

半導體廠自動化之通訊協定 SECS I/II & GEM

李文猶 陳玉雲 蔡嘉鴻

870508@itri.org.tw

半導體機台與 CIM (Computer Integrated Manufacturing, 電腦整合製造) 主機之通訊協定為 SECS (SEMI Equipment Communication Standard, 半導體設備通訊標準), 此協定乃是由 SEMI (Semiconductor Equipment and Materials International, 半導體設備與材料國際連盟) [1]所製定。半導體機台必須於運轉生產期間與主機保持密切的通連, 以接受來自主機電腦的控制或詢問, 並且能即時回應主機之要求與回報執行結果; 除此之外亦需主動回報目前機台的異常狀況。

SECS 通訊之 SECS Message (Stream Function)

一顆專用 IC (Integrated Circuit) 由 HDL (Hardware Description Language, 硬體描述語言) 進行電路設計, 而後送到半導體廠進行生產製造。IC 由矽砂到封裝完成, 所需的製造程序繁複, 所需用到的半導體機台或半導體材料種類超過千種。為確保晶圓在每一道製程均能做到完美, 或排除前一製程的不良品, 生產的過程中不斷地有來自主機或機台的運轉訊息要相互傳遞, 因此 SEMI 將 SECS 的主要訊息分類為:

1. 機台狀態(Equipment Status)。
2. 機台控制及診斷(Equipment Control and Diagnostics)。
3. 材料狀態(Material Status)
4. 材料控制(Material Control)。
5. 例外處置(Exception Handling)。
6. 資料收集(Data Collection)。
7. 機台操作管理 (Process Program Management, Recipe)。
8. 控制程式傳送(Control Program Transfer)。
9. 系統錯誤(System Errors)。
10. 終端機服務(Terminal Services)。
11. 主機檔案服務(Host File Services)。
12. 晶圓定位(Wafer Mapping)。
13. 資料組傳送(Data Set Transfers)。
14. 物件服務(Object Services)。
15. 配方管理(Recipe Management)。
16. 程序處理管理(Processing Management)。
17. 子系統控制與資料(Subsystem Control and Data)。

這些主要訊息內所包含的常用子訊息為：

1. 要求建立連線(Establish Communication)：主機與機台建立連線。
2. 機台操作配方：指定機台的運作的程序及執行參數。
3. 遠端控制(Remote Control)：由主機主動下令機台進行局部區域之操作。
4. 錯誤訊息(Error Message)：回報主機所傳送的 Stream Function 或參數有誤。
5. 警報訊息(Alarm Message)：機台回報警報訊息給主機。
6. 動態事件回報(Dynamic Event Report)：機台主動回報特殊狀況訊息給主機。
7. 變數資料收集(Variable Data Collection)：收集機台耗材或零件損耗及變化之資料。
8. 狀態資料收集(Status Data Collection)：收集目前機台之操作狀態。
9. 晶圓訊息：傳遞與晶圓或晶舟相關的訊息。
10. 緩衝暫存(Spooling)：主機與機台之連線在通訊中斷的時間內或通訊的狀況下，機台會將指定為 Spooled 的訊息放入緩衝暫存區，待回復連線後由主機以 S6F23 來詢問通訊中斷時間內機台所要發出的訊息，主機則可用 S2F43 來指定保留於緩衝暫存區的訊息。一般 Stream one (S1Fx) 不適合 Spooled，一旦主機致能 Spooling 功能後，在連線過程中被指定為 Spooled 的 Steam Function 都會放入緩衝暫存區內，等待主機自行來取得，而不是如其它訊息一樣直接傳給主機。

在 SECS 的標準中又將這些訊息分以不同的 Stream Number 搭配不同的 Function Number 來表示，其先以 Stream Number 來區分不同訊息種類，再以 Function Number 來分類訊息意涵。二者的編號範圍 Stream Number 為 0~127 ； Function Number 為 0~255，並以 Sn,Fm 來表達。目前在 SEMI 中並未完全定義，其對應方式如下所示。

表一 Steam Function 對照表

訊息種類	習用訊息種類	Stream Number (n)	Function Number (m)
機台狀態		1	0~20
機台控制及診斷		2	0~50
材料狀態	晶圓狀態	3	0~26
材料控制	晶圓控制	4	0~42
例外處置	警報訊息	5	0~18
資料收集	動態事件回報	6	0~30
機台操作管理	配方管理	7	0~36
控制程式傳送		8	0~4
系統錯誤	錯誤訊息	9	0~14

終端機服務		10	0~10
主機檔案服務		11	已被 SEMI 刪除
晶圓定位		12	0~20
資料組傳送		13	0~16
物件服務		14	0~18
配方管理		15	0~48
程序處理管理		16	0~28
機台控制及診斷		17	0~14
子系統控制與資料		18	0~14

常見的 Stream Number 為 1、2、3、4、5、6、7、9 與 10。SECS 以 RS232 通訊協定做為其傳輸標準，為使命令均能有效的傳達，主機與設備機台間採半雙工一問一答的方式相互溝通。發話者以單數之 Function Number (Primary Message) 做為其訊息代號，而受話者(回話者)若必須回覆發話者則以 Function Number + 1 (Secondary Message) 做為其回覆訊息代號，所以表一的 Function Number 均以偶數結束。每一半導體機台所用到的 Stream Function 並不會相同，而且大部份機台實際所用到的 Stream Function 總數約為 50 個(單數之 Function Number)，這完全依機台操作的複雜度及動作需求來決定。

Stream Function 之發送接收，主機或設備機台並非每一代號均可使用，有些只有主機才可以發送，部份則為設備專屬，當然也有二者均可發送的 Stream Function，收話者若必需回話則一律以 Function Number + 1 回覆，常用的 Stream Function 如表二所示，表中灰色項目為具有標準機台介面(Standard Mechanical InterFace，SMIF)的自動化生產系統(Automatic Manufacturing system)較常選用之 Stream Function 通訊訊息。

表二常用的 Stream Function

Stream Function		訊息意涵	Host↔Equip.
S1	F1	Are you There	↔
S1	F2	On Line Data	↔
S1	F3	Selected Status Request	→
S1	F4	Selected Status Request	←
S1	F5	Formatted Status Request	→
S1	F6	Formatted Status Data	←
S1	F9	Material Transfer Status Data	→
S1	F10	Material Transfer Status Data	←
S1	F11	Status Variable Namelist Request	→
S1	F12	Status Variable Namelist Reply	←
S1	F13	Connect Request	↔
S1	F14	Connect Request Acknowledge	↔
S2	F13	Equipment Constant Request	→
S2	F14	Equipment Constant Data	←
S2	F15	New Equipment Constant Send	→
S2	F16	New Equipment Constant Send Acknowledge	←
S2	F17	Date and Time Request	↔
S2	F18	Date and Time Data	↔
S2	F21	Remote Command Send	→

S2	F22	Remote Command Acknowledge	←
S2	F23	Trace Initial Send	→
S2	F24	Trace Initial Acknowledge	←
S2	F25	Diagnostic Loopback Request	→
S2	F26	Diagnostic Loopback Data	←
S2	F27	Initiate Processing Request	→
S2	F28	Initiate Processing Acknowledge	←
S2	F29	Equipment Constant Namelist Request	→
S2	F30	Equipment Constant Namelist Reply	←
S2	F31	Date and Time Send	→
S2	F32	Date and Time Acknowledge	←
S2	F33	Define Report	→
S2	F34	Define Report Acknowledge	←
S2	F35	Link Event Report	→
S2	F36	Link Event Report Acknowledge	←
S2	F37	Enable/Disable Event Report	→
S2	F38	Enable/Disable Event Report Acknowledge	←
S2	F39	Multi-Block Inquire	→
S2	F40	Multi-Block Grant	←
S2	F41	Remote Command with Parameters	→
S2	F42	Remote Command Acknowledge	←
S2	F43	Reset Spooling Streams and Functions	→
S2	F44	Reset Spooling Acknowledge	←
S2	F47	Variable Limit Attribute Request	→
S2	F48	Variable Limit Attribute Send	←
S2	F49	Enhanced Remote Command	→
S2	F50	Enhanced Remote Command Acknowledge	←
S2	F65	Reset Spooling Streams and Functions	→
S2	F66	Reset Spooling Streams and Functions Ack.	←
S2	F85	Variable Limit Attribute Request	→
S2	F86	Variable Limit Attribute Send	←
S2	F87	Define Variable Limit Attributes	→
S2	F88	Define Variable Limit Attributes Ack	←
S3	F1	Material Status Request	→
S3	F2	Material Status Data	←
S3	F11	Material ID Request	←
S3	F12	Material ID Request Acknowledge	→
S3	F13	Material ID Send	→
S3	F14	Material ID Acknowledge	←
S4	F1	Ready to Send Material	←→
S4	F2	Ready to Send Acknowledge	←→
S4	F3	Handshake Complete	←→
S4	F5	Not Ready to Send	←→
S4	F17	Request to Receive Material	←→
S4	F18	Request to Receive Material Acknowledge	←→
S5	F1	Alarm Report Send	←
S5	F2	Alarm Report Acknowledge	→
S5	F3	Enable/Disable Alarm Send	→

S5	F4	Enable/Disable Alarm Acknowledge	←
S5	F5	List Alarm Request	→
S5	F6	List Alarm Data	←
S5	F7	List Enable Alarm Request	→
S5	F8	List Enable Alarm Acknowledge	←
S5	F73	Alarm Notification Send	←
S5	F73	Alarm Notification Acknowledge	→
S6	F1	Trace Data Send	←
S6	F2	Trace Data Acknowledge	→
S6	F3	Discrete Variable Data Send	←
S6	F4	Discrete Variable Data Acknowledge	→
S6	F5	Multi-block Data Send Inquire	←
S6	F6	Multi-block Grant	→
S6	F9	Formatted Variable Send	←
S6	F10	Formatted Variable Acknowledge	→
S6	F11	Event Report Send	←
S6	F12	Event Report Acknowledge	→
S6	F13	Annotated Event Report Send	←
S6	F14	Annotated Event Report Acknowledge	→
S6	F15	Event Report Request	→
S6	F16	Event Report Data	←
S6	F17	Annotated Event Report Request	→
S6	F18	Annotated Event Report Data	←
S6	F19	Individual Report Request	→
S6	F20	Individual Report Data	←
S6	F21	Annotated Individual Report Request	→
S6	F22	Annotated Individual Report Data	←
S6	F23	Request Spooled Data	→
S6	F24	Request Spooled Data Acknowledgement Send	←
S6	F65	Request Spooled Data	→
S6	F66	Request Spooled Data Acknowledge	←
S7	F1	Process Program Load Inquire	→
S7	F2	Process Program Load Grant	←
S7	F3	Process Program Send	→
S7	F4	Process Program Acknowledge	←
S7	F5	Process Program Request	→
S7	F6	Process Program Data	←
S7	F7	Process Program ID Request	←
S7	F8	Process Program ID Data	→
S7	F17	Delete Process Program Send	→
S7	F18	Delete Process Program Acknowledge	←
S7	F19	Current EPPID Request	→
S7	F20	Current EPPID Data	←
S9	F1	Unrecognized Device ID	←
S9	F3	Unrecognized Stream Type	←
S9	F5	Unrecognized Function Type	←
S9	F7	Illegal Data	←
S9	F9	Transaction Timer Timeout	←

S9	F11	Data Too Long	←
S9	F13	Conversation Timeout	←
S9	F67	Incorrect System Bytes Received	←
S10	F1	Terminal Request	←
S10	F2	Terminal Request Acknowledge	→
S10	F3	Terminal Display Single	→
S10	F4	Terminal Display Single Acknowledge	←
S10	F5	Terminal Display Multi-block	→
S10	F6	Terminal Display Multi-block Acknowledge	←
S10	F9	Broadcast	→
S10	F10	Broadcast Acknowledge	←

SECS Message 之資料結構

半導體廠所需的半導體生產設備來自不同的國家不同的公司，這些設備串起了半導體廠生產線，因此必須製定一個機台間的標準通訊方法及通訊資料格式。SECS 之標準分為二部分 SECS I [2] 及 SECS II [3]；SECS I 定義了 SECS 通訊的電氣規格、傳輸速度、交握碼 (Handshake Codes)、資料長度 (Length Byte)、訊息前部 (Message Header)、Checksum 與等待時間限制，SECS II 規範傳遞資料的標準結構。

SECS I：

1. 以 RS232 為串列通訊標準，8N1 的傳輸協定，並且採用半雙工方式通訊。
2. 通訊速度，Baud Rate 為 300~9600 bps，目前均為 9600 bps，少數為 19200 bps。
3. 交握碼，當機台或主機要開始傳送 SECS Message 前要先送一個 ENQ 告知對方要傳送資料 (SECS Message) 過去，等到對方回應一個 EOT 時才開始傳送資料，而待資料收齊後則比對 Checksum 是否相符，若相符則發出 ACK 告知對方；若不相符則發出 NAK 告知對方再重傳一次。

表三 交握碼

Name	Binary Code	Hex	Function
ENQ	0000 0101	05	Request to Send
EOT	0000 0100	04	Ready to Receive
ACK	0000 0101	06	Correct Reception
NAK	0001 0101	15	Incorrect Reception

4. 資料長度，為一個位元組，用以表示此一區塊 (Block) 內含多少位元組，不含資料長度位元組及 Checksum 二個位元組，其值為 10~254。

5. 訊息 Header，共有 10 個位元組(10 Bytes)。每一 Stream Function 所包含的資料最多可達 7.99 百萬位元組，這些資料則以 254 位元組為一 Block，最多 32767 個 Blocks。每一 Block 含有一 Header 及 244 位元組的資料。Header 內的訊息包括：裝置識別碼 (Device ID)，訊息識別碼 (Message ID / Stream Function)，區塊序號 (Block No.)，系統位元組 (System Bytes)。以及 R、W 與 E 三位元 (bit)，分別表示傳輸者的地位 (主機或設備機台)、是否要回覆訊息與是否為最後一個 Block。
6. Checksum，2 個位元組 (2Bytes)。將 Header 及 Data 內的資料的加總，所得之二個位元組即為 Checksum。
7. R bit：R=0 Host → Equipment ；R=1 Host ← Equipment。
8. W bit：W=0 不必回覆訊息；W=1 必須回覆訊息。
9. E bit：E=0 尚有 Block；E=1 此為最後一個 Block。
10. System Bytes，必須每一 Block 均相同，且在交談的過程每一 Primary SECS Message 之 System Bytes 均為唯一。主機或設備端自行維護其 Primary Message 之 System Bytes，System Bytes 之規劃兩者無關，一般以累加的方式來產生。Secondary Message 之 System Byte 則必須與 Primary Message 之 System Byte 相同。

表四 一個 SECS Message Block 的結構

名稱	數值		意義註解	位元組
Length Byte	10~254		資料長度	0
Upper Device ID	R	0~127	裝置識別碼，自行定義。	1
Lower Device ID	0~256			2
Upper Message ID	W	0~127	Stream No.	3
Lower Message ID	0~255		Function No.	4
Upper Block No.	E	0~127	區塊序號	5
Lower Block No.	1~255		區塊序號	6
System Bytes	0~255		系統比對用資料。	7
System Bytes	0~255			8
System Bytes	0~255			9
System Bytes	0~255			10
Data	0~255		SECS II 定義	11 ~ 254
Upper Checksum	0~255		第 1 位元組至第 254 位元組之總和	255
Lower Checksum	0~255			256

11. 等待時間限制：在資料傳遞的過程中，由於機台資料傳送延遲或因機台當機無法再傳遞資料，都會造成資料的不完整。必需重新傳送，或告知主機通知設備工程師檢修機台。等待的時間有四種，而傳輸錯誤之重試次數亦有規定。如表五所示。實際的時間限制則可由機台的特性來訂定。
12. Inter Character Timeout：位元組（Byte）間的傳輸延遲上限。
13. Protocol Timeout：發出 ENQ 後至收到對方回 EOT 的等待時間上限。
14. Reply Timeout：發出 Primary Message 完畢後等待對方回 Secondary Message 的等待時間上限。
15. Inter-Block Timeout：在多區塊（Multi-Block）的場合下，判斷區塊間的傳遞延遲時間上限。
16. Retry Limit：當對方發生 Timeout 未回應，再次重試的次數。

表五 Timeout 之分類

T	Timeout 名稱	SEMI 標準	範圍	精度
T1	Inter-Character	0.5（秒）	0.1~10（秒）	0.1（秒）
T2	Protocol	10（秒）	0.2~25（秒）	0.2（秒）
T3	Reply	45（秒）	1~120（秒）	1（秒）
T4	Inter-Block	45（秒）	1~120（秒）	1（秒）
RTY	Retry Limit	3（次）	0~31（次）	1（次）

SECS II

SECS II 定義了 Stream Function 的結構及資料型態，一個 Primary Message 可傳送的資料長度最多可達 7.99 百萬位元組。Primary Message 的資料（Data）則由一些項目（Item）依序串接組成，共 15 種不同資料型態（Format Code）的 Item，每一 Item 包含了 2~4 個位元組的 Header 用來記錄 Item 的資料型態及長度，其結構如下表六及表七所示。

表六 Item Header Format

名稱	Bit Number							位元組
	8	7	6	5	4	3	2 1	
資料型態（Format Byte）	Format Code						NLB	1
長度（Length Byte, MSB）	0~255							2
長度（Length Byte）	0~255							3
長度（Length Byte, LSB）	0~255							4
Item 的資料	0~255							5 ~7.99 million

表七 長度位元組的的數目（Number of Length Bytes）

NLB	Maximum Length of Bytes
1	255
2	64k
3	7.99 million

其中格式碼 (Format Code) 共有 15 種，可指定 14 種資格型態及一個分支碼 (List)，分支碼則可使得 Message 具的樹狀結構，更容易以文字表達說明，由此所成之結構語言即稱為 SML (SECS Message Language)。分支碼沒有跟隨的資料只有 2~4 個位元組的 Header，說明在分支碼下共包含幾個資料 Item。格式碼分類如表八所示。

表八 格式碼分類

Binary Bit 876543	八進位 (Octal)	十六進位 (Hex) (假設 NLB=1)	代號	意義
000000	00	01	L	LIST
001000	10	21	B	Binary
001001	11	25	BOOLEAN	Boolean
010000	20	41	A	ASCII
010001	21	45	J	JIS-8
011000	30	61	I8	8-byte integer(signed)
011001	31	65	I1	1-byte integer(signed)
011010	32	69	I2	2-byte integer(signed)
011100	34	71	I4	4-byte integer(signed)
100000	40	81	F8	8-byte floating point
100100	44	91	F4	4-byte floating point
101000	50	A1	U8	8-byte integer(unsigned)
101001	51	A5	U1	1-byte integer(unsigned)
101010	52	A9	U2	2-byte integer(unsigned)
101100	54	B1	U4	4-byte integer(unsigned)

SECS Message 範例

一個最簡單的而且是必備的 SECS Message 為 S1F1，Say Hello，回應者必須回以 S1F2。這個 SECS Message 只有 10 個位元組的 Header，用來詢問對方是否在線，同時藉由 Device ID 來判斷是否彼此認識，透過 SECS I 的規範分別將 0~10 位元組送出即可。資料串如表九所示。其 Checksum = 0249 (Hex)。

表九 由機台發出之 S1F1 SECS Message

位元組	資料數值 (Hex)	說明
0	0A	共有 10 個位元組
1	81	由 Equipment 發出
2	05	Device ID = 0105
3	81	對方必須回覆
4	01	Message ID = S1F1
5	80	最後一個區塊
6	01	第一個區塊

7	00	System Byte=000000C0
8	00	System Byte=000000C0
9	00	System Byte=000000C0
10	C0	System Byte=000000C0

而收到 S1F1 者則回以 S1F2，在實際應用上主機端回應之 S1F2 除了修改表九之 10 個位元組外，還須再加上一個不具長度的 L Item，其 Checksum = 014B (Hex)。如表十所示，其 SML 如下所示。

S1F2：

<L[0]
>

表十 由主機發出之 S1F2

位元組	資料數值 (Hex)	說明
0	0C	共有 12 個位元組
1	01	由 Host 發出
2	05	Device ID = 0105
3	01	對方不須回覆
4	02	Message ID = S1F2
5	80	最後一個區塊
6	01	第一個區塊
7	00	System Byte=000000C0
8	00	System Byte=000000C0
9	00	System Byte=000000C0
10	C0	System Byte=000000C0
11	01	L 分支，一個 Length Byte
12	00	沒有資料

但若 S1F1 由主機發出（表九之第 1 個位元組改成 01，Checksum = 0109 (Hex)）則機台在回 S1F2 時必須再加上長度均為 6 位元組之 Model Number 及 Software Version，如表十一所示。

S1F2：

<L[2]
 <A[6] ‘ITRI01’>
 <A[6] ‘002.01’>
>

表十一 由機台發出之 S1F2 (Checksum = 0514 (Hex))

位元組	資料數值 (Hex)	說明
0	1C	共有 28 個位元組
1	81	由 Equipment 發出
2	05	Device ID = 0105
3	01	對方不須回覆

4	02	Message ID = S1F2
5	80	最後一個區塊
6	01	第一個區塊
7	00	System Byte=000000C0
8	00	System Byte=000000C0
9	00	System Byte=000000C0
10	C0	System Byte=000000C0
11	01	L 分支，一個 Length Byte
12	02	共有 2 個分支 Item
13	41	A，一個 Length Byte
14	05	這個 Item 共有 6 個 Byte
15	49	第一筆 = 'I'
16	54	第二筆 = 'T'
17	52	第三筆 = 'R'
18	49	第四筆 = 'I'
19	30	第六筆 = '0'
20	31	第七筆 = '1'
21	41	A，一個 Length Byte
22	06	這個 Item 共有 6 個 Byte
23	30	第一筆 = '0'
24	30	第二筆 = '0'
25	32	第三筆 = '2'
26	2E	第四筆 = '.'
27	30	第五筆 = '0'
28	31	第六筆 = '1'

其它的 SECS Message 的內容則隨著機台與功能的不同而變化，當由 SECS II 所規劃出來的 SECS Message 超過 244 位元組時，則必須先將其分割成小於等於 224 位元組為一區塊，再分別依序包裝成【區塊長度+ Message Header + (1~224 位元組) + Checksum】的資料，然後再依 SECS I 的標準送出，以下以一個 S1F3 及 S1F4 為範例。

S1F3：Status Request。此訊息乃是主機通知機台，要求機台回報特定的狀態變數。在此 Message 主機發出其所需求的狀態變數識別碼 (Status Variable ID, SVID)，告知機台回覆此 Message 中所指定的 SVID 之目前狀態值。在此中主機要求機台回覆 SVID 分別為 0005 及 0008 這兩個參數目前的數值，MSB 先送出。當主機只發出 L Item 而長度為零時，則表主機要求機台回應所有的狀態變數。R=0 (由 Host 發出)，W=1 (必須回覆)，E=1 (最後一個區塊)。Checksum =0332 (Hex)。

S1F3：

```

<L[2]
  <U2  5>
  <U2  8>
>

```

表十二 由主機發出之 S1F3 SECS Message

位元組	資料數值 (Hex)	說明
0	14	共有 20 個位元組
1	01	由 Host 發出
2	05	Device ID = 0105
3	81	對方必須回覆
4	03	Message ID = S1F3
5	80	最後一個區塊
6	01	第一個區塊
7	00	System Byte=000000C1
8	00	System Byte=000000C1
9	00	System Byte=000000C1
10	C1	System Byte=000000C1
11	01	L 分支，一個 Length Byte
12	02	共有 2 個分支 Item
13	A9	U2 型態，一個 Length Byte
14	02	這個 Item 共有 2 個 Byte
15	00	
16	05	第一筆 = 0005
17	A9	U2 型態，一個 Length Byte
18	02	這個 Item 共有 2 個 Byte
19	00	
20	08	第一筆 = 0008

S1F4：Status Data。此為機台回應主機 S1F3 之訊息，回應主機要求狀態變數之數值，機台依主機送過來的 SVID 的順序回應。若主機所發出之 SVID 有誤或不存在，則機台回應 L Item 而長度為零。R=1（由 Equipment 發出），W=0（不必回覆），E=1（最後一個區塊）。Checksum = 02CA（Hex）。

S1F4：

```

<L[2]
  <U2      64>
  <U2      34>
>

```

表十三 由機台回應之 S1F4 SECS Message

位元組	資料數值 (Hex)	說明
0	22	共有個 34 位元組
1	81	由 Equipment 發出
2	05	Device ID = 0105
3	01	對方不須回覆
4	04	Message ID = S1F4
5	80	最後一個區塊
6	01	第一個區塊
7	00	System Byte=000000C1
8	00	System Byte=000000C1

9	00	System Byte=000000C1
10	C1	System Byte=000000C1
11	01	L 分支，一個 Length Byte
12	05	共有 5 個分支 Item
13	A9	U2，一個 Length Byte
14	02	這個 Item 共有 2 個 Byte
15	00	
16	40	第一筆 = 0040
31	A9	U2，一個 Length Byte
32	02	這個 Item 共有 2 個 Byte
33	00	
34	22	第一筆 = 0022

滿足 SECS II 之必要條件

以上所談的 Stream Function 機台無需完全具備，因此必須定義機台的基本 SECS 功能。首先必須滿足前文的規範，接著 SECS II 在交換訊息的過程（Transaction Level）中必須擁有以下五項要求，方可稱為具有 SECS 機台。

1. 具有 S1F1 及 S1F2。
2. 若機台收到無法處理的訊息時，至少必須有能力回應以下訊息 S9-F1,F3,F5,F7,F11。
3. 所提供之 SECS Message，不論是否為目前所定義或自行定義之 Stream Function，均須遵守 SECS II Message 設計規範。
4. 交換訊息之時間延遲超過機台設定，則機台以 S9F9 通知機台。
5. 若機台發出 Primary Message 後，主機回應之 Secondary Message 為 F0（Function 0）之訊息，則表要求機台中斷停止此交談，同時機台不可對此訊息發出錯誤訊息給主機。

主機與機台的對話模式

對於特定的機台運作，會有不同的交談內容，所以交談的內容會有如劇本般的排序，在 SECS 通訊中則將此一來一往的交談稱為 Scenario。對談的內容及劇本則依機台與主機間的協議而定，但也有 SEMI 已定義的 Scenario。例如在發出 Multi-Block 的訊息前必須先以 S6F5 詢問對方是否接受具有 Multi-Block 的訊息，回話則以 S6F6 回應。而基本的七種對話則模式分述於下，

1. 無需回應的對話：當發話者（Originator）認為收話者（Interpreter）無需回報收話後的處理結果，或即使被拒絕也無妨時，則可告知收話者無需回應（No Reply），此為最簡單的 Primary Message，必須為 single-block

SECS II message。

2. 要求/資料的對話：發話者要求收話者回覆其所需的資料。
3. 傳送/確認的對話：發話者發出 single-block SECS II message 後，會等待收話者回覆確認（Acknowledge）訊息。
4. 要求/同意/發送/確認：當發話者要發出 multi-block SECS II message 時，須先詢問（Inquire）收話者的是否可接受 multi-block 的訊息，等收話者回以同意（Grant）後，才開始發送（Send）訊息，而後會等待收話者回覆確認（Acknowledge）訊息。
5. 具有未格式化的資料在主機與機台間傳遞的交談。
6. 在機台間有關晶圓控管的交談，此部份定義於 Stream 4，請詳閱在此的劇本[5]，於此有描述晶圓傳送的詳細流程及應有的交談。
7. 當發話者要求收話者回覆其所需之資訊時，回話者可能有三種不同的回覆，1. 資訊已回覆，2. 無法回覆發話者的資訊，3. 收話者告知發話者其所要的資料將在隨後的交談中回覆。在第三種情況中，收話者必須在準備好資料後主動與發話者交談，回覆先前發話者所要求獲得的資料。

話中插話

SECS II 中一個比較具挑戰的定義為，插入（Interleaving）。Interleaving 可是在不同 Message 間發生，也可以在區塊（Block）間發生。訊息插入（Message Interleaving）的場合為多重的發出或接收 SECS Message，即在收話者未回覆前一訊息的情況下，發話者又發出多個訊息，此又稱為開放式交談（Open Transaction）。在多重區塊的場合下，亦可發生 Interleaving；在未發完所有區塊前發話者發出另一訊息稱之為 Block Interleaving。另外一般機台或主機亦會支援偵測重覆區塊（Duplicate Block）的功能。

設備控制用通訊協定 GEM

Generic model for communications and control of manufacturing equipment（GEM）[4]，就是 SECS II 的一個子集合如圖 1 所示。由前文可知 SECS II 是半導體設備與主機的一個標準通訊協定，但實際在機台設備上所會用到的並非全部，因此若可找出設備控制上所需的控制項，同時針對這些控制項來撰寫程式及設計機台，則將可省下可觀的研發費用。Global Information & Control Committee 在 1992 年提出了 GEM 的規範，只要滿足 GEM 所定訂的規範與功能需求之機台或設備，即可稱之為滿足 SECS I，SECS II 及 GEM 之機台，或直接稱 GEM 機台。

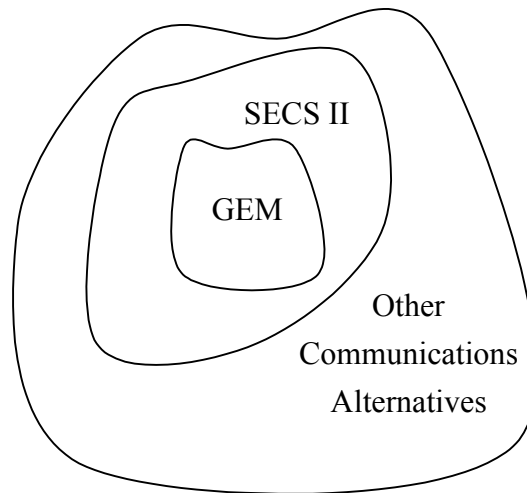


圖 1 GEM 的範圍

符合 GEM 規範的設備應具備的功能及處理訊息之能力，

建立連線：

1. 建立通訊 (Establish Communications)：主機與設備相互要求對方建立線。相關之 Stream Function 為 S1,F1/F2，S1,F13/F14。

資料收集：

2. 事件告知 (Event Notification)：在設備的運作過程中，回報特定點的資料給主機，主機無需以輪詢的方式來獲得設備資料。相關之 Stream Function 為 S6,F5/F6，S6,F11/F12 與 S6,F15/F16。
3. 動態事件回報規劃 (Dynamic Event Report Configuration)：提供在一些製程環境可彈性要求設備提供所需的資料，主機可任意的增加或減少設備資料的輸出量。相關之 Stream Function 為 S2,F39/F40，S2,F33/F34，S2,F35/F36 與 S2,F37/F38。
4. 變數資料收集 (Variable Data Collection)：主機可用來詢問設備之資料變數，在初始化及使通訊同步化的過程用處很大。相關之 Stream Function 為 S6,F19/F20。
5. 追蹤資料收集 (Trace Data Collection)：要求機台以固定週期來取樣所需的資料，可用來追蹤變數變化的趨勢與監看其數值。相關之 Stream Function 為 S2,F23/F24，S6,F1/F2 與 S2,F23/F24。
6. 極限監控 (Limits Monitoring)：此項功能可使主機在必要的時候修改監看的參數值範圍 (上限與下限)，提供主機一個具有彈性，有效率及非同步的方法來監控設備的狀況。此一功能已被應用在生產操作及診斷/測試上，同時也可應用在程序控制統計 (Statistical Process Control, SPC)。相關之 Stream Function 為 S2,F45/F46，S2,F39/F40 與 S2,F47/F48。
7. 狀態資料收集 (Status Data Collection)：此功能為主機要求設備回覆指定的狀態訊息，在與設備狀態進行同步化時頗有效益。相關之

Stream Function 為 S1,F3/F4 與 S1,F11/F12。

8. 線上辨識 (On-line Identification)：滿足 SEMI E5 之基本要求，設備回應設備模式型式及軟體版本。相關之 Stream Function 為 S1,F1/F2。

警報管理：

9. 警報管理 (Alarm Management)：使主機可以通告與管理在機台上所發生的警報情況。相關之 Stream Function 為 S5,F3/F4，S5,F5/F6，S5,F1/F2 與 S6,F11/F12。

遠端控制：

10. 遠端控制 (Remote Control)：提供主機一個比設備更高的控制權限。其可用的命令有，

- 啟動製造程序 (Start processing)
- 選擇製程程式或配方 (Select a process program or recipe)
- 停止製造程序 (Stop processing)
- 暫時停止製造程序 (Temporarily suspend processing)
- 再啟動暫停中的製造程序 (Resume processing)
- 放棄製造程序 (Abort processing)

相關之 Stream Function 為 S2,F41/F42，S2,F49/F50 與 S6,F11/F12。

設備常數：

11. 設備常數 (Equipment Constant)：提供一個主機可以取得及變更設備常數的方法，主機可在不同情況下修改設備參數以獲得更佳的生產品質或產出。相關之 Stream Function 為 S2,F15/F16，S2,F13/F14，S2,F19/F20，S2,F29/F30 與 S6,F11/F12。

製程程式管理：

12. 製程程式管理 (Process Program Management)：主要目的為在主機與設備間傳送製程程式配方與管理這些製程配方。主機將設備運作的程序配方 (Recipes) 下載並儲存於設備中，供其編輯，驗證及執行。工程師所規劃的不同配方以及設備狀態不同的條件下，每一批貨都會有不同的結果。因此配方的下達所需考量的情況相當多，這也是半導體廠最重要的一道生產程序。相關之 Stream Function 為 S6,F11/F12，S7,F17/F18，S7,F19/F20，S7,F25/F26，S7,F5/F6，S7,F1/F2，S7,F23/F24，S7,F3/F4，S7,F29/F30，S7,F27/F28，S6,F11/F12，S15,F35/F36，S14,F1/F2，S15,F31/F32，S15,F1/F2，S15,F21/F22，S15,F27/F28，S15,F29/F30。

材料搬移：

13. 材料搬移 (Material Movement)：此功能包括了在設備、暫存區與

存放區間晶圓的相互轉送，晶圓的轉送可藉由 AGV 機械人、軌道車以及一些專門用來搬運的設備。相關之 Stream Function 為 S6,F11/F12。

設備終端服務：

14. 設備終端服務 (Equipment Terminal Services)：允許主機在機台之顯示裝置上顯示一些訊息，或顯示由操作員傳送到主機的訊息。相關之 Stream Function 為 S10,F3/4，S10,F1/F2，S10,F3/F4，S6,F11/F12，S10,F5/F6 以及 S10,F7。

錯誤訊息：

15. 錯誤訊息 (Error Message)：提供主機由機台偵測到的一些有關特殊訊息或通訊失敗的原因。相關之 Stream Function 為 S9,F1，S9,F3，S9,F5，S9,F7，S9,F9，S9,F11,S9,F13。

時間：

16. 時間 (Clock)：機台提供主機一個動作的參考時間以及多個設備間的時間參考，這個時間可提供 EVENT 或 ALARM 發生的時間以供辨讀。相關之 Stream Function 為 S2,F17/F18，S2,F31/F32。

SEMI 所定之 GEM Stream Function

表十四 SEMI 所定之 GEM Stream Function

Stream Function		訊息意涵	Host↔Equip.
S1	F1	Are you There	↔
S1	F2	On Line Data	↔
S1	F3	Selected Status Request	→
S1	F4	Selected Status Request	←
S1	F11	Status Variable Namelist Request	→
S1	F12	Status Variable Namelist Reply	←
S1	F13	Connect Request	↔
S1	F14	Connect Request Acknowledge	↔
S1	F15	Request OFF-LINE	→
S1	F16	OFF-LINE Acknowledge	←
S1	F17	Request ON-LINE	→
S1	F18	ON-LINE Acknowledge	←
S2	F13	Equipment Constant Request	→
S2	F14	Equipment Constant Data	←
S2	F15	New Equipment Constant Send	→
S2	F16	New Equipment Constant Send Acknowledge	←
S2	F17	Date and Time Request	↔
S2	F18	Date and Time Data	↔
S2	F23	Trace Initial Send	→
S2	F24	Trace Initial Acknowledge	←
S2	F29	Equipment Constant Namelist Request	→
S2	F30	Equipment Constant Namelist Reply	←

S2	F31	Date and Time Send	→
S2	F32	Date and Time Acknowledge	←
S2	F33	Define Report	→
S2	F34	Define Report Acknowledge	←
S2	F35	Link Event Report	→
S2	F36	Link Event Report Acknowledge	←
S2	F37	Enable/Disable Event Report	→
S2	F38	Enable/Disable Event Report Acknowledge	←
S2	F39	Multi-Block Inquire	→
S2	F40	Multi-Block Grant	←
S2	F41	Remote Command with Parameters	→
S2	F42	Remote Command Acknowledge	←
S2	F43	Reset Spooling Streams and Functions	→
S2	F44	Reset Spooling Acknowledge	←
S2	F47	Variable Limit Attribute Request	→
S2	F48	Variable Limit Attribute Send	←
S2	F49	Enhanced Remote Command	→
S2	F50	Enhanced Remote Command Acknowledge	←
S5	F1	Alarm Report Send	←
S5	F2	Alarm Report Acknowledge	→
S5	F3	Enable/Disable Alarm Send	→
S5	F4	Enable/Disable Alarm Acknowledge	←
S5	F5	List Alarm Request	→
S5	F6	List Alarm Data	←
S6	F1	Trace Data Send	←
S6	F2	Trace Data Acknowledge	→
S6	F5	Multi-block Data Send Inquire	←
S6	F6	Multi-block Grant	→
S6	F11	Event Report Send	←
S6	F12	Event Report Acknowledge	→
S6	F15	Event Report Request	→
S6	F16	Event Report Data	←
S6	F19	Individual Report Request	→
S6	F20	Individual Report Data	←
S6	F23	Request Spooled Data	→
S6	F24	Request Spooled Data Acknowledgement Send	←
S7	F1	Process Program Load Inquire	→
S7	F2	Process Program Load Grant	←
S7	F3	Process Program Send	→
S7	F4	Process Program Acknowledge	←
S7	F5	Process Program Request	→
S7	F6	Process Program Data	←
S7	F17	Delete Process Program Send	→
S7	F18	Delete Process Program Acknowledge	←
S7	F19	Current EPPID Request	→
S7	F20	Current EPPID Data	←
S7	F23	Formatted Process Program Send	←→
S7	F24	Formatted Process Program Acknowledge	←→

S7	F25	Formatted Process Program Request	←→
S7	F26	Formatted Process Program Data	←→
S7	F27	Process Program Verification Send	←→
S7	F28	Process Program Verification Acknowledge	←→
S7	F29	Process Program Verification Inquire	←
S7	F30	Process Program Verification Grant	→
S9	F1	Unrecognized Device ID	←
S9	F3	Unrecognized Stream Type	←
S9	F5	Unrecognized Function Type	←
S9	F7	Illegal Data	←
S9	F9	Transaction Timer Timeout	←
S9	F11	Data Too Long	←
S9	F13	Conversation Timeout	←
S10	F1	Terminal Request	←
S10	F2	Terminal Request Acknowledge	→
S10	F3	Terminal Display Single	→
S10	F4	Terminal Display Single Acknowledge	←
S10	F5	Terminal Display Multi-block	→
S10	F6	Terminal Display Multi-block Acknowledge	←
S10	F9	Broadcast	→
S10	F7	Multi-block Not Allowed	←
S14	F1	GetAttr Request	←→
S14	F2	GetAttr Data	←→
S15	F1	Recipe Management Multi-block Inquire	←→
S15	F2	Recipe Management Multi-block Grant	←→
S15	F21	Recipe Action Request	←→
S15	F22	Recipe Action Request	←→
S15	F27	Recipe Download Request	→
S15	F28	Recipe Download Acknowledge	←
S15	F29	Recipe Verify Request	←
S15	F30	Recipe Verify Acknowledge	→
S15	F31	Recipe Upload Request	←
S15	F32	Recipe Upload Data	→
S15	F35	Recipe Delete Request	→
S15	F36	Recipe Delete Acknowledge	←

結論

文中以討論半導體廠所使用之設備與電腦整合主機間的通訊協定，SECS I 談的是電氣規格的製定，SECS II 是通訊內容的協定，GEM 則是為一機台控制所製定出來的一個精簡版 SECSII。SECS Message 雖為半導體電腦整合製造所製定的規範，但仍可適用於其它電腦整合製造的產業。一個好的通訊協定並不容易有週延的製定，況且此一通訊協定已行之八年以上，穩定性及可靠性均已測試改良過，若能好好的運用應可從中獲得很多的助益。文中並未詳述所有的訊息格式或更新的資料，但基本框架均已備齊，讀者可由參考文獻中獲得完整的資料。

參考文獻

1. “Standard for SEMI Equipment Communication Standard Message Service,” Global Information & Control Committee, SEMI E13, 1999.
2. “SEMI equipment communications standard 1 message transfer,” Global Information & Control Committee, SEMI E4-0699, 1999.
3. “SEMI equipment communications standard 2 message content,” Global Information & Control Committee, SEMI E5-0299, 1998.
4. “Generic model for communications and control of manufacturing equipment,” Global Information & Control Committee, SEMI E30-0600, 2000.
5. “Specification for Cassette Transfer Parallel I/O Interface,” Global Information & Control Committee, SEMI E23, 1999.
6. 本部門網站，<http://secs.itri.org.tw>。
7. 其 它 相 關 網 站 ， <http://www.semi.org>、<http://www.semi.org/web/wmagazine.nsf> 以及 <http://www.selete.co.jp>。