')
      WRITE (*,*)  '                    ',E,F,F,F,F,F,F,F,F,F,F,F,F,F,
     DF,F,F,F,F,F,F,F,F,F,F,F,F,F,F,F,F,F,F,F,F,F,F,F,F,F,F,B,' '
      CALL COLOR ('40','34')
      CALL LOCATE('02','01')
      WRITE (*,*) A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A
      CALL COLOR ('40','32')
      CALL LOCATE ('03','01')
      WRITE (*,*)  '                                        ',
     D '                    ',G,' '
      CALL COLOR ('40','31')
      CALL LOCATE ('03','01')
      WRITE (*,10)
      CALL COLOR ('40','32')
      CALL LOCATE ('03','01')
      WRITE (*,*)  '                          ',G,' '
      CALL COLOR ('40','34')
      CALL LOCATE ('03','01')
      WRITE (*,*) A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A
      CALL COLOR('40','32')
      CALL LOCATE('04','01')
      WRITE (*,*)  '                           ',D,F,F,F,F,F,F,F,F,F,F,F,F,F,
     DF,F,F,F,F,F,F,F,F,F,F,F,F,F,F,F,F,F,F,F,F,F,F,F,F,F,F,C,' '
      CALL COLOR ('40','34')
      CALL LOCATE('04','01')
      WRITE (*,*) A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A
      CALL LOCATE('24','01')
      CALL GR
      CALL LOCATE('02','01')
10    FORMAT(T20,'   THERMIONIC CONVERTER SIMULATED PROGRAM ')
      RETURN
      END
*     ************************************************************
      SUBROUTINE BLOCK (AB,AF,AP,M)
      CHARACTER*2 AB,AF,AP
      CALL SCREEN('1')
      CALL COLOR(AB,AF)
      CALL LOCATE (AP,'01')
      K = 1
10    CALL BR1
      K = K+1
      IF(K.LE.M)GO TO 10
      CALL LOCATE ('02','01')
      RETURN
      END
*     ************************************************************
      SUBROUTINE GRAPHIC (BB,FF)
      CHARACTER*2 BB,FF
      CALL SCREEN('1')
      CALL COLOR(BB,FF)
      CALL LOCATE ('01','01')
      N = 1
10    CALL GR
      N = N+1
      IF(N.LE.24)GO TO 10
      RETURN
      END
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
*     ***********************************************************************
      SUBROUTINE GR
      CHARACTER*1 A
      A = CHAR(178)
      WRITE (*,*)                  A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,
     D      A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,
     D      A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A
      RETURN
      END
*     ***********************************************************************
      SUBROUTINE BR1
      CHARACTER*1 A,H
      A = CHAR(178)
      H = CHAR(176)
      WRITE (*,*)                  A,A,H,H,H,H,H,H,H,H,H,H,H,H,H,H,H,H,H,H,
     D      H,H,H,H,H,H,H,H,H,H,H,H,H,H,H,H,H,H,H,H,H,H,H,H,H,H,H,H,H,H,H,H,
     D      H,H,H,H,H,H,H,H,H,H,H,H,H,H,H,H,H,H,H,H,H,H,H,H,H,H,H,H,H,H,A,A
      RETURN
      END
*     ************************************************************
      SUBROUTINE COLOR(BG,FG)
      CHARACTER*2 FG,BG
      WRITE(*,*) CHAR(27),'[',BG,';',FG,'m'
      RETURN
      END
*     ************************************************************
      SUBROUTINE LOCATE(ROW,COL)
      CHARACTER*2 ROW,COL
      WRITE(*,*) CHAR(27),'[',ROW,';',COL,'H'
      RETURN
      END
*     ************************************************************************
      SUBROUTINE SCREEN (S)
      CHARACTER*1 S
      WRITE(*,*)CHAR(27),'[',S,'m'
      RETURN
      END
*     ************************************************************************
      SUBROUTINE CLS
      WRITE(*,*)CHAR(27),'[','2','J'
      RETURN
      END

*     ************************************************************
      SUBROUTINE ERL
      WRITE(*,*)CHAR,'[','K'
      RETURN
      END
*     ************************************************************************
      SUBROUTINE COM1
      CHARACTER*1 A
      A = CHAR(178)
      WRITE(*,*)CHAR(7)
      CALL COLOR ('40','34')
      CALL LOCATE ('05','01')
      WRITE (*,10)
      WRITE (*,20)A,A,A,A,A,A,A,A,A,A
      CALL COLOR ('40','34')
      CALL LOCATE ('05','01')
      WRITE (*,*)  A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,
     D A,A,A,A
      CALL LOCATE ('06','01')
      WRITE (*,10)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      WRITE (*,20)A,A,A,A,A,A,A,A,A,A
      CALL COLOR ('40','31')
      CALL LOCATE ('06','01')
      WRITE (*,*) '                                    ENTER THIS DATA  '
      CALL SCREEN ('0')
      CALL SCREEN ('1')
      CALL COLOR ('40','34')
      CALL LOCATE ('06','01')
      WRITE (*,*)  A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,
     D A,A,A,A
      CALL LOCATE ('07','01')
      WRITE (*,10)
      WRITE (*,20)A,A,A,A,A,A,A,A,A,A
      CALL LOCATE ('07','01')
      WRITE (*,*)  A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,
     D A,A,A,A
10    FORMAT(T52,' ',\)
20    FORMAT(20A)
      RETURN
      END
*     ****************************************************************
      SUBROUTINE COM2(Z)
      CHARACTER*1 A ,Z
      A = CHAR(178)
      WRITE(*,*)CHAR(7)
      CALL COLOR ('40','36')
      CALL LOCATE ('05','01')
      WRITE (*,10)
      CALL COLOR ('40','34')
      CALL LOCATE ('05','01')
      WRITE (*,*)          A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A
      CALL COLOR ('40','36')
      CALL LOCATE ('06','01')
      WRITE (*,10)
      CALL COLOR ('40','31')
      CALL LOCATE ('06','01')
      IF(Z.EQ.'0') WRITE (*,*) '                    DO YOU WANT TO SA',
     D'VE THIS OUTPUT? (Y/N)'
      IF(Z.EQ.'1') WRITE (*,*) '                     DO YOU WANT TO ',
     D'EDIT ANY DATA?(Y/N)  '
      IF(Z.EQ.'2') WRITE (*,*) '                          Press <ENTER',
     D'> to NEXT SCREEN     '
      IF(Z.EQ.'3') WRITE (*,*) '                    This file is alre',
     D'ady exist REWRITE?Y/N'
      IF(Z.EQ.'4') WRITE (*,*) '                     DO YOU WANT TO U',
     D'SE OLD DATA?(Y/N)    '
      IF(Z.EQ.'5') WRITE (*,*) '                     Please answer Y ',
     D'or N !! Press ENTER! '
      IF(Z.EQ.'6') WRITE (*,*) '                     DO YOU WANT TO ',
     D'EDIT ANY MORE?(Y/N)  '
      IF(Z.EQ.'7') WRITE (*,*) '                        SAVE THESE ',
     D'PROPERTIES?(Y/N)     '
      IF(Z.EQ.'8') WRITE (*,*) '                        PLEASE ENTER',
     D' DATA FILE NAME      '
      IF(Z.EQ.'9') WRITE (*,*) '                     Incorrect file ',
     D'name or not exist !  '
      IF(Z.EQ.'T') WRITE (*,*) '                     PLEASE ENTER ',
     D'REPORT FILE NAME     '
      IF(Z.EQ.'X') WRITE (*,*) '                     Data is wrong f',
     D'ormat!  Press ENTER  '
      IF(Z.EQ.'W') WRITE (*,*) '                    ENTER ONLY 1,2,3',
     D',4 OR 5  Press ENTER '
      CALL SCREEN ('0')
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      CALL SCREEN ('1')
      CALL COLOR ('40','34')
      CALL LOCATE ('06','01')
      WRITE (*,*)              A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A
      CALL COLOR ('40','36')
      CALL LOCATE ('07','01')
      WRITE (*,10)
      CALL COLOR ('40','34')
      CALL LOCATE ('07','01')
      WRITE (*,20)             A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A
      WRITE (*,30)
10    FORMAT (T61,' ')
20    FORMAT (21A,\)
30    FORMAT (1X,'              ',\)
      RETURN
      END
*     ********************************************************************
      SUBROUTINE BOX1(AL)
      CHARACTER*2 AL
      CALL COLOR ('47','32')
      CALL LOCATE (AL,'01')
      WRITE(*,*)'                                                  ',
     .B'          '
      RETURN
      END
*     ********************************************************************
      SUBROUTINE BOX2(BL)
      CHARACTER*2 BL
      CALL COLOR ('40','34')
      CALL LOCATE (BL,'01')
      CALL GG
      RETURN
      END
*     ********************************************************************
      SUBROUTINE GG
      CHARACTER*1 A,H
      A = CHAR(178)
      H = CHAR(176)
      WRITE (*,*) A,A,H,H,H,H,H,H,H,H,H,H,H,H,H,H,H,H,H,H,H
      RETURN
      END
*     ********************************************************************
      SUBROUTINE CRD
      DIMENSION DAT(7)
      CHARACTER*1 A,H
      CHARACTER*2 DAT
      A = CHAR(178)
      H = CHAR(176)
      DAT(1) = '15'
      DAT(2) = '16'
      DAT(3) = '17'
      DAT(4) = '18'
      DAT(5) = '19'
      DAT(6) = '20'
      DAT(7) = '21'
      I = 1
      CALL COLOR ('40','34')
      CALL LOCATE(DAT(I),'01')
20    WRITE (*,10)
      CALL LOCATE(DAT(I),'01')
      WRITE (*,*) A,A,H,H,H,H,H,H,H,H,H,H
      I = I+1
      IF(I.LE.7)GO TO 20
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
 10    FORMAT(T68 ,' ')
       RETURN
       END
 *     ********************************************************************
       SUBROUTINE RCD
       CHARACTER*1 A,H
       A = CHAR(178)
       H = CHAR(176)
       CALL COLOR ('40','34')
       CALL LOCATE ('20','01')
       WRITE (*,10) A,A,A,H,H,H,H,H,H,H,H,H,H
       WRITE (*,20)
 10    FORMAT(13A,\)
 20    FORMAT(1X,'                          ',\)
       RETURN
       END
 *     ********************************************************************
       SUBROUTINE EDGE (LL)
       CHARACTER*1 A,H
       CHARACTER*2 LL
       A = CHAR(178)
       H = CHAR(176)
       CALL COLOR ('40','34')
       CALL LOCATE(LL,'01')
       WRITE (*,*) A,A,H,H,H,H,H,H,H,H,H,H
       RETURN
       END
 *     ********************************************************************
       SUBROUTINE WINDOW
       CHARACTER*1 A
       A = CHAR(178)
       CALL COLOR ('47','34')
       CALL LOCATE ('09','01')
       N = 1
 20    WRITE (*,10)
       N = N+1
       IF(N.LE.14)GO TO 20
       CALL COLOR ('40','34')
       CALL LOCATE ('09','01')
       N = 1
 30    WRITE (*,*)A,A
       N = N+1
       IF(N.LE.14)GO TO 30
 10    FORMAT (T78,' ')
       RETURN
       END
 *     ********************************************************************
       SUBROUTINE FORMAT(FOR)
       CHARACTER*1 FOR
       CALL COLOR ('40','35')
       CALL LOCATE('18','01')
       IF(FOR.EQ.'1')WRITE (*,11)
       IF(FOR.EQ.'2')WRITE (*,12)
       IF(FOR.EQ.'3')WRITE (*,13)
       CALL EDGE ('18')
 11    FORMAT(T23,'DATA FORMAT : REAL (F8.3) - xxxxx.xxx')
 12    FORMAT(T21,'DATA FORMAT : REAL (E8.3) - xxxxx.xxxE-xx')
 13    FORMAT(T23,'DATA FORMAT : INTEGER(I8) - xxxxxxxx')
       RETURN
       END
 *     ********************************************************************
       SUBROUTINE CARD1
       common /d/ ip,iconv,te,tc,pg,d,v,qel,qion,tr
       CALL COM1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      CALL BOX1('10')
      CALL BOX2('10')
      CALL COLOR ('47','32')
      CALL LOCATE ('11','01')
      WRITE (*,*)'                    CARD1 : CONVERTER OPERATING ',
     D'CONDITIONS  '
      CALL BOX2('11')
      CALL BOX1('12')
      CALL BOX2('12')
      K = 1
 10   CALL CRD
      CALL COM1
      CALL COLOR ('40','33')
      CALL LOCATE('16','01')
      IF(K.EQ.1)WRITE (*,11)
      IF(K.EQ.2)WRITE (*,12)
      IF(K.EQ.3)WRITE (*,13)
      IF(K.EQ.4)WRITE (*,14)
      CALL EDGE ('16')
      CALL FORMAT('1')
      CALL RCD
      IF(K.EQ.1)READ (*,21,ERR=100)TE
      IF(K.EQ.2)READ (*,21,ERR=100)TC
      IF(K.EQ.3)READ (*,21,ERR=100)TR
      IF(K.EQ.4)READ (*,21,ERR=100)D
      K = K+1
      IF(K.LE.4)GO TO 10
      CALL LOCATE ('02','01')
      CALL SMCD1
      CALL COM2 ('1')
      GO TO 200
 100  CALL ERR2
      GO TO  10
 11   FORMAT( T32,'EMITTER TEMPERATURE')
 12   FORMAT( T31,'COLLECTOR TEMPERATURE')
 13   FORMAT( T32,'CESIUM TEMPERATURE')
 14   FORMAT( T38,'SPACING')
 21   FORMAT(F8.3)
 22   FORMAT(I8)
 200  RETURN
      END
*     ********************************************************************
      SUBROUTINE CARD2
      COMMON/G/ AE,FOE,FCE,HE,RE,SE,SDE,ADE,CE
      CALL COM1
      CALL BOX1('10')
      CALL BOX2('10')
      CALL COLOR ('47','32')
      CALL LOCATE ('11','01')
      WRITE (*,*)'                          CARD2 : EMITTER PROPE',
     G'RTIES       '
      CALL BOX2('11')
      CALL BOX1('12')
      CALL BOX2('12')
      K = 1
 10   CALL CRD
      CALL COM1
      CALL COLOR ('40','33')
      CALL LOCATE('16','01')
      IF(K.EQ.1)WRITE (*,11)
      IF(K.EQ.2)WRITE (*,12)
      IF(K.EQ.3)WRITE (*,13)
      IF(K.EQ.4)WRITE (*,14)
      IF(K.EQ.5)WRITE (*,15)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      IF(K.EQ.6)WRITE (*,16)
      IF(K.EQ.7)WRITE (*,17)
      IF(K.EQ.8)WRITE (*,18)
      IF(K.EQ.9)WRITE (*,19)
      CALL EDGE ('16')
      CALL FORMAT('1')
      CALL RCD
      IF(K.EQ.1)READ (*,21,ERR=100)AE
      IF(K.EQ.2)READ (*,21,ERR=100)FOE
      IF(K.EQ.3)READ (*,21,ERR=100)FCE
      IF(K.EQ.4)READ (*,21,ERR=100)HE
      IF(K.EQ.5)READ (*,21,ERR=100)RE
      IF(K.EQ.6)READ (*,21,ERR=100)SE
      IF(K.EQ.7)READ (*,21,ERR=100)SDE
      IF(K.EQ.8)READ (*,21,ERR=100)ADE
      IF(K.EQ.9)READ (*,21,ERR=100)CE
      K = K+1
      IF(K.LE.9)GO TO 10
      CALL LOCATE ('02','01')
      CALL SMCD2
      CALL COM2 ('1')
      GO TO 200
100   CALL ERR2
      GO TO  10
11    FORMAT(T34 ,'ATOMIC WEIGHT')
12    FORMAT(T27, 'ZERO COVERAGE WORK FUNCTION')
13    FORMAT(T27, 'FULL COVERAGE WORK FUNCTION')
14    FORMAT(T30, 'HEAT OF SUBLIMATION')
15    FORMAT(T33, 'METALLIC RADIUS')
16    FORMAT(T34, 'BOND STRENGTH')
17    FORMAT(T31, 'SUBSTRATE ATOM DENSITY')
18    FORMAT(T31, 'ADSORPTION SITE DENSITY')
19    FORMAT(T32, 'CHARACTERISTIC ENERGY')
21    FORMAT(F8.3)
200   RETURN
      END
*     ****************************************************************
      SUBROUTINE CARD3
      COMMON/H/ AC,FOC,FCC,HC,RC,SC,SDC,ADC,CC
      CALL COM1
      CALL BOX1('10')
      CALL BOX2('10')
      CALL COLOR ('47','32')
      CALL LOCATE ('11','01')
      WRITE (*,*)'                              CARD3 : COLLECTER PROP',
     G'ERTIES      '
      CALL BOX2('11')
      CALL BOX1('12')
      CALL BOX2('12')
      K = 1
10    CALL CRD
      CALL COM1
      CALL COLOR ('40','33')
      CALL LOCATE('16','01')
      IF(K.EQ.1)WRITE (*,11)
      IF(K.EQ.2)WRITE (*,12)
      IF(K.EQ.3)WRITE (*,13)
      IF(K.EQ.4)WRITE (*,14)
      IF(K.EQ.5)WRITE (*,15)
      IF(K.EQ.6)WRITE (*,16)
      IF(K.EQ.7)WRITE (*,17)
      IF(K.EQ.8)WRITE (*,18)
      IF(K.EQ.9)WRITE (*,19)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      CALL EDGE ('16')
      CALL FORMAT('1')
      CALL RCD
      IF(K.EQ.1)READ (*,21,ERR=100)AC
      IF(K.EQ.2)READ (*,21,ERR=100)FOC
      IF(K.EQ.3)READ (*,21,ERR=100)FCC
      IF(K.EQ.4)READ (*,21,ERR=100)HC
      IF(K.EQ.5)READ (*,21,ERR=100)RC
      IF(K.EQ.6)READ (*,21,ERR=100)SC
      IF(K.EQ.7)READ (*,21,ERR=100)SDC
      IF(K.EQ.8)READ (*,21,ERR=100)ADC
      IF(K.EQ.9)READ (*,21,ERR=100)CC
      K = K+1
      IF(K.LE.9)GO TO 10
      CALL LOCATE ('02','01')
      CALL SMCD3
      CALL COM2 ('1')
      GO TO 200
100   CALL ERR2
      GO TO  10
11    FORMAT(T34 ,'ATOMIC WEIGHT')
12    FORMAT(T27, 'ZERO COVERAGE WORK FUNCTION')
13    FORMAT(T27, 'FULL COVERAGE WORK FUNCTION')
14    FORMAT(T30, 'HEAT OF SUBLIMATION')
15    FORMAT(T33, 'METALLIC RADIUS')
16    FORMAT(T34, 'BOND STRENGTH')
17    FORMAT(T31, 'SUBSTRATE ATOM DENSITY')
18    FORMAT(T31, 'ADSORPTION SITE DENSITY')
19    FORMAT(T32, 'CHARACTERISTIC ENERGY')
21    FORMAT(F8.3)
200   RETURN
      END
*     ****************************************************************
      SUBROUTINE CARD4
      common /a/ ag,hg,rg,sg,vig,valg,cseg,csig
      common /b/ kb,kr,ks,gamcr
      REAL KB,KR,KS
      CALL COM1
      CALL BOX1('10')
      CALL BOX2('10')
      CALL COLOR ('47','32')
      CALL LOCATE ('11','01')
      WRITE (*,*)'                                CARD4 : VAPOR PROPER',
     G'TIES        '
      CALL BOX2('11')
      CALL BOX1('12')
      CALL BOX2('12')
      K = 1
10    CALL CRD
      CALL COM1
      CALL COLOR ('40','33')
      CALL LOCATE('16','01')
      IF(K.EQ.1)WRITE (*,11)
      IF(K.EQ.2)WRITE (*,12)
      IF(K.EQ.3)WRITE (*,13)
      IF(K.EQ.4)WRITE (*,14)
      IF(K.EQ.5)WRITE (*,15)
      IF(K.EQ.6)WRITE (*,16)
      IF(K.EQ.7)WRITE (*,17)
      IF(K.EQ.8)WRITE (*,18)
      IF(K.EQ.9)WRITE (*,19)
      CALL EDGE ('16')
      IF(K.NE.8)CALL FORMAT('1')
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      IF(K.EQ.8)CALL FORMAT('2')
      CALL RCD
      IF(K.EQ.1)READ (*,21,ERR=100)AG
      IF(K.EQ.2)READ (*,21,ERR=100)HG
      IF(K.EQ.3)READ (*,21,ERR=100)RG
      IF(K.EQ.4)READ (*,21,ERR=100)SG
      IF(K.EQ.5)READ (*,21,ERR=100)VIG
      IF(K.EQ.6)READ (*,21,ERR=100)CSEG
      IF(K.EQ.7)READ (*,21,ERR=100)CSIG
      IF(K.EQ.8)READ (*,22,ERR=100)KB
      IF(K.EQ.9)READ (*,21,ERR=100)KS
      K = K+1
      IF(K.LE.9)GO TO 10
      CALL LOCATE ('02','01')
      CALL SMCD4
      CALL COM2 ('1')
      GO TO 200
100   CALL ERR2
      GO TO  10
11    FORMAT(T34 ,'ATOMIC WEIGHT')
12    FORMAT(T30, 'HEAT OF SUBLIMATION')
13    FORMAT(T33, 'METALLIC RADIUS')
14    FORMAT(T34, 'BOND STRENGTH')
15    FORMAT(T31, 'IONIZATION POTENTIAL')
16    FORMAT(T26, 'ELECTRON-NEUTRAL CROSS SECTION')
17    FORMAT(T28, 'ION-NEUTRAL CROSS SECTION')
18    FORMAT(T23, 'RECOMBINATION COEFFICIENT CONSTANT')
19    FORMAT(T29, 'SCHOTTKY EFFECT CONSTANT')
21    FORMAT(F8.3)
22    FORMAT(E8.3)
200   RETURN
      END
*     ***********************************************************************
      SUBROUTINE CARD5
      COMMON/I/ A1,B1,A2,B2
      CALL COM1
      CALL BOX1('10')
      CALL BOX2('10')
      CALL COLOR ('47','32')
      CALL LOCATE ('11','01')
      WRITE (*,*)'                              CARD5 : THERMAL RADIATION P',
     &G'ARAMETERS   '
      CALL BOX2('11')
      CALL BOX1('12')
      CALL BOX2('12')
      K = 1
10    CALL CRD
      CALL COM1
      CALL COLOR ('40','33')
      CALL LOCATE('16','01')
      IF(K.EQ.1)WRITE (*,11)
      IF(K.EQ.2)WRITE (*,12)
      IF(K.EQ.3)WRITE (*,13)
      IF(K.EQ.4)WRITE (*,14)
      CALL EDGE ('16')
      IF(K.NE.2.OR.K.NE.4)CALL FORMAT('1')
      IF(K.EQ.2.OR.K.EQ.4)CALL FORMAT('2')
      CALL RCD
      IF(K.EQ.1)READ (*,21,ERR=100)A1
      IF(K.EQ.2)READ (*,22,ERR=100)B1
      IF(K.EQ.3)READ (*,21,ERR=100)A2
      IF(K.EQ.4)READ (*,22,ERR=100)B2
      K = K+1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      IF(K.LE.4)GO TO 10
      CALL LOCATE ('02','01')
      CALL SMCD5
      CALL COM2 ('1')
      GO TO 200
100   CALL ERR2
      GO TO  10
11    FORMAT(T28, 'EMITTER EMISSIVITY INTECEPT')
12    FORMAT(T20, 'EMITTER EMISSIVITY TEMPERATURE COEFFICIENT')
13    FORMAT(T26, 'COLLECTOR EMISSIVITY INTERCEPT')
14    FORMAT(T18, 'COLLECTOR EMISSIVITY TEMPERATURE COEFFICIENT')
21    FORMAT(F8.3)
22    FORMAT(E8.3)
200   RETURN
      END
*     ********************************************************************
      SUBROUTINE CARD6
      common /d/ ip,iconv,te,tc,pg,d,v,qel,qion,tr
      COMMON/J/ NM,VM
      CALL COM1
      CALL BOX1('10')
      CALL BOX2('10')
      CALL COLOR ('47','32')
      CALL LOCATE ('11','01')
      WRITE (*,*)'                          CARD6 : COMPUTATION CONTR',
     G'OL CARD     '
      CALL BOX2('11')
      CALL BOX1('12')
      CALL BOX2('12')
      K = 1
10    CALL CRD
      CALL COM1
      CALL COLOR ('40','33')
      CALL LOCATE('16','01')
      IF(K.EQ.1)WRITE (*,11)
      IF(K.EQ.2)WRITE (*,12)
      IF(K.EQ.3)WRITE (*,13)
      CALL EDGE ('16')
      IF(K.NE.2)CALL FORMAT('3')
      IF(K.EQ.2)CALL FORMAT('1')
      CALL RCD
      IF(K.EQ.1)READ (*,22,ERR=100)NM
      IF(K.EQ.2)READ (*,21,ERR=100)VM
      IF(K.EQ.3)THEN
      READ (*,22,ERR=100)IP
      IF(IP.NE.1.AND.IP.NE.2.AND.IP.NE.3.AND.IP.NE.4.AND.IP.NE.5)THEN
      CALL ERR3
      GO TO 10
      END IF
      END IF
      K = K+1
      IF(K.LE.3)GO TO 10
      CALL LOCATE ('02','01')
      CALL SMCD6
      CALL COM2 ('1')
      GO TO 200
100   CALL ERR2
      GO TO  10
11    FORMAT( T25,'NUMBER OF OUTPUT CURRENT DENSITIES')
12    FORMAT( T31,'MINIMUM OUTPUT VOLTAGE')
13    FORMAT( T33,'PRINT PARAMETER')
21    FORMAT(F8.3)
22    FORMAT(I8)
```

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
200   RETURN
      END
*     ***********************************************************************
      SUBROUTINE CARD7
      DIMENSION OCUR(50)
      COMMON/J/ NM,VM
      COMMON/K/ OCUR
      COMMON/O/ L
 5    CALL COM1
      CALL BOX1('10')
      CALL BOX2('10')
      CALL COLOR ('47','32')
      CALL LOCATE ('11','01')
      WRITE (*,*)'                          CARD7 : OUTPUT CURRENT DE',
     &G'NSITIES     '
      CALL BOX2('11')
      CALL BOX1('12')
      CALL BOX2('12')
      K = 1
10    CALL CRD
      CALL COM1
      CALL COLOR ('40','33')
      CALL LOCATE('16','01')
      WRITE (*,11)
      CALL EDGE ('16')
      CALL COLOR ('40','35')
      CALL LOCATE('18','01')
      WRITE (*,12)
      WRITE (*,22)K
      CALL EDGE ('18')
      CALL RCD
      READ (*,21,ERR=100) OCUR(K)
      K = K+1
      IF (K.LE.NM)GO TO 10
      CALL LOCATE ('02','01')
      CALL SMCD7
      CALL COM2('1')
      GO TO 200
100   CALL ERR2
      GO TO  10
11    FORMAT( T22,'OUTPUT CURRENT DENSITIES (REAL-xxxxx.xxx)')
12    FORMAT( T24,'OUTPUT CURRENT DENSITY NUMBER :',\)
21    FORMAT(F8.3)
22    FORMAT(I3)
200   RETURN
      END
*     ***********************************************************************
      SUBROUTINE SMCD1
      common /d/ ip,iconv,te,tc,pg,d,v,qel,qion,tr
      CHARACTER*1 A
      A = CHAR(178)
      CALL WINDOW
      CALL LOCATE ('02','03')
      CALL COLOR ('47','31')
      CALL LOCATE ('11','01')
      WRITE (*,10)
      CALL COLOR ('40','34')
      CALL LOCATE ('11','01')
      WRITE (*,*)A,A
      CALL COLOR ('47','34')
      CALL LOCATE ('14','01')
      WRITE (*,20)
      CALL COLOR ('40','34')
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      CALL LOCATE ('14','01')
      WRITE (*,*)A,A
      CALL COLOR('47','35')
      CALL LOCATE('15','01')
      WRITE (*,30)
      WRITE (*,70)D
      CALL LOCATE('15','01')
      WRITE (*,40)
      WRITE (*,70)TR
      CALL LOCATE('15','01')
      WRITE (*,50)
      WRITE (*,70)TC
      CALL LOCATE('15','01')
      WRITE (*,60)
      WRITE (*,70)TE
      CALL COLOR ('40','34')
      CALL LOCATE('15','01')
      WRITE (*,*)A,A
10    FORMAT(T18,'SUMMARY : CARD1 - CONVERTER OPERATING CONDITIONS')
20    FORMAT(T13,'EMITTER TEMP    COLLECTOR TEMP    CESIUM TEMP    SPA',
     D'CING')
30    FORMAT (T60,' ',\)
40    FORMAT (T45,' ',\)
50    FORMAT (T31,' ',\)
60    FORMAT (T12,' ',\)
70    FORMAT (F8.3)
      RETURN
      END
*     ****************************************************************
      SUBROUTINE SMCD2
      COMMON/G/ AE,FOE,FCE,HE,RE,SE,SDE,ADE,CE
      CHARACTER*1 A
      A = CHAR(178)
      CALL WINDOW
      CALL LOCATE ('02','03')
      CALL COLOR ('47','31')
      CALL LOCATE ('11','01')
      WRITE (*,10)
      CALL COLOR ('40','34')
      CALL LOCATE ('11','01')
      WRITE (*,*)A,A
      CALL COLOR ('47','34')
      CALL LOCATE ('14','01')
      WRITE (*,20)
      CALL COLOR ('40','34')
      CALL LOCATE ('14','01')
      WRITE (*,*)A,A
      CALL COLOR('47','35')
      CALL LOCATE('15','01')
      WRITE (*,50)
      WRITE (*,140)CE
      CALL LOCATE('15','01')
      WRITE (*,60)
      WRITE (*,140)FOE
      CALL LOCATE('15','01')
      WRITE (*,70)
      WRITE (*,140)AE
      CALL COLOR ('40','34')
      CALL LOCATE('15','01')
      WRITE (*,*)A,A
      CALL COLOR ('47','34')
      CALL LOCATE ('17','01')
      WRITE (*,30)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      CALL COLOR ('40','34')
      CALL LOCATE ('17','01')
      WRITE (*,*)A,A
      CALL COLOR('47','35')
      CALL LOCATE('18','01')
      WRITE (*,50)
      WRITE (*,140)HE
      CALL LOCATE('18','01')
      WRITE (*,60)
      WRITE (*,140)FCE
      CALL LOCATE('18','01')
      WRITE (*,70)
      WRITE (*,140)SE
      CALL COLOR ('40','34')
      CALL LOCATE('18','01')
      WRITE (*,*)A,A
      CALL COLOR ('47','34')
      CALL LOCATE ('20','01')
      WRITE (*,40)
      CALL COLOR ('40','34')
      CALL LOCATE ('20','01')
      WRITE (*,*)A,A
      CALL COLOR('47','35')
      CALL LOCATE('21','01')
      WRITE (*,80)
      WRITE (*,140)RE
      CALL LOCATE('21','01')
      WRITE (*,90)
      WRITE (*,140)ADE
      CALL LOCATE('21','01')
      WRITE (*,100)
      WRITE (*,140)SDE
      CALL COLOR ('40','34')
      CALL LOCATE('21','01')
      WRITE (*,*)A,A
10    FORMAT(T24,'SUMMARY : CARD2 - EMITTER PROPERTIES')
20    FORMAT(T7, 'ATOMIC WEIGHT    ZERO COVERAGE WORK FUNCTION    CHAR',
     D'ACTERISTIC ENARGY')
30    FORMAT(T8 ,'BOND STRENGTH    FULL COVERAGE WORK FUNCTION    HEAT',
     D' OF SUBLIMATION')
40    FORMAT(T7 ,'SUBSTRATE ATOM DENSITY    ADSORPTION SITE DENSITY   ',
     D' METALLIC RADIOUS')
50    FORMAT (T57,' ',\)
60    FORMAT (T32,' ',\)
70    FORMAT (T8,' ',\)
80    FORMAT (T62,' ',\)
90    FORMAT (T37,' ',\)
100   FORMAT (T12,' ',\)
140   FORMAT (F8.3)
      RETURN
      END
*     ***********************************************************************
      SUBROUTINE SMCD3
      COMMON/H/ AC,FOC,FCC,HC,RC,SC,SDC,ADC,CC
      CHARACTER*1 A
      A = CHAR(178)
      CALL WINDOW
      CALL LOCATE ('02','03')
      CALL COLOR ('47','31')
      CALL LOCATE ('11','01')
      WRITE (*,10)
      CALL COLOR ('40','34')
      CALL LOCATE ('11','01')
      WRITE (*,*)A,A
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      CALL COLOR ('47','34')
      CALL LOCATE ('14','01')
      WRITE (*,20)
      CALL COLOR ('40','34')
      CALL LOCATE ('14','01')
      WRITE (*,*)A,A
      CALL COLOR('47','35')
      CALL LOCATE('15','01')
      WRITE (*,50)
      WRITE (*,140)CC
      CALL LOCATE('15','01')
      WRITE (*,60)
      WRITE (*,140)FOC
      CALL LOCATE('15','01')
      WRITE (*,70)
      WRITE (*,140)AC
      CALL COLOR ('40','34')
      CALL LOCATE('15','01')
      WRITE (*,*)A,A
      CALL COLOR ('47','34')
      CALL LOCATE ('17','01')
      WRITE (*,30)
      CALL COLOR ('40','34')
      CALL LOCATE ('17','01')
      WRITE (*,*)A,A
      CALL COLOR('47','35')
      CALL LOCATE('18','01')
      WRITE (*,50)
      WRITE (*,140)HC
      CALL LOCATE('18','01')
      WRITE (*,60)
      WRITE (*,140)FCC
      CALL LOCATE('18','01')
      WRITE (*,70)
      WRITE (*,140)SC
      CALL COLOR ('40','34')
      CALL LOCATE('18','01')
      WRITE (*,*)A,A
      CALL COLOR ('47','34')
      CALL LOCATE ('20','01')
      WRITE (*,40)
      CALL COLOR ('40','34')
      CALL LOCATE ('20','01')
      WRITE (*,*)A,A
      CALL COLOR('47','35')
      CALL LOCATE('21','01')
      WRITE (*,80)
      WRITE (*,140)RC
      CALL LOCATE('21','01')
      WRITE (*,90)
      WRITE (*,140)ADC
      CALL LOCATE('21','01')
      WRITE (*,100)
      WRITE (*,140)SDC
      CALL COLOR ('40','34')
      CALL LOCATE('21','01')
      WRITE (*,*)A,A
10    FORMAT(T23,'SUMMARY : CARD3 - COLLECTOR PROPERTIES')
20    FORMAT(T7,'ATOMIC WEIGHT    ZERO COVERAGE WORK FUNCTION    CHAR',
     D'ACTERISTIC ENARGY')
30    FORMAT(T8 ,'BOND STRENGTH    FULL COVERAGE WORK FUNCTION    HEAT',
     D' OF SUBLIMATION')
40    FORMAT(T5 ,'SUBSTRATE ATOM DENSITY    ADSORPTION SITE DENSITY    ',
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
     D' METALLIC RADIOUS')
50    FORMAT (T57,' ',\)
60    FORMAT (T32,' ',\)
70    FORMAT (T8,' ',\)
80    FORMAT (T60,' ',\)
90    FORMAT (T32,' ',\)
100   FORMAT (T11,' ',\)
140   FORMAT (F8.3)
      RETURN
      END
*     ***********************************************************************
      SUBROUTINE SMCD4
      common /a/ ag,hg,rg,sg,vig,valg,cseg,csig
      common /b/ kb,kr,ks,gamcr
      REAL KB,KR,KS
      CHARACTER*1 A
      A = CHAR(178)
      CALL WINDOW
      CALL LOCATE ('02','03')
      CALL COLOR ('47','31')
      CALL LOCATE ('11','01')
      WRITE (*,10)
      CALL COLOR ('40','34')
      CALL LOCATE ('11','01')
      WRITE (*,*)A,A
      CALL COLOR ('47','34')
      CALL LOCATE ('14','01')
      WRITE (*,20)
      CALL COLOR ('40','34')
      CALL LOCATE ('14','01')
      WRITE (*,*)A,A
      CALL COLOR('47','35')
      CALL LOCATE('15','01')
      WRITE (*,50)
      WRITE (*,140)KS
      CALL LOCATE('15','01')
      WRITE (*,60)
      WRITE (*,140)CSEG
      CALL LOCATE('15','01')
      WRITE (*,70)
      WRITE (*,140)AG
      CALL COLOR ('40','34')
      CALL LOCATE('15','01')
      WRITE (*,*)A,A
      CALL COLOR ('47','34')
      CALL LOCATE ('17','01')
      WRITE (*,30)
      CALL COLOR ('40','34')
      CALL LOCATE ('17','01')
      WRITE (*,*)A,A
      CALL COLOR('47','35')
      CALL LOCATE('18','01')
      WRITE (*,80)
      WRITE (*,150)KB
      CALL LOCATE('18','01')
      WRITE (*,90)
      WRITE (*,140)SG
      CALL LOCATE('18','01')
      WRITE (*,100)
      WRITE (*,140)HG
      CALL COLOR ('40','34')
      CALL LOCATE('18','01')
      WRITE (*,*)A,A
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      CALL COLOR ('47','34')
      CALL LOCATE ('20','01')
      WRITE (*,40)
      CALL COLOR ('40','34')
      CALL LOCATE ('20','01')
      WRITE (*,*)A,A
      CALL COLOR('47','35')
      CALL LOCATE('21','01')
      WRITE (*,110)
      WRITE (*,140)CSIG
      CALL LOCATE('21','01')
      WRITE (*,120)
      WRITE (*,140)VIG
      CALL LOCATE('21','01')
      WRITE (*,130)
      WRITE (*,140)RG
      CALL COLOR ('40','34')
      CALL LOCATE('21','01')
      WRITE (*,*)A,A
 10   FORMAT(T25,'SUMMARY : CARD4 - VAPOR PROPERTIES')
 20   FORMAT(T5, 'ATOMIC WEIGHT   ELECTRON-NEUTRAL CROSS SECTION   S',
     D'CHOTTKY EFFECT CONSTANT')
 30   FORMAT(T6 ,'HEAT OF SUBLIMATION   BOND STRENGTH   RECOMBINATIO',
     D'N COEFFICIENT CONSTANT')
 40   FORMAT(T7 ,'METALLIC RADIUS    IONIZATION POTENTIAL    ION-NEUT',
     D'RAL CROSS SECTION')
 50   FORMAT (T63,' ',\)
 60   FORMAT (T37,' ',\)
 70   FORMAT (T9,' ',\)
 80   FORMAT (T60,' ',\)
 90   FORMAT (T33,' ',\)
100   FORMAT (T11,' ',\)
110   FORMAT (T59,' ',\)
120   FORMAT (T32,' ',\)
130   FORMAT (T11,' ',\)
140   FORMAT (F8.3)
150   FORMAT (E8.3)
      RETURN
      END
*     ****************************************************************
      SUBROUTINE SMCD5
      COMMON/I/ A1,B1,A2,B2
      CHARACTER*1 A
      A = CHAR(178)
      CALL WINDOW
      CALL LOCATE ('02','03')
      CALL COLOR ('47','31')
      CALL LOCATE ('11','01')
      WRITE (*,10)
      CALL COLOR ('40','34')
      CALL LOCATE ('11','01')
      WRITE (*,*)A,A
      CALL COLOR ('47','34')
      CALL LOCATE ('14','01')
      WRITE (*,20)
      CALL COLOR ('40','34')
      CALL LOCATE ('14','01')
      WRITE (*,*)A,A
      CALL COLOR('47','35')
      CALL LOCATE('15','01')
      WRITE (*,50)
      WRITE (*,150)B1
      CALL LOCATE('15','01')
      WRITE (*,60)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      CALL COLOR('47','35')
      CALL LOCATE('18','01')
      WRITE (*,50)
      WRITE (*,90)IP
      CALL COLOR ('40','34')
      CALL LOCATE('18','01')
      WRITE (*,*)A,A
 10   FORMAT(T21,'SUMMARY : CARD6 - COMPUTATION CONTROL CARD')
 20   FORMAT(T13,'NUMBER OF OUTPUT CURRENT DENSITY    MINIMUM OUTPUT V',
     D'OLTAGE')
 80   FORMAT(T32,'PRINT PARAMITER')
 30   FORMAT (T54,' ',\)
 40   FORMAT (T27,' ',\)
 50   FORMAT (T31,' ',\)
 60   FORMAT (T39,' ',\)
 70   FORMAT (F8.3)
 90   FORMAT (I8)
      RETURN
      END
*     ************************************************************************
      SUBROUTINE SMCD7
      DIMENSION OCUR(50)
      DIMENSION ALL(10)
      COMMON/J/ NM,VM
      COMMON/K/ OCUR
      CHARACTER*1 A,ans2
      CHARACTER*2 ALL
      ALL(1) = '16'
      ALL(2) = '18'
      ALL(3) = '20'
      A = CHAR(178)
      N=1
1     M=1
      CALL WINDOW
      CALL LOCATE ('02','03')
      CALL COLOR ('47','31')
      CALL LOCATE ('11','01')
      WRITE (*,10)
      CALL COLOR ('40','34')
      CALL LOCATE ('11','01')
      WRITE (*,*)A,A
      CALL COLOR ('47','34')
      CALL LOCATE ('14','01')
      WRITE (*,20)
      CALL COLOR ('40','34')
      CALL LOCATE ('14','01')
      WRITE (*,*)A,A
      K=1
2     CALL COLOR('47','32')
      M=1
      CALL LOCATE(ALL(K),'01')
      WRITE(*,30)
3     WRITE(*,70)OCUR(N)
      N=N+1
      M=M+1
      IF(M.LE.7.AND.N.LE.NM)GO TO 3
      WRITE(*,*)' '
      CALL COLOR ('40','34')
      CALL LOCATE (ALL(K),'01')
      WRITE (*,*)A,A
      K=K+1
      IF(N.GT.NM)GO TO 4
      IF(K.LE.3)GO TO 2
      CALL COM2('2')
      READ(*,80)ans2
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น ห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      GO TO 1
 4    CONTINUE
 10   FORMAT(T21,'SUMMARY : CARD7 - OUTPUT CURRENT DENSITIES')
 20   FORMAT(T28,'OUTPUT CURRENT DENSITY')
 30   FORMAT (T13,' ',\)
 70   FORMAT (F8.3,\)
 80   FORMAT(A)
 100  RETURN
      END
*     ****************************************************************
      SUBROUTINE ERR
      CHARACTER*1 ans
      WRITE(*,*)CHAR(7),CHAR(7)
      CALL COM2('5')
      READ(*,10)ans
 10   FORMAT(A)
      RETURN
      END
      SUBROUTINE ERR2
      CHARACTER*1 ans
      WRITE(*,*)CHAR(7),CHAR(7)
      CALL COM2('X')
      READ(*,10)ans
 10   FORMAT(A)
      RETURN
      END
      SUBROUTINE ERR3
      CHARACTER*1 ans
      WRITE(*,*)CHAR(7),CHAR(7)
      CALL COM2('W')
      READ(*,10)ans
 10   FORMAT(A)
      RETURN
      END


**************************************************************
      SUBROUTINE WRFILE
      DIMENSION OCUR(50)
      COMMON /A/ AG,HG,RG,SG,VIG,VALG,CSEG,CSIG
      COMMON /B/ KB,KR,KS,GAMCR
      COMMON /D/ IP,ICONV,TE,TC,PG,D,V,QEL,QION,TR
      COMMON/G/ AE,FOE,FCE,HE,RE,SE,SDE,ADE,CE
      COMMON/H/ AC,FOC,FCC,HC,RC,SC,SDC,ADC,CC
      COMMON/I/ A1,B1,A2,B2
      COMMON/J/ NM,VM
      COMMON/K/ OCUR
      REAL KB,KR,KS
      REWIND 1
      WRITE(1,100)TE,TC,TR,D,AE,FOE,FCE,HE,RE,SE,SDE
      WRITE(1,100)ADE,CE,AC,FOC,FCC,HC,RC,SC,SDC,ADC,CC
      WRITE(1,100)AG,HG,RG,SG,VIG,CSEG,CSIG,KS,A1,A1,VM
      WRITE(1,110)KB,B1,B2
      WRITE(1,120)NM,IP
      N=1
 10   WRITE(1,100)OCUR(N)
      N=N+1
      IF(N.LE.NM)GO TO 10
 100  FORMAT (11F8.3)
 110  FORMAT (3E8.3)
 120  FORMAT (I8)
      RETURN
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      END
*****************************************************************
      SUBROUTINE RDFILE
      DIMENSION OCUR(50)
      COMMON /A/ AG,HG,RG,SG,VIG,VALG,CSEG,CSIG
      COMMON /B/ KB,KR,KS,GAMCR
      COMMON /D/ IP,ICONV,TE,TC,PG,D,V,QEL,QION,TR
      COMMON/G/ AE,FOE,FCE,HE,RE,SE,SDE,ADE,CE
      COMMON/H/ AC,FOC,FCC,HC,RC,SC,SDC,ADC,CC
      COMMON/I/ A1,B1,A2,B2
      COMMON/J/ NM,VM
      COMMON/K/ OCUR
      REAL KB,KR,KS
      REWIND 1
      READ(1,100)TE,TC,TR,D,AE,FOE,FCE,HE,RE,SE,SDE
      READ(1,100)ADE,CE,AC,FOC,FCC,HC,RC,SC,SDC,ADC,CC
      READ(1,100)AG,HG,RG,SG,VIG,CSEG,CSIG,KS,A1,A1,VM
      READ(1,110)KB,B1,B2
      READ(1,120)NM,IP
      N=1
10    READ(1,100)OCUR(N)
      N=N+1
      IF(N.LE.NM)GO TO 10
100   FORMAT (11F8.3)
110   FORMAT (3E8.3)
120   FORMAT      D' METALLIC RADIOUS')
50    FORMAT (T57,' ',\)
60    FORMAT (T32,' ',\)
70    FORMAT (T8,' ',\)
80    FORMAT (T60,' ',\)
90    FORMAT (T32,' ',\)
100   FORMAT (T11,' ',\)
140   FORMAT (F8.3)
      RETURN
      END
*     ****************************************************************
      SUBROUTINE SMCD4
      common /a/ ag,hg,rg,sg,vig,valg,cseg,csig
      common /b/ kb,kr,ks,gamcr
      REAL KB,KR,KS
      CHARACTER*1 A
      A = CHAR(178)
      CALL WINDOW
      CALL LOCATE ('02','03')
      CALL COLOR ('47','31')
      CALL LOCATE ('11','01')
      WRITE (*,10)
      CALL COLOR ('40','34')
      CALL LOCATE ('11','01')
      WRITE (*,*)A,A
      CALL COLOR ('47','34')
      CALL LOCATE ('14','01')
      WRITE (*,20)
      CALL COLOR ('40','34')
      CALL LOCATE ('14','01')
      WRITE (*,*)A,A
      CALL COLOR('47','35')
      CALL LOCATE('15','01')
      WRITE (*,50)
      WRITE (*,140)KS
      CALL LOCATE('15','01')
      WRITE (*,60)
      WRITE (*,140)CSEG
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      CALL LOCATE('15','01')
      WRITE (*,70)
      WRITE (*,140)AG
      CALL COLOR ('40','34')
      CALL LOCATE('15','01')
      WRITE (*,*)A,A
      CALL COLOR ('47','34')
      CALL LOCATE ('17','01')
      WRITE (*,30)
      CALL COLOR ('40','34')
      CALL LOCATE ('17','01')
      WRITE (*,*)A,A
      CALL COLOR('47','35')
      CALL LOCATE('18','01')
      WRITE (*,80)
      WRITE (*,150)KB
      CALL LOCATE('18','01')
      WRITE (*,90)
      WRITE (*,140)SG
      CALL LOCATE('18','01')
      WRITE (*,100)
      WRITE (*,140)HG
      CALL COLOR ('40','34')
      CALL LOCATE('18','01')
      WRITE (*,*)A,A
      CALL COLOR ('47','34')
      CALL LOCATE ('20','01')
      WRITE (*,40)
      CALL COLOR ('40','34')
      CALL LOCATE ('20','01')
      WRITE (*,*)A,A
      CALL COLOR('47','35')
      CALL LOCATE('21','01')
      WRITE (*,110)
      WRITE (*,140)CSIG
      CALL LOCATE('21','01')
      WRITE (*,120)
      WRITE (*,140)VIG
      CALL LOCATE('21','01')
      WRITE (*,130)
      WRITE (*,140)RG
      CALL COLOR ('40','34')
      CALL LOCATE('21','01')
      WRITE (*,*)A,A
 10   FORMAT(T25,'SUMMARY : CARD4 - VAPOR PROPERTIES')
 20   FORMAT(T5, 'ATOMIC WEIGHT   ELECTRON-NEUTRAL CROSS SECTION   S',
     D'CHOTTKY EFFECT CONSTANT')
 30   FORMAT(T6 ,'HEAT OF SUBLIMATION   BOND STRENGTH   RECOMBINATIO',
     D'N COEFFICIENT CONSTANT')
 40   FORMAT(T7 ,'METALLIC RADIUS    IONIZATION POTENTIAL    ION-NEUT',
     D'RAL CROSS SECTION')
 50   FORMAT (T63,' ',\)
 60   FORMAT (T37,' ',\)
 70   FORMAT (T9,' ',\)
 80   FORMAT (T60,' ',\)
 90   FORMAT (T33,' ',\)
100   FORMAT (T11,' ',\)
110   FORMAT (T59,' ',\)
120   FORMAT (T32,' ',\)
130   FORMAT (T11,' ',\)
140   FORMAT (F8.3)
150   FORMAT (E8.3)
      RETURN
      END
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
*     ************************************************************************
      SUBROUTINE SMCD5
      COMMON/I/ A1,B1,A2,B2
      CHARACTER*1 A
      A = CHAR(178)
      CALL WINDOW
      CALL LOCATE ('02','03')
      CALL COLOR ('47','31')
      CALL LOCATE ('11','01')
      WRITE (*,10)
      CALL COLOR ('40','34')
      CALL LOCATE ('11','01')
      WRITE (*,*)A,A
      CALL COLOR ('47','34')
      CALL LOCATE ('14','01')
      WRITE (*,20)
      CALL COLOR ('40','34')
      CALL LOCATE ('14','01')
      WRITE (*,*)A,A
      CALL COLOR('47','35')
      CALL LOCATE('15','01')
      WRITE (*,50)
      WRITE (*,150)B1
      CALL LOCATE('15','01')
      WRITE (*,60)
      WRITE (*,140)A1
      CALL COLOR ('40','34')
      CALL LOCATE('15','01')
      WRITE (*,*)A,A
      CALL COLOR ('47','34')
      CALL LOCATE ('17','01')
      WRITE (*,40)
      CALL COLOR ('40','34')
      CALL LOCATE ('17','01')
      WRITE (*,*)A,A
      CALL COLOR('47','35')
      CALL LOCATE('18','01')
      WRITE (*,80)
      WRITE (*,140)A2
      CALL COLOR ('40','34')
      CALL LOCATE('18','01')
      WRITE (*,*)A,A
      CALL COLOR ('47','34')
      CALL LOCATE ('20','01')
      WRITE (*,30)
      CALL COLOR ('40','34')
      CALL LOCATE ('20','01')
      WRITE (*,*)A,A
      CALL COLOR('47','35')
      CALL LOCATE('21','01')
      WRITE (*,70)
      WRITE (*,150)B2
      CALL COLOR ('40','34')
      CALL LOCATE('21','01')
      WRITE (*,*)A,A
10    FORMAT(T19,'SUMMARY : CARD5 - THERMAL RADIATION PARAMITERS')
20    FORMAT(T8, 'EMITTER EMISSIVITY INTERCEPT   EMITTER EMISSIVITY T',
     D'EMPERATURE COEFF')
30    FORMAT(T20 ,'COLLECTOR EMISSIVITY TEMPERATURE COEFFECIENT')
40    FORMAT(T25 ,'COLLECTOR EMISSIVITY INTERCEPT')
50    FORMAT (T60,' ',\)
60    FORMAT (T19,' ',\)
70    FORMAT (T41,' ',\)
80    FORMAT (T41,' ',\)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
140   FORMAT (F8.3)
150   FORMAT (E8.3)
      RETURN
      END
*     ****************************************************************
      SUBROUTINE SMCD6
      common /d/ ip,iconv,te,tc,pg,d,v,qel,qion,tr
      COMMON/J/ NM,VM
      CHARACTER*1 A
      A = CHAR(178)
      CALL WINDOW
      CALL LOCATE ('02','03')
      CALL COLOR ('47','31')
      CALL LOCATE ('11','01')
      WRITE (*,10)
      CALL COLOR ('40','34')
      CALL LOCATE ('11','01')
      WRITE (*,*)A,A
      CALL COLOR ('47','34')
      CALL LOCATE ('14','01')
      WRITE (*,20)
      CALL COLOR ('40','34')
      CALL LOCATE ('14','01')
      WRITE (*,*)A,A
      CALL COLOR('47','35')
      CALL LOCATE('15','01')
      WRITE (*,30)
      WRITE (*,70)VM
      CALL LOCATE('15','01')
      WRITE (*,40)
      WRITE (*,90)NM
      CALL COLOR ('40','34')
      CALL LOCATE('15','01')
      WRITE (*,*)A,A
      CALL COLOR ('47','34')
      CALL LOCATE ('17','01')
      WRITE (*,80)
      CALL COLOR ('40','34')
      CALL LOCATE ('17','01')
      WRITE (*,*)A,A
      CALL COLOR('47','35')
      CALL LOCATE('18','01')
      WRITE (*,50)
      WRITE (*,90)IP
      CALL COLOR ('40','34')
      CALL LOCATE('18','01')
      WRITE (*,*)A,A
10    FORMAT(T21,'SUMMARY : CARD6 - COMPUTATION CONTROL CARD')
20    FORMAT(T13,'NUMBER OF OUTPUT CURRENT DENSITY    MINIMUM OUTPUT V',
     D'OLTAGE')
80    FORMAT(T32,'PRINT PARAMITER')
30    FORMAT (T54,' ',\)
40    FORMAT (T27,' ',\)
50    FORMAT (T31,' ',\)
60    FORMAT (T39,' ',\)
70    FORMAT (F8.3)
90    FORMAT (I8)
      RETURN
      END
*     ****************************************************************
      SUBROUTINE SMCD7
      DIMENSION OCUR(50)
      DIMENSION ALL(10)
      COMMON/J/ NM,VM
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      COMMON/K/ OCUR
      CHARACTER*1 A,ans2
      CHARACTER*2 ALL
      ALL(1) = '16'
      ALL(2) = '18'
      ALL(3) = '20'
      A = CHAR(178)
      N=1
1     M=1
      CALL WINDOW
      CALL LOCATE ('02','03')
      CALL COLOR ('47','31')
      CALL LOCATE ('11','01')
      WRITE (*,10)
      CALL COLOR ('40','34')
      CALL LOCATE ('11','01')
      WRITE (*,*)A,A
      CALL COLOR ('47','34')
      CALL LOCATE ('14','01')
      WRITE (*,20)
      CALL COLOR ('40','34')
      CALL LOCATE ('14','01')
      WRITE (*,*)A,A
      K=1
2     CALL COLOR('47','32')
      M=1
      CALL LOCATE(ALL(K),'01')
      WRITE(*,30)
3     WRITE(*,70)OCUR(N)
      N=N+1
      M=M+1
      IF(M.LE.7.AND.N.LE.NM)GO TO 3
      WRITE(*,*)' '
      CALL COLOR ('40','34')
      CALL LOCATE (ALL(K),'01')
      WRITE (*,*)A,A
      K=K+1
      IF(N.GT.NM)GO TO 4
      IF(K.LE.3)GO TO 2
      CALL COM2('2')
      READ(*,80)ans2
      GO TO 1
4     CONTINUE
10    FORMAT(T21,'SUMMARY : CARD7 - OUTPUT CURRENT DENSITIES')
20    FORMAT(T28,'OUTPUT CURRENT DENSITY')
30    FORMAT (T13,' ',\)
70    FORMAT (F8.3,\)
80    FORMAT(A)
100   RETURN
      END
*     ********************************************************************
      SUBROUTINE ERR
      CHARACTER*1 ans
      WRITE(*,*)CHAR(7),CHAR(7)
      CALL COM2('5')
      READ(*,10)ans
10    FORMAT(A)
      RETURN
      END
      SUBROUTINE ERR2
      CHARACTER*1 ans
      WRITE(*,*)CHAR(7),CHAR(7)
      CALL COM2('X')
      READ(*,10)ans
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
 10    FORMAT(A)
       RETURN
       END
       SUBROUTINE ERR3
       CHARACTER*1 ans
       WRITE(*,*)CHAR(7),CHAR(7)
       CALL COM2('W')
       READ(*,10)ans
 10    FORMAT(A)
       RETURN
       END


*************************************************************
       SUBROUTINE WRFILE
       DIMENSION OCUR(50)
       COMMON /A/ AG,HG,RG,SG,VIG,VALG,CSEG,CSIG
       COMMON /B/ KB,KR,KS,GAMCR
       COMMON /D/ IP,ICONV,TE,TC,PG,D,V,QEL,QION,TR
       COMMON/G/ AE,FOE,FCE,HE,RE,SE,SDE,ADE,CE
       COMMON/H/ AC,FOC,FCC,HC,RC,SC,SDC,ADC,CC
       COMMON/I/ A1,B1,A2,B2
       COMMON/J/ NM,VM
       COMMON/K/ OCUR
       REAL KB,KR,KS
       REWIND 1
       WRITE(1,100)TE,TC,TR,D,AE,FOE,FCE,HE,RE,SE,SDE
       WRITE(1,100)ADE,CE,AC,FOC,FCC,HC,RC,SC,SDC,ADC,CC
       WRITE(1,100)AG,HG,RG,SG,VIG,CSEG,CSIG,KS,A1,A1,VM
       WRITE(1,110)KB,B1,B2
       WRITE(1,120)NM,IP
       N=1
 10    WRITE(1,100)OCUR(N)
       N=N+1
       IF(N.LE.NM)GO TO 10
 100   FORMAT (11F8.3)
 110   FORMAT (3E8.3)
 120   FORMAT (I8)
       RETURN
       END
*************************************************************
       SUBROUTINE RDFILE
       DIMENSION OCUR(50)
       COMMON /A/ AG,HG,RG,SG,VIG,VALG,CSEG,CSIG
       COMMON /B/ KB,KR,KS,GAMCR
       COMMON /D/ IP,ICONV,TE,TC,PG,D,V,QEL,QION,TR
       COMMON/G/ AE,FOE,FCE,HE,RE,SE,SDE,ADE,CE
       COMMON/H/ AC,FOC,FCC,HC,RC,SC,SDC,ADC,CC
       COMMON/I/ A1,B1,A2,B2
       COMMON/J/ NM,VM
       COMMON/K/ OCUR
       REAL KB,KR,KS
       REWIND 1
       READ(1,100)TE,TC,TR,D,AE,FOE,FCE,HE,RE,SE,SDE
       READ(1,100)ADE,CE,AC,FOC,FCC,HC,RC,SC,SDC,ADC,CC
       READ(1,100)AG,HG,RG,SG,VIG,CSEG,CSIG,KS,A1,A1,VM
       READ(1,110)KB,B1,B2
       READ(1,120)NM,IP
       N=1
 10    READ(1,100)OCUR(N)
       N=N+1
       IF(N.LE.NM)GO TO 10
```

เอกสารนี้เป็น... ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใ... ให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
100   FORMAT (11F8.3)
110   FORMAT (3E8.3)
120   FORMAT (I8)
      RETURN
      END
*****************************************************************
      SUBROUTINE RDFILE
      DIMENSION OCUR(50)
      COMMON /A/ AG,HG,RG,SG,VIG,VALG,CSEG,CSIG
      COMMON /B/ KB,KR,KS,GAMCR
      COMMON /D/ IP,ICONV,TE,TC,PG,D,V,QEL,QION,TR
      COMMON/G/ AE,FOE,FCE,HE,RE,SE,SDE,ADE,CE
      COMMON/H/ AC,FOC,FCC,HC,RC,SC,SDC,ADC,CC
      COMMON/I/ A1,B1,A2,B2
      COMMON/J/ NM,VM
      COMMON/K/ OCUR
      REAL KB,KR,KS
      REWIND 1
      READ(1,100)TE,TC,TR,D,AE,FOE,FCE,HE,RE,SE,SDE
      READ(1,100)ADE,CE,AC,FOC,FCC,HC,RC,SC,SDC,ADC,CC
      READ(1,100)AG,HG,RG,SG,VIG,CSEG,CSIG,KS,A1,A1,VM
      READ(1,110)KB,B1,B2
      READ(1,120)NM,IP
      N=1
10    READ(1,100)OCUR(N)
      N=N+1
      IF(N.LE.NM)GO TO 10
100   FORMAT (11F8.3)
110   FORMAT (3E8.3)
120   FORMAT (I8)
      RETURN
      END
      ******************************************************
      SUBROUTINE DISPLAY
      DIMENSION OCUR(50),INVO(50)
      DIMENSION QROP(50),QELOP(50),QIONOP(50),QINOP(50)
      DIMENSION QCSOP(50),POP(50),VOP(50),EFFOP(50)
      DIMENSION WFEOP(50),VEOP(50),VPOP(50),VCOP(50),WFCOP(50),JEOP(50)
      DIMENSION JCOP(50),IEOP(50),ICOP(50)
      DIMENSION KOP(50),MOP(50),YOOP(50),POXOP(50),Y1OP(50),P1XOP(50)
      DIMENSION DGASOP(50),REOP(50),RIOP(50),GAMOP(50),TELOP(50)
      DIMENSION DSAHAOP(50),REIOP(50),JIOOP(50),JI1OP(50)
      DIMENSION WORD(12),NCP(12),NLP(12),CWF(12)
      COMMON /C/ WFEO,JEO,IEO,WFCO,JCO,ICO
      COMMON/K/ OCUR
      COMMON /D/ IP,ICONV,TE,TC,PG,D,V,QEL,QION,TR
      COMMON/Z/ WORD ,NCP,NLP,CWF
      COMMON/N/ QROP,QELOP,QIONOP,QINOP
      COMMON/O/ QCSOP,POP,VOP,EFFOP ,P,EFF
      COMMON/P/ WFEOP,VEOP,VPOP,VCOP,WFCOP,JEOP
      COMMON/Q/ JCOP,IEOP,ICOP
      COMMON/R/ KOP,MOP,YOOP,POXOP,Y1OP,P1XOP
      COMMON/S/ DGASOP,REOP,RIOP,GAMOP,TELOP
      COMMON/T/ DSAHAOP,REIOP,JIOOP,JI1OP
      COMMON/U/ INDEX,INVO
      REAL JIOOP,JI1OP
      REAL JEOP,JCOP,IEOP,ICOP,KOP,MOP,JEO,IEO,JCO,ICO
      CHARACTER*66 WORD
      CHARACTER*2 CWF
      CHARACTER*1 B,C,E,F,G,ANS,ANS2
      B = CHAR(200)
      C = CHAR(186)
      E = CHAR(16)
      F = CHAR(17)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      CALL SET
1     CALL COLOR('40','30')
      CALL CLS
      WORD(1)= '              THERMIONIC CONVERTER OPERATING CONDITIONS
     $          '
      NCP(1)=7
      NLP(1)=2
      CWF(1)='31'
      WORD(2)= '     EM TEMP      CO TEMP      RES TEMP      SPACING
     $  WFEO     '
      NCP(2)=7
      NLP(2)=4
      CWF(2)='34'
      WORD(3)= '       JEO          IEO          WFCO          JCO
     $  ICO      '
      NCP(3)=7
      NLP(3)=7
      CWF(3)='34'
      IF(IP.EQ.2)GO TO 2000
      IF(IP.EQ.3)GO TO 3000
      IF(IP.EQ.4)GO TO 4000
      IF(IP.EQ.5)GO TO 5000
      WORD(4)= '                              OUTPUT OPTION : IP 1
     $          '
      NCP(4)=7
      NLP(4)=10
      CWF(4)='31'
      WORD(5)= '              ELECIRICAL AND THERMAL PERFORMANCE SUMMARY
     $          '
      NCP(5)=7
      NLP(5)=14
      CWF(5)='34'
      WORD(6)= '        VOLTAGE        POWER          EFF        E-COOL
     $          '
      NCP(6)=7
      NLP(6)=16
      CWF(6)='34'
      WORD(7)= '         I-COOL        CS COND       TH RAD       HEAT IN
     $          '
      NCP(7)=7
      NLP(7)=19
      CWF(7)='34'
      CALL WIND(1,23,3,80,'35','47','40',1)
      GO TO 1000
2000  WORD(4)= '                              OUTPUT OPTION : IP 2
     $          '
      NCP(4)=7
      NLP(4)=10
      CWF(4)='31'
      WORD(5)= '                    VOLTAGE AND EMISSION CURRENT SUMMARY
     $          '
      NCP(5)=7
      NLP(5)=14
      CWF(5)='34'
      WORD(6)= '     EM W FUN     EM SHEATH     PL VOLT     CO SHEATH     CO
     & W FUN     '
      NCP(6)=7
      NLP(6)=16
      CWF(6)='34'
      WORD(7)= '                JE           JC           IE           IC
     $          '
      NCP(7)=7
      NLP(7)=19
      CWF(7)='34'
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      CALL WIND(1,23,3,80,'35','47','40',1)
      GO TO 1000
3000  WORD(4)= '                        OUTPUT OPTION : IP 3
     $          '
      NCP(4)=7
      NLP(4)=10
      CWF(4)='31'
      WORD(5)= '                    CHARGED PARTICLE DENSITY PROFILE
     $          '
      NCP(5)=7
      NLP(5)=14
      CWF(5)='34'
      WORD(6)= '                  INT CON K              MODULUS M
     &          '
      NCP(6)=7
      NLP(6)=16
      CWF(6)='34'
      WORD(7)= '             Y(X=0)      P(X=0)      Y(X=D)      P(X=D)
     $          '
      NCP(7)=7
      NLP(7)=19
      CWF(7)='34'
      CALL WIND(1,23,3,80,'35','47','40',1)
      GO TO 1000
4000  WORD(4)= '                        OUTPUT OPTION : IP 4
     $          '
      NCP(4)=7
      NLP(4)=10
      CWF(4)='31'
      WORD(5)= '                          PLASMA PROPERTIES
     $          '
      NCP(5)=7
      NLP(5)=14
      CWF(5)='34'
      WORD(6)= '       CS DEN       E-MFP       I-MFP       GAMMA       EL
     $ TEMP     '
      NCP(6)=7
      NLP(6)=16
      CWF(6)='34'
      WORD(7)= '       SAHA DEN       COUL RES       JI(X=0)       JI(
     &X=D)      '
      NCP(7)=7
      NLP(7)=19
      CWF(7)='34'
      CALL WIND(1,23,3,80,'35','47','40',1)
      GO TO 1000
5000  WORD(4)= '                        OUTPUT OPTION : IP 5
     $          '
      NCP(4)=7
      NLP(4)=10
      CWF(4)='31'
      WORD(5)= '                      OUTPUT CURRENT CHARACTERISTIC
     $          '
      NCP(5)=7
      NLP(5)=12
      CWF(5)='34'
      WORD(6)= '       CURRENT       VOLTAGE       POWER       EFF       HEA
     $T IN      '
      NCP(6)=7
      NLP(6)=14
      CWF(6)='34'
      WORD(7)= '
     &          '
      NCP(7)=7
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      NLP(7)=19
      CWF(7)='34'
      CALL WIND(1,23,3,80,'35','47','40',1)
 1000 CALL COLOR('47','33')
      CALL LOCATE('05','01')
      WRITE(*,10)TE
      WRITE(*,20)TC
      WRITE(*,30)TR
      WRITE(*,40)D
      WRITE(*,50)WFEO
      CALL LOCATE('08','01')
      WRITE(*,60)JEO
      WRITE(*,70)IEO
      WRITE(*,80)WFCO
      WRITE(*,90)JCO
      WRITE(*,100)ICO
      IF(IP.EQ.2)GO TO 2050
      IF(IP.EQ.3)GO TO 3050
      IF(IP.EQ.4)GO TO 4050
      IF(IP.EQ.5)GO TO 5050
      N=1
 1100 IF(INVO(N).EQ.0)THEN
      CALL UNCON
      GO TO 11
      END IF
      CALL COLOR('47','33')
      CALL LOCATE('17','01')
      WRITE(*,120)VOP(N)
      WRITE(*,130)POP(N)
      WRITE(*,140)EFFOP(N)
      WRITE(*,150)QELOP(N)
      CALL LOCATE('20','01')
      WRITE(*,160)QIONOP(N)
      WRITE(*,170)QCSOP(N)
      WRITE(*,180)QROP(N)
      WRITE(*,190)QINOP(N)
      CALL COLOR('47','31')
      CALL LOCATE('12','01')
      WRITE(*,200)
      WRITE(*,210) OCUR(N)
      CALL XX
   11 CALL MENU('1')
      READ (*,230)ANS
      CALL COLOR('40','33')
      CALL LOCATE('22','01')
      WRITE(*,220)' '
      IF(ANS.EQ.'I')GO TO 9000
      IF(ANS.EQ.'N'.AND.N.LT.INDEX)N=N+1
      IF(ANS.EQ.'N'.AND.N.EQ.INDEX)THEN
      CALL COLOR ('44','37')
      CALL LOCATE('23','01')
      WRITE(*,220)' '
      CALL LOCATE('23','01')
      WRITE(*,*)'  ',F,' NO! NEXT CURRENT ',E,'     ',F,' PRESS ENTER TO
     $CONTINUE ',E
      CALL LOCATE('12','01')
      CALL COLOR ('40','30')
      CALL LOCATE('22','01')
      READ(*,230)ANS
      CALL COLOR('40','33')
      CALL LOCATE('22','01')
      WRITE(*,220)' '
      GO TO 11
      END IF
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น รวมทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      IF(ANS.EQ.'B'.AND.N.EQ.1)THEN
      CALL COLOR ('44','37')
      CALL LOCATE('23','01')
      WRITE(*,220)' '
      CALL LOCATE('23','01')
      WRITE(*,*)'  ',F,' NO! BEFORE CURRENT ',E,'   ',F,' PRESS ENTER TO
     $ CONTINUE ',E
      CALL LOCATE('12','01')
      CALL COLOR ('40','30')
      CALL LOCATE('22','01')
      READ(*,230)ANS
      CALL COLOR('40','33')
      CALL LOCATE('22','01')
      WRITE(*,220)' '
      GO TO 11
      END IF
      IF(ANS.EQ.'B'.AND.N.GT.1)N=N-1
      IF(ANS.EQ.'E')GO TO 9999
      GO TO 1100
2050  N=1
2100  IF(INVO(N).EQ.0)THEN
      CALL UNCON
      GO TO 22
      END IF
      CALL COLOR('47','33')
      CALL LOCATE('17','01')
      WRITE(*,310)WFEOP(N)
      WRITE(*,320)VEOP(N)
      WRITE(*,330)VPOP(N)
      WRITE(*,340)VCOP(N)
      WRITE(*,350)WFCOP(N)
      CALL LOCATE('20','01')
      WRITE(*,360)JEOP(N)
      WRITE(*,370)JCOP(N)
      WRITE(*,380)IEOP(N)
      WRITE(*,390)ICOP(N)
      CALL COLOR('47','31')
      CALL LOCATE('12','01')
      WRITE(*,200)
      WRITE(*,210) OCUR(N)
      CALL XX
22    CALL MENU('1')
      READ (*,230)ANS
      CALL COLOR('40','33')
      CALL LOCATE('22','01')
      WRITE(*,220)' '
      IF(ANS.EQ.'I')GO TO 9000
      IF(ANS.EQ.'N'.AND.N.LT.INDEX)N=N+1
      IF(ANS.EQ.'N'.AND.N.EQ.INDEX)THEN
      CALL COLOR ('44','37')
      CALL LOCATE('23','01')
      WRITE(*,220)' '
      CALL LOCATE('23','01')
      WRITE(*,*)'  ',F,' NO! NEXT CURRENT ',E,'    ',F,' PRESS ENTER TO
     $CONTINUE ',E
      CALL LOCATE('12','01')
      CALL COLOR ('40','30')
      CALL LOCATE('22','01')
      READ(*,230)ANS
      CALL COLOR('40','33')
      CALL LOCATE('22','01')
      WRITE(*,220)' '
      GO TO 22
      END IF
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      IF(ANS.EQ.'B'.AND.N.EQ.1)THEN
      CALL COLOR ('44','37')
      CALL LOCATE('23','01')
      WRITE(*,220)' '
      CALL LOCATE('23','01')
      WRITE(*,*)'  ',F,' NO! BEFORE CURRENT ',E,'   ',F,' PRESS ENTER TO
     $ CONTINUE ',E
      CALL LOCATE('12','01')
      CALL COLOR ('40','30')
      CALL LOCATE('22','01')
      READ(*,230)ANS
      CALL COLOR('40','33')
      CALL LOCATE('22','01')
      WRITE(*,220)' '
      GO TO 22
      END IF
      IF(ANS.EQ.'B'.AND.N.GT.1)N=N-1
      IF(ANS.EQ.'E')GO TO 9999
      GO TO 2100
 3050 N=1
 3100 IF(INVO(N).EQ.0)THEN
      CALL UNCON
      GO TO 33
      END IF
      CALL COLOR('47','33')
      CALL LOCATE('17','01')
      WRITE(*,410)KOP(N)
      WRITE(*,420)MOP(N)
      CALL LOCATE('20','01')
      WRITE(*,430)YOOP(N)
      WRITE(*,440)POXOP(N)
      WRITE(*,450)Y1OP(N)
      WRITE(*,460)P1XOP(N)
      CALL COLOR('47','31')
      CALL LOCATE('12','01')
      WRITE(*,200)
      WRITE(*,210) OCUR(N)
      CALL XX
 33   CALL MENU('1')
      READ (*,230)ANS
      CALL COLOR('40','33')
      CALL LOCATE('22','01')
      WRITE(*,220)' '
      IF(ANS.EQ.'I')GO TO 9000
      IF(ANS.EQ.'N'.AND.N.LT.INDEX)N=N+1
      IF(ANS.EQ.'N'.AND.N.EQ.INDEX)THEN
      CALL COLOR ('44','37')
      CALL LOCATE('23','01')
      WRITE(*,220)' '
      CALL LOCATE('23','01')
      WRITE(*,*)'  ',F,' NO! NEXT CURRENT ',E,'    ',F,' PRESS ENTER TO
     $CONTINUE ',E
      CALL LOCATE('12','01')
      CALL COLOR ('40','30')
      CALL LOCATE('22','01')
      READ(*,230)ANS
      CALL COLOR('40','33')
      CALL LOCATE('22','01')
      WRITE(*,220)' '
      GO TO 33
      END IF
      IF(ANS.EQ.'B'.AND.N.EQ.1)THEN
      CALL COLOR ('44','37')
      CALL LOCATE('23','01')
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      WRITE(*,220)' '
      CALL LOCATE('23','01')
      WRITE(*,*)'  ',F,' NO! BEFORE CURRENT ',E,'    ',F,' PRESS ENTER TO
     $ CONTINUE ',E
      CALL LOCATE('12','01')
      CALL COLOR ('40','30')
      CALL LOCATE('22','01')
      READ(*,230)ANS
      CALL COLOR('40','33')
      CALL LOCATE('22','01')
      WRITE(*,220)' '
      GO TO 33
      END IF
      IF(ANS.EQ.'B'.AND.N.GT.1)N=N-1
      IF(ANS.EQ.'E')GO TO 9999
      GO TO 3100
4050  N=1
4100  IF(INVO(N).EQ.0)THEN
      CALL UNCON
      GO TO 44
      END IF
      CALL COLOR('47','33')
      CALL LOCATE('17','01')
      WRITE(*,510)DGASOP(N)
      WRITE(*,520)REOP(N)
      WRITE(*,530)RIOP(N)
      WRITE(*,540)GAMOP(N)
      WRITE(*,550)TELOP(N)
      CALL LOCATE('20','01')
      WRITE(*,560)DSAHAOP(N)
      WRITE(*,570)REIOP(N)
      WRITE(*,580)JIOOP(N)
      WRITE(*,590)JI1OP(N)
      CALL COLOR('47','31')
      CALL LOCATE('12','01')
      WRITE(*,200)
      WRITE(*,210) OCUR(N)
      CALL XX
44    CALL MENU('1')
      READ (*,230)ANS
      CALL COLOR('40','33')
      CALL LOCATE('22','01')
      WRITE(*,220)' '
      IF(ANS.EQ.'I')GO TO 9000
      IF(ANS.EQ.'N'.AND.N.LT.INDEX)N=N+1
      IF(ANS.EQ.'N'.AND.N.EQ.INDEX)THEN
      CALL COLOR ('44','37')
      CALL LOCATE('23','01')
      WRITE(*,220)' '
      CALL LOCATE('23','01')
      WRITE(*,*)'  ',F,' NO! NEXT CURRENT ',E,'    ',F,' PRESS ENTER TO
     $CONTINUE ',E
      CALL LOCATE('12','01')
      CALL COLOR ('40','30')
      CALL LOCATE('22','01')
      READ(*,230)ANS
      CALL COLOR('40','33')
      CALL LOCATE('22','01')
      WRITE(*,220)' '
      GO TO 44
      END IF
      IF(ANS.EQ.'B'.AND.N.EQ.1)THEN
      CALL COLOR ('44','37')
      CALL LOCATE('23','01')
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      WRITE(*,*)'  ',F,' NO! BEFORE CURRENT ',E,'    ',F,' PRESS ENTER TO
     $ CONTINUE ',E
      CALL LOCATE('12','01')
      CALL COLOR ('40','30')
      CALL LOCATE('22','01')
      READ(*,230)ANS
      CALL COLOR('40','33')
      CALL LOCATE('22','01')
      WRITE(*,220)' '
      GO TO 44
      END IF
      IF(ANS.EQ.'B'.AND.N.GT.1)N=N-1
      IF(ANS:EQ.'E')GO TO 9999
      GO TO 4100
5050  I=1
      CALL XX
5100  CALL COLOR('47','33')
      CALL LOCATE('16','01')
      N=I
      M=N+4
5200  IF(INVO(N).EQ.0)THEN
      WRITE(*,660) OCUR(N)
      GO TO 670
      END IF
      WRITE(*,610) OCUR(N)
      WRITE(*,620)VOP(N)
      WRITE(*,630)POP(N)
      WRITE(*,640)EFFOP(N)
      WRITE(*,650)QINOP(N)
670   N=N+1
      IF(N.LT.INDEX.AND.N.LE.M)GO TO 5200
      J=1
      CALL COLOR('47','35')
      CALL LOCATE('16','01')
5300  WRITE(*,110)C
      J=J+1
      IF(J.LE.5)GO TO 5300
      WRITE(*,110)B
      J=1
      CALL COLOR('40','36')
      CALL LOCATE('16','01')
5310  WRITE(*,*)' '
      J=J+1
      IF(J.LE.6)GO TO 5310
55    CALL MENU('1')
      READ (*,230)ANS
      CALL COLOR('40','33')
      CALL LOCATE('22','01')
      WRITE(*,220)' '
      IF(ANS.EQ.'I')GO TO 9000
      IF(ANS.EQ.'N'.AND.N.LT.INDEX)I=I+1
      IF(ANS.EQ.'N'.AND.N.EQ.INDEX)THEN
      CALL COLOR ('44','37')
      CALL LOCATE('23','01')
      WRITE(*,220)' '
      CALL LOCATE('23','01')
      WRITE(*,*)'  ',F,' NO! NEXT CURRENT ',E,'    ',F,' PRESS ENTER TO
     $CONTINUE ',E
      CALL LOCATE('12','01')
      CALL COLOR ('40','30')
      CALL LOCATE('22','01')
     READ(*,230)ANS
     CALL COLOR('40','33')
     CALL LOCATE('22','01')
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      WRITE(*,220)' '
      GO TO 55
      END IF
      IF(ANS.EQ.'N'.AND.N.GT.INDEX)THEN
      CALL COLOR ('44','37')
      CALL LOCATE('23','01')
      WRITE(*,220)' '
      CALL LOCATE('23','01')
      WRITE(*,*)'  ',F,' NO! NEXT CURRENT ',E,'    ',F,' PRESS ENTER TO
     $CONTINUE ',E
      CALL LOCATE('12','01')
      CALL COLOR ('40','30')
      CALL LOCATE('22','01')
      READ(*,230)ANS
      CALL COLOR('40','33')
      CALL LOCATE('22','01')
      WRITE(*,220)' '
      GO TO 55
      END IF
      IF(ANS.EQ.'B'.AND.I.EQ.1)THEN
      CALL COLOR ('44','37')
      CALL LOCATE('23','01')
      WRITE(*,220)' '
      CALL LOCATE('23','01')
      WRITE(*,*)'  ',F,' NO! BEFORE CURRENT ',E,'   ',F,' PRESS ENTER TO
     $ CONTINUE ',E
      CALL LOCATE('12','01')
      CALL COLOR ('40','30')
      CALL LOCATE('22','01')
      READ(*,230)ANS
      CALL COLOR('40','33')
      CALL LOCATE('22','01')
      WRITE(*,220)' '
      GO TO 55
      END IF
      IF(ANS.EQ.'B'.AND.I.GT.1)I=I-1
      IF(ANS.EQ.'E')GO TO 9999
      GO TO 5100
9000  CALL MENU('3')
      READ(*,240,ERR=9001)IP
      CALL COLOR('40','33')
      CALL LOCATE('22','01')
      WRITE(*,220)' '
      IF(IP.EQ.1.OR.IP.EQ.2.OR.IP.EQ.3.OR.IP.EQ.4.OR.IP.EQ.5)GO TO 1
9001  CALL COLOR('40','33')
      CALL LOCATE('22','01')
      WRITE(*,220)' '
      CALL COLOR ('44','37')
      CALL LOCATE('23','01')
      WRITE(*,220)' '
      CALL LOCATE('23','01')
      WRITE(*,*)'  ',F,' OUTPUT OPTION (IP) NOT CORRECT ',E,'   ',F,' PR
     $ESS ENTER TO CONTINUE ',E
      CALL LOCATE('12','01')
      CALL COLOR ('40','30')
      CALL LOCATE('22','01')
      READ(*,230)ANS
      CALL COLOR('40','33')
      CALL LOCATE('22','01')
      WRITE(*,220)' '
      GO TO 9000
9999  CONTINUE
      CALL RESET
10    FORMAT(T13,F8.3,\)
20    FORMAT(T26,F8.3,\)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
 30    FORMAT(T39,F8.3,\)
 40    FORMAT(T52,F8.3,\)
 50    FORMAT(T63,F8.3,\)
 60    FORMAT(T11,F8.3,\)
 70    FORMAT(T22,F12.6,\)
 80    FORMAT(T37,F8.3,\)
 90    FORMAT(T51,F8.3,\)
 100   FORMAT(T59,F12.6,\)
 110   FORMAT(T3,A)
 120   FORMAT(T16,F8.3,\)
 130   FORMAT(T30,F8.3,\)
 140   FORMAT(T42,F8.3,\)
 150   FORMAT(T55,F8.3,\)
 160   FORMAT(T16,F8.3,\)
 170   FORMAT(T29,F8.3,\)
 180   FORMAT(T43,F8.3,\)
 190   FORMAT(T55,F8.3,\)
 200   FORMAT(T26,'OUTPUT CURRENT DENSITY   =',\)
 210   FORMAT(F8.3)
 220   FORMAT(T79,A)
 230   FORMAT(A)
 240   FORMAT(I8)
 310   FORMAT(T12,F8.3,\)
 320   FORMAT(T24,F8.3,\)
 330   FORMAT(T36,F8.3,\)
 340   FORMAT(T48,F8.3,\)
 350   FORMAT(T61,F8.3,\)
 360   FORMAT(T18,F8.3,\)
 370   FORMAT(T31,F8.3,\)
 380   FORMAT(T41,F12.6,\)
 390   FORMAT(T55,F12.6,\)
 410   FORMAT(T25,F8.3,\)
 420   FORMAT(T49,F8.3,\)
 430   FORMAT(T19,F8.3,\)
 440   FORMAT(T31,F8.3,\)
 450   FORMAT(T43,F8.3,\)
 460   FORMAT(T55,F8.3,\)
 510   FORMAT(T16,E8.3,\)
 520   FORMAT(T25,F8.3,\)
 530   FORMAT(T38,F8.3,\)
 540   FORMAT(T48,F8.3,\)
 550   FORMAT(T60,F8.3,\)
 560   FORMAT(T17,E8.3,\)
 570   FORMAT(T30,F8.3,\)
 580   FORMAT(T43,F12.6,\)
 590   FORMAT(T57,F12.6,\)
 610   FORMAT(T14,F8.3,\)
 620   FORMAT(T25,F8.3,\)
 630   FORMAT(T38,F8.3,\)
 640   FORMAT(T48,F8.3,\)
 650   FORMAT(T60,F8.3)
 660   FORMAT(T20,'                SOLUTION UNCONVERGE FOR J =',F7.3)
       RETURN
       END
*      ********************************************************
       SUBROUTINE UNCON
       CHARACTER*1 B,C
       B = CHAR(200)
       C = CHAR(186)
       CALL COLOR('47','31')
       CALL LOCATE('16','01')
      WRITE(*,20)
      CALL LOCATE('17','01')
      WRITE(*,20)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      CALL LOCATE('19','01')
      WRITE(*,20)
      CALL LOCATE('20','01')
      WRITE(*,20)
      CALL LOCATE('18','01')
      WRITE(*,30)
      CALL COLOR('47','35')
      CALL LOCATE('16','01')
      WRITE(*,110)C
      CALL LOCATE('18','01')
      WRITE(*,110)C
      CALL LOCATE('17','01')
      WRITE(*,110)C
      CALL LOCATE('19','01')
      WRITE(*,110)C
      CALL LOCATE('20','01')
      WRITE(*,110)C
      CALL COLOR('40','36')
      CALL LOCATE('05','01')
      CALL LOCATE('16','01')
      WRITE(*,*)' '
      CALL LOCATE('17','01')
      WRITE(*,*)' '
      CALL LOCATE('18','01')
      WRITE(*,*)' '
      CALL LOCATE('19','01')
      WRITE(*,*)' '
      CALL LOCATE('20','01')
      WRITE(*,*)' '
20    FORMAT(T77,' ')
30    FORMAT(T24,'***** SOLUTION UNCONVERGE *****')
110   FORMAT(T3,A)
      RETURN
      END
*     *******************************************************
      SUBROUTINE MENU(V)
      CHARACTER*1 V,E,F
      E = CHAR(16)
      F = CHAR(17)
      CALL COLOR ('44','37')
      CALL LOCATE('23','01')
      WRITE(*,220)' '
      CALL LOCATE('23','01')
      IF(V.EQ.'1')THEN
      WRITE(*,*)' ', F,' F1=SELECT IP ',E,'   ',F,' F2=NEXT CURRENT '
     $,E,'   ',F,' F3=BEFORE CURRENT ',E,'   ',F,' ESC=EXIT ',E
      END IF
      IF(V.EQ.'3')THEN
      WRITE(*,*)'           ', F,' PLEASE SELECT IP (IP = 1,2,3,4 OR 5)'
     @,E
      END IF
      CALL LOCATE('12','01')
      CALL COLOR('40','30')
      CALL LOCATE('23','01')
      WRITE(*,*)' '
      CALL LOCATE('12','01')
      CALL COLOR('40','36')
      CALL LOCATE('22','01')
220   FORMAT(T80,A)
      RETURN
      END
*     ***************************************
      SUBROUTINE XX
      CHARACTER*1 B,C
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      B = CHAR(200)
      C = CHAR(186)
      CALL COLOR('47','35')
      CALL LOCATE('05','01')
      WRITE(*,110)C
      CALL LOCATE('08','01')
      WRITE(*,110)C
      CALL LOCATE('17','01')
      WRITE(*,110)C
      CALL LOCATE('20','01')
      WRITE(*,110)C
      CALL LOCATE('12','01')
      WRITE(*,110)C
      CALL LOCATE('21','01')
      WRITE(*,110)B
      CALL COLOR('40','36')
      CALL LOCATE('05','01')
      WRITE(*,*)' '
      CALL LOCATE('08','01')
      WRITE(*,*)' '
      CALL LOCATE('17','01')
      WRITE(*,*)' '
      CALL LOCATE('20','01')
      WRITE(*,*)' '
      CALL LOCATE('12','01')
      WRITE(*,*)' '
      CALL LOCATE('21','01')
      WRITE(*,*)' '
110   FORMAT(T3,A)
      RETURN
      END
*     ****************************************************************
      SUBROUTINE WIND (IU,ID,JL,JR,CCB,CCF,OBC,MMP)
      DIMENSION DAT1(80), WORD(12) , NCP(12) , NLP(12),CWF(12)
      COMMON/BLK1/DAT1
      COMMON/Z/ WORD ,NCP,NLP,CWF
      CHARACTER*66 WORD
      CHARACTER*2 CCB,CCF,OBC,DAT1,DUM1,CPF,CWF
      CHARACTER*1 B,C,D,E,F,G
      B = CHAR(187)
      C = CHAR(188)
      D = CHAR(200)
      E = CHAR(201)
      F = CHAR(205)
      G = CHAR(186)
      I1 = JR-JL
      I2 = I1 - 1
      NN=1
      DUM1 = DAT1(IU)
      CALL COLOR(CCB,CCF)
      CALL LOCATE (DUM1,'01')
      N = 1
10    WRITE(*,100)' '
      N = N+1
      IF(N.LT.JL)GO TO 10
      WRITE(*,100)E
      N = 1
20    WRITE(*,100)F
      N = N+1
      IF(N.LE.I2)GO TO 20
      WRITE(*,110)B
      CALL COLOR (OBC,'32')
      CALL LOCATE (DUM1,'01')
      N = 2
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
 25     WRITE (*,100)' '
        N = N+1
        IF(N.LT.JL)GO TO 25
 ************************************
        I3 = IU+1
        I4 = ID-2
        I5 = JR+2
        J = ID -IU
        IF(J.EQ.1)GO TO 58
 28     DUM1 = DAT1(I3)
        CALL COLOR (CCB,CCF)
        CALL LOCATE (DUM1,'01')
        N = 1
 40     WRITE(*,100)' '
        N = N+1
        IF(N.LT.JL)GO TO 40
        WRITE(*,100)G
        N = 1
 50     WRITE(*,100)' '
        N = N+1
        IF(N.LE.I2)GO TO 50
        WRITE(*,110)G
 ***********************************
        IF(I3.EQ.NLP(NN))THEN
        GO TO 30
        END IF
        GO TO 51
 30     CALL COLOR (CCB,CWF(NN))
        CALL LOCATE (DUM1,'01')
        N = 1
 31     WRITE(*,100)' '
        N = N+1
        IF(N.LT.NCP(NN))GO TO 31
        WRITE(*,*)WORD(NN)
        CALL COLOR (CCB,CCF)
        CALL LOCATE (DUM1,'01')
        N = 1
 32     WRITE(*,100)' '
        N = N+1
        IF(N.LT.JL)GO TO 32
        WRITE(*,100)G
        NN=NN+1
 ****************************************
 51     CALL COLOR (OBC,'32')
        CALL LOCATE (DUM1,'01')
        N = 2
 55     WRITE (*,100)' '
        N = N+1
        IF(N.LT.JL)GO TO 55
        I3 = I3+1
        IF(I3.LT.I4)GO TO 28
 ************************************
 58     DUM1 = DAT1(I3)
        CALL COLOR(CCB,CCF)
        CALL LOCATE (DUM1,'01')
        N = 1
 65     WRITE(*,100)' '
        N = N+1
        IF(N.LT.JL)GO TO 65
        WRITE(*,100)D
        N = 1
 70     WRITE(*,100)F
        N = N+1
        IF(N.LE.I2)GO TO 70
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      WRITE(*,110)C
      CALL COLOR (OBC,'32')
      CALL LOCATE (DUM1,'01')
      N = 1
 75   WRITE (*,100)' '
      N = N+1
      IF(N.LT.JL)GO TO 75
 100  FORMAT(A,\)
 110  FORMAT(A)
 120  FORMAT(A40)
      RETURN
      END
*     ************************************************************
      SUBROUTINE PERCENT
      DIMENSION INVO(50)
      COMMON/U/ INDEX,INVO
      COMMON/J/ NM,VM
      CHARACTER*1 A,B,H
      REAL DEX
      A=CHAR(177)
      B=CHAR(178)
      H=CHAR(176)
      D=100/NM
      DEX=INDEX*D
      WRITE(*,50)H
      CALL LOCATE('15','01')
      WRITE(*,10)A,A,A,A,A
      WRITE(*,20)DEX
      X=20*INDEX/NM
      L=AINT(X)
      CALL LOCATE('17','01')
      N=1
      WRITE(*,10)A,A,A,A,A
      WRITE(*,30)
 1    IF(L.NE.0)WRITE(*,40)B
      N=N+1
      IF(N.LE.L)GO TO 1
 10   FORMAT(T21,5A,\)
 20   FORMAT('                ',F4.1)
 30   FORMAT('      ',\)
 40   FORMAT(A,\)
 50   FORMAT(A)
      RETURN
      END
      SUBROUTINE PICPER
      CHARACTER*1 A,B,H
      A=CHAR(177)
      B=CHAR(178)
      H=CHAR(176)
      CALL CLS
      CALL COLOR('40','33')
      CALL LOCATE('02','01')
      WRITE(*,99910)
      WRITE(*,99920)
      WRITE(*,99930)
      CALL COLOR('40','36')
      CALL LOCATE('09','01')
      WRITE(*,99940) A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,
     &A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A
      WRITE(*,99950) A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A
      WRITE(*,99960) A,A,A,A,A
      CALL COLOR('40','31')
      CALL LOCATE('11','01')
      WRITE(*,99970)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น และไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      CALL COLOR('40','36')
      CALL LOCATE('11','01')
      WRITE(*,99980) A,A,A,A,A
      WRITE(*,99950) A,A,A,A,A,A,A,A,A,A
      WRITE(*,99940) A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,
     &A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A
      WRITE(*,99950) A,A,A,A,A,A,A,A,A,A
      WRITE(*,99990) A,A,A,A,A,A,A,A,A,A
      WRITE(*,99950) A,A,A,A,A,A,A,A,A,A
      WRITE(*,99900) A,A,A,A,A,H,H,H,H,H,H,H,H,H,H,H,H,H,H,H,H,H,H,H,H,H,
     $A,A,A,A,A
      WRITE(*,99950) A,A,A,A,A,A,A,A,A,A
      WRITE(*,99940) A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,
     &A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A,A
99900 FORMAT(T21,5A,'      ',20A,'      ',5A)
99910 FORMAT(T35,'PLEASE WAIT',/)
99920 FORMAT(T39,'FOR',/)
99930 FORMAT(T31,'PROGRAM CALCULATION')
99940 FORMAT(T21,40A)
99950 FORMAT(T21,5A,'                                    ',5A)
99960 FORMAT(T56,5A)
99970 FORMAT(T26,'  PERCENTAGE OF CALCULATION ')
99980 FORMAT(T21,5A)
99990 FORMAT(T21,5A,'              0.0 %             ',5A)
      RETURN
      END
      SUBROUTINE SET
      WRITE(*,*)CHAR(27),'[0;59;73;13P'
      WRITE(*,*)CHAR(27),'[0;60;78;13P'
      WRITE(*,*)CHAR(27),'[0;61;66;13P'
      WRITE(*,*)CHAR(27),'[27;69;13P'
      WRITE(*,*)CHAR(27),'[49;49;13P'
      WRITE(*,*)CHAR(27),'[50;50;13P'
      WRITE(*,*)CHAR(27),'[51;51;13P'
      WRITE(*,*)CHAR(27),'[52;52;13P'
      WRITE(*,*)CHAR(27),'[53;53;13P'
      RETURN
      END
      SUBROUTINE RESET
      WRITE(*,*)CHAR(27),'[0;59;0;59P'
      WRITE(*,*)CHAR(27),'[0;60;0;60P'
      WRITE(*,*)CHAR(27),'[0;61;0;61P'
      WRITE(*,*)CHAR(27),'[27;27P'
      WRITE(*,*)CHAR(27),'[49;49P'
      WRITE(*,*)CHAR(27),'[50;50P'
      WRITE(*,*)CHAR(27),'[51;51P'
      WRITE(*,*)CHAR(27),'[52;52P'
      WRITE(*,*)CHAR(27),'[53;53P'
      RETURN
      END
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
@GOTO INIT
:REBOOT
@BE REBOOT
:INIT
@BE SA MAGENTA ON WHITE
@CLS
@BE WINDOW 5,10,19,70 SHADOW BOLD YELLOW ON BLUE ZOOM
@BE ROWCOL 7,17 , '      **** WELCOM TO SIMCON PROGRAM ****        ' BOLD MAGENTA ON BLUE
@BE ROWCOL 9,17 ,'             ***** WARNING!! *****              ', BLINKING WHITE ON BLUE
@BE ROWCOL 11,17 ,' TO RUN SIMCON PROGRAM ANSI.SYS MUST BE LOADED  ' BOLD WHITE ON BLUE
@BE ROWCOL 13,16 ,'ARE YOU SURE THAT ANSI.SYS IS LOADED WHILE BOOT ? ' BOLD WHITE ON BLUE
@BE ROWCOL 15,15 ,'IF YOU DO NOT SURE PLEASE REBOOT BY THIS DISKETTE' BOLD WHITE ON BLUE
@BE ROWCOL 17,16 ,'OR SET YOUR CONFIG.SYS BY " DEVICE = ANSI.SYS " ' BOLD WHITE ON BLUE
@BE ROWCOL 21,1
@BE ASK " ", WHITE ON WHITE
@CLS
@BE WINDOW 7,10,13,70 SHADOW BOLD YELLOW ON BLUE ZOOM
@BE ROWCOL 9,17 , '      **** WELCOM TO SIMCON PROGRAM ****        ' BOLD MAGENTA ON BLUE
@BE ROWCOL 11,17
@BE ASK ,"DO YOU WANT TO REBOOT BY THIS DISKETTE ? (Y/N)" ,YN BOLD WHITE ON BLUE
@   IF ERRORLEVEL 2 GOTO MAIN
@   IF ERRORLEVEL 1 GOTO REBOOT
: MAIN
@MODE
@BE SA MAGENTA ON WHITE
@CLS
@BE WINDOW 2,24,6,55 SHADOW BOLD YELLOW ON BLUE ZOOM
@BE ROWCOL 4,26 ,'***** SIMCON MAIN MENU *****', BOLD WHITE ON BLUE
@BE WINDOW 10,10,18,70 SHADOW  MAGENTA ON GREEN ZOOM
@BE ROWCOL 12,18 ,'1. COMPUTATION THERMIONIC CONVERTER PROPERTY',  RED ON GREEN
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
@BE ROWCOL 14,18 ,'2. CREATE GRAPH OF OUTPUT CURRENT CHARACTERISTIC',  RED ON GREEN
@BE ROWCOL 16,18 ,'3. EXIT',  RED ON GREEN
@BE ROWCOL 21,22
@BE ASK ," PLEASE ENTER YOUR SELECTION : 1,2 OR 3",123 RED ON WHITE
@    IF ERRORLEVEL 3 GOTO EXIT
@    IF ERRORLEVEL 2 GOTO SIMGRAPH
@    IF ERRORLEVEL 1 GOTO SIMPROP
: SIMPROP
@CLS
@BE WINDOW 7,10,15,70 SHADOW BOLD YELLOW ON BLUE ZOOM
@BE ROWCOL 9,17 ,'      #### WELCOM TO SIMCON PROGRAM ####       '  BOLD MAGENTA ON BLUE
@BE ROWCOL 11,17 ,'      THIS PROGRAM IS USED FOR COMPUTING      ', BOLD WHITE ON BLUE
@BE ROWCOL 13,17 ,'THERMIONIC CONVERTER PERFORMANCE CHARACTERISTIC' BOLD WHITE ON BLUE
@BE ROWCOL 15,1
@BE ASK " ", WHITE ON WHITE
:LOOP-1
@CD PROPERTY
@BE SA RED ON BLACK
@CLS
@SIMPROP
@CD ..
@BE SA YELLOW ON WHITE
@BE CLS
@BE WINDOW 9,10,13,70 SHADOW BOLD YELLOW ON BLUE ZOOM
@BE ROWCOL 11,17
@BE ASK ,"     DO YOU WANT TO SIMULATE ANYMORE? (Y/N)    ", NY BOLD WHITE ON BLUE
@    IF ERRORLEVEL 2 GOTO LOOP-1
@    IF ERRORLEVEL 1 GOTO MAIN
: SIMGRAPH
@CLS
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
@BE WINDOW 7,10,15,70 SHADOW BOLD YELLOW ON BLUE ZOOM
@BE ROWCOL 9,17 , '      **** WELCOM TO SIMCON PROGRAM ****        ' BOLD MAGENTA ON BLUE
@BE ROWCOL 11,17 ,'          THIS PROGRAM IS USED FOR       ', BOLD WHITE ON BLUE
@BE ROWCOL 13,17 ,'OUTPUT CURRENT CHARACTERISTIC - GRAPH CREATION ' BOLD WHITE ON BLUE
@BE ROWCOL 15,1
@BE ASK " ", WHITE ON WHITE
@CLS
@BE WINDOW 7,10,15,70 SHADOW BOLD YELLOW ON BLUE ZOOM
@BE ROWCOL 9,17 , '      **** WELCOM TO SIMCON PROGRAM ****        ' BOLD MAGENTA ON BLUE
@BE ROWCOL 11,16 ,'SIMCON PROGRAM WILL RUN MONITOR CHECKING PROGRAM     ', BOLD WHITE ON BLUE
@BE ROWCOL 13,15 ,'PLEASE REMEMBER MAXPOINT DATA FOR ENTER IN PROGRAM ' BOLD WHITE ON BLUE
@BE ROWCOL 15,1
@BE ASK " ", WHITE ON WHITE
:LOOP-2
@CD GRAPH
@BE SA RED ON BLACK
@CLS
@YSCALE
@SIMGRAPH
@DISPLAYB
@CD ..
@BE SA YELLOW ON WHITE
@BE CLS
@BE WINDOW 9,10,13,70 SHADOW BOLD YELLOW ON BLUE ZOOM
@BE ROWCOL 11,17
@BE ASK ,"       DO YOU WANT TO CREATE ANYMORE? (Y/N)     ", NY BOLD WHITE ON BLUE
@   IF ERRORLEVEL 2 LOOP-2
@   IF ERRORLEVEL 1 GOTO MAIN
:EXIT
@CLS
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## THERMIONIC CONVERTER OPERATION CONDITIONS

| EM TEMP | CO TEMP | RES TEMP | SPACING | WFEO | JEO | IEO | WFCO | JCO |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2000.000 | 1000.000 | 600.000 | 10.000 | 3.060 | 9.414 | .156374 | 1.749 | .184 |

## OUTPUT CURRENT CHARACTERISTIC

| CURRENT | VOLTAGE | POWER | EFF | E-COOL | I-COOL | CS COND | TH RAD | HEAT I |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| .000 | 1.946 | .000 | .000 | .083 | .006 | 1.833 | 8.853 | 10.77 |
| 1.000 | 1.435 | 1.435 | .101 | 3.556 | .009 | 1.833 | 8.853 | 14.25 |
| 2.000 | 1.246 | 2.492 | .143 | 6.748 | -.001 | 1.833 | 8.853 | 17.43 |
| 3.000 | 1.185 | 3.555 | .172 | 9.987 | -.018 | 1.833 | 8.853 | 20.65 |
| 4.000 | 1.145 | 4.580 | .192 | 13.235 | -.043 | 1.833 | 8.853 | 23.87 |
| 5.000 | 1.106 | 5.531 | .204 | 16.465 | -.080 | 1.833 | 8.853 | 27.07 |
| 6.000 | 1.065 | 6.391 | .211 | 19.667 | -.132 | 1.833 | 8.853 | 30.22 |
| 7.000 | 1.021 | 7.150 | .215 | 22.836 | -.202 | 1.833 | 8.853 | 33.31 |
| 8.000 | .975 | 7.801 | .215 | 25.970 | -.294 | 1.833 | 8.853 | 36.36 |
| 9.000 | .927 | 8.340 | .212 | 29.066 | -.411 | 1.833 | 8.853 | 39.34 |
| 10.000 | .875 | 8.754 | .207 | 32.125 | -.554 | 1.833 | 8.853 | 42.25 |
| 11.000 | .822 | 9.038 | .200 | 35.143 | -.729 | 1.833 | 8.853 | 45.10 |
| 12.000 | .766 | 9.198 | .192 | 38.124 | -.933 | 1.833 | 8.853 | 47.87 |
| 13.000 | .709 | 9.211 | .182 | 41.058 | -1.177 | 1.833 | 8.853 | 50.56 |
| 14.000 | .643 | 9.005 | .169 | 43.921 | -1.478 | 1.833 | 8.853 | 53.12 |
| 15.000 | .577 | 8.658 | .156 | 46.748 | -1.819 | 1.833 | 8.853 | 55.61 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CONVERTER PROPERTIES FOR J = .000

VOLTAGE AND EMISSION CURRENT SUMMARY

| EM W FUN | EM SHEATH | PL VOLT | CO SHEATH | CO W FUN | JE | JC | IE | IC |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 3.040 | -.167 | .379 | .425 | 1.731 | 10.568 | .228 | .139292 | .000 |

PLASMA PROPERTIES

| CS DEN | E-MFP | I-MFP | GAMMA | FL TEMP | SAHA DEN | COUL RES | J1(X=0) | J1(X=D) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| .230E+17 | 13.745 | 13.852 | 1.246 | 1965.545 | .228E+14 | .407 | .006087 | .01057 |

CHARGED PARTICLE DENSITY PROFILE

| INT CON K | MODULUS | Y(X=0) | P(X=0) | Y(X=D) | P(X=D) |
|---|---|---|---|---|---|
| 1.361 | .929 | 1.133 | -.828 | .120 | -1.439 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CONVERTER PROPERTIES FOR J = 1.000

VOLTAGE AND EMISSION CURRENT SUMMARY

| EM W FUN | EM. SHEATH | PL VOLT | CO SHEATH | CO W FUN | JE | JC | IE | IC |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 3.040 | -.169 | .207 | .099 | 1.742 | 10.578 | .201 | .139165 | .000 |

PLASMA PROPERTIES

| CS DEN | E-MFP | I-MFP | GAMMA | FL TEMP | SAHA DEN | COUL RES | J1(X=0) | J1(X=D) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| .230E+17 | 13.745 | 13.852 | .965 | 1915.020 | .165E+14 | .433 | .009179 | .00607 |

CHARGED PARTICLE DENSITY PROFILE

| INT CON K | MODULUS | Y(X=0) | P(X=0) | Y(X=D) | P(X=D) |
|---|---|---|---|---|---|
| 2.748 | .802 | 1.524 | -1.804 | .095 | -1.594 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CONVERTER PROPERTIES FOR J = 2.000

VOLTAGE AND EMISSION CURRENT SUMMARY

| EM W FUN | EM SHEATH | PL VOLT | CO SHEATH | CO W FUN | JE | JC | IE | IC |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 3.039 | -.193 | .050 | .092 | 1.741 | 10.641 | .203 | .138346 | .000 |

PLASMA PROPERTIES

| CS DEN | E-MFP | I-MFP | GAMMA | FL TEMP | SAHA DEN | COUL RES | J1(X=0) | J1(X=D) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| .230E+17 | 13.745 | 13.852 | 1.554 | 2011.434 | .302E+14 | .386 | -.000734 | .00964 |

CHARGED PARTICLE DENSITY PROFILE

| INT CON K | MODULUS | Y(X=0) | P(X=0) | Y(X=D) | P(X=D) |
|---|---|---|---|---|---|
| .893 | .507 | .820 | .022 | .083 | -1.457 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CONVERTER PROPERTIES FOR J = 3.000

VOLTAGE AND EMISSION CURRENT SUMMARY

| EM W FUN | EM SHEATH | PL VOLT | CO SHEATH | CO W FUN | JE | JC | IE | IC |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 3.037 | -.224 | -.038 | .147 | 1.737 | 10.740 | .213 | .137069 | .000 |

PLASMA PROPERTIES

| CS DEN | E-MFP | I-MFP | GAMMA | FL TEMP | SAHA DEN | COUL RES | J1(X=0) | J1(X=D) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| .230E+17 | 13.745 | 13.852 | 2.093 | 2077.316 | .441E+14 | .358 | -.016514 | .02008 |

CHARGED PARTICLE DENSITY PROFILE

| INT CON K | MODULUS | Y(X=0) | P(X=0) | Y(X=D) | P(X=D) |
|---|---|---|---|---|---|
| .820 | .404 | .577 | 1.076 | .118 | -1.863 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CONVERTER PROPERTIES FOR J = 4.000

VOLTAGE AND EMISSION CURRENT SUMMARY

| EM W FUN | EM SHEATH | PL VOLT | CO SHEATH | CO W FUN | JE | JC | IE | IC |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 3.035 | -.265 | -.100 | .207 | 1.732 | 10.883 | .225 | .135259 | .000 |

PLASMA PROPERTIES

| CS DEN | E-MFP | I-MFP | GAMMA | FL TEMP | SAHA DEN | COUL RES | J1(X=0) | J1(X=D) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| .230E+17 | 13.745 | 13.852 | 2.612 | 2129.521 | .587E+14 | .338 | -.038299 | .03791 |

CHARGED PARTICLE DENSITY PROFILE

| INT CON K | MODULUS | Y(X=0) | P(X=0) | Y(X=D) | P(X=D) |
|---|---|---|---|---|---|
| .913 | .544 | .469 | 1.886 | .167 | -2.419 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CONVERTER PROPERTIES FOR J = 5.000

VOLTAGE AND EMISSION CURRENT SUMMARY

| EM W FUN | EM SHEATH | PL VOLT | CO SHEATH | CO W FUN | JE | JC | IE | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 3.032 | -.319 | -.142 | .264 | 1.728 | 11.089 | .238 | .132747 | .00 |

PLASMA PROPERTIES

| CS DEN | E-MFP | I-MFP | GAMMA | FL TEMP | SAHA DEN | COUL RES | J1(X=0) | J1(X=D) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| .230E+17 | 13.745 | 13.852 | 3.176 | 2178.155 | .756E+14 | .320 | -.067658 | .06397 |

CHARGED PARTICLE DENSITY PROFILE

| INT CON K | MODULUS | Y(X=0) | P(X=0) | Y(X=D) | P(X=D) |
|---|---|---|---|---|---|
| .971 | .707 | .417 | 2.568 | .219 | -2.974 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CONVERTER PROPERTIES FOR J = 6.000

VOLTAGE AND EMISSION CURRENT SUMMARY

| EM W FUN | EM SHEATH | PL VOLT | CO SHEATH | CO W FUN | JE | JC | IE | IC |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 3.027 | -.387 | -.166 | .314 | 1.723 | 11.366 | .251 | .129512 | .000 |

PLASMA PROPERTIES

| CS DEN | E-MFP | I-MFP | GAMMA | FL TEMP | SAHA DEN | COUL RES | J1(X=0) | J1(X=D) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| .230E+17 | 13.745 | 13.852 | 3.784 | 2223.795 | .949E+14 | .305 | -.105371 | .09870 |

CHARGED PARTICLE DENSITY PROFILE

| INT CON X | MODULUS | Y(X=0) | P(X=0) | Y(X=D) | P(X=D) |
|---|---|---|---|---|---|
| .992 | .835 | .402 | 3.153 | .269 | -3.492 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CONVERTER PROPERTIES FOR J = 7.000

VOLTAGE AND EMISSION CURRENT SUMMARY

| EM W FUN | EM SHEATH | PL VOLT | CO SHEATH | CO W FUN | JE | JC | IE | IC |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 3.022 | -.466 | -.176 | .360 | 1.719 | 11.707 | .264 | .125740 | .000 |

PLASMA PROPERTIES

| CS DEN | E-MFP | I-MFP | GAMMA | FL TEMP | SAHA DEN | COUL RES | J1(X=0) | J1(X=D) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| .230E+17 | 13.745 | 13.852 | 4.422 | 2266.322 | .116E+15 | .292 | -.151687 | .14243 |

CHARGED PARTICLE DENSITY PROFILE

| INT CON K | MODULUS | Y(X=0) | P(X=0) | Y(X=D) | P(X=D) |
|---|---|---|---|---|---|
| .998 | .915 | .414 | 3.660 | .317 | -3.972 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CONVERTER PROPERTIES FOR J = 8.000

VOLTAGE AND EMISSION CURRENT SUMMARY

| EM W FUN | EM SHEATH | PL VOLT | CO SHEATH | CO W FUN | JE | JC | IE | IC |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 3.017 | -.550 | -.179 | .402 | 1.714 | 12.094 | .277 | .121719 | .000 |

PLASMA PROPERTIES

| CS DEN | E-MFP | I-MFP | GAMMA | FL TEMP | SAHA DEN | COUL RES | J1(X=0) | J1(X=D) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| .230E+17 | 13.745 | 13.852 | 5.084 | 2306.037 | .140E+15 | .281 | -.206803 | .19550 |

CHARGED PARTICLE DENSITY PROFILE

| INT CON K | MODULUS | Y(X=0) | P(X=0) | Y(X=D) | P(X=D) |
|---|---|---|---|---|---|
| 1.000 | 1.000 | .439 | 4.106 | .362 | -4.418 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CONVERTER PROPERTIES FOR J = 9.000

VOLTAGE AND EMISSION CURRENT SUMMARY

| EM W FUN | EM SHEATH | PL VOLT | CO SHEATH | CO W FUN | JE | JC | IE | IC |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 3.011 | -.635 | -.179 | .440 | 1.710 | 12.512 | .291 | .117659 | .000 |

PLASMA PROPERTIES

| CS DEN | E-MFP | I-MFP | GAMMA | FL TEMP | SAHA DEN | COUL RES | J1(X=0) | J1(X=D) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| .230E+17 | 13.745 | 13.852 | 5.775 | 2343.687 | .166E+15 | .271 | -.271465 | .25863 |

CHARGED PARTICLE DENSITY PROFILE

| INT CON K | MODULUS | Y(X=0) | P(X=0) | Y(X=D) | P(X=D) |
|---|---|---|---|---|---|
| 1.000 | 1.000 | .469 | 4.505 | .405 | -4.830 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CONVERTER PROPERTIES FOR J = 10.000

VOLTAGE AND EMISSION CURRENT SUMMARY

| EM W FUN | EM SHEATH | PL VOLT | CO SHEATH | CO W FUN | JE | JC | IE | IC |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 3.005 | -.721 | -.179 | .476 | 1.706 | 12.951 | .305 | .113666 | .000 |

PLASMA PROPERTIES

| CS DEN | E-MFP | I-MFP | GAMMA | FL TEMP | SAHA DEN | COUL RES | J1(X=0) | J1(X=D) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| .230E+17 | 13.745 | 13.852 | 6.486 | 2379.242 | .193E+15 | .262 | -.345208 | .33136 |

CHARGED PARTICLE DENSITY PROFILE

| INT CON K | MODULUS | Y(X=0) | P(X=0) | Y(X=D) | P(X=D) |
|---|---|---|---|---|---|
| 1.000 | 1.000 | .501 | 4.858 | .444 | -5.207 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CONVERTER PROPERTIES FOR J = 11.000

VOLTAGE AND EMISSION CURRENT SUMMARY

| EM W FUN | EM SHEATH | PL VOLT | CO SHEATH | CO W FUN | JE | JC | IE | IC |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2.999 | -.806 | -.177 | .508 | 1.702 | 13.412 | .319 | .109759 | .000 |

PLASMA PROPERTIES

| CS DEN | E-MFP | I-MFP | GAMMA | FL TEMP | SAHA DEN | COUL RES | J1(X=0) | J1(X=D) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| .230E+17 | 13.745 | 13.852 | 7.225 | 2413.428 | .223E+15 | .253 | -.429143 | .41628 |

CHARGED PARTICLE DENSITY PROFILE

| INT CON K | MODULUS | Y(X=0) | P(X=0) | Y(X=D) | P(X=D) |
|---|---|---|---|---|---|
| 1.000 | 1.000 | .533 | 5.176 | .478 | -5.571 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CONVERTER PROPERTIES FOR J = 12.000

VOLTAGE AND EMISSION CURRENT SUMMARY

| EM W FUN | EM SHEATH | PL VOLT | CO SHEATH | CO W FUN | JE | JC | IE | IC |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2.993 | -.893 | -.176 | .540 | 1.698 | 13.899 | .333 | .105912 | .000 |

PLASMA PROPERTIES

| CS DEN | E-MFP | I-MFP | GAMMA | FL TEMP | SAHA DEN | COUL RES | J1(X=0) | J1(X=D) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| .230E+17 | 13.745 | 13.852 | 7.990 | 2446.344 | .256E+15 | .246 | -.521129 | .50929 |

CHARGED PARTICLE DENSITY PROFILE

| INT CON K | MODULUS | Y(X=0) | P(X=0) | Y(X=D) | P(X=D) |
|---|---|---|---|---|---|
| 1.000 | 1.000 | .565 | 5.438 | .515 | -5.674 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CONVERTER PROPERTIES FOR J = 13.000

VOLTAGE AND EMISSION CURRENT SUMMARY

| EM W FUN | EM SHEATH | PL VOLT | CO SHEATH | CO W FUN | JE | JC | IE | IC |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2.987 | -.978 | -.175 | .570 | 1.695 | 14.394 | .348 | .102274 | .000 |

PLASMA PROPERTIES

| CS DEN | E-MFP | I-MFP | GAMMA | EL TEMP | SAHA DEN | COUL RES | J1(X=0) | J1(X=D) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| .230E+17 | 13.745 | 13.852 | 8.777 | 2478.061 | .290E+15 | .239 | -.625815 | .61324 |

CHARGED PARTICLE DENSITY PROFILE

| INT CON K | MODULUS | Y(X=0) | P(X=0) | Y(X=D) | P(X=D) |
|---|---|---|---|---|---|
| 1.000 | 1.000 | .592 | 5.698 | .547 | -6.153 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CONVERTER PROPERTIES FOR J = 14.000

VOLTAGE AND EMISSION CURRENT SUMMARY

| EM W FUN | EM SHEATH | PL VOLT | CO SHEATH | CO W FUN | JE | JC | IE | IC |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2.980 | -1.071 | -.175 | .600 | 1.691 | 14.943 | .364 | .098512 | .000 |

PLASMA PROPERTIES

| CS DEN | E-MFP | I-MFP | GAMMA | FL TEMP | SAHA DEN | COUL RES | J1(X=0) | J1(X=D) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| .230E+17 | 13.745 | 13.852 | 9.626 | 2510.148 | .329E+15 | .232 | -.745923 | .73297 |

CHARGED PARTICLE DENSITY PROFILE

| INT CON K | MODULUS | Y(X=0) | P(X=0) | Y(X=D) | P(X=D) |
|---|---|---|---|---|---|
| 1.000 | 1.000 | .619 | 5.941 | .578 | -6.413 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CONVERTER PROPERTIES FOR J = 15.000

VOLTAGE AND EMISSION CURRENT SUMMARY

| EM W FUN | EM SHEATH | PL VOLT | CO SHEATH | CO W FUN | JE | JC | IE | IC |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2.974 | -1.163 | -.175 | .628 | 1.687 | 15.502 | .380 | .094960 | .000 |

PLASMA PROPERTIES

| CS DEN | E-MFP | I-MFP | GAMMA | FL TEMP | SAHA DEN | COUL RES | J1(X=0) | J1(X=D) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| .230E+17 | 13.745 | 13.852 | 10.483 | 2540.708 | .370E+15 | .226 | -.875099 | .86067 |

CHARGED PARTICLE DENSITY PROFILE

| INT CON K | MODULUS | Y(X=0) | P(X=0) | Y(X=D) | P(X=D) |
|---|---|---|---|---|---|
| 1.000 | 1.000 | .643 | 6.152 | .606 | -6.634 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CONVERTER PROPERTIES FOR J = 16.000

VOLTAGE AND EMISSION CURRENT SUMMARY

| EM W FUN | EM SHEATH | PL VOLT | CO SHEATH | CO W FUN | JE | JC | IE | IC |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2.967 | -1.255 | -.174 | .655 | 1.684 | 16.089 | .396 | .091495 | .000 |

PLASMA PROPERTIES

| CS DEN | E-MFP | I-MFP | GAMMA | FL TEMP | SAHA DEN | COUL RES | J1(X=0) | J1(X=D) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| .230E+17 | 13.745 | 13.852 | 11.376 | 2570.852 | .413E+15 | .220 | ******** | 1.00559 |

CHARGED PARTICLE DENSITY PROFILE

| INT CON K | MODULUS | Y(X=0) | P(X=0) | Y(X=D) | P(X=D) |
|---|---|---|---|---|---|
| 1.000 | 1.000 | .665 | 6.341 | .630 | -6.859 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CONVERTER PROPERTIES FOR J = 17.000

VOLTAGE AND EMISSION CURRENT SUMMARY

| EM W FUN | EM SHEATH | PL VOLT | CO SHEATH | CO W FUN | JE | JC | IE | IC |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2.961 | -1.348 | -.174 | .680 | 1.680 | 16.697 | .412 | .088165 | .000 |

PLASMA PROPERTIES

| CS DEN | E-MFP | I-MFP | GAMMA | EL TEMP | SAHA DEN | COUL RES | J1(X=0) | J1(X=D) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| .230E+17 | 13.745 | 13.852 | 12.286 | 2600.001 | .460E+15 | .214 | ******** | 1.15929 |

CHARGED PARTICLE DENSITY PROFILE

| INT CON K | MODULUS | Y(X=0) | P(X=0) | Y(X=D) | P(X=D) |
|---|---|---|---|---|---|
| 1.000 | 1.000 | .686 | 6.507 | .653 | -7.048 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CONVERTER PROPERTIES FOR J = 18.000

VOLTAGE AND EMISSION CURRENT SUMMARY

| EM W FUN | EM SHEATH | PL VOLT | CO SHEATH | CO W FUN | JE | JC | IE | IC |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2.954 | -1.447 | -.174 | .706 | 1.677 | 17.363 | .429 | .084785 | .000 |

PLASMA PROPERTIES

| CS DEN | E-MFP | I-MFP | GAMMA | FL TEMP | SAHA DEN | COUL RES | J1(X=0) | J1(X=D) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| .230E+17 | 13.745 | 13.852 | 13.251 | 2629.427 | .510E+15 | .209 | ******** | 1.33104 |

CHARGED PARTICLE DENSITY PROFILE

| INT CON K | MODULUS | Y(X=0) | P(X=0) | Y(X=D) | P(X=D) |
|---|---|---|---|---|---|
| 1.000 | 1.000 | .705 | 6.659 | .674 | -7.224 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CONVERTER PROPERTIES FOR J = 19.000

VOLTAGE AND EMISSION CURRENT SUMMARY

| EM W FUN | EM SHEATH | PL VOLT | CO SHEATH | CO W FUN | JE | JC | IE | IC |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2.948 | -1.544 | -.173 | .729 | 1.673 | 18.031 | .446 | .081643 | .000 |

PLASMA PROPERTIES

| CS DEN | E-MFP | I-MFP | GAMMA | FL TEMP | SAHA DEN | COUL RES | J1(X=0) | J1(X=D) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| .230E+17 | 13.745 | 13.852 | 14.209 | 2657.333 | .562E+15 | .204 | ******** | 1.51214 |

CHARGED PARTICLE DENSITY PROFILE

| INT CON K | MODULUS | Y(X=0) | P(X=0) | Y(X=D) | P(X=D) |
|---|---|---|---|---|---|
| 1.000 | 1.000 | .723 | 6.789 | .693 | -7.387 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บรรณานุกรม


1. Hatsopoulos and Gyftsopolous ; Thermionic Energy Cconversion, MIT 1972
2. J.P.L. Report ; Emitter Crystal Structure Study ,Nasa Contract 1966
3. D.R. Wilkins ; SIMCON A Digital Computer Program For Computing Thermionic Converter Performance Characteristics, U.S. Atomic Energy Commission 1968


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# กิตติกรรมประกาศ

1. อาจารย์ สมเจตน์ เทียมเมือง
2. นาย พรเทพ อาชญาราช
3. นาย อติพล เจริญธนะโชติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้