

技 術 解 說

磁氣 Bubble Memory의 現況과 將來性

河 龍 守
〈中央大 工大 電氣工學科 副教授〉

目 次

1. 磁氣 Bubble Memory의 現況과 將來
2. 各種 Bubble Memory Devices
 - 2.1 Conventional Permalloy Device(CPD)
 - 2.2 Ion 注入 Device (Ion Implanted Device:IID)
 - 2.3 其他의 Devices
3. 結 論

1. 磁氣 Bubble Memory의 現況과 將來

1967年 美國의 Bell研究所의 Bobeck가 磁氣 bubble 技術에 關係 처음으로 發表한 後 十數年이 지난 現在는 bubble memory로서 本格的으로 實用化되어 가고 있다. 처음은 50 μ m~100 μ m이었던 bubble直徑이 3 μ m까지 만들 수 있게 되었다. 在來의 memory device들의 缺點을 改善한 새로운 memory技術인 bubble memory의 長點은 첫째 不揮發性이며 電源을 끊어도 情報가 消失되지 않은 점이다. 둘째는 情報가 될 수 있는 1,0를 磁氣 bubble의 有無로서 對應시킬 수 있으므로 情報取扱이 아주 쉽게 되며 셋째는 機械的 可動部分이 없는 完全한 固體 memory로서 小型이며 가볍고 低消費電力이라는 점이다. bubble memory device는 封해져 있으므로 振動에 強하고 먼지에도 無關하다. 즉 耐環境特性이 優秀한 memory라고 말할 수 있다. 1979年에 Joint Intermag-MMM Conference에서의 發表論文과 各 bubble memory maker의 製品發表에 의해 3 μ m bubble의 256k bits/cm²이하의 chip device는 實用的으로 거의 完成段階에 있다. 또 그의 支援電子回路의 LSI化도 進行되어 小型의 print基板을 使用하여 bubble memory가 構成되게끔 되었으며 그것에 따라 價格의 大幅的인 低下가 期待할 수 있게 되었다. 또 몇 maker부터 1M bits/cm² chip device의 發表가 있어 64kbits/cm² chip device까지의 系列化가 되어가고 있다. 이와 같이 bubble memory의 開發이 進行되므로써 bubble memory의 用途도 점점 넓어졌

다. 그러나 bubble memory가 安定한 市場을 確保하기 위해서는 他種 memory의 性能과 價格面에 대해 優位를 가질 必要가 있다. 그것을 效果의으로 可能케 하는 方法은 製造價格을 낮추기 위해 chip의 bit密度를 높이거나 chip의 容量을 增加시키는 것이다. 現在까지의 bubble device의 memory 容量의 增加하는 程度를 보면 今年 1980年 中에는 1M bits/cm² chip devices가 一般에 市販되어 1982年頃에는 4M bits/cm² chip devices가 出現할 것이다. 이와 같은 狀態에 있어서 現在 實用化되고 있는 現行 permalloy devices는 chip 容量의 高密度化가 進行되고 있으나, 現在까지의 研究結果를 본다면, 1M bits/cm² 이상이 되면 技術的으로 크게 어려움이 생겨 bit當의 價格이 期待대로 低下하지 못할 것이 豫想된다. 現行 permalloy devices의 bit密度가 1M bits/cm²까지 와 있으므로 最近各方面에서 4M bits/cm² 以上の bit密度가 可能해지는 次期 bubble devices의 開發이 活發해졌다.

2. 各種 Bubble Memory Devices

3 μ m bubble라 하면 圓筒磁石의 높이 및 直徑이 거의 3 μ m인 것을 뜻한다. 이 磁氣 bubble는 膜面에 垂直方向으로 適當한 세기의 外部磁界에 의해 安定하게 存在한다. bias磁界 以外에 外部磁界 기울기를 만들어 주면 移動하므로 磁氣 bubble의 有無를 情報의 1, 0로 對應시키면 shift register型 memory로서 利用할 수 있다. 이것이 bubble memory이다. 記憶容量은 3 μ m ϕ bubble로서 10mm角 chip안에 約 300k bits의 情報를 넣을 수 있게끔 高密度化가 되었다. bubble memory devices는 bubble memory chip에 bias磁界를 供給하는 永久磁石, 外部磁界 기울기를 만들어 情報를 shift시키는 두개의 coil 및 外亂磁界에서 情報를 保護하는 shield case 등으로써 構成되어 있다. 現在 實用化되고 있는 現行 permalloy devices의 現狀에 대하여 그의 概要를 說明하고 現行 permalloy devices와

Table 1. Features of typical bubble devices which are available now.

Devices	Net capacity	Organization	Drive frequency	Aver. access time
5 and 3 μ m	64k bits	Serial loop	100kHz	370ms
5 μ m	92k bits	Major/minor	100kHz	4ms
2 and 3 μ m	256k bits	Major/minor block replicate	100kHz	6ms
2.8 μ m	1M bits	Major/minor block replicate	50kHz	40ms
2 μ m	512k bits	Major/minor block replicate	100kHz	11ms
2 μ m	1M bits	Major/minor block replicate	100kHz	11ms

Table 2. Typical examples of bubble memory applications.

System memory capacity	Examples
Less than 100k byte	<ul style="list-style-type: none"> • Program memory for terminals, testers, numerical control machines • Memory for microprocessor systems • Memory for portable data recorders
100k byte to 1M byte	<ul style="list-style-type: none"> • Auxiliary memory for micro/mini computers • Flight recorder memory • File memory for KANJI character generator
1M byte to 10M byte	<ul style="list-style-type: none"> • File memory for electronic switching system • Voice file memory for announcement system • File memory for office machines, POS terminats

더불어 次期 bubble devices로서 候補에 올라 있는 다른 bubble devices에 대해 實用的인 觀點에서 說明한다.

2.1 Conventional Permalloy Device (CPD)

이 bubble devices는 permalloy pattern을 이용하여 回轉驅動磁界에 의해 bubble의 傳播를 行하고 있으므로 conventional permalloy device라고 불려있다. 1977年頃부터 小規模의이지만 工業的으로 5 μ m의 bubble를 利用하여 64k bits/cm² chip 및 92k bits/cm² chip의 devices가 生産되기 始作하여 最近에 와서 3 μ m bubble에 의해 256k bits/cm² chip devices가 生産技術的으로, 또 性能的으로도 改良되어 完成에 到達하고 있다. 더욱더 지금은 約 2 μ m의 bubble를 利用하여 1M bits/cm² chip devices가 몇 會社에서 sample 出荷가 되게끔 되어가고 있다. 代表的인 bubble devices의 特性을 Table 1에 나타냈다.

bubble memory는 現在 美國에서는 音聲 service system의 digital voice recorder用으로, 또 日本에서는 이미 電子交換機의 file memory用 등 最近 그의 適用範圍가 擴大되어 가고 있다. Bubble memory의 適用範圍는 Table 2에 나타낸 것과 같이 現在 특히 注目되고 있는 것은 半導體 micro processor를 利用한 各種裝置에 대한 應用이다.

conventional permalloy device에 대한 chip의 高密度化에 있어서의 問題點이 다음과 같으나 이들이 解決된다면 價格의 低下를 期待할 수 있을 것이다.

(a) 1M bits/cm²程度의 bit密度를 可能케 할 最小 pattern치수는 約 1 μ m로서 現在 工業的으로도 別問題 없이 製造가 可能하나 1 μ m 以下에 대해서는 아직 몇 년 더 걸리지 않나 본다.

(b) bubble直徑을 작게 할려면 磁性膜의 飽命磁化를 크게 할 必要가 있다. 이에 따라 bubble를 驅動시키는 磁界가 커진다. 이것을 解決하는 有效한 方法으로서 全體의 動作 margin을 制限시키는 各種 裝置의 pattern 周期를 minor loop의 周期보다 約 2倍로 크게 하여 動作 margin을 擴大시켜 minor loop의 그것과 balance를 取하므로써 좋은 結果가 現在 나와 있으나 驅動磁界增加의 傾向은 避할 수가 없다.

(c) detector의 信號出力 및 雜音은 permalloy膜의 組成 및 生成條件 뿐 아니고 그 形狀 및 驅動磁界에도 크게 影響을 받으므로 그들의 最適化가 必要하다. detector의 改良에 의해 1 μ m程度의 bubble에 對해서는 別問題가 없으나 1 μ m 以下일 때는 다른 方法의 開發이 必要하다고 보여진다.

(d) 그 외는 導體 pattern幅의 縮小에 따라 電流密度의 增加 또 驅動電壓의 上昇 chip 容量增加에 따른

access time의 低速化에 關係서도 對策을 세우야 할 必要가 있다.

2.2 Ion 主人 Device(Ion Implanted Device: IID)

1972年 Wolfe 等에 의해 發表된 이 device는 Almasi等의 研究에 의하면 그의 最小 pattern 치수는 bubble直徑의 約 2倍로서 最小 pattern 치수에 의해 bit密度가 制限될 때도 現行 permalloy devices보다 자리수가 한자리 높은 高密度化가 可能하며 또 bubble의 微小化에 따라 驅動磁界의 增加도 적으므로 最近에는 BTL, IBM 뿐 아니고 각 곳에서 開發이 進行되고 있다. 當 device의 製造法을 簡單히 說明하면 처음에 bubble 磁性膜表面에 約 200Å의 Cr膜을 덮고 다음에 5000Å 程度의 Au膜의 圓板을 形成한다. 그 뒤에 ion의 種類 및 加速電壓을 加해서 均一하게 또 길게 ion을 투입시켜 hard bubble 抑制層보다 두터운 面內磁化層을 만든다. 面內磁化層을 만들 때는 磁性膜을 二層으로 하여 表面層을 面內로 磁化하기 쉬운 材料로 해 두고 그 表面層을 利用하는 方法 등이 있다. 最近 BTL의 Nelson 等은 1.7μm의 bubble 및 約 10cm² chip로서 pattern 周期가 8μm인 11.5M bits chip를 試作하였으며 IBM에서는 Lin 等이 1μm의 bubble로서 pattern 周期가 5μm인 數 k bits chip를 試作하고 있다. 이들 devices에 대한 問題點들은 다음과 같은 것들이 注目된다.

(a) 單極磁壁(charged wall)에 대해서는 puchalska 및 shir 等에 의해 實驗 및 理論의 解析이 되고 있으나 아직 불투명한 點이 많다.

(b) 面內異磁性, 抗磁力 等の 磁氣特性을 device의 動作 margin에서 卞 最適化할 必要가 있으며 1層膜이 좋은지 2層膜이 좋은지 검토할 必要가 있다.

(c) 各機能 pattern形狀은 動作 margin, 動作條件에 크게 影響을 주므로 더욱 改良할 必要가 있으며, 새로운 開發도 期待된다.

(d) 停電時에 있어서 bubble情報保持性에 關係서는 現行 permalloy device는 permalloy pattern 밑에

생기는 potential에 의해 bubble位置가 定해져 bubble情報가 保持되는데 이 device는 bubble情報保持에 關한 理論, 方法 等에서 불투명한 것이 많으므로 解明되어야 할 것이다.

2.3 其他의 devices

現在 알려진 바로는 其他의 devices로서 wall coding device(WCD)과 bobek current access device (BCD) 等을 들 수 있는데 初期開發段階로서 WCD는 IBM의 Brown 等이 2.7μm의 bubble로서 pattern 周期를 5.6μm, 最小 pattern 치수를 1.4μm로서 15k bits/cm² 容量의 chip를 試作하여 全 memory 機能의 動作을 確認하였다. 이 device는 IBM 以外에서는 거의 研究를 하지 않고 있으므로 細部의 明確하지 않으며, BCD는 Smith 等이 이때까지의 研究結果부터 256k bits容量의 chip에 대해 그의 構想을 發表하였다. 이 構想은 1.6μm bubble로서 pattern 周期 8μm의 major/minor 方式으로서 chip 面積은 1.68×0.13 cm²이다. 動作速度는 1MHz, 平均 cycle time은 2.2 ms, 平均消費電力은 348mW 等이다. 그러나 이들 devices가 實用化되기에는 아직 많은 未解決點이 있다고 보여진다.

3. 結 論

이때까지 說明한 各 bubble device의 特性을 高密度 device로서 實用的인 面에서 比較하면 Table 3과 같으며 bubble memory의 가장 重要한 研究課題는 性能을 그대로 유지하면서 chip의 bit密度를 높여서 bit當의 價格을 低下시키는 것이다. 現在 市販되고 있는 現行 permalloy devices의 chip密度는 150k~500k bits/cm²이며 1M bits/cm²까지는 順調롭게 bit價格은 低下시킬 수 있다고 보여지나 4M bits/cm² 程度가 되면 技術의 由로 어려움이 많아 價格低下가 어려워진다. 여기서 候補 device로서 IID, WCD, BCD를 들 수 있으나 實用化에는 아직 問題點이 많으나 現時點에서 IID가 가장 有力視되고 있다.

Table 3. Comparison of properties of the conventional permalloy device (CPD), the ion implanted device(IID), the wall coding device(WCD) and the bobek current access device(BCD).

	CPD	IID	WCD	BCD
MINIMUM FEATURE SIZE (w)	2d/3	2d	0.52d	5d/4
CELL SIZE	FIXED d FIXED w	30d ² 7.5w ²	4.3d ² 16w ²	39d ² 25w ²
CHIP AREA EFFICIENCY	75%	75%	60%	60%
CHIP REDUNDANCY	LOOP	LOOP	BLOCK	LOOP
MASK LEVEL	2	3	4	3
PRACTICAL MAX. DRIVE SPEED	250kHz	250kHz	250kHz	250kHz
AVERAGE ACCESS TIME	4.5ms	4.5ms	4.5ms	4.5ms
BIT PER cm ²	2M to 3.5M	10M	7.5M	5M